



Evaluación de la factibilidad técnico-económica de la instalación de una planta de transformación de biomasa residual seca en fuente de energía térmica, en la ciudad de Mar del Plata

Trabajo Final de la carrera Ingeniería Industrial

Leoni, Rocío Azul
Departamento de Ingeniería Industrial
Facultad de Ingeniería
Universidad Nacional de Mar del Plata
Mar del Plata, Septiembre 2021



RINFI se desarrolla en forma conjunta entre el INTEMA y la Biblioteca de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Mar del Plata.

Tiene como objetivo recopilar, organizar, gestionar, difundir y preservar documentos digitales en Ingeniería, Ciencia y Tecnología de Materiales y Ciencias Afines.

A través del Acceso Abierto, se pretende aumentar la visibilidad y el impacto de los resultados de la investigación, asumiendo las políticas y cumpliendo con los protocolos y estándares internacionales para la interoperabilidad entre repositorios



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución-
NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).



Evaluación de la factibilidad técnico-económica de la instalación de una planta de transformación de biomasa residual seca en fuente de energía térmica, en la ciudad de Mar del Plata

Trabajo Final de la carrera Ingeniería Industrial

Leoni, Rocío Azul
Departamento de Ingeniería Industrial
Facultad de Ingeniería
Universidad Nacional de Mar del Plata
Mar del Plata, Septiembre 2021

Título

Evaluación de la factibilidad técnico-económica de la instalación de una planta de transformación de biomasa residual seca en fuente de energía térmica, en la ciudad de Mar del Plata.

Autora

Leoni, Rocío Azul

Evaluadores

Ing. Valotto, Guillermo, Departamento de Ingeniería Industrial – FI – UNMdP

Lic. De Elorza, Ricardo, Departamento de Ingeniería Industrial – FI - UNMdP

Directora

Gadaleta, Liliana, Departamento de Ingeniería Industrial – FI – UNMdP

Co-Director

Camino, Federico, Departamento de Ingeniería Industrial – FI – UNMdP

Contenido

Índice de tablas.....	vi
Índice de figuras	viii
Tabla de siglas.....	ix
Glosario	x
Resumen	xiii
Palabras Clave	xiii
Dedicatorias.....	xiv
Agradecimientos	xiv
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Situación actual del sector energético en Argentina	6
1.2. Motivación	9
1.3. Objetivos	10
1.4. Descripción del informe	11
Conclusión del capítulo.....	11
2. MARCO TEÓRICO	12
2.1. Evaluación de mercado.....	12
2.2. Ingeniería de procesos.....	13
2.3. Evaluación económica	14
2.4. Requerimiento de energía	18
2.5. Legislación	19
3. EVALUACIÓN DE MERCADO	20
3.1. Análisis de producción / demanda de pellets en Argentina.....	20
3.2. Definición del producto y formas de venta.....	22
3.2.1 Ventajas y desventajas del pellet.....	23
3.3. Segmentación de mercado.....	24
3.4. Proyección de la demanda	25
3.5. Análisis de competitividad	33
3.6. Las 5 Fuerzas competitivas de Porter	33

Evaluación de la factibilidad técnico-económica de la instalación de una planta de transformación de biomasa residual seca en fuente de energía térmica, en la ciudad de Mar del Plata	
3.7.	Definición de precio..... 37
3.8.	Conclusión del capítulo 40
4.	INGENIERÍA DE PROCESOS 42
4.1.	Capacidad de la planta..... 42
4.2.	Estacionalidad de la materia prima..... 42
4.3.	Selección de proceso 43
4.4.	Descripción del proceso 44
4.5.	Rendimiento de la materia prima..... 48
4.6.	Requerimientos de materia prima..... 49
4.7.	Requerimiento de equipos principales..... 50
4.8.	Requerimientos de servicios 55
4.9.	Requerimientos de mano de obra directa e indirecta..... 55
4.10.	Requerimientos de espacio 56
4.11.	Localización..... 56
4.12.	Plan de implementación..... 60
4.13.	Distribución de planta 60
4.14.	Conclusión del capítulo..... 63
5.	EVALUACIÓN ECONÓMICA..... 64
5.1.	Estimación de la inversión..... 64
5.2.	Costos de producción..... 66
5.3.	Evaluación de la rentabilidad..... 67
5.4.	Análisis de sensibilidad 89
5.5.	Conclusión del capítulo 93
6.	ASPECTO AMBIENTAL Y SOCIAL 95
6.1	Análisis global económico – social..... 98
6.1	Efectos en el medio ambiente. Disposición de residuos en el MGP 99
6.2	Consideraciones 99
6.3	Conclusión del capítulo..... 100
7.	CONCLUSIÓN 102

Evaluación de la factibilidad técnico-económica de la instalación de una planta de transformación de biomasa residual seca en fuente de energía térmica, en la ciudad de Mar del Plata

8. BIBLIOGRAFÍA	105
9. ANEXO	108
Anexo I: Norma UNE - EN ISO 17225: Biocombustibles sólidos para uso no industrial	108
Anexo II: Contenido del Centro de Disposición Final de Residuos Sólidos de Mar del Plata	114
Anexo III: Requerimiento de materia prima	116
Anexo IV: Requerimiento de astillas para la generación de calor en el quemador	117
Anexo V: Selección de maquinarias.....	118
Anexo VI: Requerimientos de espacio	131
Anexo VII: Costos de producción	134

Índice de tablas

Tabla 1: Unidades de medida a utilizar, pertenecientes al Sistema Internacional de Medida Fuente: Manual de combustibles de madera (Francescato, Antonini, & Zuccoli Bergomi, 2008)	xiii
Tabla 2: Balance Energético Nacional, 2016. Fuente: Elaboración propia en base a (Ministerio de Energía y Minería de la Nación, 2016).....	7
Tabla 3: Consumo anual de Gas Natural en millones de m ³ Mar del Plata. Fuente: Elaboración propia en base a estadísticas de la MGP	26
Tabla 4: Resultados definitivos CENSO 2010. Fuente: INDEC	26
Tabla 5: estimación de consumo de gas natural y usuarios en MGP. Elaboración propia	27
Tabla 6: Características vivienda estimada como destino. Fuente: (Castellano & Gebrikian, 2012) ..	31
Tabla 7: Precios al consumidor final de pellet en Argentina. Elaboración propia	38
Tabla 8: Cuadro comparativo entre el gas natural, GLP y pellets de biomasa.....	38
Tabla 9: Precio de venta de garrafas, con y sin subsidio.....	39
Tabla 10: Contenido de ramas en el Centro de Disposición Final de Residuos de MdP para os años 2014 y 2016. Elaboración propia en base a datos provistos por el Enosur.	49
Tabla 11: características de la chipeadora.....	51
Tabla 12: características del generador de aire caliente	52
Tabla 13: características del secador rotatorio	52
Tabla 14: Separadora de finos previo ensacado	53
Tabla 15: características del silo de pellets.....	54
Tabla 16: características del apilador eléctrico.	54
Tabla 17: Requerimientos de mano de obra	56
Tabla 18: Requerimientos de espacio de la planta industrial. Elaboración propia.	56
Tabla 19: plan estimado de ejecución del proyecto	60
Tabla 20: costo de instalación de equipo. Elaboración propia.....	64
Tabla 21: factores de estimación de inversión fija.	65
Tabla 22: costos de producción	66
Tabla 23: estructura de costos del proyecto	67
Tabla 24: resumen de la estructura de costos de los tres escenarios.....	70
Tabla 25: Cuadro de fuentes y usos de fondos del proyecto de 10 años de duración. Escenario 1... 71	71
Tabla 26: estimación de la tasa interna de retorno del proyecto. Elaboración propia.	72
Tabla 27: Amortización del préstamo con el método Alemán.....	73
Tabla 28: cuadro de flujo de fondos del inversionista	74
Tabla 29: estimación de la tasa interna de retorno TIR del inversionista. Elaboración propia	75
Tabla 30: Cuadro de fuente y uso de fondos del proyecto, escenario 2.....	76
Tabla 31: estimación de la tasa interna de retorno del proyecto, escenario 2.....	77
Tabla 32: Amortización del préstamo con el método Alemán, escenario 2.	79
Tabla 33: cuadro de fuente y usos de fondos del inversionista, escenario 2.	80
Tabla 34: cálculo del tasa interna de retorno del inversionista, escenario 2.	81

Evaluación de la factibilidad técnico-económica de la instalación de una planta de transformación de biomasa residual seca en fuente de energía térmica, en la ciudad de Mar del Plata

Tabla 35: Cuadro de fuente y uso de fondo del proyecto, escenario 3.	82
Tabla 36: estimación de la tasa interna de retorno del proyecto, escenario 3.....	83
Tabla 37: Amortización del préstamo con el método Alemán, escenario 3.	85
Tabla 38: cuadro de fuente y usos de fondos del inversionista, escenario 3.	86
Tabla 39: cálculo del tasa interna de retorno del inversionista.	87
Tabla 40: resumen de la evaluación de costos de los tres escenarios, parte 2.	88
Tabla 41: datos base para el análisis de sensibilidad del proyecto	91
Tabla 42: TIR y VP del proyecto y del inversionista.....	94
Tabla 43: Ahorro de divisas en US\$ por reemplazo de gas natural por pellet de madera. Elaboración propia.....	97
Tabla 44: Clasificación de la biomasa de madera de acuerdo con la norma EN 14961-1 Fuente: The Pellet Handbook (Oberberg & Thek, 2010).....	110
Tabla 45: Especificaciones del pellet para uso no industrial. Fuente: The Pellets Handbook (Oberberg & Thek, 2010).....	111
Tabla 46: Contenido en kg del Centro de Disposición Final de Residuos Sólidos de Mar del Plata, relevado para 2014. Fuente: Enosur.....	114
Tabla 47: Contenido en kg del Centro de Disposición Final de Residuos Sólidos de Mar del Plata, relevado para 2016. Fuente: Enosur.....	115
Tabla 48: características del secador de bandas Kahl.	122
Tabla 49: características del generador de aire caliente	122
Tabla 50: características del secador térmico.....	123
Tabla 51: datos técnicos del secador Lippel.	124
Tabla 52: características del molino Kahl.....	125
Tabla 53: características del molino de martillos, KMEC.....	126
Tabla 54: características de la pelletizadora Kahl.....	127
Tabla 55: características de la pelletizadora KMEC	127
Tabla 56: características del enfriador KMEC.....	127
Tabla 57: características de la mezcladora - acondicionadora	128
Tabla 58: características de la empaquetadora Apisa	129
Tabla 59: características de la ensacadora lapack.....	130
Tabla 60: características de la ensacadora Kinghanlong	130
Tabla 61: dimensionamiento de espacios productivos. Elaboración propia	133
Tabla 62: escenarios para la estimación de la rentabilidad	134
Tabla 63: valor hora-hombre. Fuente: elaboración propia a partir del convenio establecido por la Unión Obreros y Empleados de la Industria Maderera.	136
Tabla 64: Costo anual de mano de obra. Elaboración propia.....	136
Tabla 65: requerimientos de energía eléctrica	137
Tabla 66: costo del kWh. Fuente: elaboración propia a partir de información provista por EDEA. ...	138
Tabla 67: costo de servicios. Elaboración propia.....	139

Índice de figuras

Figura 1: Proyección de la producción mundial de petróleo.	2
Figura 2: Composición de la matriz energética mundial 2014. Fuente: BP Statistical Review of World Energy, 2015. Elaboración propia.	3
Figura 3: Clasificación de biomasa de acuerdo con su origen, procesos de transformación y productos finales. Fuente: Elaboración propia en base a (Díaz Villanueva, 2014)	5
Figura 4: representación del ciclo generación – absorción de CO ₂ a partir del recurso biomásico. Fuente: Sitio Ingenieros por naturaleza (España)	6
Figura 5: Reservas comprobadas de Gas Natural en Argentina. Fuente: Indexmundi (Barrientos & Soria, 2015).....	8
Figura 6: Potencial de Biomasa en Argentina. Fuente: Cámara Argentina de Energías Renovables (2009)	10
Figura 7: Matriz producto – proceso. Fuente: Krajewski, 2008.....	13
Figura 8: Proyección del consumo mundial de pellets. Fuente: Tomado del estudio Global Wood Pellet industry Market and Trade. IEA Bioenergy, de diciembre de 2011	21
Figura 9: Proyección de la producción mundial de pellets. Fuente: Tomado del estudio Global Wood Pellet industry Market and Trade. IEA Bioenergy, de diciembre de 2011	21
Figura 10: Características unitarias del pellet	22
Figura 11: Referencia origen de información para la estimación de usuarios	28
Figura 12: Usuarios residenciales de Gas Natural en Mar del Plata. Elaboración propia en base a estadística de la MGP.	29
Figura 13: Consumo anual en m ³ de Gas Natural en Mar del Plata. Elaboración propia en base a estadística de la MGP.	29
Figura 14: Estufa Sara. Fuente: Manual de Estufa Sara para Autoconstructores.	35
Figura 15: Cómo se hace una estufa Rocket. Fuente: Estufa Rocket Manual para la construcción. Secretaría de Estado de la Energía Gobierno de Santa Fe.....	36
Figura 16: Proceso de peletización. Elaboración propia	44
Figura 17: mapa de recolección de basura en MGP. Fuente: Enosur	45
Figura 18: características del producto en proceso y producto final en el proceso. Elaboración propia.	48
Figura 19: molienda gruesa, chipeadora Deisa	51
Figura 20: secador rotatorio Lippel.....	52
Figura 21: Ubicación de ambas alternativas, visto desde Google Maps. Elaboración propia	57
Figura 22: parcelas disponibles evaluadas en las inmediaciones del RS	58
Figura 23: ubicación potencial del proyecto	59
Figura 24: diagrama general del proceso.....	61
Figura 25: lay out de planta. Elaboración propia.....	62
Figura 26: variación relativa del costo de servicios vs el valor presente	91
Figura 27: variación del valor presente en función de la variación del costo de servicios	92

Evaluación de la factibilidad técnico-económica de la instalación de una planta de transformación de biomasa residual seca en fuente de energía térmica, en la ciudad de Mar del Plata

Figura 28: entornos general y específico de una organización (Stephen P. Robbins, 2010)	95
Figura 29: diagrama secador rotatorio Fuente: The pellet Handbook (2010)	119
Figura 30: secador de bandas. Fuente Prodesa.	120
Figura 31: Secador de bandas Kahl.	121
Figura 32: secador rotatorio Lippel.	123
Figura 33: Molino de martillos de Kahl	125
Figura 34: Molino de martillos, KMEC	126

Tabla de siglas

ANSES: Administración Nacional de Seguridad Social

b.h.: Base húmeda

b.s.: Base seca

CONICET: Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas

CTAER: Centro Tecnológico Avanzado de Energías Renovables

EDEA: Empresa Distribuidora de Energía Atlántica

ENARSA: Energía Argentina Sociedad Anónima

ENOSUR: Ente de Obras y Servicios Urbanos

FAO: Food and Agriculture Organization of the United Nations

GLP: gas licuado de petróleo

IF: Inversión fija

IFT: Inversión fija total

IT: Inversión total

INTI: Instituto Nacional de Tecnología Industrial

I_w : Capital de trabajo

Ktep: kilotoneladas equivalentes de petróleo.

MGP: Municipalidad de General Pueyrredón

M_{H_2O} : peso de masa húmeda

M_{seca} : peso de masa seca

GLP: Gas licuado del petróleo

PI: Proyecto de inversión

PIGS: Parque Industrial General Savio

PN: Plan de negocios

RS: Relleno Sanitario

Glosario

Aditivos: materiales que mejoran la calidad del material (por ejemplo, propiedades de combustión), reduce las emisiones o hace la producción más eficiente.

Combustible densificado o combustible comprimido: biocombustible sólido hecho a partir de compresión mecánica para aumentar su densidad y llevarlo a tamaño y forma específica, como el pellet.

Biomasa: producto obtenidos por fotosíntesis, susceptible de ser transformado en combustible útil para el hombre y expresado en unidades de superficie y de volumen.

Biocombustible: combustible producido directa o indirectamente a partir de biomasa.

Ceniza: el residuo obtenido por la combustión del combustible. Dependiendo de la eficiencia de combustión, la ceniza puede contener combustibles.

Cogeneración: producción secuencial de energía térmica y energía eléctrica a partir de una fuente primaria de energía, estando normalmente esta producción de energía (térmica y eléctrica) ligada a un proceso Industrial, Comercial o de Servicios. Las plantas de Cogeneración producen, pues, de forma simultánea electricidad y calor para diversas aplicaciones.

Contenido de humedad H: se basa en la humedad del material, y se define:

$$H[\text{wt.}\%(\text{b.h.})] = \frac{m_{H2O}}{m_{H2O} + m_{seco}} * 100 \quad (1)$$

Dendroenergía: es toda energía obtenida a partir de biocombustibles sólidos, líquidos y gaseosos primarios y secundarios derivados de los bosques, árboles y otra vegetación de terrenos forestales.

Densidad: refiere a la relación entre el peso y el volumen del cuerpo leñoso (cuerpo poroso) constituido por una serie de sustancias y huecos (cavidades vasculares) ocupados por aire y/o agua. Se expresa en g/cm³ o kg/m³.

La densidad se suele denominar frecuentemente peso específico aparente o incluso, de forma errónea, peso específico.

En cuanto a los pellets de madera, la densidad se refiere al peso de una pieza de madera que debe ser superior a 1,15 g/cm³; en este caso, cuando se deposita en un recipiente lleno de agua, la pieza de madera se hunde rápidamente.

Densidad aparente: se utiliza para pilas de combustibles de madera (troncos y astillas) en las que hay huecos entre los trozos de madera que pueden ser mayores o menores

Evaluación de la factibilidad técnico-económica de la instalación de una planta de transformación de biomasa residual seca en fuente de energía térmica, en la ciudad de Mar del Plata dependiendo del tamaño y la forma de las mismas. Se expresa en kg/m^3 apilado o kg/m^3 aparente, dependiendo de si el montón está apilado o a granel.

Durabilidad mecánica: es la habilidad del combustible densificado de permanecer intacto ante, por ejemplo, la resistencia a la abrasión y golpes durante su manipulación y transporte.

Finos: se definen como la suma de todo el material menor que 3.15 mm, producto de la manipulación de materia leñosa.

Fotosíntesis: es la conversión de materia inorgánica en materia orgánica gracias a la energía que aporta la luz.

Materia inorgánica: aquella que no está hecha de carbono y no son fabricadas por los seres vivos, sino por la naturaleza en reacciones químicas. Son moléculas pequeñas y simples, como las sales, minerales, cloruros.

Materia orgánica: está formada por moléculas fabricadas por los seres vivos. Son moléculas hechas a base de carbono, suelen ser moléculas grandes, complejas y muy diversas, como las proteínas, hidratos de carbono o glúcidos, grasas o ácidos nucleicos.

Metro cúbico sólido (m^3): se utiliza en referencia al volumen que ocupa exclusivamente la madera. Esta unidad de medida se suele utilizar para la madera industrial.

Metro cúbico estéreo: refiere al volumen que ocupan la madera y el aire, considerando que el espacio vacío está ocupado, se usa para la leña.

Metro cúbico aparente (m^3 aparente): unidad de medida utilizada para troncos y, por lo general, para astillas.

El volumen de los combustibles de madera, densificada o no, varía con la forma, el tamaño y la disposición de las piezas de madera. El volumen estérico, es decir, la relación entre el volumen ocupado y el vacío depende de estos factores.

Pellets: es normalmente una pequeña masa, en su mayoría compuesta de material comprimido, de forma esférica o cilíndrica. Usualmente el término es usado en plural, ya que pellets no refiere a una unidad singular sino a un grueso de material.

Pellet de biomasa es una pequeña porción de material orgánico comprimido con forma de cilindro, de diámetro de unos pocos milímetros. Se obtiene de los residuos forestales y de la industria maderera principalmente. Al someterlo al proceso de combustión libera energía en forma de calor, por lo que se lo emplea como biocombustible.

En el ámbito residencial se pueden utilizar para la calefacción de ambientes y el calentamiento de agua a partir del uso de estufas o calderas especiales para pellets. Su forma granulada y tamaño estandarizado permite una dosificación práctica y automática.

Evaluación de la factibilidad técnico-económica de la instalación de una planta de transformación de biomasa residual seca en fuente de energía térmica, en la ciudad de Mar del Plata

Pelletización es la producción de cuerpos uniformes de material en polvo, en grano o grueso de partículas de tamaño disímiles. Su salida es llamada pellet.

Poder calorífico: cantidad de energía por unidad de masa o de volumen de materia que se puede liberar al producirse la unión química entre un combustible y un comburente.

Cabe distinguir entre poder calorífico superior (PCS), poder calorífico inferior (PCI).

Poder calorífico superior (PCS): también conocido como calor de combustión superior, es el calor desprendido en la combustión completa de una unidad de volumen de combustible cuando el vapor de agua originado en la combustión está condensado y, por consiguiente, se tiene en cuenta el calor desprendido en este cambio de fase. Su valor se mide en bomba calorimétrica.

Poder calorífico inferior (PCI): Es la cantidad total de calor desprendido en la combustión completa de una unidad de volumen de combustible sin contar la parte correspondiente al calor latente del vapor de agua generado en la combustión, ya que no se produce cambio de fase, y se expulsa como vapor. Es el valor que interesa en los usos industriales, por ejemplo, hornos o turbinas, en los que los gases de combustión que salen por la chimenea o escape están a temperaturas elevadas, y el agua en fase vapor no condensa.

Temperatura de ignición: se denomina para cierto material combustible a la temperatura mínima necesaria para que la materia empiece a arder y la llama se mantenga sin necesidad de añadir calor exterior. Para la madera, esta temperatura está en el rango de los 313 a 393 °C.

Tep (tonelada equivalente de petróleo): es una unidad de energía. Su valor equivale a la energía que rinde una tonelada de petróleo, la cual, como varía según la composición química de éste, se ha tomado un valor convencional: 41.868.000.000 J (julios) = 11.630 kWh (kilovatios-hora). Es una de las unidades grandes de energía. Sirve también de parámetro (comparación) de los niveles de emisión de dióxido de carbono (CO₂) a la atmósfera que se generan al quemar diversos combustibles.

Unidades de medida: las unidades de peso utilizadas para combustibles de madera son el kilogramo y la tonelada. En la Tabla 1 se indican las unidades de medida para peso y volumen normalmente utilizadas para comercializar los combustibles de madera.

Unidades de medida			
Tonelada (t)	Kilogramo (kg)	Metro cúbico apilado (m ³ apilado)	Metro cúbico aparente (m ³ aparente)

Evaluación de la factibilidad técnico-económica de la instalación de una planta de transformación de biomasa residual seca en fuente de energía térmica, en la ciudad de Mar del Plata

Troncos Astillas Pellets y briquetas	Troncos	Astillas Troncos
--	---------	---------------------

Tabla 1: Unidades de medida a utilizar, pertenecientes al Sistema Internacional de Medida
Fuente: Manual de combustibles de madera (Francescato, Antonini, & Zuccoli Bergomi, 2008)

Ventaja competitiva: característica o atributo de un producto o marca que otorgan a la empresa algún tipo de superioridad sobre sus competidores directos. Estas características o atributos pueden relacionarse con el producto en sí mismo (servicio base), con los servicios necesarios o añadidos que acompañan al servicio base o con los modos de producción, de distribución o de venta, propios del producto o de la empresa.

Resumen

Las actividades de consumo y explotación de hidrocarburos han mostrado un impacto negativo sobre el medioambiente y, junto con la previsión de desabastecimiento, han llevado a explorar nuevas fuentes de energía que sean de origen renovable. Este trabajo plantea la viabilidad técnica, pero por sobre todas las cosas económica, de la instalación de una planta en donde se transforme un residuo domiciliario, como lo es la poda de los árboles, en energía limpia y controlada, como son los pellets de biomasa, con el fin de generar una solución en hogares donde la red de gas no es accesible.

Son cuatro los actores principales: el Relleno Sanitario, cliente directo de la materia prima y de capacidad limitada; el Estado en sus tres ámbitos de aplicación (Nacional, Provincial y Municipal), a partir de subsidios al competidor directo y legislación; el sistema de recolección de la materia prima, que representa la mayor proporción en los costos variables y los habitantes del municipio, clientes finales del proyecto, cuya necesidad abre la puerta para la evaluación de este trabajo. Es clave para su ejecución y establecimiento en el mercado la participación de los cuatro actores.

Bajo las condiciones establecidas se define que el proyecto es rentable con una tasa de retorno mayor a la de retorno mínimo aceptable, definida por el CPPC, un valor presente positivo y tiempo de repago menor a la mitad de la vida útil del proyecto.

Palabras Clave

Biomasa residual seca – Relleno Sanitario – General Pueyrredón – Pellets de biomasa – Reutilización de la poda -

Dedicatorias

A mis padres, Mirta y Carlos, que me dieron todo y son mi norte.

A mi hermana María José y su familia, Diego, Luz y Mar.

A mis amigos, que son fuente inagotable de energía.

Agradecimientos

Quiero agradecer a Matías Trigo, que contribuyó con información clave para el desarrollo. A Liliana Gadaleta y Federico Camino, Directora y Co-Director de este trabajo.

Quiero agradecer a la Universidad Pública, fuente de conocimiento, de redes, de oportunidades, de aprendizaje y crecimiento.

A todos los que me impulsaron a que no me detenga y cierre este hermoso ciclo.

*“El uso apropiado de la ciencia
no es conquistar la naturaleza,
sino vivir en ella.”*

B. COMMONER

*“No puedes pasar un solo día en la tierra
sin tener un impacto en el mundo.
Lo que haces marca una diferencia,
y tienes que decidir
qué tipo de diferencia quieres hacer.”*

D. J.MORRIS GOODALL

1. INTRODUCCIÓN

El desarrollo tecnológico en conjunto con el aumento de la población mundial y sus requerimientos de consumo conllevan a un incremento en la demanda energética en base a combustibles de origen fósil. Esta situación genera dos puntos negativos: la contaminación del medio ambiente a partir de la combustión de hidrocarburos y la degradación de tierras por su extracción.

Existe un límite que impone la protección y cuidado del ambiente ante la amenaza del calentamiento global. El incremento en la explotación de energías basadas en hidrocarburos genera consecuencias en el medio ambiente que no es posible revertir en forma inmediata. Según la Organización Meteorológica Mundial, para el año 2013 el 80% del aumento en las emisiones de dióxido de carbono que generan el efecto invernadero, han sido producidas por el consumo y la transformación de los combustibles fósiles (BBC, 2013).

Las reservas mundiales de estos combustibles hacen suponer que este recurso seguirá siendo utilizado durante muchos años sin embargo distintos estudios realizados muestran que en la década actual se está atravesando el pico máximo de extracción de hidrocarburos a nivel mundial y que esta actividad va perdiendo productividad, ya que aumenta el consumo de energía en la extracción (Laherre, 2013)¹, si se considera que los pozos se van agotando y es necesaria la exploración de tierras para encontrar nuevos. Su lenta formación hace que sean considerados como no renovables, generando incertidumbre respecto del abastecimiento de este tipo de energía en los años por venir.

En la Figura 1 se puede observar la producción mundial de crudo en un crecimiento sostenido desde 1980 hasta mediados de la década de 2010. De acuerdo con el reporte realizado por Jean Laherrere en función de sus propios estudios y de otros autores, se estima que la producción mundial decrecerá.

¹ Jean Laherrere, Ingeniero en Petróleo y consultor. Biografía disponible en el sitio State University of New York College of Environmental Science and Forestry, <http://www.esf.edu/laherrere/biography.html>

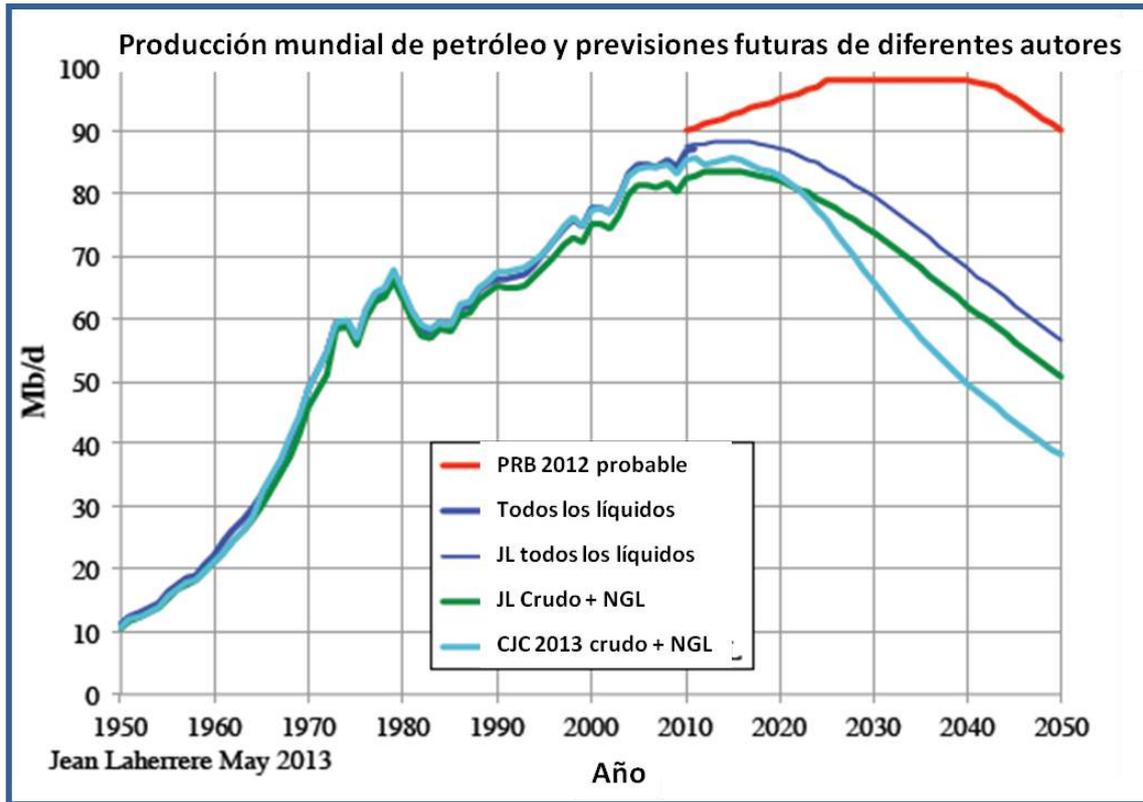


Figura 1: Proyección de la producción mundial de petróleo.

Entre los organismos, privados y/o públicos, que trabajan con los diferentes sistemas de energía a nivel mundial se encuentra BP, una de las principales compañías integradas de petróleo y gas del mundo, que publica cada año la Statistical Review of World Energy (Revisión Estadística de la Energía Mundial). Para el año 2014 presentó la matriz de consumo energético mostrada en la Figura 2, donde se observa la alta dependencia en cuanto al origen de recurso energéticos requeridos, que tiene el mundo hacia los combustibles no renovables de origen fósil: petróleo, gas y carbón.

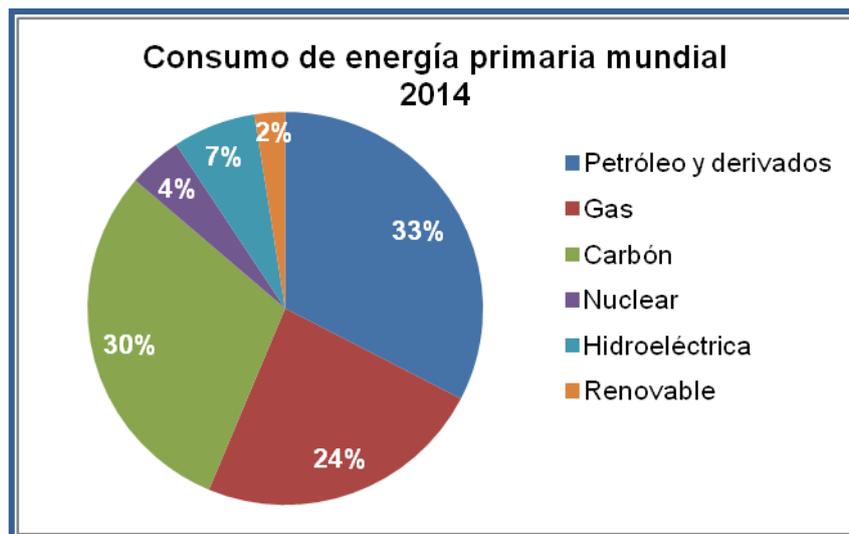


Figura 2: Composición de la matriz energética mundial 2014.
Fuente: BP Statistical Review of World Energy, 2015. Elaboración propia.

En contraposición a la caída estimada en las reservas, la demanda potencial de energía conserva una tendencia creciente.

Frente a esta situación, los países más desarrollados han comenzado a investigar nuevas formas de generar energías de origen renovable y de forma sustentable a nivel económico y ambiental, con el objetivo de reemplazar, al menos en una fracción, y satisfacer las necesidades de uso de los combustibles fósiles.

Impulsor del cambio en la estructura de la matriz energética es el Protocolo de Kioto sobre el cambio climático. Este acuerdo internacional tiene por objetivo reducir las emisiones de gases provocadoras del calentamiento global. Este instrumento se encuentra dentro del ámbito de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), suscrita en 1992 dentro de lo que se conoció como la Cumbre de la Tierra de Río de Janeiro, y es uno de los instrumentos jurídicos internacionales más importantes destinado a luchar contra el cambio climático. Contiene los compromisos asumidos por los países industrializados de reducir sus emisiones de algunos gases de efecto invernadero (GEI), responsables del calentamiento global. El Protocolo de Kioto se aplica a las emisiones de seis GEI: dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4), óxido nitroso (N_2O), hidrofluorocarbonos (HFC), perfluorocarbonos (PFC), hexafluoruro de azufre (SF_6).

Por su parte, la Unión Europea estableció en 2007 un conjunto de medidas, incorporadas a su legislación en 2009, tres objetivos para el año 2020 en materia energética, conocido como el Tratado 2020:

- 🇪🇺 20% de reducción de las emisiones de GEI (en relación con los niveles de 1990)
- 🇪🇺 20% de energías renovables en la UE

Evaluación de la factibilidad técnico-económica de la instalación de una planta de transformación de biomasa residual seca en fuente de energía térmica, en la ciudad de Mar del Plata

20% de mejora de la eficiencia energética. Ahorrar el 20% del consumo de energía mediante una mayor eficiencia energética, además, en cada país el 10% de las necesidades del transporte deberán cubrirse mediante biocombustibles

Estos objetivos se encuentran respaldados por un marco normativo y planes de acción que forman parte de la política de estado.

Los mecanismos de desarrollo de energías alternativas y renovables en los que se trabaja en la actualidad son: eólica, hidráulica, solar, solar térmico, geotérmico, biogás y biomasa, siendo este último objeto de uso en el presente trabajo.

La biomasa es una fuente de energía renovable, esto es, se regenera por medios naturales en un corto período de tiempo, surgiendo a partir de los seres vivos y/o sus residuos, e incluso pudiendo ser cultivada para potenciar su desarrollo productivo en caso de ser necesario. Se trata de materia orgánica de origen residencial o industrial que puede ser aprovechada y convertida en combustible.

El diccionario de la Real Academia Española define como biomasa a la materia orgánica originada en un proceso biológico, espontáneo o provocado, utilizable como fuente de energía. Esta definición es coincidente con las establecidas por distintos organismos científicos y energéticos como la Asociación Internacional de Energía (IEA).

De acuerdo con el tipo de materia orgánica y su origen, existen distintos tipos de biomasa, las cuales se muestran en la Figura 3, junto con los tipos de procesamiento, productos a obtener y aplicación final.

Evaluación de la factibilidad técnico-económica de la instalación de una planta de transformación de biomasa residual seca en fuente de energía térmica, en la ciudad de Mar del Plata

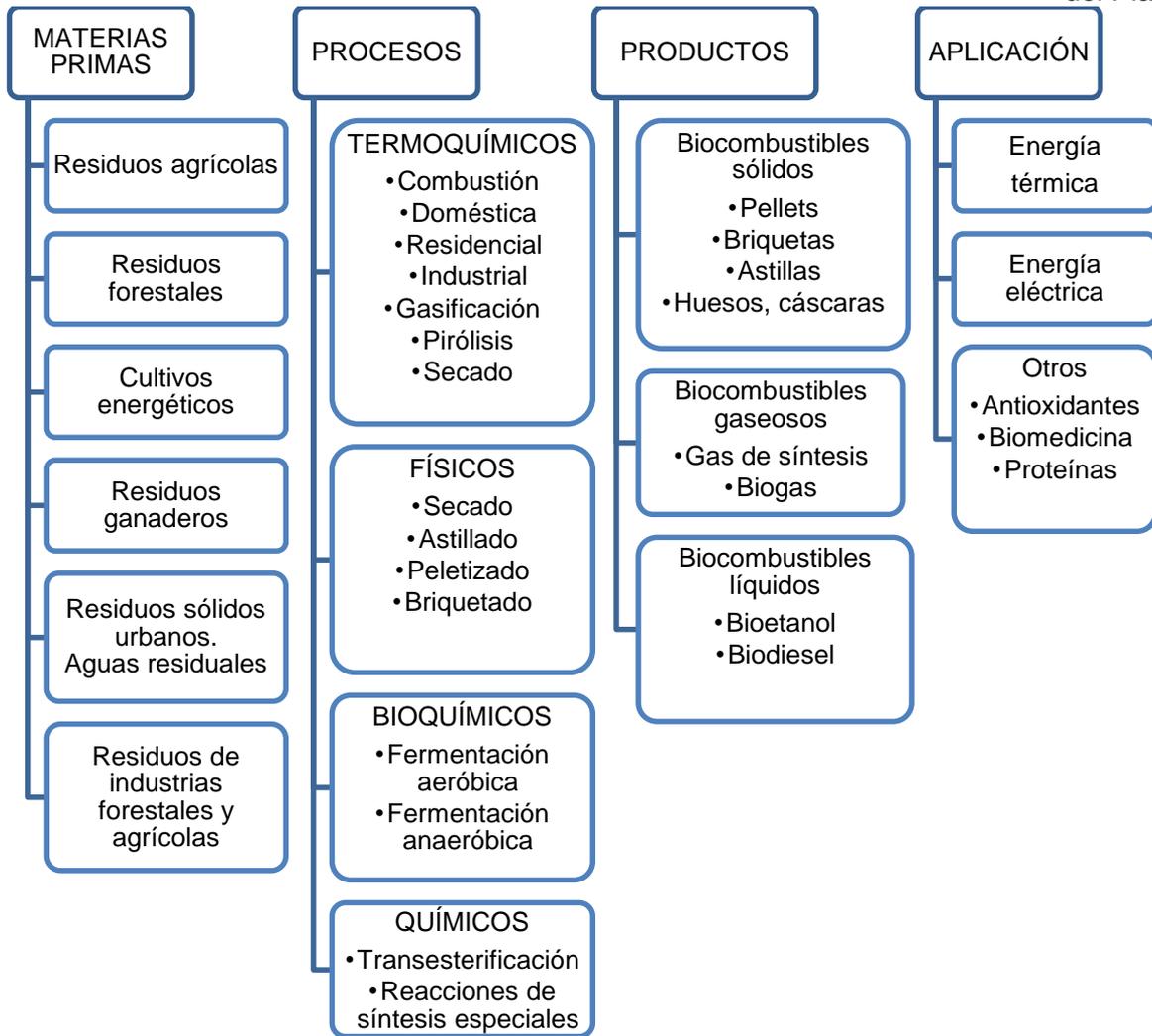


Figura 3: Clasificación de biomasa de acuerdo con su origen, procesos de transformación y productos finales.

Fuente: Elaboración propia en base a (Díaz Villanueva, 2014)

Las distintas opciones que existen para el tratamiento de la biomasa mitigan inconvenientes intrínsecos que presentan como combustible: su baja densidad energética, alto contenido de humedad y heterogeneidad en su estado natural.

En cuanto a la incertidumbre respecto de la diferencia entre la combustión de hidrocarburos en comparación con biomasa, es posible decir que en el caso de esta última los átomos de las moléculas de carbono del CO₂ emitido fueron capturados por el árbol mediante el proceso de fotosíntesis por lo que, en el balance, se devuelve a la atmósfera CO₂ capturado en menos de 20 años. Las plantas y árboles absorben y liberan continuamente el gas para su crecimiento, como se observa en la Figura 4, caso contrario al de los combustibles fósiles, que es CO₂ capturado en el subsuelo a lo largo de miles de años y liberado en un breve espacio de tiempo.

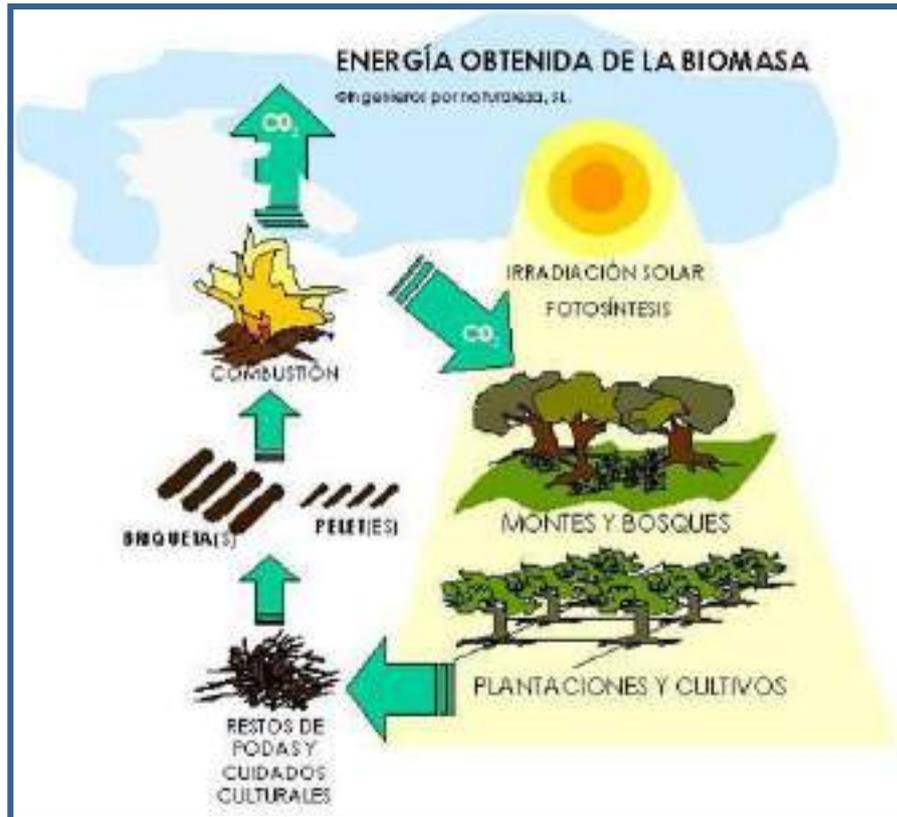


Figura 4: representación del ciclo generación – absorción de CO_2 a partir del recurso biomásico.
Fuente: Sitio Ingenieros por naturaleza (España)

Este proyecto se enfocará en la elaboración de pellets, cuya materia prima es la biomasa residual seca. La calificación residual se debe a que la materia prima se obtiene a partir del aprovechamiento de desechos (municipales o de industrias como la forestal, maderera o agrícola), y seca por contener una baja proporción de agua, lo cual la califica como adecuada para la obtención de energía térmica (Salvador, 2010).

El pellet puede ser utilizado como combustible tanto en estufas, hornos como calderas. Incluso se han desarrollado nuevas tecnologías que permiten el funcionamiento automático, alimentados totalmente a biomasa, los cuales son usados tanto en sistemas de calefacción para hogares y residencias de tamaño familiar, como en plantas a gran escala y con prácticamente total automatización. La estandarización del pellet ha hecho la mayor contribución a su éxito (Oberberg & Thek, 2010).

1.1. Situación actual del sector energético en Argentina

El primer paso de Argentina en materia legal respecto de energías renovables comienza en el año 1998, cuando se sanciona la Ley 25.019, para la promoción de la energía

Evaluación de la factibilidad técnico-económica de la instalación de una planta de transformación de biomasa residual seca en fuente de energía térmica, en la ciudad de Mar del Plata eólica y solar, en la cual se establecía el pago de una remuneración adicional por cada kWh generado a partir de energía eólica o solar y provista al mercado mayorista o a la prestación de servicios públicos.

Sin embargo, el compromiso por modificar la estructura de la matriz energética de Argentina empieza en 2001, con la ratificación de la adhesión voluntaria al Protocolo de Kioto, a pesar de ser un país en vías de desarrollo y con sólo aproximadamente el 0.6% del total de las emisiones mundiales, comprometiéndose con la reducción de emisiones de GEI, o al menos, con su no incremento.

La matriz energética argentina del año 2016 es la que se presenta en la Tabla 2, pudiendo observar que la distribución de generación de energía en la Argentina, según las distintas alternativas actuales, es similar a lo que se presenta a nivel mundial.

Energía primaria	Producción		Importación	
	Ktep	%	Ktep	%
Energía Hidráulica	3.283	4	-	0
Energía Nuclear	-	0	2.224	25
Gas Natural de Pozo	39.557	53	4.787	53
Petróleo	26.440	36	790	9
Carbón Mineral	14	0	1.154	13
Leña	834	1	-	0
Bagazo	830	1	-	0
Aceites Vegetales	2.467	3	-	0
Alcoholes Vegetales	464	1	-	0
Energía Eólico	176	0	-	0
Energía Solar	1	0	-	0
Otros Primarios	292	0	-	0
TOTAL	74.358	100	8.955	100

Origen renovable

Tabla 2: Balance Energético Nacional, 2016. Fuente: Elaboración propia en base a (Ministerio de Energía y Minería de la Nación, 2016).

En Argentina las reservas de gas y petróleo atraviesan un proceso de declive, como se puede observar en la Figura 5, debiendo recurrir a las importaciones para satisfacer una demanda en aumento sostenido.

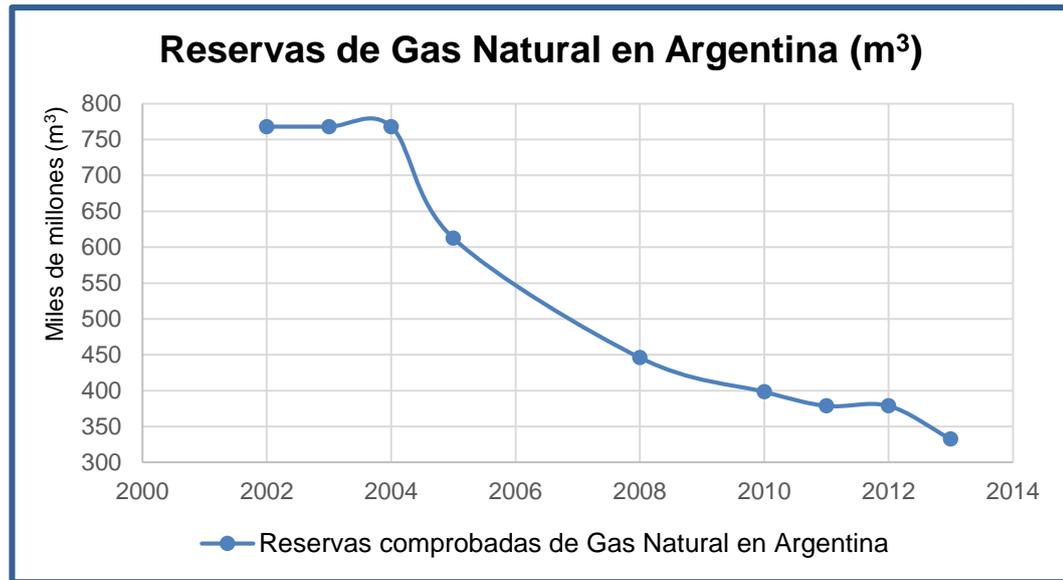


Figura 5: Reservas comprobadas de Gas Natural en Argentina.
Fuente: Indexamundi (Barrientos & Soria, 2015)

La producción de pellets es una tarea intensiva y comercialmente desafiante, ya que, por un lado, requiere de la disposición de estufas destinadas a pellets, cuya producción y difusión está en etapa de introducción en el mercado y, por otro, participación por parte del usuario en lo que respecta a la utilización del producto, tanto en carga de la tolva de alimentación como en la posterior limpieza. Sin embargo, en los últimos años se han visto avances en maquinaria y procesos usados para la transformación de biomasa de baja calidad hasta biocombustible sólido de alta calidad.

Respecto de la aceptación de los sistemas de calefacción con pellets, los altos costos de inversión comparados con los ya conocidos sistemas de calefacción a gas o petróleo son aparentemente desfavorables. Sin embargo, es necesario un cálculo completo para una evaluación económica válida. Si los costos externos causados por el impacto ambiental, tal como el daño a la salud, a la flora y fauna y a las edificaciones, así como los riesgos climáticos y de salud es tenido en consideración, los pellets tienen claros beneficios.

El fuerte crecimiento del mercado del pellet a nivel mundial requiere que se examine el potencial de la materia prima disponible y la consideración de alternativas. Este trabajo plantea utilizar el resto de poda de la ciudad de Mar del Plata, que actualmente su destino es el Relleno Sanitario, pero no se desconoce la posibilidad de contar con otras fuentes como virutas y aserrín, producto de la industria maderera: aserraderos, astilleros, fábrica de pellets.

Llevar adelante el proyecto o no, y en qué medida, es influenciado por el marco nacional sobre la política energética. El esquema de costos relacionado con el gas natural dificulta la competitividad del pellet para su comercialización.

1.2. Motivación

Este proyecto tiene distintas aristas que motivan a evaluar su factibilidad, las cuales se listan a continuación.

Ambiental

Se procura la reutilización de un residuo local para transformarlo en fuente energética. La MGP realiza la recolección de montículos de restos de poda y hojas en toda la ciudad, a la vez que mediante la máquina chipeadora móvil convierte estos residuos en abono destinado a los viveros, parques y paseos municipales y cualquier entidad benéfica u ONG de Mar del Plata o Batán que lo necesite (Municipalidad de General Pueyrredón, 2016) con el objetivo de la reducción de micro basurales. Esto da seguimiento a la idea que fomenta la utilización y otorgamiento de valor agregado a los residuos. Se considera que, dado el crecimiento a nivel mundial de la inserción de esta forma de energía limpia, y con el apoyo en el concepto de reutilización, es de vital importancia evaluar su aplicación.

Social

Es posible aseverar que existen miles de hogares, sobre todo en las zonas periféricas de la ciudad, que no cuentan ni tienen acceso a la red de gas natural. Por lo que la concreción de este proyecto, en conjunto con políticas de apoyo y el trabajo colectivo, pueden mejorar la calidad de vida de todas estas familias. En adición a los hogares, el proyecto es trasladable a cualquier entidad de bien público o privado, como colegios o centros de día.

Por otro lado, esta iniciativa contribuiría con la reducción de los basurales en la zona, tanto del RS como de pequeños basurales creados de manera espontánea en toda la extensión de la ciudad.

Energético

Genera una alternativa independiente de los combustibles fósiles, para su consumo.

Económico

Contribuye con las economías regionales, siendo que la materia prima para su generación se encuentra en más del 50% del país, principalmente del centro al norte, donde los recursos dendroenergéticos son más abundantes, como se puede observar en la Figura 6. Este aspecto es de vital importancia, ya que la evaluación del proyecto y su posterior ejecución pueden ser replicables en otros municipios.

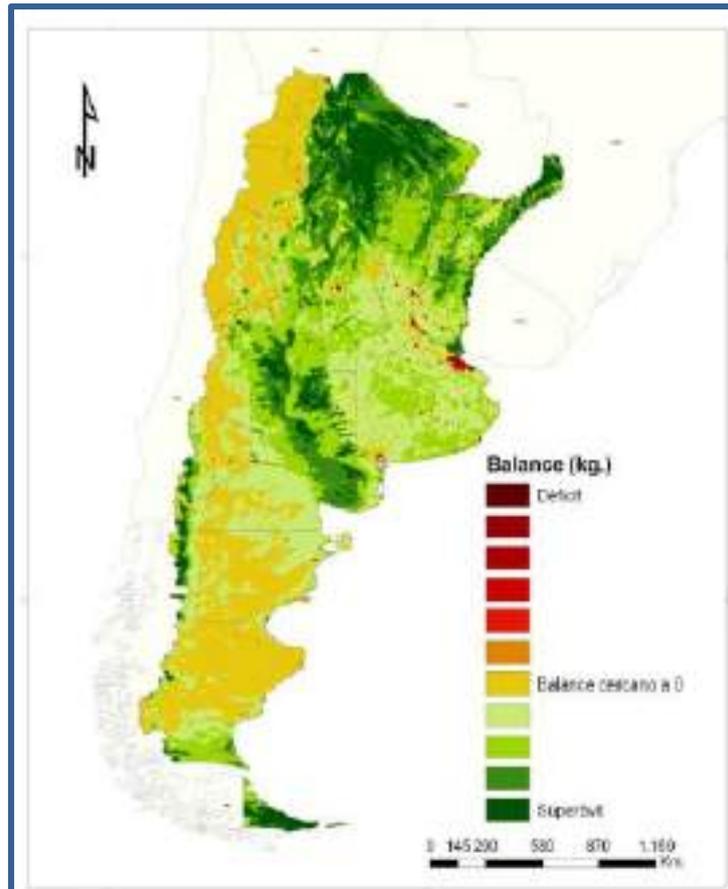


Figura 6: Potencial de Biomasa en Argentina.
Fuente: Cámara Argentina de Energías Renovables (2009)

1.3. Objetivos

General

Evaluar la factibilidad técnico-económica de la instalación de una planta de transformación de biomasa residual seca en fuente de energía térmica, en la ciudad de Mar del Plata.

Específicos

- A. Investigación y análisis de mercado: demanda de producto
- B. Factibilidad del proyecto de inversión:
 - i. Análisis de costos del proyecto;
 - ii. Vías de financiación;
 - iii. Evaluación de rentabilidad y sensibilidad;
- C. Sostenibilidad del proyecto: evaluación y planificación de obtención de materia prima.

D. Evaluar los beneficios que este proyecto genera a la sociedad

1.4. Descripción del informe

A partir de distintas áreas de la Ingeniería Industrial se pretende realizar una evaluación integral de la factibilidad técnica y económica de instalar en la ciudad de Mar del Plata, Partido de General Pueyrredón, una planta de transformación de biomasa residual seca en pellet, con finalidad energética.

El informe se estructura de la siguiente manera: comienza con la descripción de la biomasa y se realiza una introducción a su participación en la generación de energía, luego se evalúa el potencial que el producto tiene para ser inserto en el mercado definido. Finaliza con la evaluación técnico-económica del proyecto y de sus variables de riesgo.

Conclusión del capítulo

De acuerdo a lo expuesto en este capítulo, se concluye en que este trabajo parte del conocimiento de una necesidad junto con una oportunidad, resaltando cuatro aristas:

- ✿ existe un límite en la provisión de gas natural en el MGP respecto de la capacidad instalada, sin un plan concreto de expansión que logre abarcar el total de usuarios y usuarios potenciales;
- ✿ del otro lado existe también una parte de la población que necesita de este servicio para satisfacer necesidades básicas de bienestar;
- ✿ el consumo de combustible fósil es una energía no renovable y, si bien acompañó y formó parte del desarrollo tecnológico mundial, su producción y consumo genera, a su vez, un impacto negativo en el medio ambiente;
- ✿ formalmente un acuerdo internacional pone de manifiesto la necesidad de cada país pase de actor responsable a un activo partícipe del cuidar el medioambiente a través del uso de energías limpias.

Este proyecto pretende evaluar la posibilidad de contribuir a tal fin.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Evaluación de mercado

Permite establecer la probable cuantía de los productos (bienes industriales y servicios) a vender y como consecuencia de ello fija las bases mínimas para determinar la capacidad de la planta industrial de servicios a instalar, es decir, relacionada directamente con la inversión; esta a su vez influye sobre los costos de producción, los que pueden afectar, dentro de ciertos límites, los precios de venta, los cuales a su vez, y a través de la elasticidad de la demanda-precio, pueden modificar el tamaño del mercado, con lo que se reiniciaría el ciclo (Zugarramurdi & Parín, 1998).

Segmentación de mercado

El concepto de segmentación [...] se puede definir como el fraccionamiento del mercado global en un número reducido de grupos homogéneos por lo que respecta a hábitos, necesidades y preferencias, de manera que cada grupo tenga suficiente importancia como para justificar el desarrollo de un mix de marketing específico (Kotler & Keller, 2012).

Proyección de la demanda

La demanda es la cantidad vendida en un lugar y en un período dado. Tiene por objetivo valorar la inversión y la capacidad de producción (Lambin, 2003). Para su estimación se utiliza el método de regresión no lineal, polinómica (Render Barry, 2006).

Las 5 Fuerzas competitivas de Porter

Es un modelo de análisis competitivo que representa el efecto colectivo de las fuerzas y rivalidades en el entorno. La naturaleza de la competitividad en una industria se compone de cinco fuerzas (David, 2010):

1- Rivalidad entre empresas competidoras: es generalmente la poderosa de las cinco fuerzas competitivas. Su intensidad determina el atractivo del mercado a apuntar.

2- Poder de negociación con los consumidores: La cantidad de clientes, su concentración o el volumen de compra determina la capacidad de negociación de la empresa con respecto a ellos.

3- Poder de negociación de los proveedores: El número de proveedores, la cantidad de materia prima sustituta o el costo para cambiar de un insumo a otro influyen sobre la capacidad de negociación con respecto a las empresas proveedoras.

4- Desarrollo potencial de los productos sustitutos: La presencia de productos sustitutos establece un límite de precio antes de que los consumidores prefieran adquirir un bien alternativo.

Evaluación de la factibilidad técnico-económica de la instalación de una planta de transformación de biomasa residual seca en fuente de energía térmica, en la ciudad de Mar del Plata

5- Potencial ingreso de nuevos competidores: La intensidad de la competencia se incrementa cuando las barreras de ingreso al mercado no son lo suficientemente altas.

2.2. Ingeniería de procesos

Diseño del proceso productivo

Una decisión de proceso (o de la transformación) es el sistema que adquiere una organización para transformar los recursos en bienes y servicios que ofrece al mercado (Paz & Gómez, 2012)

La matriz producto-proceso, expuesta en la Figura 7 es una representación gráfica creada por Hayes y Wheelwright en la cual establece una clasificación de procesos productivos, de acuerdo con el volumen de producción y la flexibilidad, en cinco categorías: proyecto, a medida o de talleres, batch, flujo lineal y flujo continuo; de menor a mayor automatización y teniendo en cuenta que la automatización estará en relación inversa con la flexibilidad.

El análisis de la matriz indica que un proceso de manufactura se desarrolla mejor si se ubica dentro de la franja diagonal (Krajewski, 2008).

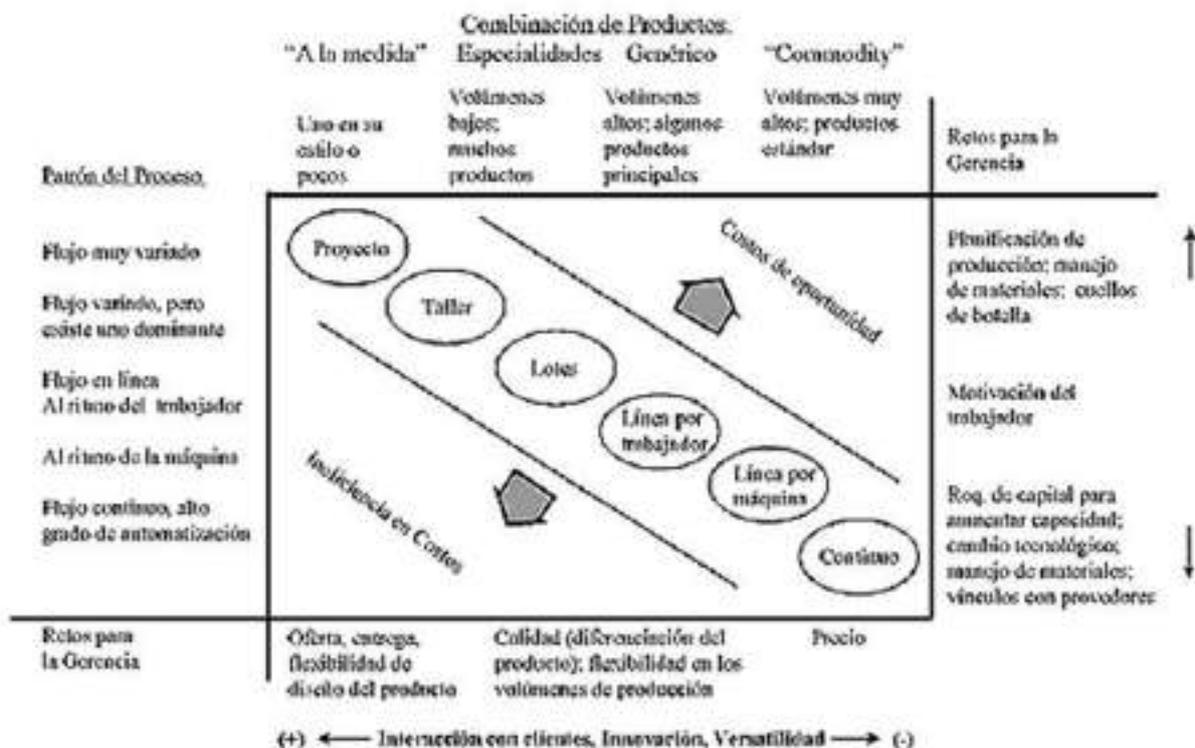


Figura 7: Matriz producto – proceso.
Fuente: Krajewski, 2008

2.3. Evaluación económica

Proyecto de inversión

Un proyecto de inversión es una propuesta para el uso de capital para la producción de un bien o la prestación de un servicio. Consta de un conjunto de antecedentes técnicos, económicos, financieros y legales que permiten juzgar cualitativa y cuantitativamente las ventajas y desventajas de asignar recursos a esta iniciativa. (Zugarramurdi, 1998)

Inversión total

La cantidad de dinero necesaria para poner un proyecto en operación es conocida como inversión. La inversión total requerida para realizar y operar el proyecto se compone de dos partes: Inversión Fija Total (IFT) e Inversión de Capital de trabajo (I_w). (Zugarramurdi, 1998)

Inversión Fija Total (IFT)

Es la cantidad de dinero necesaria para construir totalmente una planta de proceso, con sus servicios auxiliares y ubicarla en situación de poder empezar a producir. Es básicamente la suma de todos los activos de la planta.

Los activos fijos pueden ser tangibles o intangibles. Los primeros se integran con la maquinaria, que incluye monto para su montaje, terreno, edificios, instalaciones auxiliares; y los segundos: las patentes, conocimientos técnicos, gastos de organización.

La estimación de la IF parte de estimar el precio de los equipos y su instalación. Para ello deben tenerse en cuenta dos aspectos: los índices de costos y el factor costo capacidad.

Inversión en Capital de trabajo (I_w)

Comprende las disponibilidades de capital necesario para que una vez que la planta se encuentre instalada y puesta en régimen normal de operación, pueda operar a los niveles previstos en los estudios técnico-económicos.

Se puede estimar I_w de dos maneras: tomarlo como el 10-20% de la IFT o calculando los requerimientos de capital para operar la planta durante un determinado periodo de tiempo, en función de las condiciones de comercialización y en base a los costos de producción sin depreciación.

El cálculo de la IT se realiza a partir de la ecuación

$$IT = IFT + I_w \quad (2)$$

Depreciación

Depreciación significa una disminución en valor. La mayoría de los bienes van

Evaluación de la factibilidad técnico-económica de la instalación de una planta de transformación de biomasa residual seca en fuente de energía térmica, en la ciudad de Mar del Plata

perdiendo valor a medida que crece la antigüedad. Los bienes de producción comprados recientemente tienen la ventaja de contar con las últimas mejoras y operan con menor probabilidad de roturas o necesidad de reparaciones. Excepto para posibles valores de antigüedad, el equipo de producción gradualmente se transforma en menos valioso con el uso. Esta pérdida en valor se reconoce en prácticas de contabilidad como un gasto de operación y en lugar de cargar el precio de compra completo de un nuevo bien como un gasto de una sola vez, la forma de operar es distribuir su costo de compra durante la vida del bien en los registros contables. Este concepto de depreciación puede parecer en desacuerdo con el flujo de caja real para una transacción particular, pero para todas las transacciones tomadas colectivamente provee una representación realista del consumo de capital en estados de beneficio y pérdida.

En contabilidad financiera, la depreciación es un costo indirecto y un registro contable mostrará una carga anual para la depreciación.

Respecto del cálculo, existen diversos métodos para la estimación de la depreciación, pero son dos aspectos los que se tienen en cuenta a la hora de elegir cuál se aplicará: aspecto interno de la compañía, por medio del cual se aplica el método que la dirección considera más adecuado y el aspecto impositivo, donde se deberá aplicar el método permitido por la legislación vigente.

Para este proyecto se utilizará el método de línea recta, el cual considera que la depreciación anual es constante. Se calcula como muestra la ecuación (3):

$$D = \frac{(I_F - L)}{n} \quad (3)$$

Donde:

- 📌 D: depreciación acumulada en k años, $k \leq n$.
- 📌 n: vida útil del bien
- 📌 I_F : Inversión Fija sin terreno.
- 📌 L: valor residual o de reventa al final de la vida útil de un bien.

Costos de producción u operación

Son los gastos involucrados en mantener el proyecto, operación o la pieza de un equipo de producción. Se dividen en costos variables, que son proporcionales a la producción, y fijos, independientes de la producción.

Flujo de fondos del proyecto y TIR

Para la evaluación, se requiere de una tasa de retorno mínima aceptable (TRMA) establecida por el proyecto como criterio de comparación. Se calculará a partir del costo

Evaluación de la factibilidad técnico-económica de la instalación de una planta de transformación de biomasa residual seca en fuente de energía térmica, en la ciudad de Mar del Plata

promedio ponderado del capital (CPPC) que es el rendimiento requerido para toda la compañía, es decir, una combinación de los requerimientos necesarios para remunerar tanto a sus accionistas como a los inversores. En caso de que dicha tasa hallada sea menor a la TIR calculada, se recomienda efectuar la inversión puesto que es un proyecto atractivo.

Interés

Refiere al costo establecido por la utilización de dinero.

El interés se denomina compuesto cuando su pago se establece sobre periodos consecutivos de tiempo, por lo que al finalizar un periodo el interés se adiciona a ese monto del préstamo.

La tasa efectiva se utiliza para pagos más frecuentes de tiempo.

La tasa efectiva anual se calcula como se expresa en

$$i_{ef} = \left(1 + \frac{TNA}{c}\right)^c - 1 \quad (4)$$

- 📌 TNA :tasa nominal de interés)
- 📌 c: número de periodos de interés por año)
- 📌 i_{ef} : tasa efectiva de interés anual

Tiempo de repago

El tiempo de repago (n_R) es definido como el mínimo período de tiempo teórico necesario para la recuperación de la inversión realizada originalmente en forma de flujo de caja del proyecto. Se debe destacar que dicha inversión sólo representa el desembolso fijo inicial depreciable.

Dado que a lo largo de la duración del proyecto el flujo de caja se conserva constante, es posible calcular n_R a partir de la inversión fija IF, el valor residual L y el flujo de caja promedio del proyecto como se muestra en la ecuación (5).

$$n_R = \frac{IF - L}{FC_p} \quad (5)$$

Cálculo de costo promedio ponderado del capital (CPPC)

$$CPPC = \% \text{ CapitalPropio} * K_e + \% \text{ Deuda} * K_d(1 - t) \quad (6)$$

K_e se define como la rentabilidad de la inversión alternativa (de riesgo similar) que se descarta para destinar esos recursos al proyecto.

Evaluación de la factibilidad técnico-económica de la instalación de una planta de transformación de biomasa residual seca en fuente de energía térmica, en la ciudad de Mar del Plata

Kd, capital de deuda, es el costo establecido por la entidad financiera para la cesión del préstamo.

Evaluación de la rentabilidad de un proyecto

Para definir si un proyecto resulta rentable, se recurre a dos evaluaciones:

- ✎ En primer lugar, para el proyecto en sí se calcula el VP con una $i = TRMA$,
 - $VP \geq 0$ Proyecto Rentable (seguir adelante con la evaluación)
 - $VP < 0$ Proyecto NO Rentable (descartarlo)
- ✎ Luego, se realiza la evaluación del préstamo, el inversionista, se estima VP con $i = ke$:
 - $VP \geq 0$ la financiación contribuye a la rentabilidad del proyecto (seguir adelante con la evaluación)
 - $VP < 0$ el préstamo no acompaña a la inversión (descartarlo)

Sensibilidad

Una vez evaluada la rentabilidad del proyecto se realiza el análisis de sensibilidad. Su propósito es contribuir con la toma de decisiones, entendiendo cómo afecta la variación de definidas variables a dicha rentabilidad ya que, es posible, que determinados valores cambien conforme se vean modificadas situaciones de contorno, como la economía.

Existen distintos métodos para su estimación, este proyecto utiliza el de variación relativa.

Para comenzar, se realiza el despeje de la ecuación del cálculo de valor presente:

$$VP = -I_T + \sum_{j=1}^n \frac{FC_j}{(1+i)^j} \quad (7)$$

Donde:

- ✎ FC_j = Flujo de Caja en el período j
- ✎ IT = Inversión Total en el período 0
- ✎ i = Tasa de interés pre-asignada
- ✎ n = vida útil del proyecto
- ✎ V = ingresos por ventas
- ✎ $C_{VT}-C_X$ = costos variables totales sin costo a definir como independiente
- ✎ C_{FT} = costos fijos totales sin depreciación
- ✎ C_X = costo de la variable independiente, incógnita
- ✎ D = costo fijo de depreciación

Evaluación de la factibilidad técnico-económica de la instalación de una planta de transformación de biomasa residual seca en fuente de energía térmica, en la ciudad de Mar del Plata

$$VP = -I_T + \frac{FC_1}{(1+i)^1} + \frac{FC_2}{(1+i)^2} + \dots + \frac{FC_n + I_w + L + terreno}{(1+i)^n} \quad (8)$$

Y, a su vez,

$$FC = \{V - [(C_{VT} - C_X) + C_{FT} +]\} * (1-t) + D \quad (9)$$

Para realizar la estimación se suponen distintos valores de variación del parámetro definido. Con este nuevo valor se calculan TIR y VP, y en cada uno de ellos se estima el valor relativo que toman las variables independiente y dependientes TIR y VP.

$$\text{Valor relativo (\%)} = \frac{(V_f - V_i)}{V_i} \quad (10)$$

Este proceso se repite para definir una recta de variación relativa que permita conocer los valores para los cuales el proyecto sigue o no siendo rentable.

2.4. Requerimiento de energía

Calor sensible, Q_s : es la cantidad de calor necesaria para elevar la temperatura de una masa m de agua de una temperatura inicial a otra final. Se calcula como muestra la ecuación (11):

$$Q_s = m * C_p * \Delta T \quad (11)$$

Siendo

- m : cantidad de masa
- C_p , calor específico: energía necesaria para elevar en 1 °C una unidad de masa m . Es propio de la materia
- ΔT : variación en grados centígrados de temperatura ($\Delta T = T_{final} - T_{inicial}$)

Calor latente, Q_L : es la energía requerida para el cambio de fase de una determinada cantidad de sustancia: Se calcula:

$$Q_L = m * q_v \quad (12)$$

Siendo

- m : cantidad de masa
- q_v , calor latente de vaporización: energía necesaria que una unidad de masa m pase de estado líquido a gaseoso. Es propio de la materia. El del agua es de 540 kcal/kg.

Evaluación de la factibilidad técnico-económica de la instalación de una planta de transformación de biomasa residual seca en fuente de energía térmica, en la ciudad de Mar del Plata

Sumando (11) y (12), se obtiene el calor total, Q, que es la energía requerida por una determinada unidad de masa, para modificar su temperatura contemplando la energía del cambio de fase:

$$Q = Q_S + Q_L = m * C_p * \Delta T + m * q_v \quad (13)$$

2.5. Legislación

Ley 27.191. Régimen de Fomento Nacional para el uso de Fuentes Renovables de Energía destinada a la Producción de Energía Eléctrica.

Ley 26.093. Régimen de Regulación y Promoción para la Producción y Uso Sustentables de Biocombustibles

3. EVALUACIÓN DE MERCADO

3.1. Análisis de producción / demanda de pellets en Argentina

Argentina posee un enorme potencial para la producción de biomasa con fines energéticos a partir de los residuos generados o bien de la disposición de la extensión de tierra para el desarrollo de nuevas plantaciones. Según el informe Wisdom de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, FAO, la productividad leñosa anual sustentable de la Argentina es de 193 millones de toneladas, de las cuales 143 (42.900 kton equivalentes de petróleo - ktep al año) son físicamente accesibles y están potencialmente disponibles para usos energéticos. A estos recursos se le suman 2,7 millones de toneladas de biomasa leñosa proveniente de los subproductos de aserraderos y de plantaciones frutales, y cerca de 2,3 millones de toneladas de otros subproductos biomásicos derivados de las agroindustrias, dando un total de recursos que alcanzan los 148 millones de toneladas. Esto representa unas 37.200 ktep/año, equivalente a más de la mitad de la Oferta Interna de Energía Primaria del país (INTI, 2013).

Según el INTI se estima que la producción mundial de pellet crecerá de 12 a 50 millones de toneladas para 2020, y se prevé que EEUU, Japón y China serán los mayores consumidores para uso industrial, mientras que los europeos se orientarán al uso doméstico (Maslatón, 2011).

Evaluación de la factibilidad técnico-económica de la instalación de una planta de transformación de biomasa residual seca en fuente de energía térmica, en la ciudad de Mar del Plata

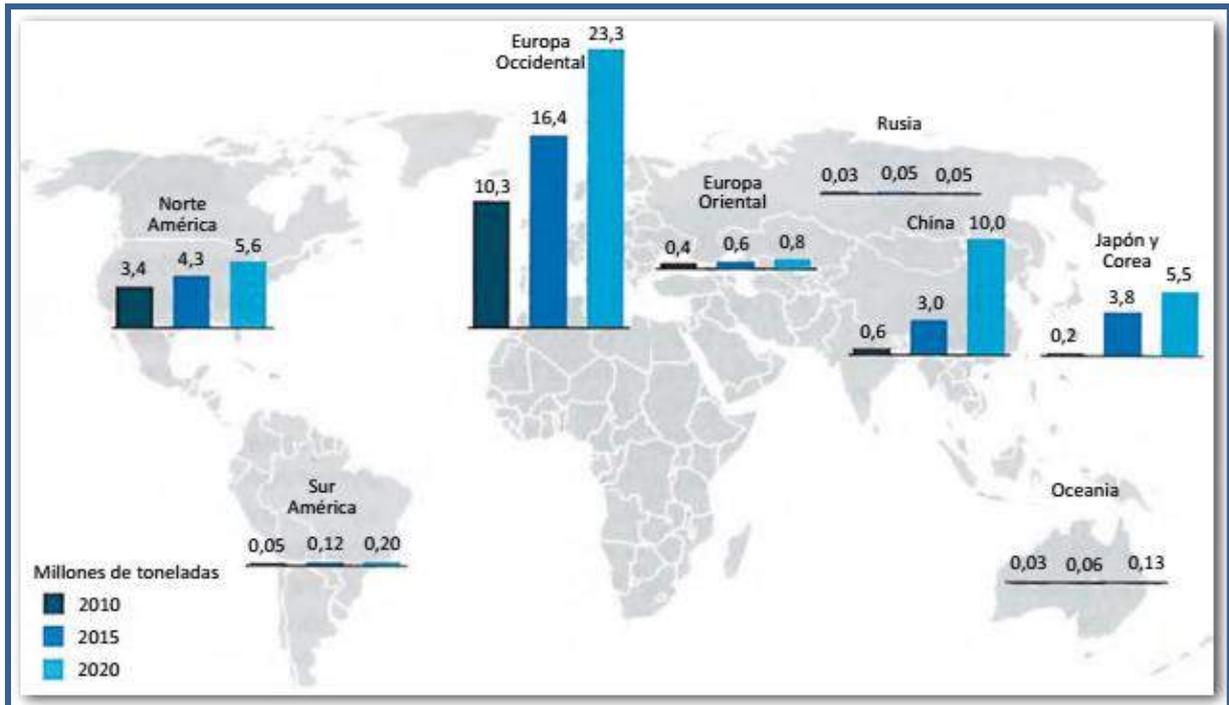


Figura 8: Proyección del consumo mundial de pellets.

Fuente: Tomado del estudio Global Wood Pellet industry Market and Trade. IEA Bioenergy, de diciembre de 2011

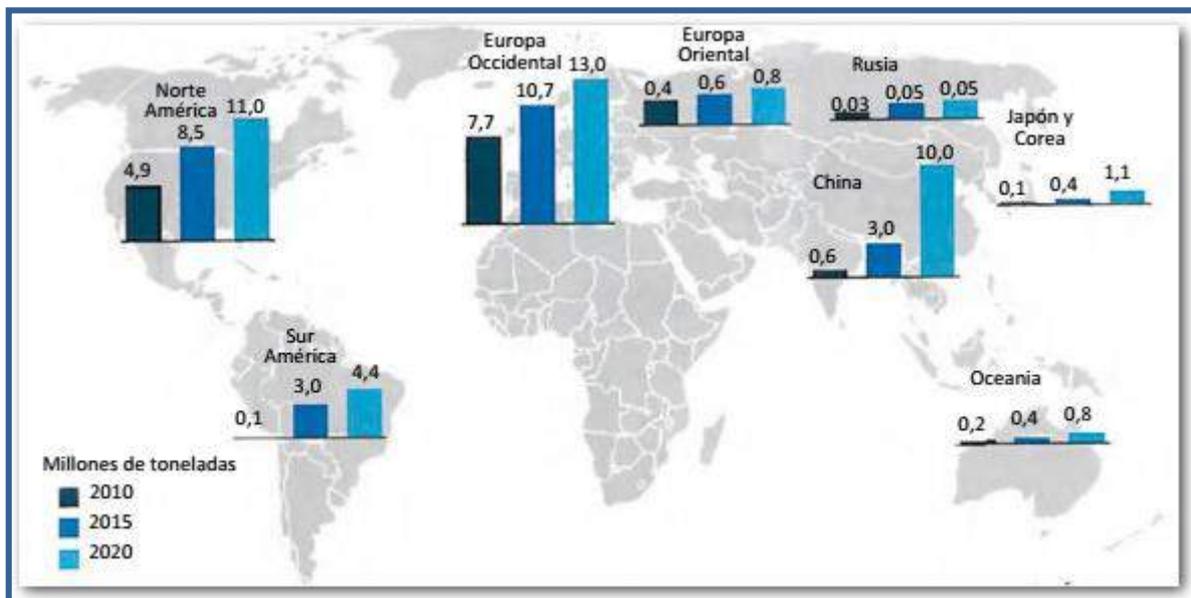


Figura 9: Proyección de la producción mundial de pellets.

Fuente: Tomado del estudio Global Wood Pellet industry Market and Trade. IEA Bioenergy, de diciembre de 2011

3.2. Definición del producto y formas de venta

En el inicio del proyecto se pretendió realizar la evaluación de un proceso de transformación multiproducto que contemple la producción no sólo de pellets sino también de briquetas.

En el desarrollo del análisis respecto de las diferencias y ventajas de ambos productos se observa que no es significativa la contribución de las briquetas al proyecto, al menos para las condiciones aquí planteadas. Para lo definido, el mercado objetivo no percibirá beneficios significativos y la empresa debería realizar una mayor inversión, lo cual se traslada al precio del producto para no afectar su liquidez o rentabilidad. Respecto de astillas, su comercialización requiere mayor inversión en el proceso, y se detectó la oportunidad de poder utilizarlo como combustible para la cogeneración.

Con esto en vista, se define lanzar al mercado un único producto.

El pellet tendrá una forma cilíndrica, de 6 mm de diámetro y 15 mm de largo, como se muestra en la Figura 10.

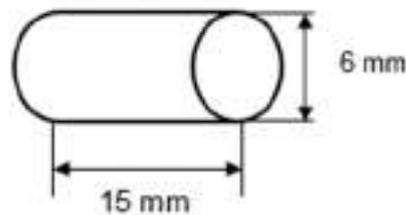


Figura 10: Características unitarias del pellet

Este proyecto basa sus normas de producción y calidad en las normas internacionales *UNE-EN ISO 17.225: Biocombustibles sólidos. Especificaciones y clases de combustibles*.

Este proyecto plantea la comercialización de pellets con un formato de venta de bolsas de nylon de 15 kg. Es un formato de fácil manejo que aísla el pellet del exterior, asegurando que conserve las características adecuadas para su uso. A su vez, posibilita su comercialización en centros de venta al consumidor final, como almacenes o mercados.

Otras formas de comercialización existentes son en camión cisterna para grandes consumidores, como edificios o industrias, ya que se suministra directamente el pellet desde el camión hasta el depósito de la caldera mediante la manguera del mismo, de forma que queda todo automatizado y no es necesario manejar manualmente el pellet en ningún

Evaluación de la factibilidad técnico-económica de la instalación de una planta de transformación de biomasa residual seca en fuente de energía térmica, en la ciudad de Mar del Plata momento, y en Big Bags para el uso en calderas de pellets que no permiten el suministro con camión cisterna, conteniendo entre 500 y 1.000 kg de pellets cada una.

Potencial calorífico de los pellets

De acuerdo con información provista por el trabajo final de carrera Energías renovables y generación distribuida en el Partido de General Pueyrredón (Castellano & Gebrikian, 2012), la distribución de especies de biomasa residual se distribuye en un 90% forestal,

- 🌳 80% de plátano, con un PCI de 4.240 kcal/kg
- 🌳 5% pino, PCI = 4.576 kcal/kg
- 🌳 5% eucalipto, PCI = 4.277 kcal/kg

y el 10% restante es agrícola leñosa (cerezo, ciruelo, tomate y pimiento, PCI entre 2 y 3 mil kcal/kg) y agrícola ganadera (girasol, maíz y trigo, CPI = 3.200 kcal/kg promedio).

Se consideran estos valores de PCI en base seca.

En función de esta información se define para el producto del presente trabajo un poder calorífico estimado de 4.200 kcal/kg.

3.2.1 Ventajas y desventajas del pellet

Ventajas

- 🌳 Contribuye con la reducción de basurales, ya que la materia prima es considerada residuo de las industrias forestales y agrícolas, entre otras, e incluso es un residuo residencial.
- 🌳 El pellet es una fuente de energía renovable, se puede cultivar y potenciar su desarrollo productivo.
- 🌳 Durante su combustión, el CO₂ desprendido es igual al que el árbol ha absorbido durante su crecimiento. Esto hace que al usar pellets se genere un saldo neutro de emisiones de CO₂ a la atmósfera (siempre que la vegetación se renueve a la misma velocidad que se degrada).
- 🌳 La materia prima se encuentra en prácticamente todas las ciudades del mundo, fomentando economías regionales.
- 🌳 Es la fuente renovable más estable, siendo que su generación ocurre las 24 horas de día, en todo clima.
- 🌳 Cuando se genera a partir de la recogida y limpieza de los bosques, contribuye a reducir el peligro de focos de incendio y apoya la regeneración natural.

Evaluación de la factibilidad técnico-económica de la instalación de una planta de transformación de biomasa residual seca en fuente de energía térmica, en la ciudad de Mar del Plata

- ✿ Si la biomasa proviene de residuos residenciales (la poda de árboles) ayuda a reducir la cantidad de espacio necesario para sumideros, lo cual influye en la inversión requerida por parte del municipio para su disposición final.
- ✿ Fomenta la forestación.

Desventajas / Desafíos

- ✿ El mercado de estufas en base a pellets está en su etapa de nacimiento en el mercado objetivo al que apunta este trabajo, por lo tanto, todo programa de construcción de estos artefactos requerirá de intensa difusión.
- ✿ Las estufas de pellet requieren la intervención del usuario en la carga y la limpieza.

3.3. Segmentación de mercado

El mercado meta o potencial de este proyecto son todas las instalaciones residenciales que requieran de sistemas de calefacción, ya sea por ser construcciones nuevas, por modificaciones en el inmueble o por no tener acceso a la red de gas.

Para enfocar el esfuerzo de venta, segmentaremos el mercado según los siguientes criterios:

- ✿ Geográfico: la logística de producto genera un incremento significativo en el costo de producción de los pellets. Siendo que deben competir en precio con la garrafa de gas licuado, se optará por comercializar el producto en la ciudad de Mar del Plata, punto de venta en fábrica. Particularmente se establece como mercado objetivo las zonas periféricas de la ciudad. En primera instancia no se pretende competir en zonas donde la red de gas se ha expandido.
- ✿ Tipo de cliente: a grandes rasgos se pueden clasificar los clientes en uso domiciliario e industrial. Este proyecto se enfocará en el uso de los pellets para el uso en viviendas, siendo uno de los objetivos el generar una solución en cuanto a proveer del servicio de calefacción a consumidores finales. Si bien los criterios de calidad son más exhaustivos para los biocombustibles de uso domiciliario, la actividad de la planta se encuentra en sus inicios y el mercado de la industria suele ser más riguroso en las formas de comercialización y requieren de mayor volumen de venta, por lo que se priorizará la producción de pellets con finalidad residencial. Siendo que los sistemas usados en la generación de calor en residencias en base a gas natural poseen una larga vida útil y requieren de una instalación específica, la cual suele ser costosa debido a que se necesita de personal calificado para realizarla, se establecerá como nicho de mercado los clientes que aún no tengan acceso a la red de gas o quienes

Evaluación de la factibilidad técnico-económica de la instalación de una planta de transformación de biomasa residual seca en fuente de energía térmica, en la ciudad de Mar del Plata aún no posean sistemas de calefacción instalados a base de este combustible, ya sean construcciones nuevas o no.

- 🔥 Uso: el pellet se utiliza como combustible para la generación de energía térmica, pudiendo usarse en los hogares para calefacción, cocción y/o uso sanitario del agua. Se estudiará el consumo para uso exclusivo de calefacción.

Los pellets son productos cuya demanda deriva de la utilización de mecanismos de combustión específicos para su uso en la generación de calor. Es por esto por lo que, para fomentar el consumo de estos productos, se deberá analizar la posibilidad de que los potenciales clientes adquieran uno de estos sistemas.

Se considera que la red de gas natural en la ciudad de Mar del Plata no se ha expandido a la misma velocidad que la radicación de la población, siendo que hay sectores de la ciudad y la zona que no tienen acceso al servicio.

3.4. Proyección de la demanda

Para establecer la proyección de demanda de pellets en la ciudad de Mar del Plata, serán contemplados:

- 🔥 el volumen de gas consumido en la categoría Residencial, suministrado por Camuzzi Gas Pampeana. Esta entidad cada año suministra esa información al Municipio (MGP, 2019), la cual se expone en la Tabla 3
- 🔥 número de usuarios con y sin acceso a red de gas, información obtenida a partir del CENSO Nacional realizado en 2010, información que se expone en la Tabla 4
- 🔥 de acuerdo con información provista por Camuzzi:
 - no se ha producido un aumento significativo en la extensión de red de gas desde el año 2010, a pesar de haberse definido distintos proyectos,
 - el informe presenta un consumo de gas que incluye el no residencial. Se presenta el consumo anual residencial, que ocupa el 50% del total, de acuerdo a la compañía emisora del servicio.

Año	Consumo en millones de m ³
2009	304
2010	314
2011	325
2012	335
2013	349

Evaluación de la factibilidad técnico-económica de la instalación de una planta de transformación de biomasa residual seca en fuente de energía térmica, en la ciudad de Mar del Plata

2014	340
2015	350
2016	342
2017	332
2018	318

Tabla 3: Consumo anual de Gas Natural en millones de m³ Mar del Plata.
Fuente: Elaboración propia en base a estadísticas de la MGP

De acuerdo con información obtenida a partir de datos provistos por el Instituto Nacional de Censos y Estadísticas de la República Argentina, INDEC, para el censo realizado en 2010 (Indec, 2012), el 81% de los hogares del Partido de General Pueyrredón cuenta con la instalación necesaria para acceder al servicio de gas de red. Desde este lugar, existe, en primera instancia, un 19% de demanda potencial para la generación de energía a partir del pellet.

Combustible	Total de hogares	%
Gas de red	169.920	81,0
Gas a granel (zeppelin)	741	0,4
Gas en tubo	2.486	1,2
Gas en garrafa	36.182	17,2
Electricidad	200	0,1
Leña o carbón	146	0,1
Otro	119	0,1

Tabla 4: Resultados definitivos CENSO 2010. Fuente: INDEC

Teniendo en cuenta esta información, se estiman los usuarios totales, con y sin acceso a red de gas, siendo estos últimos potenciales clientes en el comienzo del proyecto. La información se expone en la Tabla 5.

Gas Natural					
Usuarios y Consumo Mar del Plata					
Año	Usuarios de gas natural	Consumo residencial registrado en millones de m ³	Consumo en millones de m ³ TOTAL	Consumo (19%) millones m ³	Consumo total millones m ³
2002	232.566	221	441	52	272

Evaluación de la factibilidad técnico-económica de la instalación de una planta de transformación de biomasa residual seca en fuente de energía térmica, en la ciudad de Mar del Plata

2003	234.458	243	485	57	299
2004	239.518	259	518	61	320
2005	242.653	275	550	65	340
2006	246.773	282	563	66	348
2007	252.705	305	609	71	376
2008	257.123	329	657	77	406
2009	258.902	304	608	71	375
2010	262.369	314	629	74	388
2011	265.928	325	651	76	402
2012	269.333	335	670	79	414
2013	271.376	349	698	82	431
2014	272.390	340	681	80	420
2015	273.383	350	701	82	433
2016	274.604	342	683	80	422
2017	274.604	332	665	78	410
2018	274.104	318	636	75	392
2019	272.018	314	471	74	388
2020	269.418	301	452	71	372
2021	265.858	285	428	67	352
2022	261.274	267	401	63	330
2023	255.601	246	369	58	303
2024	248.775	221	332	52	273
2025	240.732	194	291	46	240
2026	231.408	163	245	38	202
2027	220.739	129	194	30	160
2028	208.660	92	138	22	114
2029	195.107	51	77	12	63

Tabla 5: estimación de consumo de gas natural y usuarios en MGP. Elaboración propia.

Para comprender el origen de la información, discriminada en colores, se muestra en la Figura 11 la referencia:

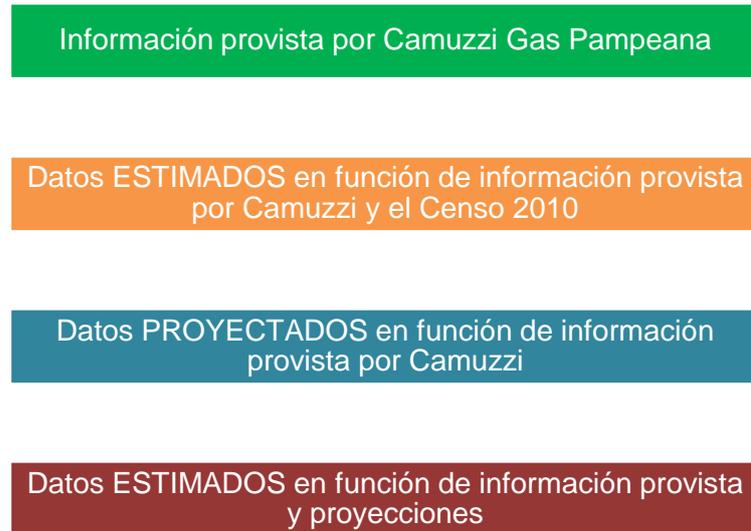


Figura 11: Referencia origen de información para la estimación de usuarios

Para obtener la proyección de nuevos usuarios y el gas que se consumirá durante los años 2019 a 2028, a partir de la información brindada en la Tabla 3, se generan las Figura 12, Usuarios de gas natural en MGP, y Figura 13, Consumo de gas natural en m³ en MGP, de los cuales se extraen las ecuaciones de proyección. Se ha seleccionado el periodo 2019 a 2028 ya que al realizar en capítulos posteriores la evaluación económica del proyecto, se considera oportuna tal extensión.

Evaluación de la factibilidad técnico-económica de la instalación de una planta de transformación de biomasa residual seca en fuente de energía térmica, en la ciudad de Mar del Plata

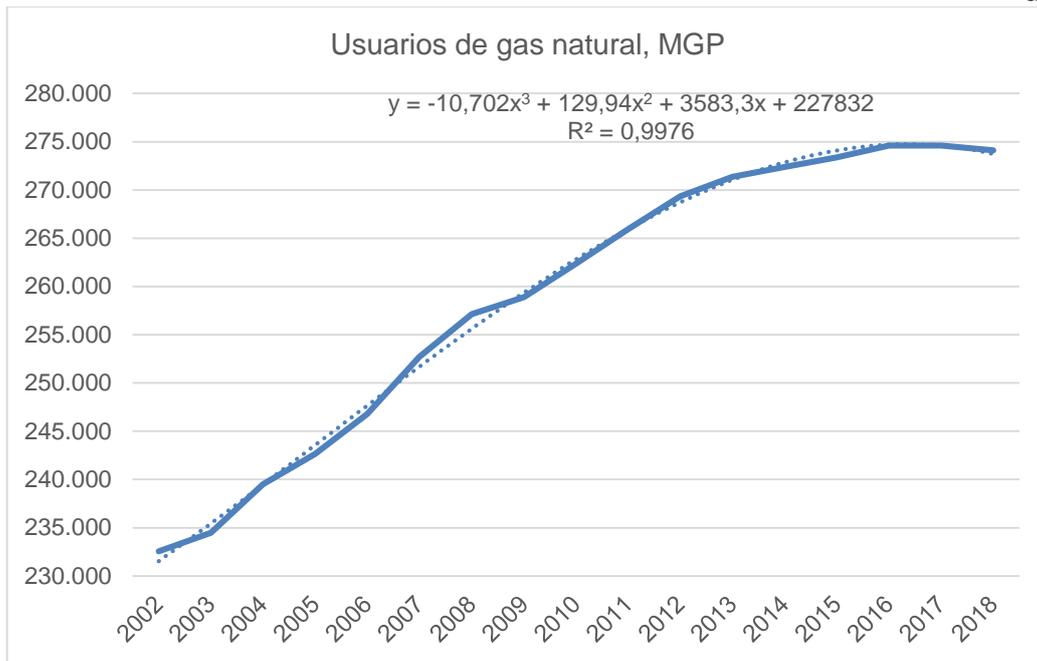


Figura 12: Usuarios residenciales de Gas Natural en Mar del Plata. Elaboración propia en base a estadística de la MGP.

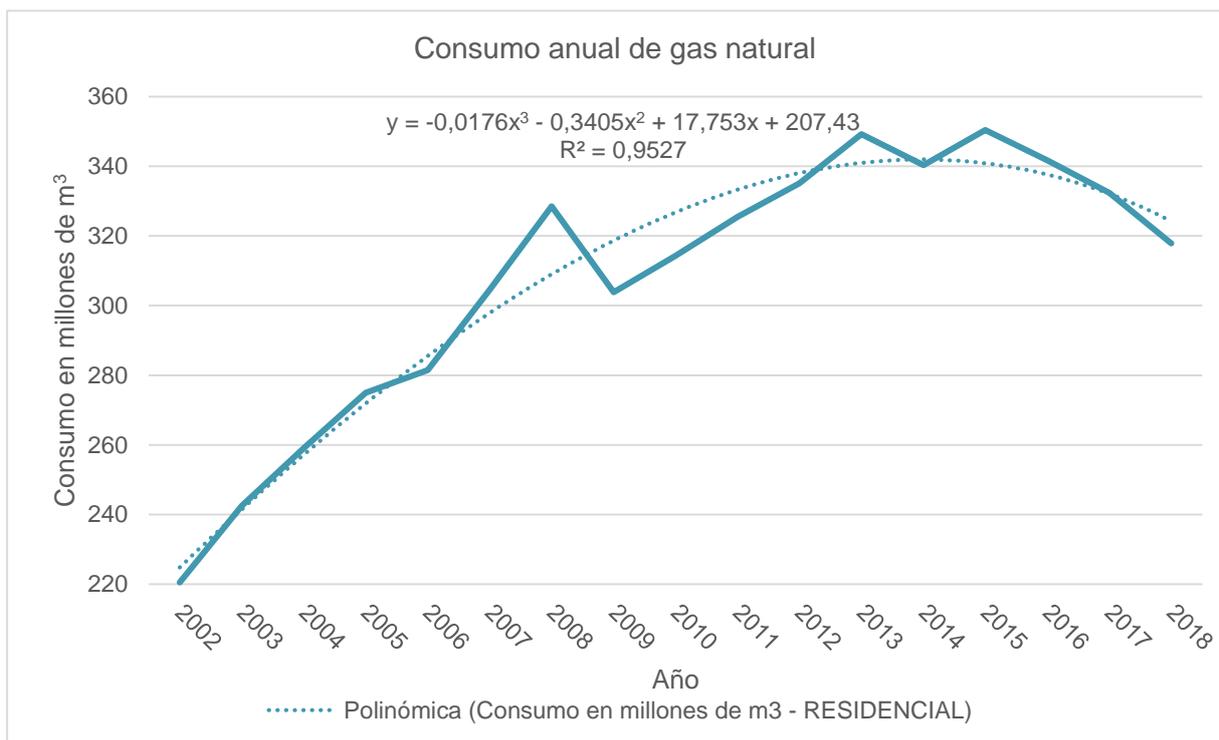


Figura 13: Consumo anual en m³ de Gas Natural en Mar del Plata. Elaboración propia en base a estadística de la MGP.

Como se puede observar en las Figura 12 y Figura 13, la cantidad de usuarios y el consumo anual de gas seguían una tendencia de crecimiento sostenido, excepto en el año

Evaluación de la factibilidad técnico-económica de la instalación de una planta de transformación de biomasa residual seca en fuente de energía térmica, en la ciudad de Mar del Plata 2009², hasta 2015. A partir de 2016, si bien se observa un aumento en la cantidad usuarios, existe una baja en el consumo de m³ total asociado un contexto económico que recurrió al aumento de tarifas de los servicios públicos, en el caso particular del gas, superando el 2000% al año 2019³.

Si bien los números están a la baja en el último periodo de cuatro años, no implica que la necesidad del servicio se elimine, sino que el acceso se ve limitado para los que no cuentan con los recursos económicos o que deben rever y reducir su consumo.

Para establecer la tendencia se utilizan líneas polinómicas para los datos provistos, donde el coeficiente de correlación de las variables, que es próximo a 1 en ambos casos, indica que la proyección para años posteriores deriva en datos confiables (Render Barry, 2006). Estos son:

Para la estimación de usuarios en el período 2019-2028:

$$y = -10,702x^3 + 129,94x^2 + 3583,3x + 227832 \quad (14)$$

$$R^2 = 0,9976$$

Para la estimación de consumo de gas en m³, en el período 2019 – 2028:

$$y = -0,0176x^3 - 0,3405x^2 + 17,753x + 207,43 \quad (15)$$

$$R^2 = 0,9527$$

Las estimaciones realizadas a partir de (14) y (15), expresadas en la Tabla 5, producto de los incrementos en los costos del gas natural, y teniendo en cuenta que no hay un horizonte de ejecución de obras de extensión del servicio ni un retorno a la política de precios anterior, refuerzan la necesidad de ofrecer vías adicionales para asegurar el servicio.

De acuerdo con una nota publicada en el diario digital de Mar del Plata 0223.com.ar, Fernando Galarregui, coordinador provincial del programa Hogar, confirmó que en la ciudad hay más de 36.000 hogares que no tienen gas natural (0223, 2015). Esta información, en conjunto con lo estimado, confirma que existe un mercado potencial, que crece año a año, en el cual comercializar los pellets de biomasa.

² Página 12, 9 de Agosto de 2009. Economía. Obtenido de <https://www.pagina12.com.ar/diario/economia/2-129708-2009-08-09.html>

³ El País Digital, 7 de Enero de 2019. Tendencia. Obtenido de <https://www.elpaisdigital.com.ar/contenido/desde-el-2015-los-servicios-aumentaron-hasta-un-3600/20733>.

Evaluación de la factibilidad técnico-económica de la instalación de una planta de transformación de biomasa residual seca en fuente de energía térmica, en la ciudad de Mar del Plata

Considerando que el horizonte proyección está basado exclusivamente en la comercialización del gas, no siendo parámetro de los requerimientos de los hogares que no tienen acceso a la red, se conjugarán las estimaciones de este proyecto con el de final de carrera Energías renovables y generación distribuida en el ámbito rural del Partido de General Pueyrredón (Castellano & Gebrikian, 2012). Este establece para un modelo de vivienda rural o semi rural, con las características mostradas en la Tabla 6, se cumplen los siguientes consumos de kcal:

Cocción: 4.800 kcal/día = 1.752.000 kcal/año

Agua caliente: 8.400 kcal/día = 3.066.000 kcal/año

Calefacción: 11.674.800 kcal/año

Vivienda B4 - 4 personal - Clase baja				
Espacio físico	Cantidad	Superficie (m ²)	Altura (m)	Volumen (m ³)
Baño	1	3	2,4	7,2
Cocina	1	5	2,4	12
Dormitorio	2	10	2,4	24
Estar - Comedor	1	19	2,4	45,6

Tabla 6: Características vivienda estimada como destino.

Fuente: (Castellano & Gebrikian, 2012)

Este proyecto enfoca la estimación de la capacidad de la planta en función de la materia prima disponible y las necesidades de calefacción, implicando la generación de 11.674.800 kcal/año por vivienda. Cabe mencionar que, así como sus sustitutos, es factible su utilización para los dos restantes usos domésticos. Las instalaciones requeridas difieren y no se presentan en este trabajo.

La estimación de la demanda de este proyecto contempla:

- 🌿 una vivienda promedio de cuatro personas consume 11.674.800 kcal/año en calefacción
- 🌿 de acuerdo con lo estimado en el apartado 3.2, el PCI del pellet es de 4.200 kcal/kg ,
- 🌿 para 1 kg de pellet necesitamos 1,6 kg de materia prima húmeda, de acuerdo con el Anexo III: Requerimiento de materia prima
- 🌿 Se considera que anualmente se descartan 39.287.964 kg de restos de poda, según Anexo II: Contenido del Centro de Disposición Final de Residuos Sólidos de Mar del Plata
- 🌿 las estufas tienen un rendimiento mayor al 70%, aproximándose a más del 80% (INTA, 2011)

$$\frac{39.287.964 \text{ kg}}{1.6 \frac{\text{kg}}{\text{kg pellet}}} = 24.554.978 \text{ kg pellet} \quad (16)$$

$$24.554.978 \frac{kg}{año} * 4.200 \frac{kcal}{kg} = 103.130.905.500 \frac{kcal}{año} \quad (17)$$

$$103.130.905.500 \frac{kcal}{año} * 75\% = 77.348.179.125 \frac{kcal}{año} \quad (18)$$

$$\frac{77.348.179.125 \frac{kcal}{año}}{11.674.800 \frac{kcal}{año\ usuario}} = 6.625 \text{ usuarios} \quad (19)$$

Por lo tanto, sería posible abastecer a 6.625 viviendas.

Para establecer la capacidad inicial de la planta se pretende utilizar el total de ramas disponibles en el RS. Ahora bien, con el objetivo de orientar el proceso y producto a la independencia del uso de hidrocarburo, una parte de las astillas se destinará a la producción de pellets y otra se conservará en ese estado para alimentar el quemador.

Considerando:

- 🔥 de acuerdo con (14) se estima un consumo en 2019 para los usuarios residenciales no registrados de 74 millones m³
- 🔥 el poder calorífico del gas natural es de 8.300 kcal/m³⁴, por lo que el volumen convertido a kcal será de 6.142*10¹¹kcal.
- 🔥 Si cada vivienda tipo definida consume 11.674.800 kcal/ año, entonces el número de viviendas no registradas sería de 52.609.
- 🔥 A partir de (16) y (19) se estima la cantidad kg que cada vivienda necesita para satisfacer sus necesidades de calefacción anualmente:

$$\frac{24.554.978 kg}{6.625 usuarios} = 3.706 \frac{kg\ pellet}{usuario} \quad (20)$$

⁴ Extraído del sitio oficial del Ministerio de Desarrollo Productivo de la Nación, apartado de Energía. <http://www.energia.gob.ar/contenidos/verpagina.php?idpagina=3622>

Evaluación de la factibilidad técnico-económica de la instalación de una planta de transformación de biomasa residual seca en fuente de energía térmica, en la ciudad de Mar del Plata

- ✎ Se pretende captar un porcentaje de demanda que permita abastecer el proceso y el mercado con el total de ramas del RS.
- ✎ Junto con lo estimado en el Anexo IV: Requerimiento de astillas para la generación de calor en el quemador, se define una capacidad de planta de 3.500kg/h, para 260 días laborales al año, 24 horas por día, traducido en 21.840.000 kg de pellets al año.
- ✎ Según (20), será posible abastecer a 5.893 usuarios, el 11% de la demanda estimada para 2019, de acuerdo con las condiciones que el proyecto define.

Las estimaciones realizadas en cuanto a la demanda son la base para justificar el avance del análisis del proyecto para el definido mercado potencial.

3.5. Análisis de competitividad

En lo que refiere al producto del presente proyecto, pone de relieve como ventaja competitiva del producto final su la calidad. Los estándares de producción serán regidos por la norma internacional UNE-EN ISO 17225 con el objetivo de comercializar un producto que inicialmente tome un lugar en el mercado regional y, una vez establecido, continúe penetrando y a su vez, permita explorar mercados extranjeros.

Este proyecto no pretende diferenciarse en el mercado con un precio bajo, sino con calidad a un precio competitivo, reconociendo como principal amenaza al gas licuado en formato de garrafas.

3.6. Las 5 Fuerzas competitivas de Porter

Rivalidad entre competidores

Respecto a la producción nacional industrial de pellets, existen pocas empresas que se dedican a su fabricación. Las más grandes son Lipsia S.A., que exporta a Europa, Enrique Zeni & Cía. y Gpenergy, que exportan a países como Brasil, Italia, Dinamarca y Estados Unidos. Particularmente la empresa Biomass Nea SA, instalada en 2011 en la provincia de Chaco, paralizó su producción al no poder penetrar en el mercado nacional.

Sin embargo, apuntando geográficamente al mercado de la ciudad de Mar del Plata, no existen empresas que produzcan pellets a nivel industrial, tampoco oficinas comerciales o representantes de aquellas no radicadas localmente. Cabe mencionar que desde la Secretaria de Extensión de la Universidad Nacional de Mar del Plata se está desarrollando un proyecto para la fabricación de briquetas, pero a escala no industrial.

Actualmente la materia prima forma parte de los residuos domiciliarios, y su destino es el RS, por lo que no tiene ningún tipo de aprovechamiento energético.

Productos sustitutos

Existen gran cantidad de productos sustitutos, aquellos renovables o de origen biomásico, como la leña y el carbón, y no renovables, como el gas natural, gas envasado, kerosén, gas oil, carbón mineral y la garrafa de gas licuado. El gas natural es el que mayor fuerza tiene ya que, de acuerdo con datos provistos por el Instituto Nacional de Censos y Estadísticas de la República Argentina, INDEC, para el censo realizado en 2010, poco más del 80% de los hogares del Partido de General Pueyrredón cuenta con la instalación necesaria para acceder al servicio (Ministerio de Economía de la Provincia de Buenos Aires, 2010).

Poder de negociación de los proveedores

El origen de la materia prima es variado, ya sea como residuo de distintas ramas de la industria, como la forestal y maderera o el domiciliario. Es por esta razón que los proveedores no poseen gran poder de negociación, siendo que ellos quieren “deshacerse” de lo que este proyecto plantea como materia prima.

Ahora bien, si consideramos a la empresa recolectora como proveedor, esta tiene un gran poder de negociación, ya que en la inversión inicial no se contempla la recolección como propio del proyecto y en la actualidad es la única que presta el servicio en la ciudad.

Poder de negociación de los consumidores

El destino del producto es el consumo masivo, por lo que los clientes no tendrían significativo poder en la negociación de precios del pellet. Si bien es un bien producido por una organización con fines de lucro, el costado social del proyecto comprende la necesidad de poder llegar al mercado con un precio accesible, que motive su inserción.

Con el fin de favorecer el consumo, es de vital importancia facilitar el acceso a la estufa de pellet. Para ello se contempla establecer relaciones estrechas con empresas constructoras por la materia prima requerida para su confección, así como trabajar con otras organizaciones para el intercambio de materiales. Las viviendas eficientes y ecológicas se están volviendo cada vez más usuales, favoreciendo el ingreso de este tipo de estufas.

Se denominan estufas de alta eficiencia porque en comparación con los hogares de leña comunes, que sólo transfieren al ambiente alrededor del 30% de la energía contenida en la madera, perdiendo el resto por la chimenea, estas estufas logran aprovechar más del 70% del calor contenido en el combustible, que luego se transfiere al interior del ambiente a calefaccionar.

Este tipo de artefacto requiere la participación del usuario en su utilización, tanto para la carga de combustible como para la limpieza de sus residuos, que es la ceniza producto de la combustión. Su origen natural y composición permiten reutilizarla de múltiples maneras en el hogar. Por ejemplo, presenta contenidos importantes de nutrientes que la convierten en

Evaluación de la factibilidad técnico-económica de la instalación de una planta de transformación de biomasa residual seca en fuente de energía térmica, en la ciudad de Mar del Plata abono para las plantas. También puede ser utilizada como repelente de plagas, neutralizador de olores de mascotas, entre otros.

Existe gran cantidad de información accesible respecto de este tipo de método de calefacción, así como grupos y talleres que brindan formación para todos los interesados en sistemas de energía renovable de manera sustentable.

Por otro lado, el trabajo en asociación tanto con organizaciones gubernamentales como no gubernamentales. El Instituto Nacional de Tecnología Industrial, INTI, ha desarrollado en conjunto con el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, CONICET la estufa SARA, Figura 14, una estufa de alto rendimiento en base a biocombustibles y publicado un informe que detalla sus objetivos y características, junto con el procedimiento necesario para su construcción (CONICET, 2015). En septiembre de 2016 fue declarada de interés por el Senado de la Nación (INTI, 2016)



Figura 14: Estufa Sara.
Fuente: Manual de Estufa Sara para Autoconstructores.

El Ministerio de Desarrollo Social de la Nación eligió Bariloche para la construcción de la estufa social a partir del programa “Argentina trabaja”. La prueba se realizó con leña y fue exitosa (El Cordillerano, 2017). El objetivo es brindar cursos para aprender a construirla y dirigirla hacia distintos tipos de organizaciones: comedores, centros de día, instituciones educativas, recreativas, etc.

Evaluación de la factibilidad técnico-económica de la instalación de una planta de transformación de biomasa residual seca en fuente de energía térmica, en la ciudad de Mar del Plata

A su vez, la Subsecretaría de Energías Renovables de la Provincia de Santa Fe ha llevado adelante el programa “Construyendo calidez”, a partir del cual se fomenta la construcción de estufas Rocket, de masa térmica, también de alto rendimiento y en base a biomasa, cuyo costo es el de los materiales, y su construcción es accesible (Gobierno de la Provincia de Santa Fe, 2015), se presenta en la Figura 15.

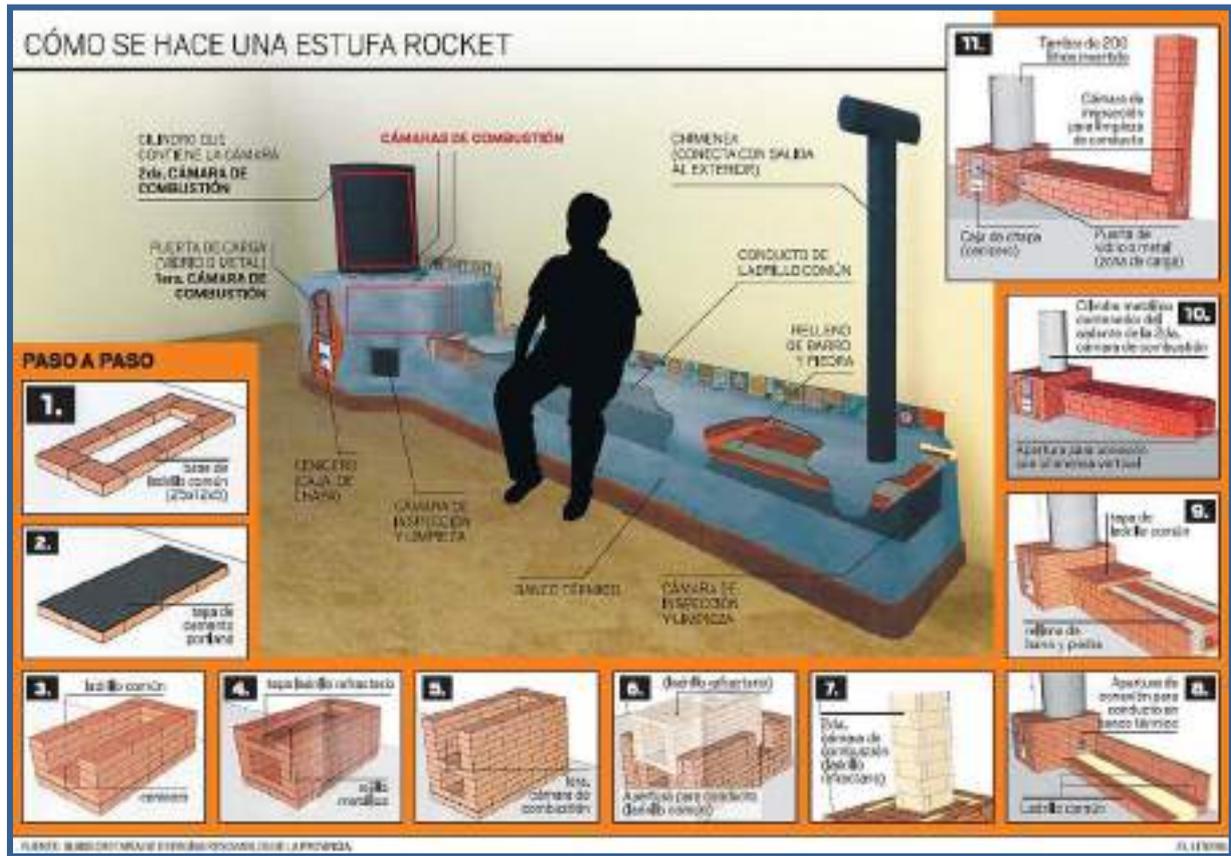


Figura 15: Cómo se hace una estufa Rocket.

Fuente: Estufa Rocket Manual para la construcción. Secretaría de Estado de la Energía Gobierno de Santa Fe.

De acuerdo con el arquitecto Igma Pacheco – Rivas (2019)⁵ la clave en la construcción de una estufa rocket es el diseño. Esto permite que con un fuego fuerte y de corto tiempo el acumulador térmico se llene de energía y el fuego pueda apagarse. Esto se traduce en la

⁵ Extraído del sitio About-House. Igma Pacheco-Rivas, Arquitecto chileno, en 2018 desarrolló el Primer Congreso Online de Casas Saludables y Eficientes, en el que participaron Bioconstructores, Investigadores y Arquitectos de diversos países y fue apoyado por distintas entidades e institutos internacionales avocados a la temática. <https://about-haus.com/>

Evaluación de la factibilidad técnico-económica de la instalación de una planta de transformación de biomasa residual seca en fuente de energía térmica, en la ciudad de Mar del Plata
necesidad de 4 horas de combustión para obtener 24 hs de calefacción por irradiación de calor (Rivas, s.f.).

A nivel local, en el marco del proyecto de Extensión “Energías, una alternativa social”, a cargo de docentes y alumnos de la Universidad Nacional de Mar del Plata, se brindan talleres destinados a todos los vecinos que se quieran interiorizar sobre la importancia y posibilidad de una utilización responsable de las energías como así también del desarrollo de sistemas energéticos alternativos, como las estufas que aquí presentamos.

En adición a la competitividad del gas sobre el pellet, existe un subsidio nacional al gas natural, lo cual disminuye el precio del gas en todos los hogares y comercios. Argentina forma parte de la lista de países que busca contribuir desde el Estado con la generación y uso de energías renovables, creando en el 2006 el marco regulatorio que le otorga a las energías renovables carácter de interés nacional, dejando asentado que para el año 2016, el 8% de la energía eléctrica deberá provenir de fuentes renovables. Sin embargo, la calificación de renovable se refiere al biodiesel y el biogás. Es posible generar energía eléctrica a partir de biomasa residual, quedando a la espera de soporte por parte del Estado, como cita la Ley 26.093: Biocombustibles. Régimen de Regulación y Promoción para la Producción y Uso Sustentables de Biocombustibles, estableciendo un régimen especial para incentivar su producción y uso en el país. Para eso se instituye una serie de beneficios promocionales como deducciones y tratamientos impositivos y tributaciones especiales en relación con las vigentes. Se promocionan por la norma el biodiesel, el bioetanol y el biogás.

Finalmente, a nivel industrial la firma MMJ SRL, integrada por industriales y diseñadores argentinos, con el apoyo del INTI, desarrolló una nueva generación de calefactores multifunción, estufas, salamandras y termotanques llamada Ñuke⁶.

3.7. Definición de precio

Para definir el precio se tendrán en cuenta los competidores del mismo producto y del sustituto directo, que es la garrafa.

Existe un número finito de empresas que comercializan pellets en Argentina. Algunas lo venden al mercado externo, otras comercializan el producto con otros fines, como piedras para gatos. En la Tabla 7 se pueden observar algunos valores de pellet comercializados en el país, destinados a usos energéticos, camas para caballos y cajas sanitarias para gatos. Cabe

⁶Sitio web de estufas Ñuke Volver al hogar. <http://www.productosnuke.com.ar/>

Evaluación de la factibilidad técnico-económica de la instalación de una planta de transformación de biomasa residual seca en fuente de energía térmica, en la ciudad de Mar del Plata
mencionar que no todos los productos se venden en el mismo formato, se los puede encontrar en bolsas de 4, 10 o 15 kg, incluso en algunos casos se venden por kg. Se realiza la comparación sobre el precio unitario de venta, 1kg, ya que su presentación puede diferir en gramaje.

PELLET	US\$/kg
Lipsia	0,15
Pell Cat	0,42
San Nicolás	0,16
Bedywood	0,85
Poopy Pets	0,38
Promedio	0,39

Tabla 7: Precios al consumidor final de pellet en Argentina. Elaboración propia

Debido a la fortaleza en el mercado de los productos sustitutos del pellet se realiza un análisis comparativo de precios entre ellos. Los productos sustitutos del pellet para su uso como elemento de combustión para la calefacción son el gas natural y el gas licuado de petróleo (GLP) en garrafa. Para ello, se considera que la densidad del pellets es de 600 kg/m³, como se define en la norma EN 15015. Esto se expone en la Tabla 8.

	Gas Natural	GLP	Pellet de biomasa
Poder calorífico (kcal/m ³)	9.200	22.244	2.520.000

Tabla 8: Cuadro comparativo entre el gas natural, GLP y pellets de biomasa.

A nivel nacional el Ministerio de Hacienda ha desarrollado el “Programa hogar”, en el que, a través del ANSES otorga un subsidio para la compra de garrafas a la personas que no cuentan con acceso a la red de gas como requisito primario.

Una vez inscriptos los beneficiarios reciben una suma de US\$ 2,93 por garrafa a recargar, ya sean de 10,12 o 15 kg. En 2018 ese valor era de US\$2,43, (Ministerio de Energía, 2018). Es un dato no menor que el subsidio implica la recarga de la garrafa, por lo que el usuario debe recurrir con la propia, vacía.

Por su parte, el Ministerio de Energía de la Nación define los precios máximos de garrafas para la venta al público. En la Tabla 9 se exponen los costos de venta ya sea para los beneficiarios del programa o público en general:

	Kg	2018 (US\$)	2019 (US\$)
Sin subsidio	10	2,79	3,82
	12	3,35	4,58
	15	4,19	5,73
Con subsidio	10	1,61	1,61
	12	1,17	1,86
	15	1,73	2,63

Tabla 9: Precio de venta de garrafas, con y sin subsidio

Cabe mencionar que la cesión es por un año y existen numerosas condiciones en las que de no cumplirlas, a los beneficiarios se les puede retirar el subsidio.

Si se propician los recursos para llevar adelante este proyecto, en conjunto con la adquisición de las estufas en los hogares, el consumidor podría comprar el producto en tiendas o mercados, de manera regular, como lo hace con cualquier otro producto de consumo doméstico.

Si realizamos una comparación con el producto competidor, el pellet de biomasa tiene aproximadamente un poder calorífico de 4.200 kcal/kg, mientras que el del GLP es de 11.739 kcal/kg, esto es, el GLP libera 2,8 veces el calor del pellet, para igual unidad de masa. Esto equivale a la adquisición de aproximadamente 3 bolsas de 15 kg pellets para igualar el rendimiento de una garrafa 15 kg.

De acuerdo con los cálculos que se presentarán en el cuadro de fuentes y usos de fondos, se estimará un precio de venta para el pellet, que permita la competitividad con el precio de venta de garrafas, el cual se observa en la Tabla 9, y que a su vez busque contribuir a la rentabilidad el negocio.

Según una nota escrita por Ricardo Falabella para el diario El Cronista (El Cronista, 2013), Ex Presidente del Comité Argentino del Consejo Mundial de Energía, en el año 2012 Argentina llegó a ocupar el 12º lugar en la lista de países que importan gas natural. Sin embargo, el inconveniente no es tanto la cantidad sino el precio que Argentina paga por dicha importación, siendo muy superior al que percibe el productor argentino y el usuario, pagando el Estado dicha diferencia. Durante el 2012 y parte del año 2013, Argentina pagó un 36 % más en promedio que Europa. Esto genera que una comparación de precios entre los productos sustitutos analizados no sea totalmente confiable y real, ya que, si dicho subsidio fuera dirigido al pellet, producto de combustión más limpio ambientalmente que el gas natural y el GLP, y obtenido del reciclaje de un residuo, la comparación de precios podría verse altamente modificada.

Evaluación de la factibilidad técnico-económica de la instalación de una planta de transformación de biomasa residual seca en fuente de energía térmica, en la ciudad de Mar del Plata

Más aún, para el año 2016 Argentina, con producción local en baja y consumo creciente, debió incrementar la importación y multiplicar los socios proveedores, extendiendo la compra de Bolivia, que se sostiene como principal proveedor, a Chile (La Nación, 2016).

Luego, para que el producto sea competitivo en el mercado objetivo en su definición de precio se tendrá en cuenta el precio promedio de los competidores en el mercado como el de las garrafas del mismo peso, ofrecidas por el Estado Nacional, la relación energética ya mencionada y, por supuesto, la estructura de costos del proyecto. Este valor se determinará luego de establecer el costo total de producción, en el apartado Costos de producción.

3.8. Conclusión del capítulo

En este capítulo se desarrolla la Investigación y análisis de mercado y el estudio de demanda de producto, cumplimentando el objetivo específico A Investigación y análisis de mercado: demanda de producto del presente Trabajo Final según lo detallado en el apartado INTRODUCCIÓN.

Argentina es un país que cuenta con un gran potencial como fuente de biomasa para la generación de biocombustible y de manera distribuida, lo que contribuye a romper con la centralización de la generación de energía. Según el INTI se estima que la producción mundial de pellet crecerá de 12 a 50 millones de toneladas para 2020, y se prevé que EEUU, Japón y China serán los mayores consumidores para uso industrial, mientras que los europeos se orientarán al uso doméstico (Maslatón, 2011).

Respecto de la demanda y en cuanto a una contribución social como empresa privada, existe un mercado potencial y es el que se define como objetivo para satisfacer la necesidad de calefacción sin exponerse a condiciones ambientales adversas para adquirir el producto como ocurre con las garrafas de gas con subsidio a las que, para acceder a ellas, los sectores menos favorecidos económicamente deben reunir una serie de requisitos excluyentes. Este mercado objetivo está dado por aquellas familias o usuarios que no cuentan con acceso a red de gas. Cabe destacar que este proyecto se orienta a las necesidades de calefacción pero es este producto factible de ser utilizado tanto para las necesidades sanitarias como alimenticias, siendo siempre utilizado como biocombustible para la generación de calor. De acuerdo con información obtenida a partir de datos provistos por el Instituto Nacional de Censos y Estadísticas de la República Argentina, INDEC, para el censo realizado en 2010 (Indec, 2012), el 81% de los hogares del Partido de General Pueyrredón cuenta con la instalación necesaria para acceder al servicio de gas de red. Desde este lugar, existe, en primera instancia, un 19% de demanda potencial para la generación de energía a partir del pellet.

Evaluación de la factibilidad técnico-económica de la instalación de una planta de transformación de biomasa residual seca en fuente de energía térmica, en la ciudad de Mar del Plata

De acuerdo con las estimaciones del proyecto final de carrera Energías renovables y generación distribuida en el ámbito rural del Partido de General Pueyrredón (Castellano & Gebrikian, 2012), se establece que para un modelo de vivienda rural o semi rural, con las características mostradas en la Tabla 6, se requiere el consumo de 11.674.800 kcal/año para la calefacción del hogar tomado como modelo. Con una capacidad de 3500 kg/h de producción de pellets, será posible abastecer del producto a un estimado superior a 6.600 viviendas.

Instituciones de orientación científico-tecnológica, como el INTI y el CONICET, ven en este tipo realidades una oportunidad para invertir recursos en el desarrollo de herramientas accesibles para contribuir con necesidades sociales como las que este proyecto estudia.

El producto final tendrá poder calorífico estimado de 4.200 kcal/kg.

Luego de analizar el potencial calorífico, se concluye que a igual unidad de masa, el pellet de biomasa genera un tercio de la energía que genera el gas de garrafa, el cual se define como su competidor, por lo que estas condiciones deberán tenerse en cuenta al momento de definir el precio para que el producto resulte competitivo.

Las ventajas más distintivas del producto proyecto comprenden la contribución con la reducción de basurales y de focos de incendio, la generación de neutra de emisiones de CO₂, es la fuente renovable más estable, ya que su generación ocurre las 24 horas de día, en todo clima, el proyecto es adaptable en toda población. Si la biomasa proviene de residuos residenciales (la poda de árboles) ayuda a reducir la cantidad de espacio necesario para sumideros, lo cual influye en la inversión requerida por parte del municipio para su disposición final y, por último, fomenta la forestación en tiempos donde ganar terreno con la tala parece una veloz solución para la economía.

4. INGENIERÍA DE PROCESOS

4.1. Capacidad de la planta

En relación con lo evaluado para la proyección de la demanda, la planta deberá producir 21.434.400 kg de pellets por año, equivalentes a 1.786.200 kg mensuales. Se llega a que la producción diaria debe ser de 82.440 kg/día. Para ello, la planta trabajará durante las 24 horas, 260 días laborables en el año. A su vez, el proyecto pretende adquirir maquinaria que aplique el concepto de cogeneración para su utilización. Es por ello que se debe considerar una porción de la materia prima destinada a poner en funcionamiento la línea. Este punto queda expuesto en el Anexo IV: Requerimiento de astillas para la generación de calor en el quemador.

Finalmente, se llega a que la planta debe producir 3.435 kg de pellets por hora. Teniendo en cuenta que la planta puede tener cortes de producción por tareas de mantenimiento e imprevistos, la capacidad instalada de la planta será de 3.500 kg/h, es decir, que tendrá una capacidad anual de 21.840.000 kg anuales.

4.2. Estacionalidad de la materia prima

Teniendo en cuenta:

- 🌿 el contenido de ramas disponible expuesta en la Tabla 47
- 🌿 la relación de necesidad de un 10% destinado a astillas para el quemador y 90% para los pellets, estimado en el Anexo IV: Requerimiento de astillas para la generación de calor en el quemador.
- 🌿 La disponibilidad de la materia prima se corresponde a la capacidad de la planta definida.
- 🌿 Se puede realizar el almacenamiento tanto de la materia prima como del producto final, pudiéndose, de esta forma, sostener durante todo el año la operación de la planta y la oferta del producto.
- 🌿 De acuerdo con (Castellano & Gebrikian, 2012) las especies de donde proviene la biomasa residual forestal, como el plátano, el eucalipto y el pino, se encuentran a disposición a lo largo de todos los meses del año, presentado una variación que no interrumpe el proceso del proyecto.

Evaluación de la factibilidad técnico-económica de la instalación de una planta de transformación de biomasa residual seca en fuente de energía térmica, en la ciudad de Mar del Plata

El proyecto trabajará en la transformación del RSU a lo largo del año de manera sostenida, con la capacidad fija instalada que promedia el ingreso mensual de ramas al Relleno Sanitario.

4.3. Selección de proceso

Según la clasificación de Hayes y Wheelwright se define a este proceso como uno continuo, siendo el producto altamente estandarizado, el volumen de producción grande (se produce a granel) y el proceso muy automatizado (el operador sólo interviene en la alimentación y traslado de producto). Se eliminan los tiempos ociosos y todas las máquinas ejecutan sus tareas en simultáneo con una disposición en cadena o línea. Cada equipo está diseñado para recibir automáticamente el material que su precedente le suministra. Habrá ingresos laterales debidos a recirculación de producto, pero estos se integrarán al flujo principal.

4.4. Descripción del proceso

Las etapas del proceso de peletización se listan en la Figura 16.



Figura 16: Proceso de peletización. Elaboración propia

Recolección de materia prima

En la actualidad, la MGP realiza la recolección de los restos de poda cuyo destino es el Centro de Disposición Final de Residuos Sólidos Urbanos. Este servicio se realiza a partir de tres vías:

- 🌿 Las ramas cortadas se dejan en montículos en espacios públicos (veredas) y luego son recolectados por el servicio de Higiene Urbana que realiza la empresa Transportes 9 de Julio SA. Estos recorridos de recolección son fijos y a cada barrio le corresponde un día de la semana y un horario. El plano de recolección se puede observar en la Figura 17.

Evaluación de la factibilidad técnico-económica de la instalación de una planta de transformación de biomasa residual seca en fuente de energía térmica, en la ciudad de Mar del Plata

- Los ciudadanos alquilan un contenedor a una empresa privada y esta se encarga de transportarlo al RS.
- Podadores matriculados particulares que, luego de realizar una capacitación provista por el MGP, forman parte de una lista en la cual cualquier ciudadano puede contratar sus servicios para llevar adelante la poda. Es el mismo podador quien se encarga de trasladar las ramas en su vehículo particular hasta el RS.

Se determina que la empresa recolectora dejará la materia prima en la planta.

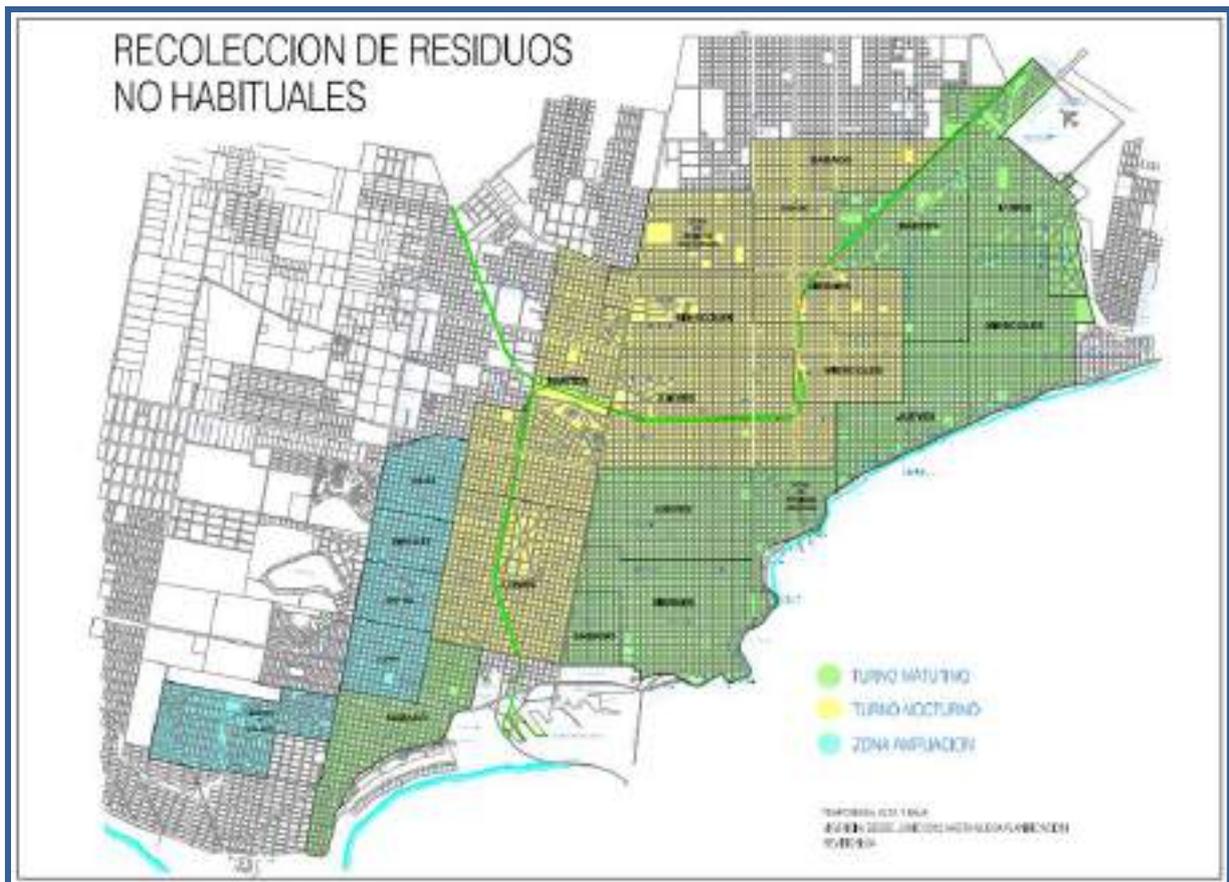


Figura 17: mapa de recolección de basura en MGP. Fuente: Enosur

Molienda gruesa

En esta etapa se tritura la madera reduciendo el tamaño inicial de la materia prima, troncos y ramas, a astillas facilitando el almacenamiento principal, y reduciendo el volumen aparente. Se adquiere una máquina chipeadora para esta operación.

Almacenamiento subproducto húmedo

Las astillas son almacenadas temporariamente en un silo para continuar su camino hacia la siguiente etapa, el secado.

Evaluación de la factibilidad técnico-económica de la instalación de una planta de transformación de biomasa residual seca en fuente de energía térmica, en la ciudad de Mar del Plata

Para estimar el volumen necesario de acopio se considera el volumen de las astillas, que es de 300 kg/m^3 . Se utilizará el total del contenido del RS, 38.062.160 kg. Dividiendo esa cantidad en las 52 semanas del año, se utilizarán 731.965 kg, lo que equivale a 2.440 m^3 . Se determina la adquisición de una tolva de 1.200 m^3 para garantizar la continuidad de la producción, correspondiendo a la mitad del volumen a recibir por semana.

Secado

El contenido de humedad del material influye en el comportamiento del subproducto en el proceso de densificación en la peletizadora y en el poder calorífico final del producto, en su fragilidad y en el rendimiento de la caldera en la cual tendrá lugar la combustión. Por ello es uno de los parámetros más importantes del proceso y el que más hay que controlar. El grado de secado debe ser inferior al establecido por norma para el producto final, ya que en la etapa de acondicionamiento aumenta su contenido de humedad nuevamente.

En esta etapa del proceso se recibe una astilla con 45 % de humedad y sale, como subproducto, al 8%.

Para llevar adelante esta etapa se adquirirá un secador de tambor rotativo que se alimenta de astillas de madera para la generación de calor (sistema de cogeneración de energía).

Molienda fina

El material debe ser molido más fino después del secado con el fin de hacer la mezcla más homogénea y desintegrar posibles grumos que pudieran haberse formado durante el proceso de secado. Serán astilla de dimensiones menores al tamaño establecido por la norma, para el diámetro y longitud final de los pellets, aproximadamente 4 mm. No debe ser mucho más pequeño porque esto influye en consumo de energía para su trituración, lo cual resulta desfavorable. Se realiza a partir de un molino de martillos anexo a una criba, que luego transporta las astillas al acondicionador.

Acondicionamiento

En esta etapa se busca homogenizar la humedad de la astilla y contribuir a mejorar el comportamiento de mezclado en la compactación. Se realiza en una mezcladora o acondicionador de vapor e implica la adición de vapor o agua al preparado de material justo antes de alimentar la peletizadora. A través de su adición, una capa líquida se forma en la superficie de las partículas, ofreciendo menor resistencia a la compresión. Como resultado, todo desequilibrio es balanceado y los mecanismos de ligadura toman lugar durante el siguiente paso de densificación.

Otra manera de acondicionar las partículas es la utilización de aditivos biológicos. También tiene lugar antes de la peletización dentro del mezclador, a fin de lograr una mezcla

Evaluación de la factibilidad técnico-económica de la instalación de una planta de transformación de biomasa residual seca en fuente de energía térmica, en la ciudad de Mar del Plata completa del aditivo biológico con la materia prima, lo que garantiza que su funcionamiento sea el correcto.

Este proyecto recurrirá a la adquisición de un acondicionador de vapor, ya que, si bien su adquisición implica un costo adicional en la inversión inicial, su utilización contribuye a alargar la vida útil de partes fundamentales de la peletizadora, como los rodillos y la plantilla, y a producir pellets de mayor calidad, sin necesidad de introducir aditivos, sino potenciando las propiedades que la madera trae consigo. Esta mezcladora asegura una alimentación continua del producto al tenerlo siempre en movimiento.

Peletizado

Aquí se realiza el proceso de densificación de la biomasa. En esta operación la madera es sometida a condiciones de alta presión y temperatura. La lignina que posee naturalmente la madera favorece el proceso de aglutinación.

La materia prima ingresa en la peletizadora, en donde se la hace circular mediante presión por una matriz agujereada con orificios del diámetro que finalmente tendrá el producto. Luego de atravesar la matriz, un sistema de cuchillas realiza movimientos constantes cortando los pellets de la misma longitud.

Enfriado

La temperatura de los pellets luego del proceso de peletizado puede variar entre los 80 y 130°C, lo que hace que el producto sea frágil y propenso a la formación de hongos, y poseen un contenido de humedad que ronda el 17-18%. Es entonces en el enfriado donde la lignina se endurece y finalmente los pellets adoptan la forma cilíndrica típica más robusta. En esta etapa aumenta la dureza y resistencia del pellet, favoreciendo su conservación en la manipulación a lo largo de las etapas posteriores, y se reduce su humedad al porcentaje objetivo que es del 8 al 10%.

Existen dos formas de realizar el enfriamiento: introduciendo aire forzado mediante ventiladores en la tolva donde los pellets caen, siendo preciso dejar reposar el pellet hasta obtener las características adecuadas o a partir de enfriadores de contra flujo, que pueden ser verticales u horizontales, que proporcionan una corriente de aire frío en sentido contrario a la caída del pellet. Este último es el más habitual y el que mejor resultado proporciona. Este proyecto contempla la adquisición de la segunda alternativa.

Cribado

Se somete al producto a un proceso de selección físico, separando los finos o subproducto prensado que no cuenten con las especificaciones, para verificar que el tamaño de los pellets sea el requerido para la venta. Aquellas porciones que superen el tamaño

Evaluación de la factibilidad técnico-económica de la instalación de una planta de transformación de biomasa residual seca en fuente de energía térmica, en la ciudad de Mar del Plata adecuado podrán reprocesarse. Esta operación se realiza luego de las etapas de secado, acondicionado y enfriado.

Ensacado

Luego del enfriamiento y cribado, los pellets son empaquetados en bolsas de 15 kg.

Almacenamiento de producto final

Los sacos de pellets son almacenados en un espacio destinado para tal fin.

4.5. Rendimiento de la materia prima

En la producción de pellets la merma de la materia prima se debe, principalmente, a la pérdida de humedad en los procesos de secado y enfriado y a su aumento en el de acondicionamiento.

La información provista en la Figura 18 es utilizada para establecer las necesidades de materia prima necesaria, así como el agua de proceso para la producción y con ello establecer los requerimientos de maquinaria en cada etapa del proceso. El cálculo detallado se puede observar en Anexo III: Requerimiento de materia prima en donde se concluye que se deberá contar con 5.561 kg/h materia prima para producir 3.500 kg/h de pellets.

Etapa	Características físicas	Humedad	Dimensiones (mm)	Densidad (kg/m ³)
Materia prima	Astillas	50%	6	300
Secado	Astillas	8%	6	300
Molienda fina	Astillas	8%	3	300
Acondicionamiento	Astillas	11%	3	300
Peletizado	Pellets	8%	6 * 15	650
Enfriado	Pellets	8%	6 * 15	650

Figura 18: características del producto en proceso y producto final en el proceso. Elaboración propia.

4.6. Requerimientos de materia prima

La fuente evaluada para la obtención de materia prima son los restos de la poda de la ciudad de Mar del Plata. La cantidad disponible para su transformación se obtiene a partir del contenido de ramas detectado en el RS, información provista por el Enosur. Más específicamente, el contenido de ramas correspondiente a los años 2014 y 2016 se puede observar en la Tabla 10. En la Tabla 46 del Anexo II: Contenido del Centro de Disposición Final de Residuos Sólidos de Mar del Plata, se encuentra el listado completo de ítems que lo componen.

Mes	Ramas (kg)	
	2014	2016
Enero	2.609.750	3.710.220
Febrero	3.608.710	3.175.900
Marzo	3.662.049	3.554.779
Abril	3.842.430	3.989.387
Mayo	3.443.810	3.479.664
Junio	3.171.840	3.854.012
Julio	3.048.148	3.379.039
Agosto	2.812.840	3.291.853
Septiembre	2.461.150	3.152.350
Octubre	2.783.350	3.122.408
Noviembre	3.204.198	1.853.052
Diciembre	3.413.885	2.725.300
TOTAL	38.062.160	39.287.964
% de contenido de ramas	10	9

Tabla 10: Contenido de ramas en el Centro de Disposición Final de Residuos de MdP para os años 2014 y 2016. Elaboración propia en base a datos provistos por el Enosur.

Cabe destacar que existen otras fuentes de materia prima, algunas de ellas pueden requerir distintas consideraciones en su procesamiento o destino, pero luego de su acondicionamiento pueden ser peletizadas. Entre ellas se listan:

- 🌳 Viveros - Parques

Evaluación de la factibilidad técnico-económica de la instalación de una planta de transformación de biomasa residual seca en fuente de energía térmica, en la ciudad de Mar del Plata

- 🌳 Invernaderos
- 🌳 Madereras
- 🌳 Astilleros
- 🌳 Fábricas de pallets
- 🌳 Residuos de talleres en unidades penitenciarias
- 🌳 Industria alimenticia – Mercado Procosud, los cajones tienen una vida útil establecida por normas de calidad alimenticia.

En casos en que la madera es tratada químicamente no podrá ser utilizada para la producción de pellets clase A1 ni A2, cuyo destino es el consumo residencial, de acuerdo con la norma de calidad que rige este trabajo.

4.7. Requerimiento de equipos principales

En este apartado se describen los equipos a instalar. Para los casos del secado, molienda fina, peletizado y empaquetado se define la selección y se desarrollan las características del equipo en el Anexo V: Selección de maquinarias.

Recolección de MP

Se realizará un convenio con la Municipalidad para que el servicio de la empresa 9 de Julio traslade los restos de poda hasta la planta. Esta empresa cuenta con los camiones almejeros y equipos de traslado de contenedores necesarios para llevar adelante la tarea.

Molienda gruesa

Se adquiere una máquina chipeadora marca DEISA para triturar la materia prima proveniente del servicio de recolección. Sus características se exponen en la Tabla 11.

Características de la chipeadora	
Modelo	CH1000
Diámetro Disco / Espesor nominal (mm)	1.000 / 50
Cantidad Cuchillas / Medidas (mm)	4 / 300 x 115 x 19
Boca de entrada (mm)	250 x 250
Potencia necesaria (CV)	40/60
Cantidad Ruedas / Medidas (mm)	2 / 5 x 15
Producción (kg/h)	2.000 - 3.000
Peso aproximado (kg)	700 - 1.350
Dimensiones exteriores (mm) A – B – ancho chasis	3.300 – 3.300 – 2.100

Tabla 11: características de la chipeadora



Figura 19: molienda gruesa, chipeadora Deisa

Almacenamiento subproducto húmedo

Se transporta el producto en proceso húmedo al secador. Como estación intermedia se acopiara en un silo de 3.140 m³ el cual alimentará luego la estación de secado.

Secado

El equipo de secado comprende:

- ✘ Una tolva de alimentación, de 9 m².
- ✘ Quemador de biomasa Apisa, cuyas características se exponen en la Tabla 12.
- ✘ Secador de tambor rotatorio Lippel, se muestra en la Figura 20 con sus características en la Tabla 13.
- ✘ Sistema de decantación Apisa, cajón de decantación del producto de 1,7x1,3 m² y 3 m de altura.

Características del generador de aire caliente modelo CCA-500

Potencia calorífica máxima (Kcal/h)	1M
Alimentación	Policombustible
Longitud de la cámara (m)	1,8
Longitud total (m)	3
Diámetro de la cámara (m)	0,95
Diámetro total (m)	1,37
Potencia (kW)	550

Rendimiento (%)	92
-----------------	----

Tabla 12: características del generador de aire caliente



Figura 20: secador rotatorio Lippel

Características	Secador rotatorio Lippel, SRL 10000
Capacidad (t/h)	10-12
Potencia motriz (kW)	25
Capacidad de evaporación (t/h)	1,5-2
Diámetro x largo (m)	2,4 x 15
Horno (kcal/h)	1.500.000
Precio de la sección (unitaria) (US\$)	400.000

Tabla 13: características del secador rotatorio

Molienda fina

Se adquiere un molino granulador Kahl, modelo AKANA 13.1092 de matriz plana, que cuenta con transportador de alimentación, canal vibratorio, tambor magnético y rosca dosificadora.

Acondicionamiento – alimentación de la peletizadora

Se adquiere una mezcladora/acondicionadora MABRIK, modelo MLD 550, de 1.500 l de capacidad.

Evaluación de la factibilidad técnico-económica de la instalación de una planta de transformación de biomasa residual seca en fuente de energía térmica, en la ciudad de Mar del Plata

Peletizado

Prensa peletizadora marca MABRIK modelo PVR 100 N, que permite la producción de pellets de 6 mm de diámetro .

Enfriado

Se adquiere un sistema de enfriado de la empresa AYPE que cuenta con un enfriador contra corriente vertical modelo RVF-11-C.

Cribado - Limpieza de finos

Una limpiadora de finos de los pellets del tipo zaranda vibrante marca AYPE modelo CRI-600 para situar a la salida del elevador de expedición accionada por dos motovibradores de 0,75 kW cada uno. Sus características se muestran en la Tabla 14.

Características de la separadora de finos	
Material de construcción	Acero al carbono
Diámetro (m)	0,8
Altura (m)	0,4
Motor kW	1,5

Tabla 14: Separadora de finos previo ensacado

Un transportador de rosca sinfín que lleva el residuo fino de vuelta al proceso. Rosca de diámetro 0,16 m y 3 m de longitud, accionada por motor reductor de 1,1 kW construido con acero al carbono

Almacenamiento y expedición del pellet

Una vez peletizado y enfriado el subproducto se acopia previo al ensacado. Este sistema cuenta con un transportador de rosca sinfín de 0,25 m de diámetro y 6 m de longitud, accionado por motor de 1,5 kW, un elevador de cangilones marca AYPE modelo N10 de 10 m de altura accionado por motor de 1,5 kW, que lleva el producto a la ensacadora o a carga de silos, un transportador de rosca sinfín de 0,25 m de diámetro y 3 m de longitud, accionado por motor de 1,5 kW y esto confluye en un silo cilíndrico de chapa ondulada galvanizada con patas y cono inferior de descarga para el almacenamiento del pellet. Sus características se presentan en la Tabla 15.

Características del silo de pellets	
Diámetro silo (m)	2,3

Evaluación de la factibilidad técnico-económica de la instalación de una planta de transformación de biomasa residual seca en fuente de energía térmica, en la ciudad de Mar del Plata

Capacidad (m ³)	13
Carga unitaria (t)	8,5
Altura total (m)	6
Angulo inclinación del cono	45°
Tipo de descarga	Central por gravedad

Tabla 15: características del silo de pellets

Ensacado

Se adquirirá una ensacadora automática Kinghanlong, modelo KL-620ZD. El artículo que ofrece es una máquina ensacadora automática de acero inoxidable, de triple cierre, con transporte para producto final.

Almacenamiento producto final

Se adquiere para la manipulación de los pallets un apilador eléctrico. Sus características se describen en la Tabla 16.

Características apilador eléctrico HELI, CCD12	
Capacidad de carga (t)	1,2
Centro de carga (m)	0,6
Altura estándar de elevación (m)	4
Tamaño tenedor (largo/ancho/groso) (mm)	1.150/185/55
Altura (m)	2,4
Ancho (m)	0,8
Motor de manejo (kW)	AC 1.5
Motor de elevación (kW)	DC 3
Batería (V/Ah)	24/210

Tabla 16: características del apilador eléctrico.

A su vez, se contempla en la inversión fija que, de acuerdo con lo calculado en el Anexo VI: Requerimientos de espacio, serán necesarios 784 pallets, de 1,2x1 m², para la estiva de la producción de 7 días.

4.8. Requerimientos de servicios

Energía eléctrica

Suministrada por EDEA. La tarifa corresponde a la categoría T3-MT, grandes demandas – media tensión, compuesta por un costo mensual fijo de US\$ 19,51 más cargo mensual por demanda de 0,05 US\$/kWh.

Servicios Sanitarios – Agua

El predio establecido para el proyecto cuenta con servicio de electricidad, provisto por la empresa EDEA, no así con red de agua. Por este motivo, en la Tabla 21, donde se estiman los factores de la inversión fija se contempla el costo de adquisición, perforación e instalación de bomba que permita tal suministro.

4.9. Requerimientos de mano de obra directa e indirecta

- ✚ Director: Ingeniero/a Industrial, responsable de la gestión de la empresa y el negocio. Trabaja un turno de 9 h.
- ✚ Jefe de mantenimiento: Ingeniero/a mecánico. Responsable de la gestión de los planes de mantenimiento, correctivos o preventivos y de insumos. Inicialmente supervisará las regulaciones y capacitaciones técnicas/tecnológicas a los operadores.
- ✚ Administrador de empresas o Contador Público: responsable de la gestión contable y administración. Control de estructura de costos y finanzas. Gestión de proveedores de insumos. Será un servicio tercerizado.

De acuerdo con la clasificación de operadores establecida por la Unión de Sindicatos de la Industria Maderera de la República Argentina, serán requeridos:

- ✚ Oficial General: operador responsable de la línea de producción (maquinista). Sus tareas contemplarán también el control de calidad del subproducto luego del secado y de la estación de enfriado. Para ello se necesitará un operador por turno de 8 h.
- ✚ Operario/a de actividad industrializada: serán responsables de la recepción de ramas y chipeado grueso, reproceso en las etapas de molienda y peletizado y estiba y almacenamiento de producto terminado. Para esto se necesitarán: 1,5 en la recepción, en el horario de 8 a 16 h. Y 1,5 hombres por turno para estiba y almacenamiento.

Luego, los requerimientos de personal se listan en la Tabla 17.

Evaluación de la factibilidad técnico-económica de la instalación de una planta de transformación de biomasa residual seca en fuente de energía térmica, en la ciudad de Mar del Plata

Mano de Obra		
Categoría	Por turno	Total
Dirección	-	1
Mantenimiento	-	1
Administrador de empresas o Contador Público	-	1
Maquinistas	1	3
Peón/Operario de actividad industrializada	3	9

Tabla 17: Requerimientos de mano de obra

4.10. Requerimientos de espacio

En la Tabla 18 se resumen los requerimientos de espacio de la planta, estimados en Anexo VI: Requerimientos de espacio

Áreas	Superficies de construcción (m ²)
Producción	3.632
Administración	50
Servicios al personal	59
Superficie total de construcción	3.741

Tabla 18: Requerimientos de espacio de la planta industrial. Elaboración propia.

4.11. Localización

El proyecto tiene como destino de radicación la ciudad de Mar del Plata.

La primera opción que se considera es el Parque Industrial General Savio, sito en Ruta Provincial 88, km 6, en el Partido de General Pueyrredón, provincia de Buenos Aires. Este cuenta con numerosas ventajas y facilidades para la radicación de una planta industrial, como la disposición de servicios y reducción de tasas impositivas.

La segunda opción comprende la adquisición un terreno ubicado en las inmediaciones del RS. En este caso, no cuenta con ningún beneficio fiscal ni instalación de servicios de gas y agua (sólo electricidad).

Evaluación de la factibilidad técnico-económica de la instalación de una planta de transformación de biomasa residual seca en fuente de energía térmica, en la ciudad de Mar del Plata

En ambos casos es requerido contar con un sistema de recolección de materia prima comprendido por camiones almejeros apropiados para tal fin. Esto podría ser propio del proyecto (adquiriendo equipos, contratando el personal) o bien alquilando los camiones o el servicio completo, contemplado la metodología actual o una a establecer.

En la actualidad la empresa 9 de Julio es la adjudicada para realizar la recolección de residuos en toda la ciudad, realizando el depósito final en el RS.

Si se realizara una matriz de ponderación para cuantitativamente seleccionar la mejor opción, los criterios serían, por ejemplo: proximidad a los proveedores, proximidad a los clientes, costo del terreno, costo de servicios beneficios fiscales, sistema de transporte para personal, etc. En este proyecto el proceso de recolección existente y la proximidad a la fuente de la materia prima lo que se considera un factor preponderante.



Figura 21: Ubicación de ambas alternativas, visto desde Google Maps. Elaboración propia

¿Por qué elegir la segunda opción? La proximidad al mercado es la ventaja u objetivo preponderante de esta alternativa. Este proyecto busca cubrir una necesidad para aquellos

Evaluación de la factibilidad técnico-económica de la instalación de una planta de transformación de biomasa residual seca en fuente de energía térmica, en la ciudad de Mar del Plata que no cuentan con disponibilidad de servicio gas, por lo que la accesibilidad es un factor clave. Se contará a priori con un puesto de venta directa en fábrica, cuya ubicación se muestra en la Figura 21, de acceso al público y en otros, como sociedades de fomento y minimercados, en las que los consumidores puedan adquirir el producto de manera más accesible. Este trabajo no define los puntos de distribución. Se pretende que se pueda adquirir el producto con la misma facilidad que se realizan compras en un mercado.

En la Figura 22 se observan las parcelas disponibles en las inmediaciones del RS, de acuerdo con información provista por el Enosur.

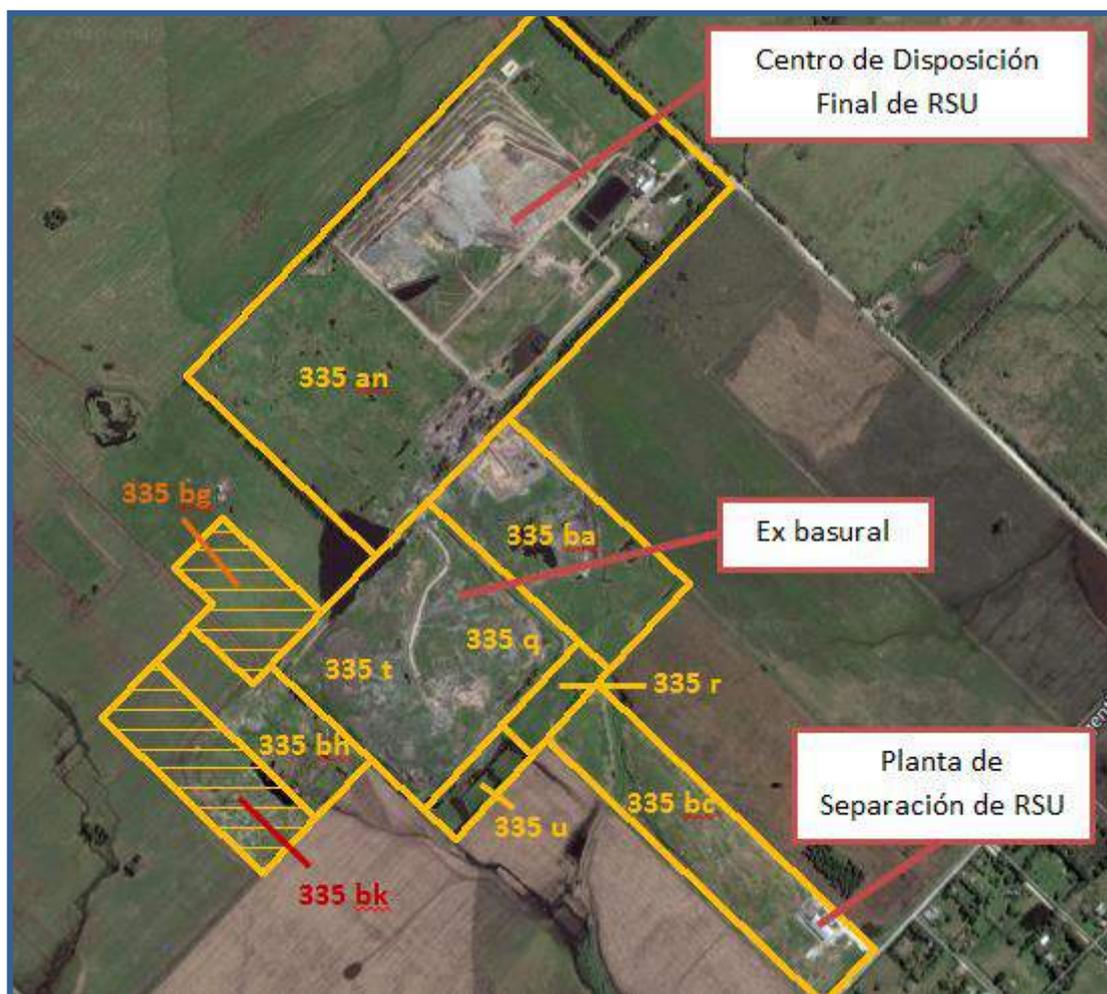


Figura 22: parcelas disponibles evaluadas en las inmediaciones del RS

Los predios municipales disponibles son las parcelas 335 bk y 335 bg, de denominación catastral: Circunscripción IV, Sección Rural, Parcela 335bg, bk según corresponda. Sus superficies son de aproximadamente 5 y 6 hectáreas cada una.

Evaluación de la factibilidad técnico-económica de la instalación de una planta de transformación de biomasa residual seca en fuente de energía térmica, en la ciudad de Mar del Plata

Este trabajo orienta la instalación de la planta en la parcela 335bk, que es la que guarda mayor distancia del predio donde se ubicaba el basural. En la Figura 23 se dimensiona la ubicación del proyecto respecto del RS.

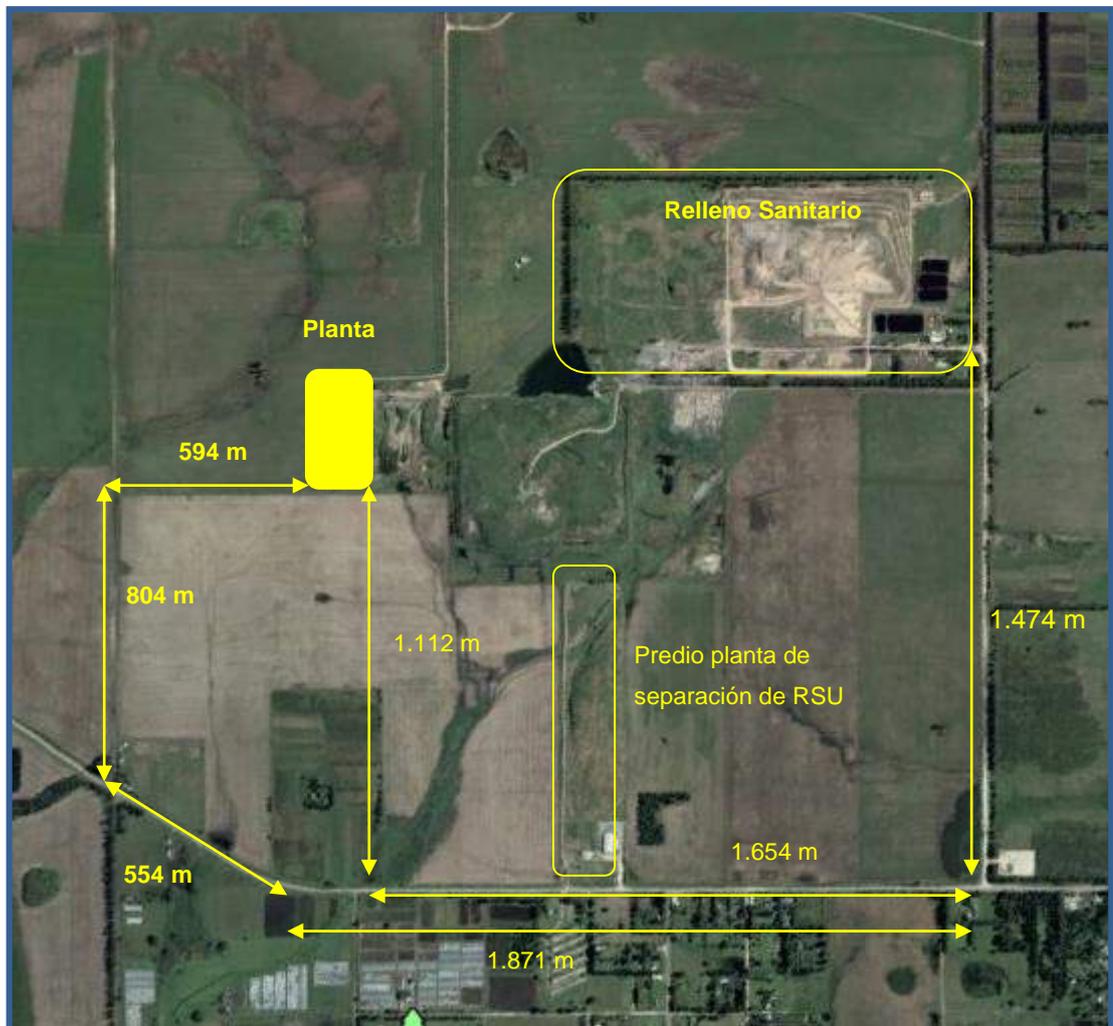


Figura 23: ubicación potencial del proyecto

4.12. Plan de implementación

Para poner en marcha el proyecto se determinan las tareas principales y los tiempos requeridos. Se expone en la Tabla 19. Se considera que se requieren aproximadamente 34 semanas.

Tarea nro.	Descripción de la tarea	Inicio (día)	Duración (día)	Fin (día)	Tarea requerida precedente
0	Proyecto general	1	234		-
1	Análisis del proyecto	1	60	60	-
	Gestión de insumos	61	21	81	
2	Especificaciones	61	7	67	1
3	Generación de solicitud y emisión de orden de compra	68	7	74	2
4	Recepción	75	7	81	3
	Construcción de nave	61	71	131	
5	Especificación de otros (amoblamiento)	61	7	67	1
6	Generación de solicitud y emisión de orden de compra	68	3	70	5
7	acondicionamiento del terreno y cierre de layout	71	21	91	6
8	instalación de bomba de agua y puesta a punto	92	3	94	7
9	Instalación de red eléctrica	95	7	101	8
10	Construcción - obra civil	102	30	131	9
	Gestión de equipos	61	174	234	
11	Especificación técnica de equipos	61	21	81	1
12	Generación de solicitud y emisión de orden de compra	82	30	111	11
13	Recepción de equipos	112	60	171	12
14	Montaje	172	28	199	13
15	Ingeniería de automatización y programación	200	14	213	14
16	Prueba y puesta en marcha	214	21	234	15

Tabla 19: plan estimado de ejecución del proyecto

4.13. Distribución de planta

Las actividades de la fábrica involucran desde la recepción de la materia prima hasta la venta de producto terminado.

En la Figura 24 se presenta el diagrama de proceso de los equipos principales, y en la Figura 25 la distribución en planta. El objetivo fue definir sobre las calles de acceso el ingreso de materia prima, por un lado, y la salida de producto final, por otro.

Evaluación de la factibilidad técnico-económica de la instalación de una planta de transformación de biomasa residual seca en fuente de energía térmica, en la ciudad de Mar del Plata

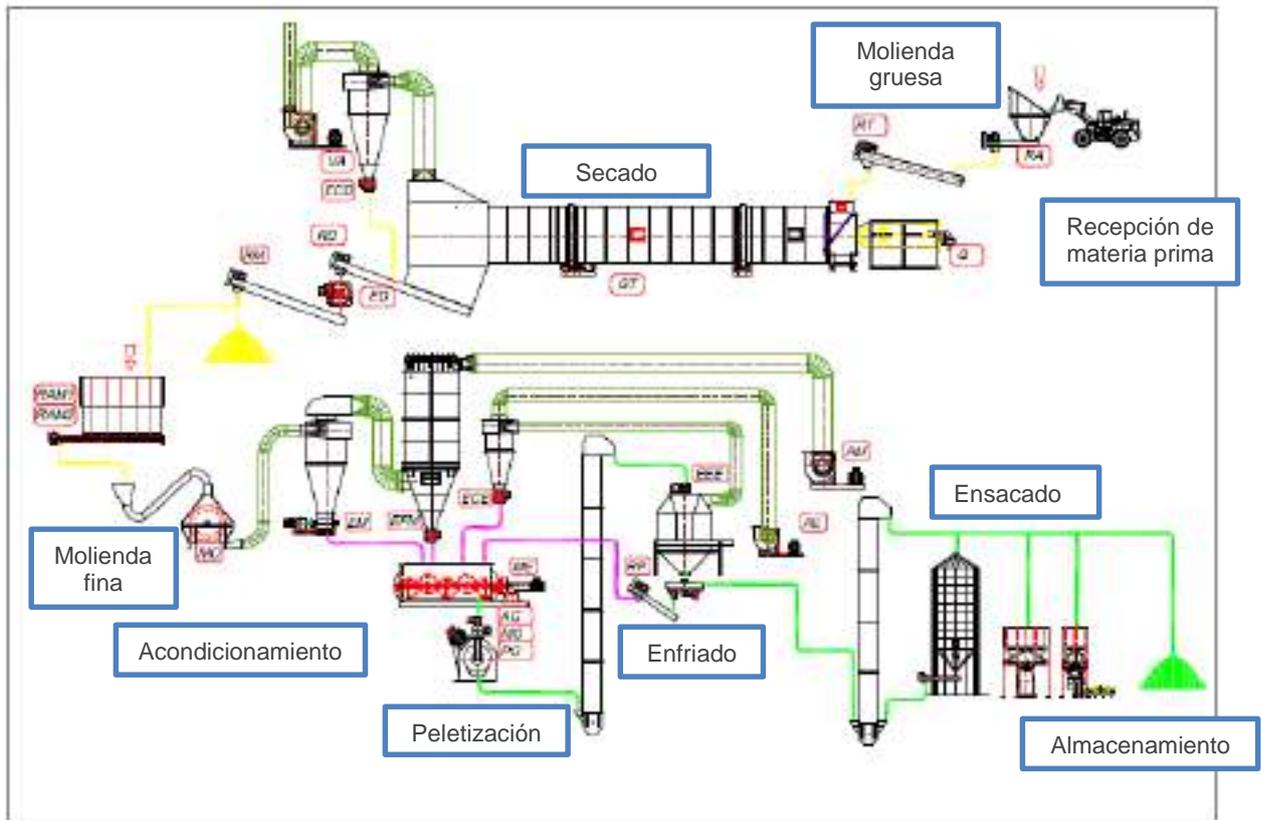


Figura 24: diagrama general del proceso

Evaluación de la factibilidad técnico-económica de la instalación de una planta de transformación de biomasa residual seca en fuente de energía térmica, en la ciudad de Mar del Plata

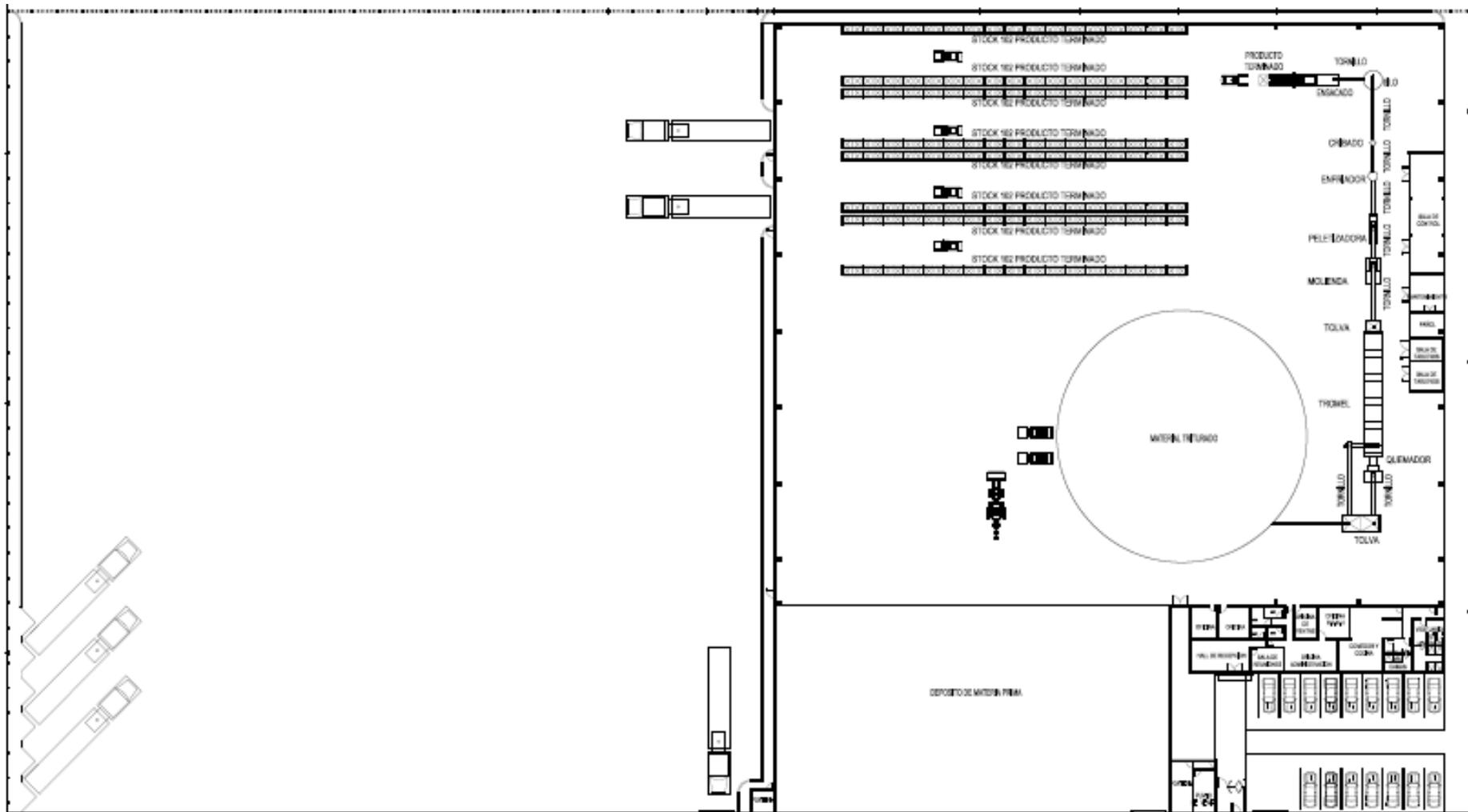


Figura 25: lay out de planta. Elaboración propia

4.14. Conclusión del capítulo

En este capítulo se desarrolla el objetivo C Sostenibilidad del proyecto: evaluación y planificación de obtención de materia prima.

Se define la capacidad de producción que tendrá la planta: 3.500 kg/h de pellets (poco más de 230 bolsas de 15 kg cada hora), que contará con un abastecimiento continuo de materia prima a lo largo del año, que es lo que permiten las especies forestales que se encuentran en el Partido de General Pueyrredón, de acuerdo con (Castellano & Gebrikian, 2012), como el plátano, presentando una variación que no interrumpe el proceso del proyecto. Será provista por los mismos mecanismos de recolección que se utilizan en la actualidad. Un 10% de esta materia prima se convertirá en astillas para generar calor para el proceso (cogeneración de energía) y el otro 90% para el producto final. Existen otras fuentes de obtención pero extienden el alcance de este trabajo, como por ejemplo los residuos de la industria maderera, que bien pueden ser utilizados como fuente de energía para procesos industriales, y no residenciales, por la emanación de gases que involucra.

Se presenta el desarrollo del proceso productivo, en la Figura 24 se expone a través de un diagrama. Esto comprende el análisis de la materia prima y de los equipos principales. Siendo un punto relevante conocer el rendimiento de la materia prima, se estima su relación de consumo versus producto final resulta en que para un kg de pellets se requiere aproximadamente 1,6 kg de materia prima.

Los equipos principales están comprendidos por una chipeadora, para triturar la BRS, una secadora de biomasa con un quemador que se genera calor a través de las astillas, lo cual permite que la planta se independice del servicio de gas en red, sino que sólo requerirá agua y electricidad, sigue a esto un molino para triturar a fino el subproducto, luego un acondicionador, una peletizadora, un enfriador, una ensacadora y un equipo rodante para el transporte de pallets. Este trabajo requiere una superficie de alrededor de 3.800m², con un consumo anual estimado de casi 1000 kW.

El equipo de trabajo, desde la dirección a la operación, estará compuesto por una dotación de 15 personas, para una planta que trabaja 260 días al año, 24 horas.

En cuanto a la localización, quedará ubicada a unos dos km del Relleno Sanitario, destino final original del producto de la recolección de poda de la ciudad.

Finalmente, se describen las etapas y duración estimada de implementación del proyecto, que será de aproximadamente ocho meses y la distribución en planta de equipos y proceso.

5. EVALUACIÓN ECONÓMICA

Para comenzar este apartado, es necesario definir la paridad cambiaria entre el dólar de Estados Unidos y el peso de Argentina: 1US\$ = 93,53\$ (Argentina, 2021).

5.1. Estimación de la inversión

Para la estimación de la Inversión Fija, se contabiliza el precio de los equipos principales y luego se adiciona el costo de su instalación, estimación que puede observarse en la Tabla 20.

Luego IE = valor de equipo principal instalado = US\$ 1.107.488 * 1,2 = US\$ 1.328.986.

	Equipos	Cantidad	Precio (US\$)
	Chipeadora	1	3.282
	Balanza	1	321
	Silo subproducto húmedo	1	1.681
Secadora	Tolva de alimentación	1	89.719
	Generación de aire caliente	1	95.055
	Tromel de secado	1	236.520
	Molienda fina	1	294.386
	Bomba de agua	1	263
	Tanque de agua	1	114
Peletización	Mezcladora Acondicionadora	1	
	Prensa peletizadora	1	323.447
	Enfriadora	1	
	Limpieza de finos	1	
	Almacenamiento y expedición	1	41.397
	Envasadora	1	15.120
	Pallets	1	4.900
	Apilador eléctrico	1	
	Total equipos sin instalar		1.107.488
	Instalación de equipos, dirección y montaje		221.498
	IE (US\$)		1.328.986

Tabla 20: costo de instalación de equipo. Elaboración propia

En la Tabla 21 se determinan los factores directos e indirectos para estimar la inversión fija.

Evaluación de la factibilidad técnico-económica de la instalación de una planta de transformación de biomasa residual seca en fuente de energía térmica, en la ciudad de Mar del Plata

Valor del Equipo Instalado de Proceso (US\$)	1.328.986
Factores experimentales como fracción de la IE	
Tubería de Proceso	f1
<i>Proceso de sólidos</i>	0 ^(*)
Instrumentación	f2
<i>Armario eléctrico, control automatizado</i>	33.450
Edificios de fabricación	f3
<i>Valor de la construcción (800 US\$/m² x 3.741 m²)⁷</i>	2.992.757
Plantas de servicio	f4
<i>Plantas de servicio totalmente nuevas</i>	321
Conexiones entre las unidades	f5
<i>Entre unidades de servicios</i>	0,03
Factor de inversión directa Σf_i	0,03
Inversión directa = [IE*(1+ Σf_i) + Valor construcción] (US\$)	4.388.738
Factores experimentales como fracción de la inversión directa	
Ingeniería y construcción	fi1
<i>Ingeniería inmediata</i>	0,28
Factores de tamaño	fi2
<i>Unidad comercial pequeña</i>	0,03
Contingencias	fi3
<i>Variaciones imprevistas</i>	0,15
Factor de inversión indirecta Σf_{li}	0,45
Inversión indirecta = ($\Sigma f_{li}+1$)	1,45
Inversión Fija= Inversión directa * Inversión indirecta	6.363.670
(*) Includido en presupuesto	

Tabla 21: factores de estimación de inversión fija.

La inversión fija (IF) del proyecto es de US\$ 6.363.670 La inversión fija total (IFT), resultante de la suma de la inversión fija más el valor del terreno, el cual tiene un costo igual a US\$ 4.715, es de US\$6.368.385.

El costo de capital (Iw) se estima como el 20% de la IF, resultante en US\$1.273.677. Se toma este porcentaje por sugerencia de la bibliografía utilizada , que propone se tome un valor entre el 10 y el 20% (M.S. Peters, 2003). Este proyecto opta por una posición pesimista,

⁷ Valor de construcción por metro cuadrado presupuestado por Juan M. Labéguère, enero 2020 en la ciudad de Mar del Plata, cuya inmobiliaria es Labéguère Propiedades.

Evaluación de la factibilidad técnico-económica de la instalación de una planta de transformación de biomasa residual seca en fuente de energía térmica, en la ciudad de Mar del Plata ya que el valor de I_w representa aproximadamente el primer año de costos fijos y variables, en vez de tres meses de producción.

5.2. Costos de producción

Para el cálculo de los costos de producción se han considerado tanto los costos fijos como los variables y su cálculo se puede observar en el Anexo VII: Costos de producción. En la Tabla 22 se exponen los costos asociados al proyecto.

	Descripción	Costo anual (US\$/año)	Concepto
Variables	Empaque	0	Estimación a partir de requerimientos (incluido en IF)
	MP	0	Estimación a partir de requerimientos
	Envases	14.593	Estimación a partir de requerimientos
	MO	119.062	Estimación a partir de requerimientos
	Supervisión	20.836	Es el 17,5% del costo de la Mano de Obra
	Servicios	322.226	Estimación a partir de requerimientos
	Mantenimiento	63.637	Es el 1% de la Inversión Fija - Contempla personal y materiales de mantenimiento
	Suministros	0	Contemplado en costos de Mantenimiento
	Laboratorio	2.381	Es el 2% de la Mano de obra
	Regalías y patentes	0	No hay costos de regalías y patentes
	Total COSTOS VARIABLES		542.735
Fijos	Depreciación	509.094	Estimado para proyecto de 10 años de duración, tomando un valor residual de US\$ 1.374.512
	Impuestos	63.637	Es el 1% de la IF
	Seguros	63.637	Es el 1% de la IF
	Financiación	0	Estimado en evaluación de rentabilidad
	Ventas y distribución	72.800	0.05% de los ingresos por venta
	Administración y dirección	47.625	Es el 40% del costo de MO
	Investigación y desarrollo	0	No requiere
	Total COSTOS FIJOS		756.792
TOTAL COSTOS DE PRODUCCIÓN (US\$/año)		1.299.527	

Tabla 22: costos de producción

Descripción	US\$
Costos variables	542.735
Costos fijos	756.792
Costo total	1.299.527
Cantidad anual - unidades bolsas de 15 kg	1.456.000
Costo Total Unitario por bolsa	0,9
Costo variable unitario por bolsa	0,37
CT de producción sin depreciación	790.433

Tabla 23: estructura de costos del proyecto

Ahora bien, de acuerdo con lo estimado el costo total unitario (bolsa de 15 kg) del producto es de US\$ 0,9, como se muestra en la Tabla 23.

Dado el valor requerido como inversión total, se realiza la evaluación de distintos escenarios para conocer si es posible obtener una rentabilidad positiva con menor inversión. Finalmente, la utilización del 100% de la capacidad de la planta requiere el menor precio de venta y es esta la opción elegida para el presente proyecto. Los tres escenarios evaluados se presentan en el **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**

5.3. Evaluación de la rentabilidad

En este apartado se estima la factibilidad económica del proyecto de inversión utilizando el método de la Tasa Interna de Retorno (TIR) y el Valor Presente (VP).

Financiación

Se solicitará la línea de financiamiento Eficiencia Energética y Energías Renovables. Fondo Verde para el Clima del Banco de Inversión y Comercio Exterior (BICE, 2021). Es un banco público cuyo único accionista es el Estado Nacional, que se enfoca en promover las inversiones y el comercio exterior a través de créditos de mediano y largo plazo. Además, desde su creación, otorga préstamos, no sólo directamente a las empresas sino también mediante distintas entidades de la banca comercial.

Su objetivo es ser el principal banco de fomento del crecimiento, la mejora de la productividad y la competitividad de las empresas argentinas. Como institución financiera de desarrollo, busca fortalecer a las empresas, aumentar el empleo y desarrollar el país.

Condiciones financieras:

Evaluación de la factibilidad técnico-económica de la instalación de una planta de transformación de biomasa residual seca en fuente de energía térmica, en la ciudad de Mar del Plata

Esta línea de financiación aporta hasta el 80% de la operación, para PyMes de todo el país, cuyo destino sea proyectos de eficiencia energética y ciertas tecnologías de energía renovable.

Monto Máximo: Para una empresa o grupo económico es de US\$ 10.000.000

Porcentaje a Financiar: Hasta el 80% del monto total del proyecto, excluido el Impuesto al Valor Agregado (IVA).

Plazo Máximo: Hasta 15 años.

Moneda del Préstamo: Dólares.

Período de Gracia: Hasta 2 años.

Sistema de Amortización: Francés o Alemán.

Cancelación Anticipada: El beneficiario puede cancelar el crédito total o parcialmente en cualquier momento.

CFNTA: 12,4587% en Dólares – es la tasa efectiva i_{ef}

Para el caso de este proyecto, se solicita un préstamos para una duración del proyecto de 10 años, una financiación del 80% del proyecto equivalente a US\$ 5.083.945.

Cálculo de costo promedio ponderado del capital (CPPC)

El valor del k_e , para la mezcla Deuda-Capital, se estima, a partir del informe sobre la Tasa de Corte en Argentina (Merlo, 2012). La industria de pellets se puede comparar con la de producción de neumáticos, caucho y materiales de construcción, ya que es el agregado de valor de un producto cuya demanda no es independiente. Se categoriza como empresa de muy bajo riesgo y se desprenden dos valores, máximo y mínimo, para una deuda del 80%. Se toma el valor $k_e = 19,2\%$

Para el cálculo de k_d se consideran el interés establecido por el BICE, $k_d = 8,39\%$

Luego, a partir de la ecuación (6) se calcula el CPPC:

$$\begin{aligned} \text{CPPC} &= \% \text{ Capital Propio} * k_e + \% \text{ Capital Deuda} * k_d (1-t) \\ &= 0,2 * 0.192 + 0,8 * 0,124587 * 0,65 = 0,1032 = 10\% \end{aligned} \quad (21)$$

Definición del precio de venta

De acuerdo con la estructura de costos definida en este capítulo, se estima que el precio de venta de cada bolsa de 15 kg es de US\$ 1.6.

¿Cómo se define el precio de venta? En función del costo unitario (cada bolsa de 15kg) de producción, buscando el mínimo valor que permita que el proyecto sea rentable de acuerdo a la estructura de costos del proyecto, teniendo en cuenta que es un producto de bajo valor agregado pero alto valor social.

Dado que el proyecto requiere una elevada inversión inicial, se evalúa la ejecución del proyecto bajo tres escenarios posibles

- ✘ Escenario 1: capacidad al 100% en cada año de la duración del proyecto, 3.500 kg/h de producto final los 260 días laborables del año
- ✘ Escenario 2: capacidad al 100%, 1 turno de ocho horas los años 1 a 3 del proyecto, 2 turnos del año 4 al 6 y 3 turnos del año 7 al 10. En este escenario los costos variables se dividen en la cantidad de turnos.
- ✘ Escenario 3: 3 turnos de 8 horas los 260 días laborables, con capacidad de 500 kg/h el primer año, 1.000 kg/h los años 2 y 3, 1.500 kg/h los años 4 y 5, 2.000 kg/h el año 6, 2.500 kg/h los años 7 y 8 y los años 9 y 10, 3.000 y 3.500 kg/h respectivamente. En este caso algunos costos variables se reducen, no así por ejemplo el costo de mano de obra, ya que los puestos son ocupados aunque se produzca menor cantidad de producto por hora.

En la Tabla 24 se presentan la estructura de costos de cada escenario.

Evaluación de la factibilidad técnico-económica de la instalación de una planta de transformación de biomasa residual seca en fuente de energía térmica, en la ciudad de Mar del Plata

Costo - descripción (US\$/año)	Escenario 1	Escenario 2			Escenario 3					
	Capacidad 100%, 3 turnos	Cantidad de turnos, 100% capacidad			Capacidad de la planta utilizada (kg), 3 turnos					
		1	2	3	500	1.000	1.500	2.000	2.500	3.500
Empaque	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Envases	14.593	4.871	9.732	14.593	2.085	4.170	6.254	8.339	10.424	14.593
MO	119.062	39.687	79.375	119.062	119.062	119.062	119.062	119.062	119.062	119.062
Supervisión	20.836	6.945	13.891	20.836	20.836	20.836	20.836	20.836	20.836	20.836
Servicios	322.226	107.436	214.840	322.244	301.603	305.044	308.484	311.924	315.364	322.244
Mantenimiento	63.637	21.212	42.424	63.637	63.637	63.637	63.637	63.637	63.637	63.637
Suministros	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Laboratorio	2.381	794	1.058	2.381	2.381	2.381	2.381	2.381	2.381	2.381
Regalías y patentes	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total COSTOS VARIABLES	542.735	180.946	361.321	542.754	509.604	515.129	520.654	526.179	531.704	542.754
Depreciación	509.094	509.094	509.094	509.094	509.094	509.094	509.094	509.094	509.094	509.094
Impuestos	63.637	63.637	63.637	63.637	63.637	63.637	63.637	63.637	63.637	63.637
Seguros	63.637	63.637	63.637	63.637	63.637	63.637	63.637	63.637	63.637	63.637
Financiación	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ventas y distribución	72.800	24.267	48.533	72.800	2.080	4.160	6.240	41.600	52.000	72.800
Administración y dirección	47.625	15.875	31.750	47.625	47.625	47.625	47.625	47.625	47.625	47.625
Investigación y desarrollo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total COSTOS FIJOS	756.792	676.509	716.650	756.792	686.072	688.152	690.232	725.592	735.992	756.792

Tabla 24: resumen de la estructura de costos de los tres escenarios

Evaluación de la factibilidad técnico-económica de la instalación de una planta de transformación de biomasa residual seca en fuente de energía térmica, en la ciudad de Mar del Plata

Escenario 1: capacidad utilizada al 100%, 3 turnos de trabajo.

Cuadro de fuentes y usos de fondos

Flujo de fondos del proyecto

Flujos de caja del proyecto	Año 0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ingresos		2.339.148	2.339.148	2.339.148	2.339.148	2.339.148	2.339.148	2.339.148	2.339.148	2.339.148	2.339.148
Total a		2.339.148	2.339.148	2.339.148	2.339.148	2.339.148	2.339.148	2.339.148	2.339.148	2.339.148	2.339.148
Egresos											
Costos de producción s/ depreciación		790.433	790.433	790.433	790.433	790.433	790.433	790.433	790.433	790.433	790.433
Depreciación		509.094	509.094	509.094	509.094	509.094	509.094	509.094	509.094	509.094	509.094
Total b		1.299.527	1.299.527	1.299.527	1.299.527	1.299.527	1.299.527	1.299.527	1.299.527	1.299.527	1.299.527
BNAI = a - b		1.039.621	1.039.621	1.039.621	1.039.621	1.039.621	1.039.621	1.039.621	1.039.621	1.039.621	1.039.621
Impuestos 35%		363.867	363.867	363.867	363.867	363.867	363.867	363.867	363.867	363.867	363.867
Beneficio Neto		675.754	675.754	675.754	675.754	675.754	675.754	675.754	675.754	675.754	675.754
Depreciación		509.094	509.094	509.094	509.094	509.094	509.094	509.094	509.094	509.094	509.094
Inversión fija	-6.363.670										
Capital de trabajo	-1.273.677										
FC	-7.637.347	1.184.848	1.184.848	1.184.848	1.184.848	1.184.848	1.184.848	1.184.848	1.184.848	1.184.848	1.184.848
TIR	12%										

Tabla 25: Cuadro de fuentes y usos de fondos del proyecto de 10 años de duración. Escenario 1.

Evaluación de la factibilidad técnico-económica de la instalación de una planta de transformación de biomasa residual seca en fuente de energía térmica, en la ciudad de Mar del Plata

Cálculo de TIR del proyecto

INVERSIÓN TOTAL Proyecto (US\$)	-7.642.062
FC 1	1.184.848
FC 2	1.184.848
FC 3	1.184.848
FC 4	1.184.848
FC 5	1.184.848
FC 6	1.184.848
FC 7	1.184.848
FC 8	1.184.848
FC 9	1.184.848
FC 10 (FC+Iw+T+L)	3.735.974
TIR	12%
VP= VNA - IT	495.287

Tabla 26: estimación de la tasa interna de retorno del proyecto. Elaboración propia.

Tiempo de repago (n_R)

Siendo:

IF: US\$ 6.363.670

L: US\$ 1.272.734

FCp: US\$ 1.184.848

A partir de (5), se estima:

$$n_R = \frac{IF - L}{FCp} = \frac{(6.363.670 - 1.272.734)US\$}{1.184.848 US\$} = 4.3 \text{ años} \quad (22)$$

Por lo tanto, el cuarto año del proyecto se estima como el tiempo requerido de repago.

Amortización

La amortización será realizada a través del sistema Alemán, su estimación se muestra en la Tabla 27.

IF = US\$ 6.363.670

Monto a financiar = $0,8 \times IF = US\$ 5.090.936$

Luego, la amortización B_t se calcula:

$$B_t = \frac{\% \text{capital financiado} * IF}{\text{Duración del proyecto}} = \frac{US\$ 5.090.936}{10 \text{ años}} = 509.094 \text{ US\$/año} \quad (23)$$

Evaluación de la factibilidad técnico-económica de la instalación de una planta de transformación de biomasa residual seca en fuente de energía térmica, en la ciudad de Mar del Plata

I=10% Año	Interés (It)	Cuota (At)	Amortización (Bt)	Saldo
0				5.090.936
1	671.766	1.180.859	509.094	4.581.842
2	604.589	1.113.683	509.094	4.072.749
3	537.412	1.046.506	509.094	3.563.655
4	470.236	979.330	509.094	3.054.561
5	403.059	912.153	509.094	2.545.468
6	335.883	844.976	509.094	2.036.374
7	268.706	777.800	509.094	1.527.281
8	201.530	710.623	509.094	1.018.187
9	134.353	643.447	509.094	509.094
10	67.177	576.270	509.094	0

Tabla 27: Amortización del préstamo con el método Alemán

Evaluación de la factibilidad técnico-económica de la instalación de una planta de transformación de biomasa residual seca en fuente de energía térmica, en la ciudad de Mar del Plata

Cuadro de fuente y uso de fondos del inversionista , escenario 1

FLUJOS DE CAJA inversionista	Año 0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ingresos anuales		2.339.148	2.339.148	2.339.148	2.339.148	2.339.148	2.339.148	2.339.148	2.339.148	2.339.148	2.339.148
Total a		2.339.148	2.339.148	2.339.148	2.339.148	2.339.148	2.339.148	2.339.148	2.339.148	2.339.148	2.339.148
Egresos anuales											
Costos de producción s/ depreciación		790.433	790.433	790.433	790.433	790.433	790.433	790.433	790.433	790.433	790.433
Depreciación		509.094	509.094	509.094	509.094	509.094	509.094	509.094	509.094	509.094	509.094
Costos de financiación		671.766	604.589	537.412	470.236	403.059	335.883	268.706	201.530	134.353	67.177
Total b		1.971.292	1.904.116	1.836.939	1.769.763	1.702.586	1.635.410	1.568.233	1.501.056	1.433.880	1.366.703
BNAI = a - b		367.856	435.032	502.209	569.385	636.562	703.739	770.915	838.092	905.268	972.445
Impuestos 35%		128.750	152.261	175.773	199.285	222.797	246.309	269.820	293.332	316.844	340.356
Beneficio Neto (BN)		239.106	282.771	326.436	370.101	413.765	457.430	501.095	544.760	588.424	632.089
Depreciación		509.094	509.094	509.094	509.094	509.094	509.094	509.094	509.094	509.094	509.094
Inversión fija	-6.363.670										
Capital de trabajo	-1.273.677										
Préstamo	5.090.936										
Amortización (Bt)		509.094	509.094	509.094	509.094	509.094	509.094	509.094	509.094	509.094	509.094
FC	-2.546.411	239.106	282.771	326.436	370.101	413.765	457.430	501.095	544.760	588.424	632.089
TIR	15%										

Tabla 28: cuadro de flujo de fondos del inversionista

Evaluación de la factibilidad técnico-económica de la instalación de una planta de transformación de biomasa residual seca en fuente de energía térmica, en la ciudad de Mar del Plata

Cálculo de TIR del inversionista

INVERSIÓN TOTAL Inversionista (US\$)	-2.546.411
FC 1	239.106
FC 2	282.771
FC 3	326.436
FC 4	370.101
FC 5	413.765
FC 6	457.430
FC 7	501.095
FC 8	544.760
FC 9	588.424
FC 5 (FC+Iw+T+L)	3.183.216
TIR	15%
VP= VNA - IT	4.604.479

Tabla 29: estimación de la tasa interna de retorno TIR del inversionista. Elaboración propia

Evaluación de la factibilidad técnico-económica de la instalación de una planta de transformación de biomasa residual seca en fuente de energía térmica, en la ciudad de Mar del Plata

Escenario 2: capacidad utilizada al 100%, 3 turnos de trabajo escalonados

Cuadro de fuente y uso de fondo del proyecto

Flujos de caja del proyecto	Año 0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ingresos anuales		1.800.654	1.800.654	1.800.654	2.048.144	2.048.144	2.048.144	2.339.182	2.339.182	2.339.182	2.339.182
Total a		1.800.654	1.800.654	1.800.654	2.048.144	2.048.144	2.048.144	2.339.182	2.339.182	2.339.182	2.339.182
Egresos anuales											
Costos de producción s/ depreciación		348.361	348.361	348.361	568.877	568.877	568.877	790.452	790.452	790.452	790.452
Depreciación		509.094	509.094	509.094	509.094	509.094	509.094	509.094	509.094	509.094	509.094
Total b		857.454	857.454	857.454	1.077.971	1.077.971	1.077.971	1.299.545	1.299.545	1.299.545	1.299.545
BNAI = a - b		943.200	943.200	943.200	970.174	970.174	970.174	1.039.636	1.039.636	1.039.636	1.039.636
Impuestos 35%		330.120	330.120	330.120	339.561	339.561	339.561	363.873	363.873	363.873	363.873
Beneficio Neto		613.080	613.080	613.080	630.613	630.613	630.613	675.764	675.764	675.764	675.764
Depreciación		509.094	509.094	509.094	509.094	509.094	509.094	509.094	509.094	509.094	509.094
Inversión fija	-6.363.670										
Capital de trabajo	-1.273.677										
FC	-7.637.347	1.122.173	1.122.173	1.122.173	1.139.706	1.139.706	1.139.706	1.184.857	1.184.857	1.184.857	1.184.857
TIR	11%										

Tabla 30: Cuadro de fuente y uso de fondos del proyecto, escenario 2.

Evaluación de la factibilidad técnico-económica de la instalación de una planta de transformación de biomasa residual seca en fuente de energía térmica, en la ciudad de Mar del Plata

Cálculo de TIR del proyecto

INVERSIÓN TOTAL Proyecto	-7.642.062
FC 1	1.122.173
FC 2	1.122.173
FC 3	1.122.173
FC 4	1.139.706
FC 5	1.139.706
FC 6	1.139.706
FC 7	1.184.857
FC 8	1.184.857
FC 9	1.184.857
FC 10 (FC+Iw+T+L)	3.735.984
TIR	11%
VP= VNA - IT	257.166

Tabla 31: estimación de la tasa interna de retorno del proyecto, escenario 2.

Tiempo de repago

Siendo:

IF: US\$ 6.363.670

L: US\$ 1.374.924

FCp: US\$ 1.152.507

A partir de (5), se estima:

$$nR = \frac{IF - L}{FCp} = \frac{(6.363.670 - 1.374.924)US\$}{1.152.507 US\$} = 4,42 \text{ años} \quad (24)$$

Por lo tanto, para la segunda mitad del cuarto año del proyecto se estima como el tiempo requerido de repago.

Amortización

La amortización será realizada a través del sistema Alemán, su estimación se muestra en la Tabla 27.

En cada escenario la amortización es la misma, ya que es independiente del volumen de producción.

☛ $I_f = US\$ 6.363.670$

☛ Monto a financiar = $0,8 \times IF = US\$ 5.090.936$

☛ Luego, la amortización B_t se calcula:

$$B_t = \frac{\% \text{capital financiado} \times IF}{\text{Duración del proyecto}} = \frac{US\$ 5.090.936}{10 \text{ años}} = 509.094 \text{ US\$/año} \quad (25)$$

I=10% Año	Interés (It)	Cuota (At)	Amortización (Bt)	Saldo
0				5.090.936
1	671.766	1.180.859	509.094	4.581.842
2	604.589	1.113.683	509.094	4.072.749
3	537.412	1.046.506	509.094	3.563.655
4	470.236	979.330	509.094	3.054.561
5	403.059	912.153	509.094	2.545.468

Evaluación de la factibilidad técnico-económica de la instalación de una planta de transformación de biomasa residual seca en fuente de energía térmica, en la ciudad de Mar del Plata

6	335.883	844.976	509.094	2.036.374
7	268.706	777.800	509.094	1.527.281
8	201.530	710.623	509.094	1.018.187
9	134.353	643.447	509.094	509.094
10	67.177	576.270	509.094	0

Tabla 32: Amortización del préstamo con el método Alemán, escenario 2.

Evaluación de la factibilidad técnico-económica de la instalación de una planta de transformación de biomasa residual seca en fuente de energía térmica, en la ciudad de Mar del Plata

Cuadro de fuente y usos de fondos del inversionista, escenario 2

FLUJOS DE CAJA inversionista	Año 0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ingresos anuales		1.800.654	1.800.654	1.800.654	2.048.144	2.048.144	2.048.144	2.339.182	2.339.182	2.339.182	2.339.182
Total a		1.800.654	1.800.654	1.800.654	2.048.144	2.048.144	2.048.144	2.339.182	2.339.182	2.339.182	2.339.182
Egresos anuales											
Costos de producción s/ depreciación		348.361	348.361	348.361	568.877	568.877	568.877	790.452	790.452	790.452	790.452
Depreciación		509.094	509.094	509.094	509.094	509.094	509.094	509.094	509.094	509.094	509.094
Costos de financiación		671.766	604.589	537.412	470.236	403.059	335.883	268.706	201.530	134.353	67.177
Total b		1.529.220	1.462.043	1.394.867	1.548.207	1.481.030	1.413.854	1.568.252	1.501.075	1.433.899	1.366.722
BNAI = a - b		271.434	338.611	405.787	499.938	567.114	634.291	770.930	838.107	905.283	972.460
Impuestos 35%		95.002	118.514	142.026	174.978	198.490	222.002	269.826	293.337	316.849	340.361
Beneficio Neto (BN)		176.432	220.097	263.762	324.960	368.624	412.289	501.105	544.769	588.434	632.099
Depreciación		509.094	509.094	509.094	509.094	509.094	509.094	509.094	509.094	509.094	509.094
Inversión fija	-6.363.670										
Capital de trabajo	-1.273.677										
Préstamo	5.090.936										
Amortización (Bt)		509.094	509.094	509.094	509.094	509.094	509.094	509.094	509.094	509.094	509.094
FC	-2.546.411	176.432	220.097	263.762	324.960	368.624	412.289	501.105	544.769	588.434	632.099
TIR	14%										

Tabla 33: cuadro de fuente y usos de fondos del inversionista, escenario 2.

Evaluación de la factibilidad técnico-económica de la instalación de una planta de transformación de biomasa residual seca en fuente de energía térmica, en la ciudad de Mar del Plata

Cálculo de TIR del inversionista

INVERSIÓN TOTAL Inversionista	-2.546.411
FC 1	239.106
FC 2	282.771
FC 3	326.436
FC 4	370.101
FC 5	413.765
FC 6	457.430
FC 7	501.095
FC 8	544.760
FC 9	588.424
FC 5 (FC+Iw+T+L)	3.183.216
TIR	15%
VP= VNA - IT	4.604.479

Tabla 34: cálculo del tasa interna de retorno del inversionista, escenario 2.

Evaluación de la factibilidad técnico-económica de la instalación de una planta de transformación de biomasa residual seca en fuente de energía térmica, en la ciudad de Mar del Plata

Escenario 3: 3 turnos de trabajo, aumento gradual del uso de la capacidad de producción

Cuadro de fuente y uso de fondo del proyecto

Flujos de caja del proyecto	Año 0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ingresos anuales		2.152.217	2.165.906	2.165.906	2.179.594	2.179.594	2.253.187	2.281.852	2.281.852	2.281.852	2.339.182
Total a		2.152.217	2.165.906	2.165.906	2.179.594	2.179.594	2.253.187	2.281.852	2.281.852	2.281.852	2.339.182
Egresos anuales											
Costos de producción s/ depreciación		686.582	694.187	694.187	701.792	701.792	742.677	758.602	758.602	758.602	790.452
Depreciación		509.094	509.094	509.094	509.094	509.094	509.094	509.094	509.094	509.094	509.094
Total b		1.195.676	1.203.281	1.203.281	1.210.886	1.210.886	1.251.771	1.267.696	1.267.696	1.267.696	1.299.545
BNAI = a - b		956.541	962.625	962.625	968.709	968.709	1.001.417	1.014.157	1.014.157	1.014.157	1.039.636
Impuestos 35%		334.789	336.919	336.919	339.048	339.048	350.496	354.955	354.955	354.955	363.873
Beneficio Neto		621.751	625.706	625.706	629.661	629.661	650.921	659.202	659.202	659.202	675.764
Depreciación		509.094	509.094	509.094	509.094	509.094	509.094	509.094	509.094	509.094	509.094
Inversión fija	-6.363.670										
Capital de trabajo	-1.273.677										
FC	-7.637.347	1.130.845	1.134.800	1.134.800	1.138.754	1.138.754	1.160.014	1.168.295	1.168.295	1.168.295	1.184.857
TIR	11%										

Tabla 35: Cuadro de fuente y uso de fondo del proyecto, escenario 3.

Evaluación de la factibilidad técnico-económica de la instalación de una planta de transformación de biomasa residual seca en fuente de energía térmica, en la ciudad de Mar del Plata

Cálculo de TIR del proyecto

INVERSIÓN TOTAL Proyecto	-7.642.062
FC 1	1.130.845
FC 2	1.134.800
FC 3	1.134.800
FC 4	1.138.754
FC 5	1.138.754
FC 6	1.160.014
FC 7	1.168.295
FC 8	1.168.295
FC 9	1.168.295
FC 10 (FC+Iw+T+L)	3.735.984
TIR	11%
VP= VNA - IT	272.124

Tabla 36: estimación de la tasa interna de retorno del proyecto, escenario 3.

Tiempo de repago

Siendo:

IF: US\$ 6.363.670

L: US\$ 1.272.734

FCp: US\$ 1.152.771

A partir de (5), se estima:

$$nR = \frac{IF - L}{FCp} = \frac{(6.363.670 - 1.272.734)US\$}{1.152.771 US\$} = 4,42 \text{ años} \quad (26)$$

Por lo tanto, para la segunda mitad del cuarto año del proyecto se estima como el tiempo requerido de repago.

Amortización

La amortización será realizada a través del sistema Alemán, su estimación se muestra en la Tabla 27.

En cada escenario la amortización es la misma, ya que es independiente del volumen de producción.

🌿 $I_f = US\$ 6.363.670.$

🌿 Monto a financiar = $0,8 \times IF = US\$ 5.090.936$

🌿 Luego, la amortización B_t se calcula:

$$B_t = \frac{\% \text{capital financiado} \times IF}{\text{Duración del proyecto}} = \frac{US\$ 5.090.936}{10 \text{ años}} = 509.094 \text{ US\$/año} \quad (27)$$

$i=10\%$ Año	Interés (It)	Cuota (At)	Amortización (Bt)	Saldo
0				5.090.936
1	671.766	1.180.859	509.094	4.581.842
2	604.589	1.113.683	509.094	4.072.749
3	537.412	1.046.506	509.094	3.563.655
4	470.236	979.330	509.094	3.054.561
5	403.059	912.153	509.094	2.545.468
6	335.883	844.976	509.094	2.036.374
7	268.706	777.800	509.094	1.527.281
8	201.530	710.623	509.094	1.018.187
9	134.353	643.447	509.094	509.094

Evaluación de la factibilidad técnico-económica de la instalación de una planta de transformación de biomasa residual seca en fuente de energía térmica, en la ciudad de Mar del Plata

10	67.177	576.270	509.094	0
----	--------	---------	---------	---

Tabla 37: Amortización del préstamo con el método Alemán, escenario 3.

Evaluación de la factibilidad técnico-económica de la instalación de una planta de transformación de biomasa residual seca en fuente de energía térmica, en la ciudad de Mar del Plata

Cuadro de fuente y usos de fondos del inversionista, escenario 3

FLUJO DE CAJA inversionista	Año 0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ingresos anuales		2.152.217	2.165.906	2.165.906	2.179.594	2.179.594	2.253.187	2.281.852	2.281.852	2.281.852	2.339.182
Total a		2.152.217	2.165.906	2.165.906	2.179.594	2.179.594	2.253.187	2.281.852	2.281.852	2.281.852	2.339.182
Egresos anuales											
Costos de producción s/ depreciación		686.582	694.187	694.187	701.792	701.792	742.677	758.602	758.602	758.602	790.452
Depreciación		509.094	509.094	509.094	509.094	509.094	509.094	509.094	509.094	509.094	509.094
Costos de financiación		671.766	604.589	537.412	470.236	403.059	335.883	268.706	201.530	134.353	67.177
Total b		1.867.442	1.807.870	1.740.693	1.681.122	1.613.945	1.587.654	1.536.402	1.469.225	1.402.049	1.366.722
BNAI = a - b		284.775	358.036	425.212	498.473	565.649	665.534	745.450	812.627	879.803	972.460
Impuestos 35%		99.671	125.312	148.824	174.465	197.977	232.937	260.908	284.419	307.931	340.361
Beneficio Neto		185.104	232.723	276.388	324.007	367.672	432.597	484.543	528.207	571.872	632.099
Depreciación		509.094	509.094	509.094	509.094	509.094	509.094	509.094	509.094	509.094	509.094
Inversión fija	-6.363.670										
Capital de trabajo	-1.273.677										
Préstamo	5.090.936										
Amortización (Bt)		509.094	509.094	509.094	509.094	509.094	509.094	509.094	509.094	509.094	509.094
FC	-2.546.411	185.104	232.723	276.388	324.007	367.672	432.597	484.543	528.207	571.872	632.099
TIR	14%										

Tabla 38: cuadro de fuente y usos de fondos del inversionista, escenario 3.

Cálculo de TIR del inversionista

INVERSIÓN TOTAL Inversionista	-2.546.411
FC 1	185.104
FC 2	232.723
FC 3	276.388
FC 4	324.007
FC 5	367.672
FC 6	432.597
FC 7	484.543
FC 8	528.207
FC 9	571.872
FC 5 (FC+Iw+T+L)	3.183.225
TIR	14%
VP= VNA - IT	4.431.451

Tabla 39: cálculo del tasa interna de retorno del inversionista.

En la Tabla 40 se exponen los resultados de los tres escenarios. De acuerdo a las condiciones definidas para el escenario 2, es posible encontrar un precio de venta para el cual el proyecto sea rentable, pero es cómo mínimo, mayor al 30% del precio de venta que el escenario 1. Lo mismo ocurre con el escenario 3, en el que el precio debe ser mayor al 35% del precio de venta que el escenario 1 para poder ser rentable.

Evaluación de la factibilidad técnico-económica de la instalación de una planta de transformación de biomasa residual seca en fuente de energía térmica, en la ciudad de Mar del Plata

Costo - descripción (US\$/año)	Escenario 1	Escenario 2			Escenario 3					
	Capacidad 100%,3 turnos	Cantidad de turnos, 100% capacidad			Capacidad de la planta utilizada (kg), 3 turnos					
		1	2	3	500	1.000	1.500	2.000	2.500	3.500
Costos variables	542.735	180.946	361.321	542.754	509.604	515.129	520.654	526.179	531.704	542.754
Costos fijos	756.792	676.509	716.650	756.792	686.072	688.152	690.232	725.592	735.992	756.792
Costo total	1.299.527	857.454	1.077.971	1.299.545	1.195.676	1.203.281	1.210.886	1.251.771	1.267.696	1.299.545
Bolsas de 15 kg (unidades/años)	1.456.000	485.333	970.667	1.456.000	208.000	416.000	624.000	832.000	1.040.000	1.456.000
Costo Total Unitario	0,9	1,8	1,1	0,9	5,7	2,9	1,9	1,5	1,2	0,9
Costo variable unitario	0,4	0,4	0,4	0,4	2,5	1,2	0,8	0,6	0,5	0,4
CT de producción sin depreciación	790.433	348.361	568.877	790.452	686.582	694.187	701.792	742.677	758.602	790.452
PV (US\$)	1,61	3,71	2,11	1,61	10,35	5,21	3,49	2,71	2,19	1,61

Tabla 40: resumen de la evaluación de costos de los tres escenarios, parte 2.

Como se puede observar, el costo total unitario (unidad compuesta por una bolsa de 15kg de pellets) es mayor cuanto menor es la capacidad de producción utilizada, ya que los costos fijos se conservan, excepto los de administración y dirección que son proporcionales a la mano de obra. Esto obliga a proponer para el precio del producto un mayor valor, con el fin de absorberlo y generar ganancias.

También, se expone el precio de venta mínimo requerido para que el proyecto de rentable, de acuerdo con cada escenario planteado. Nuevamente, aquel en el que se pone en marcha el 100% de la capacidad instalada, aunque requiriera mayor costo variable, es aquel con el menor precio de venta a lo largo de la duración del proyecto.

5.4. Análisis de sensibilidad

En el análisis de la estructura de costos del proyecto, que se muestra en la Tabla 22, se observa que es el costo de los servicios y la depreciación los que toman el mayor porcentaje. La depreciación es un costo decisión de la compañía, cuyo esfuerzo se dirige a compensar la pérdida de valor de los bienes adquiridos por el proyecto a lo largo de su vida útil. En cambio los servicios están sujetos por un lado a la política económica vigente, de tendencia inflacionaria y, por otro, al valor de mercado supuesto por el servicio insignia que es el gas natural y por último por el valor de la moneda dólar.

Estos factores afectan al mercado objetivo que plantea este proyecto, es por ello que se considera una variable de importancia al momento de evaluar su sensibilidad.

Para realizar la estimación se parte de la ecuación (8), igualando VP a cero y los flujos de caja se establecen en función de la incógnita Costo de Servicios, variable que, además de contar con las características descritas, su valor implica la mayor proporción en la estructura de costos del proyecto.

Se analizará a partir del método de incrementos relativos, utilizando la ecuación (10) para definir la línea de tendencia:

$$VP = -I_T + \frac{FC_1}{(1+i)^1} + \frac{FC_2}{(1+i)^2} + \dots + \frac{FC_n + I_w + L + terreno}{(1+i)^n} \quad (28)$$

$$\text{Valor relativo (\%)} = \frac{(V_f - V_i)}{V_i} \quad (29)$$

Evaluación de la factibilidad técnico-económica de la instalación de una planta de transformación de biomasa residual seca en fuente de energía térmica, en la ciudad de Mar del Plata

Costo – descripción (US\$/año)	Estructura de costos	Escenario 1	% variación del valor del costo anual de servicios										
			5%	10%	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%	50%	
Empaque	0%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MP	0%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Envases	1%	14.593	14.593	14.593	14.593	14.593	14.593	14.593	14.593	14.593	14.593	14.593	14.593
MO	9%	119.062	119.062	119.062	119.062	119.062	119.062	119.062	119.062	119.062	119.062	119.062	119.062
Supervisión	2%	20.836	20.836	20.836	20.836	20.836	20.836	20.836	20.836	20.836	20.836	20.836	20.836
Servicios	25%	322.226	338.337	354.448	370.559	386.671	402.782	418.893	435.005	451.116	467.227	483.338	483.338
Mantenimiento	5%	63.637	63.637	63.637	63.637	63.637	63.637	63.637	63.637	63.637	63.637	63.637	63.637
Suministros	0%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Laboratorio	0%	2.381	2.381	2.381	2.381	2.381	2.381	2.381	2.381	2.381	2.381	2.381	2.381
Regalías y patentes	0%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Depreciación	39%	509.094	509.094	509.094	509.094	509.094	509.094	509.094	509.094	509.094	509.094	509.094	509.094
Impuestos	5%	63.637	63.637	63.637	63.637	63.637	63.637	63.637	63.637	63.637	63.637	63.637	63.637
Seguros	5%	63.637	63.637	63.637	63.637	63.637	63.637	63.637	63.637	63.637	63.637	63.637	63.637
Financiación	0%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ventas y distribución	6%	72.800	72.800	72.800	72.800	72.800	72.800	72.800	72.800	72.800	72.800	72.800	72.800
Administración y dirección	4%	47.625	47.625	47.625	47.625	47.625	47.625	47.625	47.625	47.625	47.625	47.625	47.625
Investigación y desarrollo	0%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	100%	1.299.527	1.315.638	1.331.749	1.347.861	1.363.972	1.380.083	1.396.194	1.412.306	1.428.417	1.444.528	1.460.640	1.460.640
TIR		12%	11,5%	11,3%	11,1%	11,0%	10,8%	10,6%	10,5%	10,3%	10,1%	9,9%	9,9%
VP		495.287	431.810	368.333	304.856	241.379	177.903	114.426	50.949	-12.528	-76.005	-139.481	-139.481
Valor relativo (%) = $\frac{(V_f - V_i)}{V_i}$	% desviac TIR		-1%	-3%	-4%	-6%	-7%	-9%	-10%	-12%	-13%	-15%	-15%
	% desviac VP		-13%	-26%	-38%	-51%	-64%	-77%	-90%	-103%	-115%	-128%	-128%

Evaluación de la factibilidad técnico-económica de la instalación de una planta de transformación de biomasa residual seca en fuente de energía térmica, en la ciudad de Mar del Plata

%variación servicios	5%	10%	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%	50%
----------------------	----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Tabla 41: datos base para el análisis de sensibilidad del proyecto

En la Figura 26 se presenta la gráfica de variación relativa del VP en función de la variación del costo de los servicios.

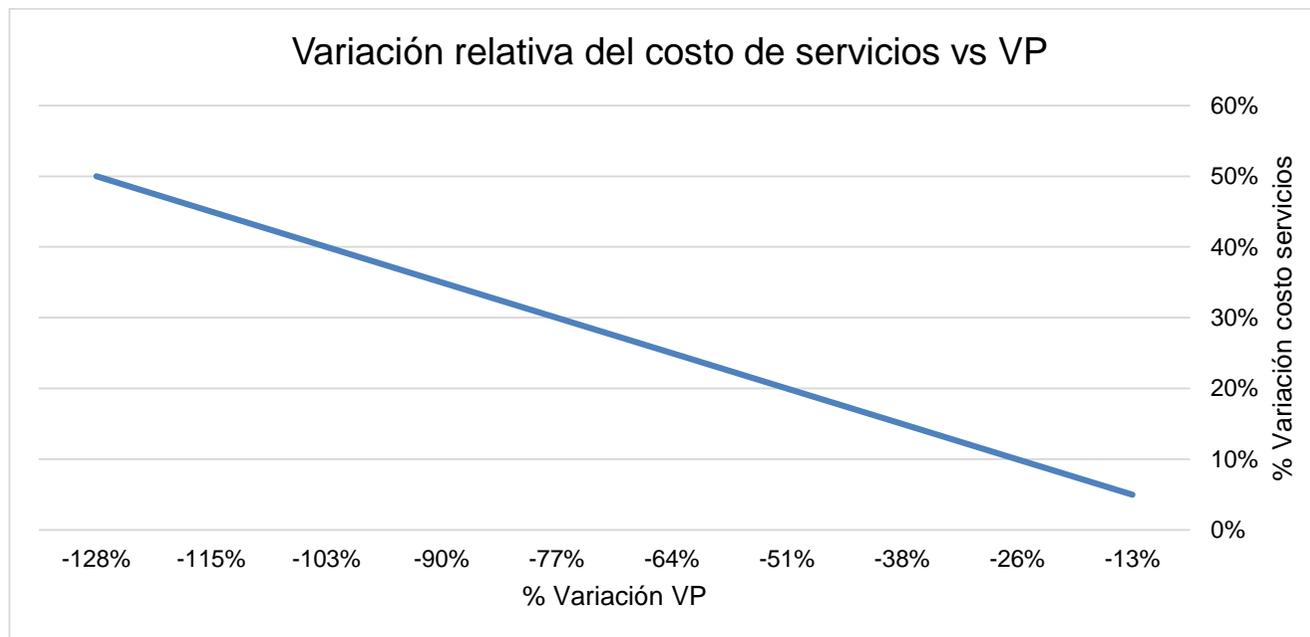


Figura 26: variación relativa del costo de servicios vs el valor presente

Si armamos una recta con los valores que toma la variable independiente VP con la variación del costo de servicios, como se expone en la figura Figura 27, si aumenta el costo de los servicios más del 35%, el valor presente del proyecto comienza a tomar valores negativos y deja de ser rentable.

EVALUACIÓN ECONÓMICA

Evaluación de la factibilidad técnico-económica de la instalación de una planta de transformación de biomasa residual seca en fuente de energía térmica, en la ciudad de Mar del Plata

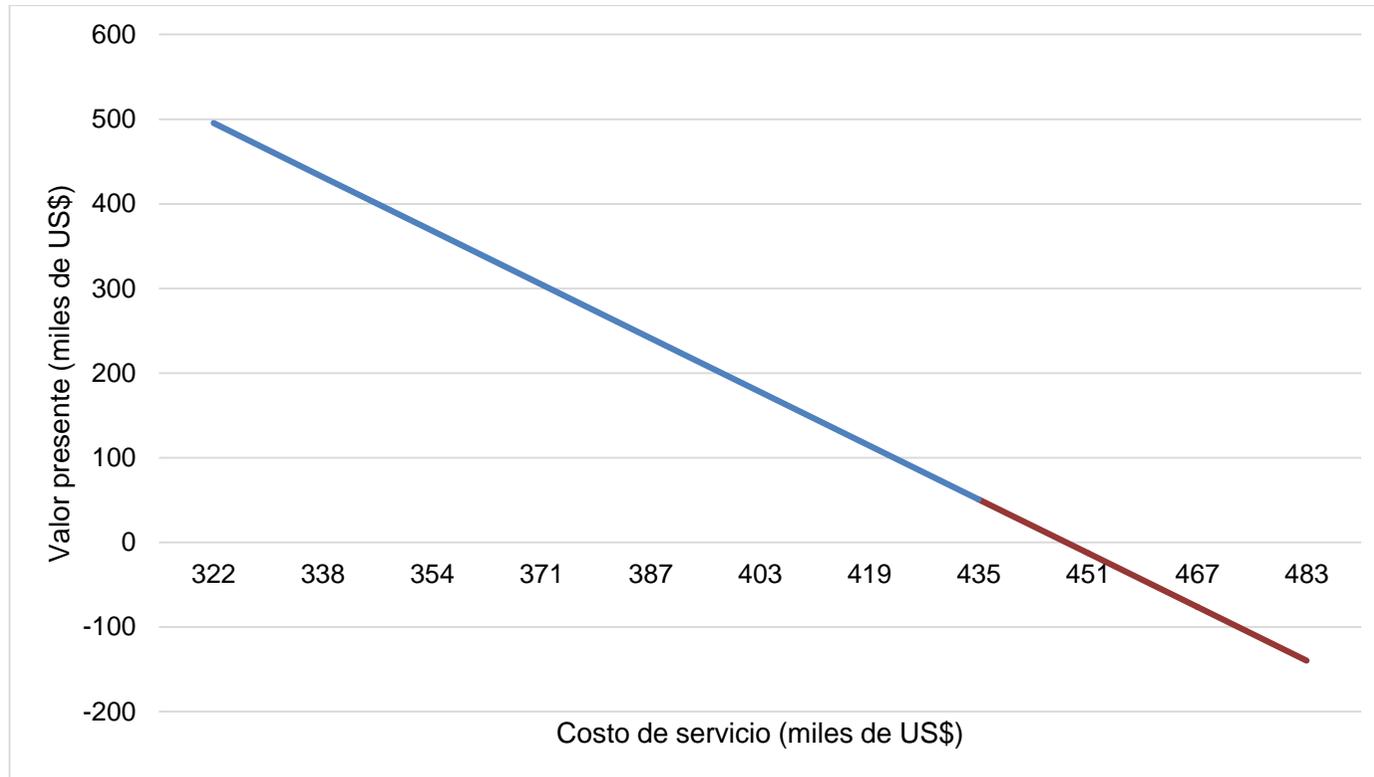


Figura 27: variación del valor presente en función de la variación del costo de servicios

5.5. Conclusión del capítulo

En este capítulo se desarrollan los objetivos B Factibilidad del proyecto de inversión: B.i Análisis de costos del proyecto; B.ii Vías de financiación; y B.iii Evaluación de rentabilidad y sensibilidad;

Para la estimación de la Inversión fija se parte del valor de los equipos principales instalados, siendo este monto igual a US\$1.328.986.

Le estructura de costos del proyecto resulta en un total de US\$ 1.299.527, siendo los costos fijos US\$756.792 y los variables US\$542.735, para la producción anual de 1.456.000 bolsas de 15kg de pellets.

Luego la inversión fija (IF) del proyecto es de US\$ 6.363.670. La inversión fija total (IFT), resultante de la suma de la inversión fija más el valor del terreno, el cual tiene un costo igual a US\$ 4.715, es de US\$ 6.363.670.

El costo de capital (I_w) se estima como el 20% de la IF, resultante en US\$ 1.273.677, esta magnitud responde a la bibliografía utilizada.

Dado el alto volumen de la inversión, se evalúa si es más beneficioso para acompañar el bajo costo, ejecutarlo al 100% de capacidad en el inicio de su implementación o bien escalonando turnos o aumentando progresivamente la capacidad, es decir:

- 🗑 Escenario 1: capacidad al 100% en cada año de la duración del proyecto, 3.500 kg/h de producto final los 260 días laborables del año
- 🗑 Escenario 2: capacidad al 100%, 1 turno de ocho horas los años 1 a 3 del proyecto, 2 turnos del año 4 al 6 y 3 turnos del año 7 al 10. En este escenario los costos variables se dividen en la cantidad de turnos.
- 🗑 Escenario 3: 3 turnos de 8 horas los 260 días laborables, con capacidad de 500 kg/h el primer año, 1.000 kg/h los años 2 y 3, 1.500 kg/h los años 4 y 5, 2.000 kg/h el año 6, 2.500 kg/h los años 7 y 8 y los años 9 y 10, 3.000 y 3.500 kg/h respectivamente. En este caso algunos costos variables se reducen, no así por ejemplo el costo de mano de obra, ya que los puestos son ocupados aunque se produzca menor cantidad de producto por hora.

A pesar de los esfuerzos por definir una alternativa más accesible económicamente para las estimaciones desarrolladas, los costos fijos no se ven absorbidos por un bajo precio de venta cuando la capacidad de producción no es utilizada en su totalidad. Es por ello que se utiliza el 100% de la capacidad desde el inicio del proyecto, que permite un precio de venta de US\$1,6 por cada bolsa de 15 kg de pellets.

Para llevar adelante el proyecto de 10 años de duración, se solicita la línea de financiamiento para Pyme del Banco de Inversión y Comercio Exterior (BICE, 2021), que

Evaluación de la factibilidad técnico-económica de la instalación de una planta de transformación de biomasa residual seca en fuente de energía térmica, en la ciudad de Mar del Plata aportará el 80% de la inversión fija con una CFNTA: 12,4587% en dólares. Resulta finalmente, para un precio de venta definido en US\$1,6 en el escenario 1, lo expuesto en la Tabla 42:

	Proyecto	Inversionista
TIR	12%	15%
VP	US\$ 495.287	US\$ 4.604.479

Tabla 42: TIR y VP del proyecto y del inversionista

6. ASPECTO AMBIENTAL Y SOCIAL

De acuerdo con las teorías de la Administración (Stephen P. Robbins, 2010), toda organización tiene un entorno que la rodea y con el cual interactúa, de allí toma recursos y los transforma en productos para en él distribuirlos. Este se divide en dos partes: el entorno / ambiente específico y el entorno / ambiente general, como se observa en la Figura 28.



Figura 28: entornos general y específico de una organización (Stephen P. Robbins, 2010)

El primero está formado por entes reguladores, clientes, competencia, proveedores y otros organismos y, el segundo, por los sistemas político-legal, económico, demográfico y ambiental, sociocultural y por variables tecnológicas. Dadas las condiciones técnicas y económicas requeridas para llevar este proyecto adelante, es importante considerar la contribución con la que los distintos sistemas puedan intervenir.

Entorno específico

Clientes

Dirigido al consumidor final, este proyecto pretende satisfacer necesidades de calefacción. En primera instancia establece un centro de distribución en planta, accesible a todo público.

Proveedores

Este punto se contempla el abastecimiento por parte de los sistemas ya existentes en el municipio. Como privado, la empresa 9 de Julio, como servicios particulares de poda y

Evaluación de la factibilidad técnico-económica de la instalación de una planta de transformación de biomasa residual seca en fuente de energía térmica, en la ciudad de Mar del Plata traslado, a cargo de la población del MGP y podadores matriculados. Es un factor clave en el suministro de la materia prima.

Competidores

Liderando el mercado se encuentra el gas natural. En cuanto a los hogares sin acceso a la red, la competencia directa es el gas en garrafa. El objetivo es que el consumidor pueda acceder al producto sin restricción, inicialmente en un punto de venta ubicado en la planta sin descartar, acompañando el crecimiento del proyecto, la apertura de otros puntos y la distribución en minoristas y mercados.

Grupos de presión

Son aquellas organizaciones que podrían presentar oposición al proyecto, como ecologistas, activistas de derechos humanos, sindicatos, etc. Si bien es un proyecto de origen privado, el mercado al que apunta tiene fuerte relación con la generación de soluciones y el beneficio social. Por lo que, excepto por los competidores, no se detectan grupos de presión para este caso en particular.

Entorno general

Sistema político-legal

Existe una reglamentación que fomenta el desarrollo de la industria de biocombustibles, como es la Ley 26.093: Régimen de Regulación y Promoción para la Producción y Uso Sustentables de Biocombustibles. Sin embargo, no contempla a los pellets de biomasa en la definición de biocombustible, sí “al bioetanol, biodiesel y biogás, que se produzcan a partir de materias primas de origen agropecuario, agroindustrial o desechos orgánicos, que cumplan los requisitos de calidad que establezca la autoridad de aplicación” por lo que tal promoción no aplicaría para el desarrollo del proyecto que este escrito evalúa.

A nivel global, como ha sido mencionado, existe el Protocolo de Kioto, al cual Argentina se encuentra comprometida en participar.

El costo de generación de energías renovables en Argentina es competitivo respecto del de generación de energía convencional. Sin embargo, es inviable la estimación precisa en su cálculo debido a la falta de transparencia asociada a la acotada información respecto del otorgamiento de subsidios y subvenciones a las energías de origen fósil, lo que dificulta un análisis de rentabilidad comparativa acertado, generando gran incertidumbre para quienes desean llevar a cabo un proyecto para la generación de energía renovable.

Para dimensionar el impacto económico de la sustitución de importaciones, podemos señalar que la meta del 8% de energías renovables para 2016 significaría evitar quemar 6,6 millones de m³ de gas natural por día. Cumpliendo este objetivo, por ejemplo, se hubiera

Evaluación de la factibilidad técnico-económica de la instalación de una planta de transformación de biomasa residual seca en fuente de energía térmica, en la ciudad de Mar del Plata evitado la importación y el pago en divisas de gas natural licuado por US\$ 1.500 millones o de gas oil por US\$2.200 millones cada año (Villalonga, 2013)

Multiplicando los 6,6 millones de m³ de gas natural por 365 días, se obtienen 2.409 millones de m³ de gas natural anuales que se tiene por objetivo reemplazar por energías renovables. Dividiendo los US\$ 2.200 millones que se paga por la importación de gas natural licuado, obtenemos que por cada m³ de gas natural que se sustituya, el Estado ahorraría US\$ 1,606 (la importación de combustibles es subsidiada por el Estado).

Esto implica que este proyecto generaría al Estado al menos la siguiente reserva por año, para la capacidad de planta establecida.

Producción anual de pellet (kg)	Sustitución de gas natural (m ³)	Ahorro anual de divisas (US\$)
21.840.000	9.927.272	6.181.365

Tabla 43: Ahorro de divisas en US\$ por reemplazo de gas natural por pellet de madera. Elaboración propia

Desde el Ministerio de Energía y Minería de la República Argentina se lanzó el programa “RenovAR”, apoyado por la sancionada Ley 27.191, en 2015, Régimen Fomento Nacional para el uso de Fuentes Renovables de Energía. La Ley declara de interés nacional la generación de energía eléctrica a partir del uso de fuentes de energías renovables con destino a la prestación de servicio público, como así también la investigación para el desarrollo tecnológico y fabricación de equipos con esa finalidad.

Sistema económico

Existe una clara oportunidad de mercado a partir de la desfavorable situación socioeconómica que atraviesa un significativo porcentaje de habitantes del PGP, lo que da vida a la evaluación de viabilidad de este proyecto. El producto es un servicio que brinda bienestar a los consumidores, por lo que de aquellas medidas que contribuyan con la reducción de la inversión fija y los costos favorecerán la disminución del precio de venta y con ello la penetración en el mercado.

Sistema social

Este proyecto contribuye con todo destino residencial que no cuenta con sistema de calefacción de gas natural, siendo adaptable a toda necesidad, sin excluir a potenciales clientes que opten por este producto, aun teniendo otras posibilidades de acceso. En lo referente al mercado destino, tanto instituciones privadas como estatales pueden hacer uso de este producto, por ejemplo, aquellas cuya función es brindar servicios de salud o educación, centros de recreación o culturales, de día, comedores, etc.

Evaluación de la factibilidad técnico-económica de la instalación de una planta de transformación de biomasa residual seca en fuente de energía térmica, en la ciudad de Mar del Plata

La generación de plantas de servicio totalmente nuevas contempladas en la inversión fija para el acceso a la red de agua requerida por el proceso representa un punto de partida para su extensión en la zona, valor agregado para vecinos y emplazamientos que decidieran situarse en las inmediaciones del proyecto.

Genera la participación tanto del cliente potencial como de otros operadores, como organizaciones sociales o instituciones públicas que contribuyen en el acompañamiento y formación asociada a energías en base a biomasa, arquitectura sostenible, entre otros.

Sistema cultural

Se ha observado que en lo que refiere al apoyo de organizaciones desfavorecidas económicamente, el usuario/cliente se compromete en la adquisición del producto que estas organizaciones ofrecen. Un ejemplo de esto son aquellas cooperativas de trabajo, empresas que han sido de capital y que por distintos motivos su dueño o dirección se aparta de la organización, continuando en actividad a partir de la fuerza de trabajo y experiencia de sus empleados. Por lo tanto, en base a una adecuada estrategia de comunicación de los objetivos de este proyecto, los beneficios que genera en la población, es posible lograr su compromiso y consumo. La empatía entre las partes es un valor potenciado por este tipo de proyectos.

Sistema demográfico

La heterogeneidad del poder adquisitivo y cultural de la población del MGP permite considerar este proyecto como viable, en cuanto al consumidor potencial.

Variables tecnológicas

El producto es un bien de baja complejidad tecnológica en su generación, existiendo en el mercado un amplio abanico de oportunidades desde el lado productivo. Ahora bien, respecto de su consumo, existen dos posibilidades: por un lado, las estufas de alta eficiencia de origen artesanal y, por otro, para un sector de mayor poder adquisitivo, existen la producción de estufas a nivel industrial. Esto no representa una amenaza para el proyecto, ya que el combustible que utilizan es el mismo. Favorece la apertura de mercado a otros segmentos.

El requerimiento clave que acompaña la comercialización del producto es la construcción/adquisición de la estufa de alta eficiencia.

Sistema ecológico

En este punto, el proyecto acompaña el impulso sobre la generación de energía renovable, tanto a nivel local como internacional, desde lo público y lo privado.

6.1 Análisis global económico – social

De acuerdo con lo presentado:

Evaluación de la factibilidad técnico-económica de la instalación de una planta de transformación de biomasa residual seca en fuente de energía térmica, en la ciudad de Mar del Plata

- 🌿 se estima un precio de venta del producto de US\$ 1,6.
- 🌿 cada bolsa de 15 kg representa en una estufa al 80% la generación de 50.400 kcal
- 🌿 si el consumo diario de un hogar de clase baja de 4 personas es, en los meses de menor temperatura (junio, Julio, agosto), de 67.680 kcal, entonces esta familia debería adquirir 1,3 bolsas/ día, traduciéndose en US\$ 62 cada mes.

6.1 Efectos en el medio ambiente. Disposición de residuos en el MGP

Entendiendo por ambiental como el entorno en el cual se desarrollaría esta actividad, para la ciudad de Mar del Plata es un desafío la gestión de los residuos urbanos. Habiendo implementado desde el municipio distintos programas (como el Prevenir, destinado a fomentar hábitos amigables con el medio ambiente desde escolares), separación en origen y hasta la puesta en marcha del relleno sanitario en 2012, incluyendo al cooperativismo acompañando al reciclado (Cooperativa CURA), la ciudad no logra sostener una política que permita la gestión de un volumen diario de desechos tan significativo como el que se genera. Alrededor del 10% del RS de Mar del Plata está compuesto por residuos de la poda, de acuerdo con información provista por el Ente de Servicios Urbanos de la ciudad. Este porcentaje dejaría de tomar lugar en la disposición final común de todos los residuos para transformarse en un bien o solución para el mercado.

6.2 Consideraciones

Este proyecto realizó las estimaciones para una capacidad de planta de 3.500 kg/hora, utilizando el total de la materia prima disponible (10% destinada al quemador y 90% al producto final).

En función de lo aquí presentado, este trabajo ha contemplado un único tipo de materia prima para la producción. Existen, sin embargo, oportunidades a explorar a modo de puertas abiertas que sólo se mencionarán en este apartado, como ser:

- 🌿 Generación de energía eléctrica que auto abastezca a toda la instalación, a partir de distintos tipos de materia prima. En lo que refiere a uso industrial, es posible la incorporación de residuos de origen forestal tratados químicamente. De esta manera el porcentaje de materia prima dirigido al quemador se transforma automáticamente en materia prima para producto final (a igual costo, ya que su recolección está contemplada en la estructura)
- 🌿 Generación de energía eléctrica para instalaciones aledañas.
- 🌿 Establecer en el mismo predio un centro de capacitación y formación orientado a todo lo referente en energías renovables, especializado en el tema que este trabajo

Evaluación de la factibilidad técnico-económica de la instalación de una planta de transformación de biomasa residual seca en fuente de energía térmica, en la ciudad de Mar del Plata presenta. Así como un espacio destinado a la producción de ladrillos refractarios, por ejemplo, requeridos para la fabricación de estufas de alta eficiencia (demanda derivada).

🍷 A partir de esto es posible mencionar que el proyecto, una vez establecido y con la madurez del producto necesaria, es susceptible de atravesar por un proceso de expansión de capacidad, habilitando el uso de materia prima de diversos orígenes e incluso la producción de pellets con destino no residencial).

6.3 Conclusión del capítulo

En este capítulo se desarrolla el objetivo D: Evaluar los beneficios que este proyecto genera a la sociedad de la sección 1.3 Objetivos.

A partir de las teorías de la Administración (Stephen P. Robbins, 2010), se describe el entorno de la organización y con el que interactúa, comenzando con un entorno específico detallando a los clientes como los consumidores finales de calefacción, al proveedor principal a la empresa proveedora del servicio de recolección, al competidor al servicio de gas natural y por último no se encuentran grupos de presión.

Luego, entrando en lo que es el entorno general, se describe el sistema político legal en donde se calcula una reserva por año, para la capacidad de planta establecida, de US\$ 6.181.365. Además, la Ley 27.191 declara de interés nacional la generación de energía eléctrica a partir del uso de fuentes de energías renovables con destino a la prestación de servicio público. El sistema económico, comenta la existencia de una oportunidad de mercado a partir de la desfavorable situación socioeconómica que atraviesa un significativo porcentaje de habitantes del PGP, y el sistema social involucra contribuir con todo destino residencial que no cuenta con sistema de calefacción de gas natural, siendo adaptable a toda necesidad. Hablando del sistema cultural, el proyecto puede generar compromiso y consumo a partir de la eficaz comunicación de los beneficios del mismo y, demográficamente, tampoco es un limitante ya que la población del MGP es heterogénea considerando el poder adquisitivo como variable.

Por último, dentro del entorno general, las variables tecnológicas no son una amenaza y el proyecto promueve la generación de energía renovable ayudando al sistema ecológico.

El capítulo continúa con un análisis global económico – social y se describen los efectos en el medio ambiente. Trascendiendo lo económico, queda de manifiesto la contribución a una necesidad particular y general de traer soluciones para mejorar el estado de bienestar, traducido en la generación de un producto/servicio, para aquellos que no tienen

Evaluación de la factibilidad técnico-económica de la instalación de una planta de transformación de biomasa residual seca en fuente de energía térmica, en la ciudad de Mar del Plata
del Plata
acceso. Ahora bien, vale destacar que este proyecto contribuye con la descentralización de la oferta, a través de la posibilidad de su evaluación para ser replicado en otros municipios. Instituciones científicas, organizaciones mundiales apoyan esta vía de generación de energía en pos del medioambiente natural y social. Si bien no es menor la demanda económica de llevar a cabo el proyecto, es posible ejecutarlo si así lo disponen los entes responsables del bienestar de la población que manifiestan contener.

7. CONCLUSIÓN

Este proyecto nace a partir de la combinación de realidades con oportunidades. Por un lado, la energía con su consumo y capacidad de ser renovable o no, junto con el efecto que genera en el medio ambiente. Por otro, un municipio con un 19% de habitantes que no tienen acceso a red de gas y alrededor de 40 millones de kg de ramas con potencial de ser transformados en energía, pero que hoy son considerados basura. Esto lo convierte en materia de higiene urbana.

Tanto el Balance Energético Nacional como el Censo Nacional realizado en 2010 fueron la base para conocer la situación actual de Argentina. Junto con ello, la información provista por el MGP respecto del volumen de ramas recolectado, inicia su recorrido este Trabajo Final.

Cabe destacar el costado social que acompaña el proyecto, el Gobierno Nacional gestiona el Programa Hogar, a través del cual ofrece subsidios para el acceso de garrafas de gas natural, mediante el cumplimiento de estrictos requisitos.

Por lo tanto, el desarrollo de este Trabajo Final busca evaluar técnica y económicamente la instalación de un emplazamiento industrial que permita transformar la biomasa residual seca en pellets, con un proceso independiente del gas natural desde el punto de vista productivo y de venta libre, desde el punto de vista social, ofreciendo un producto de bajo costo.

En el apartado EVALUACIÓN DE MERCADO se analiza la oferta de producto en la ciudad de Mar del Plata y se detecta que el 10% del relleno sanitario, que representa el volumen de ramas, puede abastecer a alrededor de 6.600 familias para que puedan contar con calefacción a lo largo de todo el año, ya que la materia prima tiene esa estacionalidad. Si bien el usuario debe intervenir en el proceso, limpiando la ceniza residuo de la quema, debe ser resaltada la accesibilidad que se pretende que este producto tenga en el punto de venta.

Se define entonces el producto, cada unidad se encuentra compuesta por una bolsa de 15 kg de pellets, resultado del procesamiento del residuo de la poda de la ciudad de Mar del Plata, y el mercado objetivo, compuesto por hogares sin acceso a red de gas que, según el censo realizado en 2010 es del 19% de la población de la ciudad. Finalmente, el precio de venta es de US\$1.6.

En el apartado INGENIERÍA DE PROCESOS se define inicialmente la capacidad de la planta, 3.500 kg/h, trabajando 24 horas por día, 260 días en el año, contemplando la transformación del total de ramas recolectadas.

Evaluación de la factibilidad técnico-económica de la instalación de una planta de transformación de biomasa residual seca en fuente de energía térmica, en la ciudad de Mar del Plata

Se describe allí en proceso y definen los equipos principales, destacando el consumo de astillas para alimentar el quemador, lo que permite la independización del gas natural.

El proyecto posibilita la apertura de más de 12 puestos de trabajo de orientación industrial. Convive perfectamente y sin alterar el proceso de recolección de residuos del municipio. La calidad del producto se rige por los parámetros establecidos por la norma internacional UNE - EN ISO 17225, lo cual garantiza su confiabilidad en la comercialización y seguridad en el consumo.

La planta industrial se estima de 3.741m², cuenta con una sala de producción, vestuarios, dos oficinas, laboratorio, comedor y punto de venta en planta. Se estima que el proyecto desde su análisis hasta la concreción de la puesta en marcha requiere de alrededor de 34 semanas, considerando la importación de los equipos, el acondicionamiento del terreno y la construcción de la nave.

En el apartado EVALUACIÓN ECONÓMICA, se define el costo de la inversión fija, que es IF = US\$ 6.363.670, el capital de trabajo como el 20% de la IF, lw = US\$ 1.273.677.

Se define la estructura de costos del proyecto, con US\$ 542.735 en costos variables y US\$ 756.792 en costos fijos, contemplando un costo de materia prima igual a cero. Luego de haber obtenido los valores de inversión requerida se evalúan escenarios alternativos, por un lado iniciando el proyecto ocupando menor capacidad instalada y ascienda escalonadamente y, por otro, partiendo de un turno a tres de trabajo. De este análisis se observa que para conservar la factibilidad del proyecto a un bajo precio de venta, la alternativa del 100% de la capacidad instalada es la que se adecúa. Existe también la posibilidad de realizar el proyecto de manera modular, esto es, una capacidad instalada menor e ir aumentándola a medida que se asiente el negocio, pero no fue elegida ya que esto implicaría evaluar sigilosamente la instalación de las maquinarias con sus conexiones, siendo que el equipo principal, que es el quemador de biomasa, es el que mayor volumen ocupa. La idea inicial fue siempre desarrollar el presente Trabajo Final para el total de poda de la ciudad.

Luego, mediante la financiación del BICE, la evaluación del proyecto resulta con una TIR del 12% y el valor presente ascendiendo a un total de US\$ 495.287.

Existen significativas oportunidades en las que si el estado municipal, provincial y/o nacional decidiera establecer medidas o políticas que faciliten su ejecución, permitirían la reducción de costos y con ello el precio de venta del producto. Resulta viable replicar la estimación realizada para este proyecto en otros municipios y es susceptible de adaptarse a distintas condiciones del entorno. El presente trabajo puede ser utilizado como base para su análisis y, quien suscribe, presta disposición para ello.

Evaluación de la factibilidad técnico-económica de la instalación de una planta de transformación de biomasa residual seca en fuente de energía térmica, en la ciudad de Mar del Plata

Este sistema de generación y su consumo de biocombustible cuenta con el apoyo de instituciones nacionales y locales, grupos privados, estatales y voluntarios cuyo fin es educar y formar a la población en general respecto de este tipo de energía alternativa como medio para la generación del bienestar social.

Cabe mencionar que este trabajo fue iniciado en 2013, es por ello que debió ser actualizado a medida que se desarrollaba, en primer instancia en la paridad cambiaria, pero el foco en las energías renovables, la reutilización de la poda y el objetivo de brindar bienestar a familias desfavorecidas en cuanto al acceso a la red de gas con un precio lo más bajo posible se conservó siempre.

Somos responsables de todo aquello que consumimos, siempre que tengamos la opción, y de todo aquello que apoyamos, siempre que tengamos la conciencia y el conocimiento.

Finalmente, este proyecto de inversión resulta factible técnica, económica, social, ambientalmente para el Municipio de General Pueyrredón.

8. BIBLIOGRAFÍA

0223. (5 de Mayo de 2015). *Ciudad*. Obtenido de <http://www.0223.com.ar/nota/2015-5-5-en-mar-del-plata-36-000-hogares-no-tienen-gas-natural>
- Argentina, B. d. (22 de 2 de 2021). Obtenido de <https://www.bna.com.ar/Personas>
- Barrientos, M., & Soria, C. (2015). *IndexMundi*. Obtenido de <http://www.indexmundi.com/g/g.aspx?v=98&c=ar&l=es>
- BBC. (6 de Noviembre de 2013). *Ciencia, BBC Mundo*. Obtenido de http://www.bbc.com/mundo/ultimas_noticias/2013/11/131106_ulnnot_cambio_climatic_o_emisiones_am
- BICE. (2021). Obtenido de <https://www.bice.com.ar/productos/fondo-verde-para-el-clima/>
- Biomass Trade Center. (2008). *Wood Fuels Handbook*. Obtenido de <http://www.biomassstradecentre2.eu/available-literature/>
- Castellano, J. P., & Gebrikian, F. M. (2012). Energías renovables y generación distribuida en el ámbito rural del Partido de General Pueyrredon. Mar del Plata, Buenos Aires, Argentina.
- CONICET. (10 de Julio de 2015). *Divulgación Científica*. Obtenido de <http://www.conicet.gov.ar/calefaccion-accesible-y-de-primer-nivel/>
- David, F. R. (2010). *Conceptos de Administración Estratégica*. Ed. Pearson – Prentice Hall.
- Díaz Villanueva, M. J. (4 de Abril de 2014). La calidad en el sector de los biocombustibles solidos. Parámetros y normas de certificación. Jaén, Andalucía: CTAER.
- El Cordillerano. (26 de Febrero de 2017). *Sociedad*. Obtenido de <http://www.elcordillerano.com.ar/noticias/2017/02/26/6005-se-encendio-la-primera-estufa-sara-construida-por-el-programa-argentina-trabaja>
- El Cronista. (3 de Junio de 2013). *Edición Impresa*. Obtenido de <https://www.cronista.com/opinion/Gas-nacional-e-importado-20130603-0011.html>
- Francescato, V., Antonini, E., & Zuccoli Bergomi, L. (2008). *Manual de combustibles de madera*. Valladolid: AVEBIOM.
- Gobierno de la Provincia de Santa Fe. (2015). *Ambiente*. Obtenido de [https://www.santafe.gov.ar/index.php/web/content/view/full/195495/\(subtema\)/157864](https://www.santafe.gov.ar/index.php/web/content/view/full/195495/(subtema)/157864)
- Indec. (2012). *Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas 2010*. Obtenido de https://www.indec.gov.ar/censos_provinciales.asp?id_tema_1=2&id_tema_2=41&id_tema_3=135&p=06&d=357&t=0&s=0&c=2010

- Evaluación de la factibilidad técnico-económica de la instalación de una planta de transformación de biomasa residual seca en fuente de energía térmica, en la ciudad de Mar del Plata
INTA. (17 de Noviembre de 2011). Obtenido de <https://inta.gob.ar/documentos/la-estufa-a-lena-de-alto-rendimiento>
- INTI. (Marzo de 2013). *E-Renova*. Obtenido de <http://www.inti.gob.ar/e-renova/erBI/er44.php>.
- INTI. (14 de Septiembre de 2016). *Institucionales*. Obtenido de <https://www.inti.gob.ar/noticias/institucionales/sara.htm>
- Kotler, P., & Keller, K. L. (2012). *Dirección de Marketing*. Addison-Wesley.
- La Nación. (3 de Agosto de 2016). Obtenido de <http://www.lanacion.com.ar/1923797-radiografia-del-gas-en-la-argentina-de-donde-viene-que-cantidad-y-cuanto-se-gasta>
- Laherre, J. (30 de Mayo de 2013). Obtenido de <https://lacrisisenergetica.wordpress.com/2013/07/13/previsiones-resumidas-de-la-produccion-mundial-de-petroleo-y-gas-entre-1900-y-2100/>
- Lambin, J. J. (2003). *Marketing Estratégico*. Esic Editorial.
- Lansolar Ingenieros. (s.f.). *Lansolar*. Obtenido de <http://www.lansolar.com/paginas/revista/PELLET.pdf>
- M.S. Peters, K. T. (2003). *Plant Design and Economics for Chemical Engineers*. McGraw-Hill Edition 5th.
- Maslatón, C. (Marzo de 2011). *INTI*. Obtenido de <http://www.inti.gob.ar/sabercomo/sc98/inti11.php>
- Merlo, M. (2012). *MBA & Educación Ejecutiva*. Obtenido de <http://mba.americaeconomia.com/biblioteca/papers/cual-es-la-tasa-de-corte-en-la-argentina>
- Meyers, F., & Stephens, M. (2006). *Diseño de instalaciones de manufactura y manejo de materiales*. Editorial Prentice Hall.
- Ministerio de Energía. (2018). *Programa Hogar*. Obtenido de <https://www.argentina.gob.ar/energia-programa-hogar/precios-maximos-de-referencia>
- Ministerio de Energía y Minería de la Nación. (2016). *Balance Energético Nacional*. Obtenido de <http://www.energia.gob.ar/contenidos/verpagina.php?idpagina=3366>
- Municipalidad de General Pueyrredón. (2016). *Higiene Urbana*. Obtenido de <http://www.mardelplata.gob.ar/Contenido/higiene-urbana>
- Obernberg, I., & Thek, G. (2010). *The Pellet Handbook*. London: Earthscan.
- Página 12. (9 de Agosto de 2009). *Economía*. Obtenido de <https://www.pagina12.com.ar/diario/economia/2-129708-2009-08-09.html>
- Paz, R. C., & Gómez, D. G. (2012). *Diseño y selección de procesos*.
- Render Barry, S. R. (2006). *Métodos cuantitativos para los negocios*. Pearson Prentice-Hall.

- Evaluación de la factibilidad técnico-económica de la instalación de una planta de transformación de biomasa residual seca en fuente de energía térmica, en la ciudad de Mar del Plata
- Rivas, I. P. (s.f.). *About Haus*. Obtenido de <https://about-haus.com/estufa-de-masa-termica-rocket/>
- Salvador, A. R. (2010). Aprovechamiento de la biomasa como fuente de energía alternativa a los combustibles fósiles. *Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*.
- Stephen P. Robbins, M. C. (2010). *Administración*. Pearson Educación.
- Villalonga, J. C. (2013). *Energías Renovables: ¿por qué debería ser prioritario cumplir el objetivo del 8% al 2016?* Grupo de Energías Renovables.
- Zugarramurdi, A., & Parín, M. A. (1998). *Ingeniería económica aplicada a la industria pesquera*.

9. ANEXO

Anexo I: Norma UNE - EN ISO 17225: Biocombustibles sólidos para uso no industrial

Los pellets son biocombustibles sólidos con calidad consistente: bajo contenido de humedad, alta densidad energética y homogéneos tamaño y forma. Particularmente el mercado residencial demanda pellets de alta calidad, siendo usados predominantemente en el sector de hornos de pequeña escala. Este hecho es abordado por muchos países alrededor del mundo a partir de la existencia de diferentes estándares. Existen distintas normas de origen europeo, aceptadas a nivel mundial para competir con un producto de calidad.

Para establecer las especificaciones técnicas del producto y garantizar la competitividad, este proyecto se registró por la normativa europea para la producción de biocombustible de uso no industrial, norma es la UNE - EN ISO 17225: Biocombustibles sólidos. Especificaciones y clases de combustibles. Con sus partes:

Parte 1: Requisitos Generales

Parte 2: Pellets de madera para uso no industrial

Parte 3: Briquetas de madera para uso no industrial

Parte 4: Astillas de madera para uso no industrial

Parte 5: Leña para uso no industrial

Parte 6: Pellets de origen no leñoso para uso no industrial.

En estos estándares de producto, el uso no industrial implica combustible a ser usado en pequeñas aplicaciones, como hogares y pequeños edificios del sector comercial y público.

Cabe decir que en la actualidad esta norma se encuentra anulada por la UNE-EN ISO 17225:2014, pero no la contradice, por lo que este trabajo plantea las características citadas en la primera. A su vez, se aplica esta norma ya que es de obtención más accesible, no requiere ser comprada, como sí lo requiere la ISO.

La Parte 1 – Requisitos Generales, incluye todos los biocombustibles sólidos y su clasificación para todos los grupos de usuarios. Los estándares de producto se encuentran en las Partes 2 a 6 y son desarrolladas separadamente para uso no industrial.

Asimismo, podemos encontrar en la Parte 1 la clasificación de los combustibles sólidos basada en su origen y fuente. De acuerdo con la norma, la cadena de producción de los combustibles debe ser inequívocamente trazable. Esta divide los biocombustibles e cuatro sub-categorías: biomasa leñosa, biomasa herbácea, biomasa de fruta y blends y mezclas. Esta información se expone en la Tabla 44.

Bosques, plantaciones y otras maderas vírgenes	Árboles enteros sin raíces	De hoja ancha
		Coníferas
		De cultivo corto
		Arbustos
		Blends y mezclas
	Árboles enteros con raíces	De hoja ancha
		Coníferas
		De cultivo corto
		Arbustos
		Blends y mezclas
	Madera de tronco	De hoja ancha
		Coníferas
		Blends y mezclas
	Restos de poda	Fresca/verde, de hoja ancha (incluyendo hojas)
		Fresca/verde, coníferas (incluyendo hojas)
		Almacenadas, de hoja ancha
		Almacenadas, coníferas
		Blends y mezclas
	Tocones/raíces	De hoja ancha
		Coníferas
		De cultivo corto
		Arbustos
		Blends y mezclas
	Corteza (producto de operaciones forestales) *	
	Madera segregada de jardines, parques, mantenimiento de ruta, viñedos y huertos de fruta	
	Blends y mezclas	

Productos y residuos de la industria del procesamiento maderero	Residuos de madera no tratada químicamente	Sin corteza, conífera
		Con corteza, de hoja ancha
		Con corteza, conífera
		Corteza (de las operaciones industriales) *
	Residuos, fibras y constituyentes de la madera tratados químicamente	Sin corteza
		Con corteza
		Corteza (de las operaciones industriales) *
		Fibras y constituyentes de la madera
Blends y mezclas		
Madera utilizada	Madera no tratada químicamente	Sin corteza
		Con corteza
		Corteza*
	Madera tratada químicamente	Sin corteza
		Con corteza
		Corteza*
	Blends y mezclas	
Blends y mezclas		
*el desperdicio del corcho está incluido en los subgrupos de cortezas		

Tabla 44: Clasificación de la biomasa de madera de acuerdo con la norma EN 14961-1
Fuente: The Pellet Handbook (Obernberg & Thek, 2010)

El propósito de la clasificación es crear la posibilidad de diferenciar y especificar la materia prima basada en origen con tanto detalle como sea necesario para garantizar la calidad del producto.

Las especificaciones del pellet se presentan en la Tabla 45:

Pellets para uso no industrial Norma EN-ISO-17225-2					
Propiedad	Unidad	ENplus-A1	ENplus-A2	EN-B	Norma analítica

Origen y fuente		Madera del tronco del árbol. Residuos de madera sin tratamiento químico	Árboles enteros sin raíces. Madera del tronco del árbol. Residuos de poda. Corteza. Residuos de madera no tratados químicamente	Plantaciones forestales y otras maderas vírgenes. Productos y residuos de la industria de transformación de la madera. Madera procedente de otros usos	EN 16127
Diámetro (D)	mm	6 (±1) ó 8 (±1)			EN 16127
Longitud (L)	mm	3,15 ≤ L ≤ 40 (< 1%) ^ (> 40 mm) Todos < 45 mm			EN 16127 prEN 16127
Densidad a granel (BD)	kg/m ³	≥ 600			EN 15105
PCI (Q)	MJ/kg (b.h.)	16,5 ≤ Q ≤ 19	16,3 ≤ Q ≤ 19	16 ≤ Q ≤ 19	EN 14918
Humedad (M)	%(b.h.)	≤ 10			EN 14774-1
Finos (F)	%(b.h.)	≤ 1			EN 15210-1
Durabilidad (DU)	%(b.h.)	≥ 97,5		≥ 96,5	EN 15210-1
Ceniza (A)	%(b.s.)	≤ 0,7	≤ 1,5	≤ 3	EN 14775
Fusibilidad ceniza	(DT)°C	≥ 1200	≥ 1200	≥ 1100	EN 15370-1
Cloro, Cl	%(b.s.)	≤ 0,2	≤ 0,3	≤ 0,03	EN 15289
Azufre, S	%(b.s.)	≤ 0,05	≤ 0,05		EN 15289
Nitrógeno, N	%(b.s.)	≤ 0,3	≤ 0,5	≤ 1	EN 15104

Tabla 45: Especificaciones del pellet para uso no industrial.
Fuente: The Pellets Handbook (Oberberg & Thek, 2010)

El estándar europeo para el pellet contempla tres clases de calidades: la A1, que es la mayor calidad, A2 y B. La clase A2 podría también convertirse en un estándar relevante para pellets que van a ser usados en el sector de calefacción residencial, tan rápido como los sistemas de calefacción a pellet adaptados a esta clase estén disponibles en el mercado (tal adaptación será necesaria debido al alto contenido de ceniza). Los pellets correspondientes a la clase B representan calidad estandarizada para pellets industriales. Lo que los diferencia de los de alta calidad es que su diámetro es mayor, tienen mayor contenido de cenizas, nitrógeno, azufre y cloro y más bajo valor calorífico neto es permitido. Los pellets industriales han sido adaptados a los requerimientos de usuarios de hornos de gran escala y son relativamente de bajo costo (en comparación a los pellets de alta calidad para usuarios de baja escala). El pellet industrial no debe ser usado en hornos de baja escala, pudiendo llevar a serios fallos de sistema y ser perjudicial para los usuarios. Tal calidad no será tenida en cuenta en el trabajo que se está desarrollando.

Este proyecto plantea la producción de pellets clase A2.

Principales parámetros para evaluar la calidad del pellet

De acuerdo con la norma, existen parámetros fundamentales para garantizar al cliente un producto de calidad esperada⁸. Podemos dividir los parámetros de mayor interés en el pellet en cuatro categorías:

Durabilidad mecánica

Depende estrechamente de la cantidad de polvo contenido en el saco de pellet. Si el pellet se desmorona fácilmente puede generar problemas de alimentación de la estufa y suciedad en la estufa y en casa, una reducción de la eficiencia de combustión o bien un incremento de las emisiones, en perjuicio del usuario

Una mala durabilidad mecánica depende principalmente de problemas de producción del pellet.

Contenido de ceniza en el pellet

Determina el residuo que encontramos al final de la combustión en la estufa. Un alto contenido de ceniza:

⁸Concereal. Consultores cerealistas. 2011. Norma Europea sobre la calidad del pellet: EN 14961-2. http://www.concereal.es/norma_EN14961-2

- ❖ puede plantear problemas de combustión a causa del atascamiento de los agujeros del brasero;
- ❖ puede incrementar la emisión de partículas de la estufa.
- ❖ El contenido de ceniza depende de la especie de la madera utilizada o de la presencia o ausencia de corteza. Un valor elevado de ceniza se puede imputar también a una contaminación del pellet por parte de un material durante el transporte (ejemplo arena o polvo). Un buen contenido de ceniza se obtiene con valores inferiores a 0,8%.

❖ Largo

Determina la capacidad de carga automática de la estufa y, por consiguiente, la uniformidad de carga a lo largo del tiempo.

❖ Propiedades químicas

Determinan la formación de residuos en el brasero (los metales), problemas de emisiones en la atmósfera (el nitrógeno y el cloro) y problemas de corrosión de las partes que constituyen la estufa (el cloro).

Anexo II: Contenido del Centro de Disposición Final de Residuos Sólidos de Mar del Plata

Mes / Prod (kg)	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	TOTAL
Abasto	58.020	78.720	32.280	32.750	17.110	17.560	54.060	45.400	40.960	63.900	71.660	175.100	687.520
Anchoíta	14.020	51.500	68.380	46.300	12.620	20.420	65.101	38.050	124.780	2.430.330	1.142.900	95.680	4.110.081
Avícola	157.400	197.040	139.320	10.100	163.200	321.000	381.980	313.060	170.080	292.470	121.450	157.740	2.424.840
Barrido Manual	112.240	133.730	153.610	162.070	138.530	144.790	162.820	166.920	154.740	131.240	128.860	85.560	1.675.110
Barredora Mecánica	537.540	799.150	641.540	661.330	751.440	786.190	696.870	687.690	607.270	762.530	716.708	752.230	8.400.488
Barros PepsiCo	0	0	0	0	22.200	0	21.820	0	7.000	39.760	0	0	90.780
Visón	0	0	0	0	10.140	13.020	7.140	21.220	2.180	9.700	0	0	63.400
Cascarilla PepsiCo	142.520	139.460	74.160	19.380	146.620	153.280	196.970	200.140	104.320	169.200	13.680	42.460	1.402.190
Chatarra	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6.300	0	0	6.300
Chinchilla	15.180	0	0	0	0	0	15.840	0	0	14.940	0	0	45.960
Cubiertas usadas	1.640	2.220	14.820	2.540	4.680	2.800	2.600	177.540	4.340	740	8.580	860	223.360
Residuos domiciliarios	13.284.418	15.059.260	12.630.700	12.115.084	10.846.706	12.014.810	13.184.572	13.956.880	10.556.850	12.487.624	10.238.844	10.128.370	146.504.118
Escombros	2.772.692	4.157.074	3.600.606	3.223.796	2.942.226	3.243.608	4.620.104	4.317.260	4.519.159	4.481.454	4.432.566	3.888.410	46.198.955
Lana	0	5.440	4.640	0	4.080	7.280	13.620	20.100	16.700	7.320	12.640	8.220	100.040
Liebre	28.840	260	242.440	389.960	83.460	50.680	68.400	26.140	3.060	2.720	0	0	895.960
Mercado	121.100	70.380	88.440	41.440	38.020	21.400	56.960	20.620	40.640	36.940	20.120	863.420	1.419.480
Barros OSSE	18.740	45.620	38.670	44.420	10.320	0	0	0	14.540	0	0	0	172.310
Otros	8.021.491	8.464.638	9.384.176	7.749.612	6.962.336	7.360.816	8.051.450	6.098.947	7.201.842	9.691.946	9.030.541	11.716.584	99.734.379
Patogénico tratado	138.240	147.700	139.640	34.320	122.460	154.910	158.480	213.840	124.920	191.700	133.200	164.940	1.724.350
Pescados	4.200	7.740	240	2.940	15.160	9.180	12.300	13.640	5.720	113.600	87.310	8.140	280.170
Ramas	2.609.750	3.608.710	3.662.049	3.842.430	3.443.810	3.171.840	3.048.148	2.812.840	2.461.150	2.783.350	3.204.198	3.413.885	38.062.160
Térmico	0	0	0	0	1.360	0	0	0	0	0	0	7.910	9.270
Redes puerto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5.860	5.860
Tierra	1.046.520	1.602.130	1.944.582	1.610.798	1.935.039	1.228.940	2.143.860	1.771.870	2.337.610	2.409.036	2.795.811	1.852.790	22.678.986
TOTAL	29.084.551	34.570.772	32.860.293	29.989.270	27.671.517	28.722.524	32.963.095	30.902.157	28.497.861	36.126.800	32.159.068	33.368.159	376.916.067

Tabla 46: Contenido en kg del Centro de Disposición Final de Residuos Sólidos de Mar del Plata, relevado para 2014. Fuente: Enosur.

Evaluación de la factibilidad técnico-económica de la instalación de una planta de transformación de biomasa residual seca en fuente de energía térmica, en la ciudad de Mar del Plata

Tabla 47: Contenido en kg del Centro de Disposición Final de Residuos Sólidos de Mar del Plata, relevado para 2016. Fuente: Enosur.

Mes / Prod (kg)	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	TOTAL
Domiciliario	14.225.580	13.144.082	11.543.775	10.253.795	9.054.060	9.424.107	9.490.573	8.959.015	9.694.526	9.500.085	4.159.505	11.621.830	121.070.933
Otros	10.755.170	8.902.777	10.253.780	9.512.354	8.730.990	8.936.760	10.106.306	9.982.603	8.864.452	11.565.526	148.434	13.104.089	110.863.241
Escombro	5.331.519	4.066.630	4.777.660	5.023.275	6.218.540	3.242.317	4.903.051	4.591.249	4.351.474	5.106.600	14.086	3.388.584	51.014.984
Ramas	3.710.220	3.175.900	3.554.779	3.989.387	3.479.664	3.854.012	3.379.039	3.291.853	3.152.350	3.122.408	1.853.052	2.725.300	39.287.964
Tierra	2328970	3022770	2977839	2405652	3.317.230	2135337	2.444.363	1896643	1.463.797	4.899.760	3115559	1052040	31.059.959
Rechazo Cura	1322380	1190370	1790260	1483632	1.771.510	1.862.137	971.903	1.583.287	2.209.340	1.117.690	9121527	1662600	26.086.636
Mercado	3.122.590	2.736.980	2.183.530	1.667.896	1.408.700	1.476.347	1.513.943	1.504.120	1.650.020	1.888.220	0	2.444.280	21.596.626
OSSE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10.063.336	0	10.063.336
Mar Chiquita	780.000	780.000	780.000	780.000	780.000	780.000	780.000	780.000	780.000	780.000	780.000	780.000	9.360.000
Barrido manual	779.920	676.580	649.440	789.772	1.041.880	793.113	483.340	824.650	811.000	730370	798.676	836030	9.214.771
Pescados	66.430	145.250	284.710	52.717	265.000	16.577	17.257	16.507	48.760	46.230	3.570.652	15.530	4.545.619
Anchoita	75.710	34.290	15.280	8.320	82.160	21.730	33.160	11.480	55.040	1.466.650	1.273.610	30.410	3.107.840
Avícola	445480	215.600	182.680	120073	139.200	272.593	240.828	285.013	238.760	252.860	135.340	278.980	2.807.408
Abasto	445.160	0	160.420	211.573	145.860	195.973	165.212	141.060	163.340	260.760	79856	379760	2.348.974
Patogénico tratado	146.520	150.240	164.860	198.625	171.620	165.893	194.510	188.613	179.250	168.540	97.295	182.280	2.008.247
Barredora	54.180	92.440	111.560	118.703	128.650	103.360	138.837	153.897	132.240	116.170	143.597	91.060	1.384.694
Cub. usadas	22.440	340	0	0	0	0	0	0	0	0	435.249	0	458.029
Cascarilla	18.280	4.960	5.740	14.785	9.100	14.760	36.840	16.020	15.020	32.980	0	38.180	206.665
Liebre	0	7.340	7660	0	15.000	49.467	58.347	30.947	0	3.500	22.421	3.800	198.481
Barros	0	0	7.520	7.110	0	4.053	5.253	6.480	51.400	41.300	0	44.220	167.337
Visón	49.820	41.180	4.280	0	9.880	11.500	19.493	0	3.520	0	15.245	2.900	157.818
Lana	3.760	13.720	15.520	7.480	4.480	11.840	8.773	8.140	6.060	5.280	0	9.840	94.893
Chinchilla	0	0	0	0	0	0	4.225	4.720	0	5.840	9.561	6.020	30.366
Barros OSSE	0	0	0	0	0	0	0	3.760	0	0	0	10.880	14.640
Redes	0	0	0	10.560	0	0	0	0	0	0	0	0	10.560
TOTAL	43.684.129	38.401.449	39.471.293	36.655.707	36.773.524	33.371.875	34.995.254	34.280.058	33.870.349	41.110.769	35.837.000	38.708.613	447.160.020

Anexo III: Requerimiento de materia prima

Aquí se realizará el cálculo de materia prima necesaria para llevar adelante la producción de 3.500 kg/h de pellets.

El objetivo es definir la cantidad de materia que ingresa en cada etapa, partiendo de lo que se desea producir. Para ellos se utilizarán las ecuaciones descriptas junto con la información expuesta en la Figura 18.

Sea $X_{11\%}$ (kg) la cantidad de subproducto al 11% que ingresa a la peletizadora y que pierde un 3% de humedad en este proceso. La cantidad de material que se pierde es:

$$\text{Peso que se pierde (PP)} = X_{11\%} * \% \text{ agua eliminada} \quad (30)$$

PF, peso final, es la cantidad de materia que se espera obtener al final de la etapa:

$$\text{PF} = X_{\%} - \text{PP} \quad (31)$$

Combinando (30) y (31):

$$\begin{aligned} \text{PF} &= X_{\%} - \text{PP} = X_{\%} - X_{\%} * \% \text{ agua eliminada} \\ &= X_{\%} (1 \pm \% \text{ agua eliminada/agregada}) \end{aligned} \quad (32)$$

🍷 Peletización: en este caso el subproducto ingresa con un 11% de humedad y luego tiene 8% de humedad, que es la de producto final:

$$\begin{aligned} 3500 \text{ kg} &= X_{11\%} (1 - 0.03) = X_{11\%} * 0.97 \\ X_{11\%} &= 3.608 \text{ kg} \end{aligned} \quad (33)$$

Por lo tanto, para una producción de 3.500 kg deben ingresar 3.608 kg de subproducto a la peletizadora.

🍷 Acondicionamiento: en esta etapa el subproducto gana un 3% de humedad. Adecuando la ecuación (32):

$$\begin{aligned} 3.608 \text{ kg} &= X_{8\%} (1 + 0.03) = X_{8\%} * 1.03 \\ X_{8\%} &= 3.503 \text{ kg} \end{aligned} \quad (34)$$

🍷 Recepción de materia prima: ingresan astillas con un 45% de humedad, luego del secado ésta será del 8%. Aplicando la ecuación (32):

$$\begin{aligned} 3.503 \text{ kg} &= X_{45\%} (1 - 0.37) = X_{45\%} * 0.63 \\ X_{45\%} &= 5.561 \text{ kg} \end{aligned} \quad (35)$$

Evaluación de la factibilidad técnico-económica de la instalación de una planta de transformación de biomasa residual seca en fuente de energía térmica, en la ciudad de Mar del Plata

Por lo tanto, se deberá contar con 5.561 kg/h materia prima para producir 3.500 kg/h de pellets. Por cada kg de producto final se requieren 1,59 kg de materia prima.

Anexo IV: Requerimiento de astillas para la generación de calor en el quemador

Aquí se estimará la cantidad de astillas necesarias para la cogeneración de energía calorífica en la etapa de secado. Para ello serán necesarios los siguientes datos.

Para la producción de 3.500 kg/h de pellets al 10% de humedad es necesario un ingreso de 5.561 kg/h de astillas al 45% de humedad, de acuerdo con estimado en el Anexo III: Requerimiento de materia prima. Luego, la cantidad de agua a evaporar, que es el 35% de la masa al ingreso:

$$MP \left(\frac{kg}{h} \right) * \%masa\ evaporada = 5.561 \frac{kg}{h} * 0.35 = 1.946 \frac{kg}{h} \quad (36)$$

El calor necesario para la evaporación contemplará el cálculo del calor sensible y calor latente, estimado a partir de las ecuaciones (6) y (11), para una hora de producción:

- Calor sensible:

$$Q_s = m * C_p * \Delta T = 1.946 \frac{kg}{h} * 1 \frac{kcal}{kg * ^\circ C} * (100^\circ C - 20^\circ C) = 155.696 \frac{kcal}{h} \quad (37)$$

- Calor latente de vaporización a 100°C:

$$Q_L = 540 \frac{kcal}{kg} * 1.910 \frac{kg}{h} = 1.050.946 \frac{kcal}{h} \quad (38)$$

Luego, el calor total Q, estimado a partir de (13), para evaporar 1.946 kg de agua es 12.066.642 kcal.

A continuación se calcula el calor necesario anual de producción, esto es:

$$Q = 1.184.232 \frac{kcal}{h} * 24 \frac{h}{día} * 260 \frac{días}{año} = 7.529.443.166 \frac{kcal}{año} \quad (39)$$

Siendo estimado el poder calorífico de las astillas de madera a 45% de humedad igual a $2.200 \frac{kcal}{kg}$ (Biomass Trade Center, 2008), serán necesarios

$$\frac{7.529.443.166 \frac{kcal}{año}}{2.200 \frac{kcal}{kg}} = 3.422.474 \frac{kg}{año} \quad (40)$$

Considerando que el quemador tiene una eficiencia del 92%, se requerirán, finalmente, 3.720.081 kg/año de astillas para el funcionamiento del quemador.

Anexo V: Selección de maquinarias

En este anexo se desarrollarán las opciones consideradas para la adquisición de maquinarias del proceso. Se definen como maquinarias claves:

- ✎ secadores de astillas: aquí ingresa un subproducto con una humedad que se requiere reducir hasta el 8-10%, parámetro clave al momento de la selección
- ✎ molienda de astillas: su capacidad para triturar el subproducto seco va de la mano con la durabilidad que presente.
- ✎ prensa peletizadora y enfriador: define las características finales del ya conformado producto final, como tamaño y humedad.

Es importante al momento de adquirir un equipo tener en cuenta el costo, la confiabilidad del proveedor y por supuesto, si cubre los requerimientos técnicos del subproducto o producto final. También será tenido en cuenta si el proveedor tiene un agente comercial en el país y si los repuestos son accesibles en el mercado nacional ya que, de no ser así, el proceso queda sujeto a precios internacionales y a políticas de compra que bien pueden interferir con la continuidad del proceso o bien requerir adaptaciones no adecuadas que comprometan su calidad.

Secado

Se define la adquisición de un generador de aire caliente Apisa modelo CCA-500, de hasta 550 kW, compuesto por quemador de biomasa poli-combustible (hueso de aceituna, pellet, leña, astilla, cáscaras en general) modelo Y-500 con mecanismo de control, cableado básico y sinfín de alimentación. Este quemador incorpora una unidad de control electrónico que proporciona 5 niveles de potencia de modulación comandados por sondas de temperatura, así como el cuadro con un autómata de control Unitronics con pantalla táctil para 4 potencias de modulación y cambio directo del tipo de material (3 tipos de material), configuración rápida por kW/h y estadísticas de trabajo.

Cuenta con un sistema de SAI (Sistema de Alimentación Ininterrumpida) integrado de mantenimiento de llama en caso de fallo eléctrico (media de 15 minutos), una tolva de espera de biomasa de 1.000 litros de capacidad y una cámara de combustión para una potencia calorífica máxima de 1.000.000 kcal/h, la cámara está recubierta de acero refractario capaz de aguantar temperaturas máximas de 1.200°C, y un cajón de conexión-decantador con bridas de conexión inferior a cámara de combustión y superior a entrada de aire caliente a tambor de secado.

Respecto de sus dimensiones, cuenta con una longitud de cámara y total de 1,8 y 3 m respectivamente, así como un diámetro de cámara y total de 0,95 y 1,37m.

Evaluación de la factibilidad técnico-económica de la instalación de una planta de transformación de biomasa residual seca en fuente de energía térmica, en la ciudad de Mar del Plata

El sistema de decantación cuenta con cajón de decantación del producto de 1,7x1,3 m² y 3 m de altura, construido con chapa de acero al carbono de 4 mm de espesor con refuerzo exterior. Un marco inferior de salida para acoplamiento a tolva de transportador de rosca sinfín, panel de explosión en parte superior y un ciclón de decantación de 1,9 m de diámetro para segregar los finos.

A continuación, se realiza la selección de alternativas para el secador contemplando los tipos rotatorio y de bandas.

Secador a tambor rotatorio: opción eficiente para trabajar con mayores cantidades, se caracteriza por su gran capacidad y bajo consumo. Se utiliza para materiales muy húmedos y de granulometría gruesa. Se trata de un equipo cilíndrico que gira sobre su eje, haciendo que el material húmedo entre en contacto íntimo con el flujo secante. El cilindro posee una pendiente para que, junto con la rotación, logran el pasaje de los materiales. A la salida del cilindro se haya un ciclón decantador para segregar los sólidos del aire.

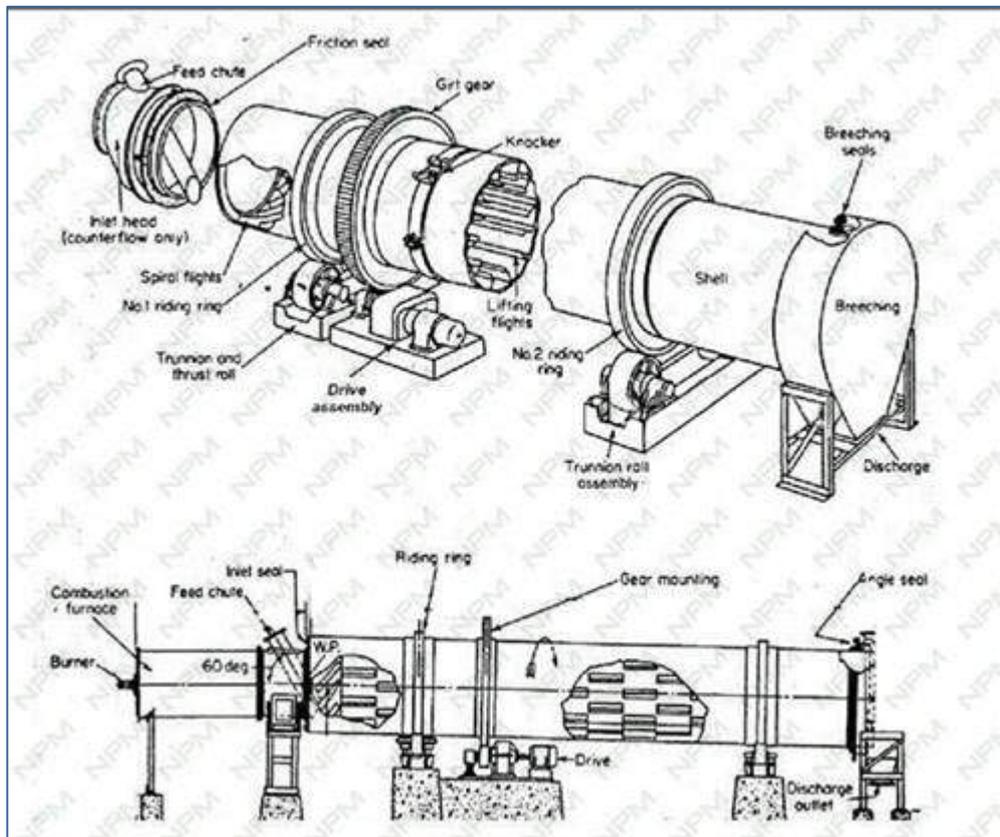


Figura 29: diagrama secador rotatorio
Fuente: The pellet Handbook (2010)

Secador de bandas: la temperatura de ingreso media varía entre los 90 y los 110 °C y la temperatura de salida entre los 60 y los 70°C. Esta relativa baja temperatura implica un gentil proceso de secado y previene emisiones de sustancias olorosas. Incluso, bajo correctas

Evaluación de la factibilidad técnico-económica de la instalación de una planta de transformación de biomasa residual seca en fuente de energía térmica, en la ciudad de Mar del Plata
 condiciones de trabajo, una unidad de eliminación de polvo podría ser evitada ya que la capa de producto en la cinta actúa como un filtro. De todos modos, esto debe ser evaluado para cada caso en particular.

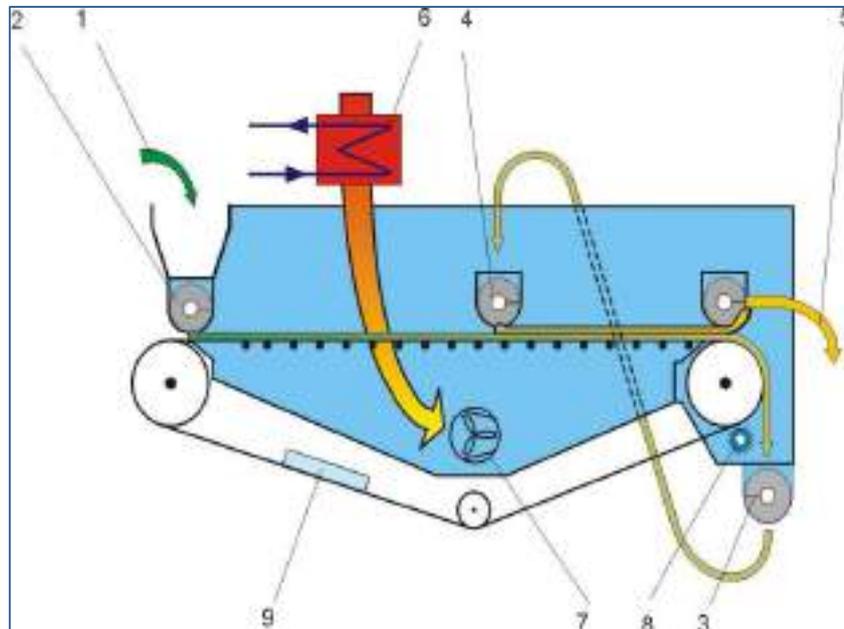


Figura 30: secador de bandas. Fuente Prodesa.

Referencias: 1 Producto húmedo - 2 Rosca de alimentación 1 - 3 Rosca de descarga 1 - 4 Rosca de alimentación 2 - 5 Descarga de producto seco - 6 Intercambiador de calor - 7 Ventilador - 8 Cepillo rotativo - 9 Unidad de lavado de banda

Como desventaja, su demanda de calor llega a los 1.200 kWh por tonelada de agua evaporada, superando a los otros tipos de secadores. El tipo de transporte dentro de la máquina tiende a generar grumos, lo cual se traduce en un contenido de humedad no homogéneo. Es en general también más caro y mayor en tamaño que el rotatorio, lo cual en la comparación pierden competitividad para el producto en particular que este proyecto pretende desarrollar.

Evaluación de la factibilidad técnico-económica de la instalación de una planta de transformación de biomasa residual seca en fuente de energía térmica, en la ciudad de Mar del Plata

Kahl⁹: empresa de origen alemán, fundada en 1876, cuenta con experiencia en el mercado de plantas granuladoras de residuos tanto como de alimentos y biomasa. En referencia al secado, sólo cuenta con un modelo, el secador de bandas, que asegura la calidad del producto y economía en el costo de operación. Este fabricante permite adaptar la maquinaria a los requerimientos de capacidad, por su diseño modular, las condiciones de humedad y climáticas. Así como utilizar aire ambiente o recirculado con una temperatura por encima de los 200°C.



Figura 31: Secador de bandas Kahl.

Requiriendo baja temperatura de aire de ingreso, menor a 120°C, el secador cuenta con un sistema de cogeneración, que permite ser alimentado para la generación de energía, con biomasa. Este equipo incluye medidor de humedad, sistema de alimentación, rosca de descarga.

Las características técnicas se exponen en la Tabla 48.

⁹ Kahl Group: Extraído el 20 de septiembre de 2019. <https://www.akahl.de/en/products/pelleting-of-biomass/machinesplants/detail//show/fabric-belt-drier-for-wood/sa>

Evaluación de la factibilidad técnico-económica de la instalación de una planta de transformación de biomasa residual seca en fuente de energía térmica, en la ciudad de Mar del Plata

Características	Sección de Secado - Kahl, GBT601089
Largo x ancho x alto (módulo unitario, mm)	1.920 x 1.400 x 300
Evaporación de agua (kg/h)	2.000
Necesidad de energía térmica (MW)	4.6
Potencia motriz instalada (kW)	190
Precio total de la sección (US\$)	545.083

Tabla 48: características del secador de bandas Kahl.

Apisa¹⁰: empresa de origen español, fundada en 1967, especializada en la fabricación de equipos de secado de forrajes y granos, también orienta su mercado a la valorización de residuos orgánicos agrícolas o industriales y la transformación de productos agrícolas en biocombustibles. Esta empresa ofrece un secador tipo tambor rotativo horizontal, que se divide en dos partes: el generador de aire caliente y el equipo de secado térmico.

El generador de aire caliente modelo CCA-500, de hasta 550 kW, compuesto por un quemador de biomasa poli-combustible y un sistema de control integrado. De dimensión y rendimiento expuestos en la Tabla 49.

Dimensiones del generador de aire caliente	
Longitud y diámetro total (mm)	3.000 x 1.370
Rendimiento	92%

Tabla 49: características del generador de aire caliente

El equipo de secado térmico contará con un secador - deshidratador marca AYPE, modelo F-8.130-D. Se compone de un tromel y un sistema de decantación. Las características generales del secador presentan en la Tabla 50.

¹⁰ Apisa. Información obtenida a partir de presupuesto provisto por la empresa, para una línea completa de producción de pellets.

Características del secador térmico	
Capacidad máxima de evaporación	800 kg/h agua (a 800 °C)
Diámetro exterior (m)	1,5
Longitud cilíndrica (m)	8

Tabla 50: características del secador térmico

Lippel¹¹: fundada en 1975, esta empresa de origen brasilero busca generar soluciones para el tratamiento de la biomasa especializándose en procesamiento, movimiento y almacenamiento, compactación y combustión de residuos sólidos. Sus características se presentan en la Tabla 51



Figura 32: secador rotatorio Lippel

¹¹ LIPPEL – Soluciones Integradas para Biomasa.
<https://www.lippel.com.br/es/categorias/energia/queimadores-e-secadores-de-biomassa/secador-rotativo>

Evaluación de la factibilidad técnico-económica de la instalación de una planta de transformación de biomasa residual seca en fuente de energía térmica, en la ciudad de Mar del Plata

Características	Secador rotatorio Lippel, SRL 10000
Capacidad (t/h)	10-12
Potencia motriz (kW)	25
Capacidad de evaporación (t/h)	1,5-2
Diámetro x largo (m)	2,4 x 15
Horno (kcal/h)	1.500.000
Rendimiento (%)	92
Precio de la sección (unitaria) (US\$)	400.000

Tabla 51: datos técnicos del secador Lippel.

Molienda

Opción Apisa

Un transportador redler de cadena que recoge el producto de la salida del tromel y lo eleva a la zona de molienda. Una tolva a cuatro caras con realce superior con pendiente de 50°. Marco de salida de la tolva de 400x2.500 mm.

Un sistema de extracción mediante transportador doble de rosca sinfín que descarga sobre la rosca de alimentación del secado, equipado con dos roscas abiertas de diámetro 160 mm. de 4,50 metros de longitud, accionadas por moto reductor de 2'2 kW. Construida con acero al carbono. Una pipa de aspiración con imanes de retención de metales.

Un molino AYPE de martillos y criba circular. Accionamiento mediante motor de 40 kW.

Opción Kahl - Tecnología alemana

La molienda, en este caso, se realiza por medio de un molino granulador tipo matriz plana, y cuanta con transportador de alimentación, canal vibratorio, tambor magnético y rosca dosificadora. Se muestra en la Figura 33, sus características en la Tabla 52.



Figura 33: Molino de martillos de Kahl

Características	Molino de martillos Kahl, AKANA 13.1092
Capacidad (t/h)	7
Potencia motriz instalada (kW)	270
Largo x ancho x alto (m)	3 x 1,8 x 1,8
Cantidad de aire de aspiración (m ³ /min)	180
Precio total de la sección (US\$)	346.955

Tabla 52: características del molino Kahl.

Opción KMEC - Tecnología china

La sección de molienda estará formada por cintas transportadoras a la entrada y a la salida, un sistema neumático de aspiración, ventilador y molinos de martillos. Se muestra en la Figura 34: Molino de martillos, KMEC, sus características en la Tabla 53: características del molino de martillos, KMEC.



Figura 34: Molino de martillos, KMEC

Características	Molino de martillos, KMEC SFSP66x80
Capacidad (t/h)	3,5
Potencia motriz (kW)	110
Humedad (%)	20
Tamaño del aserrín de Entrada (mm)	10
Tamaño del aserrín de Salida (mm)	8
Largo x ancho x alto (m)	2,55 x 1,15 x 1,34
Precio total de la sección (US\$)	42.000

Tabla 53: características del molino de martillos, KMEC

Pelletizado

Opción Kahl

Al salir de la prensa, la temperatura de los pellets alcanza los 90°C y se deberá enfriar para evitar problemas en la constitución del mismo. Por este motivo, luego de la prensa habrá un enfriador, que baja la temperatura con un flujo de aire a contracorriente hasta aproximadamente 40° C, este presupuesto lo incluye. Sus características se presentan en la Tabla 54.

Características	Pelletizador Kahl, 45-1000
Capacidad (t/h)	7
Diámetro de los pellets (mm)	6
Densidad aparente de los pellets (kg/m ³)	550-650
Cantidad de aire de escape (m ³ /h)	10.800
Potencia motriz instalada (kW)	580
Largo (incluido motor) x Ancho x Alto (m)	3,2 x 1,88 x 2,35
Precio total de la sección (US\$)	740.258

Tabla 54: características de la pelletizadora Kahl

Opción KMEC

La sección de conformación de pellets cuenta con dosificador de tornillo, elevador, válvula neumática, prensa de tipo anular, enfriador y cinta transportadora. Las capacidades disponibles para los modelos de esta marca son pequeñas y obligan a adquirir por lo menos 3 equipos para cubrir la capacidad del proyecto. Sus características se presentan en la Tabla 55.

Características	Peletizadora anular, KMEC HY-WH508
Capacidad (t/h)	3 x 1.5-2
Potencia motriz (kW)	3 x 132
Peso (t)	5
Largo x ancho x alto (altura mínima) (mm)	2800 x 1100 x 2300
Precio de la sección (US\$)	35.194

Tabla 55: características de la pelletizadora KMEC

El módulo de enfriado está formado por cintas transportadoras (aptas para elevar el producto intermedio), enfriador, criba vibratoria (que cumple la función de tamizado), y una sección de almacenaje de producto terminado. El enfriador es a contraflujo, de tipo M6 y se encarga de llevar la temperatura del producto final desde 90° C hasta aproximadamente, 5° sobre la temperatura ambiente. Sus características se presentan en la Tabla 56.

Características	Enfriador KMEC M6
Capacidad (t/h)	3
Potencia motriz (kW)	3
Largo x ancho x alto (m)	1,5 x 2
Precio US\$	13.027

Tabla 56: características del enfriador KMEC

Opción Apisa

Este proveedor en particular ofrece de manera un sistema que incorpora una mezcladora de subproducto.

Mezcladora (acondicionadora de subproducto): una mezcladora MH155 de 1.500 litros de capacidad, de acero inoxidable de diámetro 325 mm por 1.500 mm de longitud. (Volumen 390 litros), accionado por motor de 5,5 kW. Asegura una alimentación continua del producto al tenerlo siempre en movimiento. Sus características se muestran en la Tabla 57.

Características de la mezcladora- acondicionadora

Modelo	MLD 550
Capacidad (l)	1.500
Longitud (m)	3,5
Ancho (m)	0,8
Alto (m)	1,16
Diámetro (m)	0,68
Longitud útil (m)	2,9
Velocidad (rpm)	168
Potencia (kW)	18,5

Tabla 57: características de la mezcladora - acondicionadora

Una prensa peletizadora marca MABRIK modelo PVR 100 N. Posee bloque de granulación donde las zonas de posible calentamiento y oxidación por vapores están construidas en acero inoxidable. Cámara de granulación compuesta por tres rodillos y una matriz de diámetro interior de 354 mm. por 59 mm. de anchura de pista con perforación de 6 mm de diámetro.

Una boca de carga preparada para conexión a mezclador, un sistema de engrase automático, un armario eléctrico de maniobra con pantalla táctil.

Un motor eléctrico de 55 kW marca ABB.

Un alimentador de doble cuerpo compuesto por un dosificador construido en acero inoxidable de diámetro 190mm por 1.450mm de longitud, accionado por motorreductor de 1,1 Kw.

Enfriado: cuenta con un elevador de cangilones marca AYPE modelo N10 de 6 m de altura accionado por motorreductor de 1,1 kW y construido con chapa de acero inoxidable, una tubería de caída al enfriador.

Una esclusa rotativa construida en acero inoxidable accionada por motorreductor de 0,35 kW para evitar el paso de aire por la entrada de producto.

Un enfriador contra corriente vertical RVF-11-C, compuesto por un módulo enfriador en el que la campana y cuerpo son de acero inoxidable, un sistema de extracción mediante tajaderas oscilantes de accionamiento neumático, una tolva de salida de producto. A su vez, cuenta con un conjunto, de mirillas, con sistema de control de producto para trabajo automático, un ciclón construido en acero inoxidable de decantación de finos de diámetro 560,

Evaluación de la factibilidad técnico-económica de la instalación de una planta de transformación de biomasa residual seca en fuente de energía térmica, en la ciudad de Mar del Plata
 un ventilador aspirador modelo VCC 36-220-4 con motor de 3 kW, y su sistema de transporte junto con la salida de aire.

El conjunto mezclador – pelletizador – enfriador tiene un costo de US\$ 754.656 para la capacidad definida por el proyecto.

Ensacado

Opción Apisa

Incluye una limpiadora-separadora de finos marca AYPE modelo CRI-600 para situar a la salida del elevador de expedición, de construcción acero al carbono.

Una ensacadora semiautomática modelo BEC-PB 10-50 con un sistema de cinta de llenado de velocidad variable y rasera de cierre. Cuenta a su vez con una cinta de alimentación y boca pesadora, módulo electrónico de pesaje con tres cédulas de carga y su visor de peso de saco. Una tolva intermedia que lleva el subproducto a una boca de llenado con pinzas neumáticas para sujeción del saco con su estructura de soporte al suelo. Una cinta transportadora CTG para desplazar los sacos hasta la cosedora, una cosedora de sacos modelo H1-FFS para cerrar toda clase de sacos, con cabezal cosedor modelo H-1 y una tolva de construcción metálica de 2,5 m³ de capacidad con cono inferior y rasera neumática para su montaje sobre la ensacadora.

Sus características se exponen en la Tabla 58

Características	Ensacadora semiautomática BEC-PB 10-50
Capacidad (bolsas/min)	10
Dimensiones (m)	0,8 x 0,4
Potencia kW	1,5
Dosificación por saco (kg)	10 a 50
Precio de la unidad (US\$)	59.390

Tabla 58: características de la empaquetadora Apisa

Opción lapack

Se usa la empaquetadora de la marca lapack, una opción completamente automatizada, apta para productos granulares. Las características se describen a continuación. Sus características se presentan en la Tabla 59.

Evaluación de la factibilidad técnico-económica de la instalación de una planta de transformación de biomasa residual seca en fuente de energía térmica, en la ciudad de Mar del Plata

Características	Empaquetadora ZTCK-15
Capacidad (bolsas/minuto)	10-15
Potencia motriz (kW)	3
Dimensiones posibles de bolsa (mm x mm)	500-700 x 300-400
+Peso (t)	1,6
Largo x ancho x alto (m)	5,86 x 2,5 x 4,14
Precisión (g)	+/- 10
Rango de peso de bolsa (kg)	10-25
Precio unidad (US\$)	9.166

Tabla 59: características de la ensacadora lapack

Opción Kinghanlong¹²

Foshan Kinghanlong Machinery Manufacturing es una empresa de origen chino dedicada a la fabricación de máquinas de embalaje de todo tipo de productos: alimentos para personas y mascotas y también, aplica para el de este proyecto.

El artículo que ofrece es una máquina ensacadora automática de acero inoxidable de triple cierre, con transporte para producto final. Sus características se presentan en la Tabla 60.

Características	Ensacadora KL-620ZD
Capacidad (bolsas/min)	25-80
Potencia motriz (kW)	3
Tamaños posibles de bolsa (mm)	120 – 500
Peso (kg)	1.050
Largo x ancho x alto (m)	2,6 x 1,5 x 0,35
Rango de peso de bolsa (kg)	10 a 25
Precio de la unidad (US\$)	11.200

Tabla 60: características de la ensacadora Kinghanlong

En lo que refiere a esta etapa del proceso lugar la característica crítica a cumplir es la capacidad y las dimensiones del producto. Luego las dimensiones o disposición y también el precio. En este caso es el último modelo el que cumple con lo requerido.

¹² Foshan Kinghanlong Machinery Manufacturing. <https://foshankinghanlong.en.made-in-china.com/>

Anexo VI: Requerimientos de espacio

En la Tabla 61 se presentan los requerimientos de espacio para el sector de producción. Luego, el requerimiento total de la planta se estima adicionando las dimensiones de los sectores administrativos y de servicios al personal.

Almacén de producto terminado

Las bolsas de pellet se almacenarán paletizadas. La manipulación manual de carga establece como altura máxima para elevación de pesos de 15 kg, la altura del hombro de quien ejecuta la carga, siendo esta una altura aproximada de 1,5 m. Sin embargo, por una cuestión de estabilidad de la estiba no se definirá una altura mayor a 10 bolsas. De esta forma se define la dimensión por pallet de 1,2 m de largo, 1 m. de ancho y 1,15 m de alto.

Se establece que el almacén de producto terminado debe contar con el espacio para almacenar 7 días de venta de producto. A continuación, se estima la cantidad de pallets que deberá guardar el almacén:

📌 Producto a acopiar:

$$\begin{aligned} \text{Capacidad} \left(\frac{\text{kg}}{\text{h}} \right) * \text{jornada} \left(\frac{\text{h}}{\text{día}} \right) * \text{cant. días de reserva} = \\ 3.500 \frac{\text{kg}}{\text{h}} * 24 \frac{\text{h}}{\text{día}} * 7 \text{ días} = 588.000\text{kg} \end{aligned} \quad (41)$$

📌 Si cada bolsa contiene 15 kg de pellets, esto se traduce en:

$$\frac{588.000 \text{ kg}}{15 \text{ kg/bolsa}} = 39.200 \text{ bolsas de 15kg} \quad (42)$$

📌 Ubicando 50 bolsas por pallet:

$$\frac{39.200 \text{ bolsas}}{50 \text{ bolsas/pallet}} = 784 \text{ pallets} \quad (43)$$

Acopiando hasta dos pallets en altura, se estima que la superficie del almacén será de 470 m².

Área	Dimensionamiento de espacios productivos					
	Estación		L (m)	An (m)	Al (m)	Sup (m ²)
PRODUCCIÓN	Molienda de húmedo	Chipeadora móvil				900
	Recepción materia prima	Balanza			2	9,2
		Silo			10	721,3
	Alimentación	Tolva	2,5	1,5	3	8,6
		Extracción y dosificación: rosca sinfín (x2)	4,5			0,8

Evaluación de la factibilidad técnico-económica de la instalación de una planta de transformación de biomasa residual seca en fuente de energía térmica, en la ciudad de Mar del Plata

		Transporte de rosca sinfín a tromel	8			0,9	
Secado		Generador de aire caliente	3			10,2	
		Tolva de espera	1	1,0	1,0		
	Secador térmico	Tromel	15			156,1	
	Decantación		Cajón decantador	1,7	1,3	3	5,1
			Tubería a ciclón				0,16
			Ciclón de decantación				6,5
			rosca sin fin a redler	3,0			0,2
			Chimenea			11	0,3
Molienda		Transporte redler	2,18	0,3	6		
		Tolva a 4 caras	2,5	0,4		1,0	
		Sistema de extracción	4,5				
		Molino de martillos	2,4	1,7	1,7	9,4	
		Tubería de salida				0,026	
		Ciclón de decantación				1,5	
		Filtro de mangas autolimpiantes				36,8	
Peletización	Alimentación a la prensa	Dosificador	1,4				
		Mezcladora - Acondicionadora	3,5	0,8		0,0	
		Prensa peletizadora	2,2	1,3	2,1	6,4	
Enfriado		Elevador de cangilones			6		
		Enfriador vertical	1,5	1,3	2,1	4,2	
		Ciclón de decantación de finos				0,6	
Limpieza de finos		Zaranda vibrante					
		Rosca sinfín - reproceso	3			0,1	
Almacenamiento pre ensacado		Rosca sin fin	6			0,7	
		Elevador de cangilones			10		
		Rosca sin fin	3			0,3	
		Silo de pellet			6	9,5	
Ensacado semi - automático		Limpiadora-separadora de finos			0,4	1,2	
		Tolva a ensacadora			1,0	5,8	
		Ensacadora semiautomática	2,6	1,5	0,4	4,1	
		Almacenamiento producto terminado				470	
		Almacén de repuestos e insumos				30	
		Laboratorio y actividades de control				20	

Evaluación de la factibilidad técnico-económica de la instalación de una planta de transformación de biomasa residual seca en fuente de energía térmica, en la ciudad de Mar del Plata

	Tolerancia	%50 del total de superficie de espacios productivos				1211
Administración	Oficinas(x2)					30
	Venta					20
Servicios al personal	Comedor					30
	Vestuarios					15
	Baños					14
Superficie total planta (m ²)						3.741

Tabla 61: dimensionamiento de espacios productivos. Elaboración propia

El total de la superficie requerida es de 3.741 m², se la considerará como una unidad comercial cerrada. Se construirá a base de hormigón armado y será una estructura soportante según el encuadre de la asesoría de construcción y arquitectura.

Anexo VII: Costos de producción

En este anexo se realizarán los cálculos requeridos para estimar las componentes de la estructura de costos del proyecto. Se consideran los costos variables y los fijos.

A lo largo de la evaluación de rentabilidad de este proyecto se detectó que bajo las condiciones definidas requiere de una alta inversión inicial. En función de verificar si flexibilizar la capacidad de la planta podría permitir que efectivamente lo sea, se analizaron las opciones:

- 📌 Escenario 1: capacidad al 100% en cada año de la duración del proyecto, 3.500 kg/h de producto final los 260 días laborables del año
- 📌 Escenario 2: capacidad al 100%, 1 turno de ocho horas los años 1 a 3 del proyecto, 2 turnos del año 4 al 6 y 3 turnos del año 7 al 10. En este escenario los costos variables se dividen en la cantidad de turnos.
- 📌 Escenario 3: 3 turnos de 8 horas los 260 días laborables, con capacidad de 500 kg/h el primer año, 1.000 kg/h los años 2 y 3, 1.500 kg/h los años 4 y 5, 2.000 kg/h el año 6, 2.500 kg/h los años 7 y 8 y los años 9 y 10, 3.000 y 3.500 kg/h respectivamente. En este caso algunos costos variables se reducen, no así por ejemplo el costo de mano de obra, ya que los puestos son ocupados aunque se produzca menor cantidad de producto por hora.

Se resumen en la Tabla 62.

Escenario	Variable	Año										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	Capacidad (t/h)	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5
	Turnos (h)	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
2	Capacidad (t/h)	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5
	Turnos (h)	8	8	8	16	16	16	24	24	24	24	24
3	Capacidad (t/h)	0.5	1	1	1.5	1.5	2	2.5	2.5	3	3.5	
	Turnos (h)	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24

Tabla 62: escenarios para la estimación de la rentabilidad

El objetivo de la definición de precio de venta de la bolsa de 15 kg de pellets reclama competir con el de la garrafa con subvención del estado, el cual es, como ya se ha mencionado, de US\$ 3.77 para una garrafa de 15kg. Luego, como aproximadamente el pellet tiene un tercio del poder calorífico, se reserva la misma relación en el precio, para alcanzar en esa variable la competitividad.

De acuerdo con la capacidad de la planta establecida, se parte de los datos iniciales:

- 🌿 Capacidad de planta: 3.500 kg/h
- 🌿 Días laborables al año: 260
- 🌿 Horas por turno: 8
- 🌿 Capacidad al 100% en 3 turnos:

$$8 \frac{h}{turno} * 3 \frac{turnos}{día} * 3.500 \frac{kg}{h} * 260 \frac{días}{año} = 21.840.000 \frac{kg}{año} \quad (44)$$

A continuación se define el cálculo para el escenario 1. Una vez finalizada la descripción del total de ítems de la estructura de costos, se mostrará el resultado para los escenarios 2 y 3.

Costos Variables

Costos de materia prima

En la actualidad es el MGP el responsable de la financiación de la recolección. El proyecto contempla costo cero para este ítem

Costo de envases

El envasado del producto consta en bobinados de bolsas de 15 kg que serán provistos por la Distribuidora Husa S.A. Cada bolsa tiene una dimensión de 40x50x20 cm³ y espesor de 50µm. De material traslúcido y con impresión de cuatro colores tiene un costo de US\$ 8.3 + IVA cada mil unidades.

Cada bobina sirve para envasar 1.000 unidades, es decir, 1.000 bolsas de 15 kg, y su costo es de 10 US\$.

Si consideramos una producción anual de 21.840.000 kg de pellets, en bolsas de 15 kg tenemos 1.456.000 bolsas al año, luego:

$$\text{Costo envasado} = 1.456.000 \frac{\text{bolsas}}{\text{año}} * \frac{10}{1.000} \frac{\text{US\$}}{\text{bolsas}} = 14.593 \frac{\text{US\$}}{\text{año}} \quad (45)$$

Costo de empaque

Se contempla en esta categoría el costo asociado a los insumos utilizados en el almacén de producto terminado, los pallets de madera.

Como se estimó en Anexo VI: Requerimientos de espacio, se requieren 784 pallets para el almacenamiento en planta de producto, correspondiente a una semana de producción. Siendo que se estima el costo de cada pallet de madera en US\$1,6 un total de US\$ 4.900

Evaluación de la factibilidad técnico-económica de la instalación de una planta de transformación de biomasa residual seca en fuente de energía térmica, en la ciudad de Mar del Plata

Se determina asociar este ítem a la inversión fija, ya que se compra en un inicio y su total no se repondrá año a año, sino que dependerá de su uso y desgaste, contemplado en el costo de depreciación.

Costo de mano de obra (MO)

Los trabajadores de la industria de la madera se encuentran nucleados por la Unión Obreros y Empleados de la Industria Maderera.

A partir del acuerdo salarial establecido en mayo de 2019 se establecen los valores expuestos en la Tabla 63 de acuerdo con los requerimientos de operadores:

Categoría	Valor hora total (US\$/h)
Oficial General	1,3
Operario de actividad industrial	1,1

Tabla 63: valor hora-hombre. Fuente: elaboración propia a partir del convenio establecido por la Unión Obreros y Empleados de la Industria Maderera.

La descripción del peón de actividad industrializada comprende a los operarios que ingresan a la fábrica de zonas semi-rural, urbanas, sub-urbanas y parques industriales y desarrollan tareas de carga, descarga, apilado de materiales, maestranza y limpieza general.

El cálculo de Mano de Obra se observa en la Tabla 64:

MO	Oficial General	Peón/Operario de actividad industrial
Salario básico (US\$/h)	1,3	1,1
Horas anuales pasadas divididas en 12 meses		520
Salario total básico mensual	657	568
Salario total básico mensual	263	227
Cargas sociales (40% de MO)	920	796
Total mensual MO x ho	11.042	9.548
Total MO anual (12 meses) x ho	3	9
Cant. De trabajadores	33.127	85.935
Total MO anual por categoría		119.062

Tabla 64: Costo anual de mano de obra. Elaboración propia.

La planta trabaja tres turnos diarios de 8 horas, 260 días al año.

Evaluación de la factibilidad técnico-económica de la instalación de una planta de transformación de biomasa residual seca en fuente de energía térmica, en la ciudad de Mar del Plata

Costo de supervisión

Comprende los salarios del personal responsable de la supervisión directa de las distintas operaciones. La cantidad de trabajo de este tipo está estrechamente vinculada con la cantidad total de mano de obra, la complejidad de la operación y los niveles de calidad de los productos.

Dado que el proceso es altamente automatizado y el personal en planta es reducido se requiere de un nivel medio-bajo de supervisión. El costo de supervisión puede considerarse como el 10-20% del costo de la mano de obra. Se selecciona un porcentaje adecuado, 17.5%.

Costo de supervisión: US\$ 20.836.

Costo de servicios

Energía eléctrica

En la Tabla 65 se detallan los requerimientos de potencia de la planta de las máquinas.

Estaciones	Potencia (kW)
Alimentación	7
Secado	575
Molienda	114
Peletización	75
Enfriado	4
Limpieza de finos	2
Almacenamiento pre ensacado	5
Ensacado semi - automático	5
Total	956

Tabla 65: requerimientos de energía eléctrica

Se requiere energía en la etapa de acondicionamiento, a través del agregado de vapor al subproducto. Se estimarán las kcal necesarias para tal proceso y luego se las transformará en kWh, ya que el predio no cuenta con red de gas natural.

Dado que la oferta de producto terminado será escalonada ascendente en el periodo de duración del proyecto y sabiendo que el contenido de agua es de un 3% de la materia prima requerida:

La cantidad de calor para elevar la temperatura de determinada masa de agua de 20°C a 100°C es el calor sensible y se calcula como muestra la ecuación (11),

$$Q_s = m * C_p * \Delta T = 54.600 \frac{\text{kg}}{\text{mes}} * 1 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}^{\circ}\text{C}} * (100^{\circ}\text{C} - 20^{\circ}\text{C}) = 4.368.000 \frac{\text{kcal}}{\text{mes}} \quad (46)$$

Para el cambio de fase agua a vapor se estima el calor latente Q_L , con la ecuación (12):

Evaluación de la factibilidad técnico-económica de la instalación de una planta de transformación de biomasa residual seca en fuente de energía térmica, en la ciudad de Mar del Plata

$$Q_L = 540 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}} * 54.600 \frac{\text{kg}}{\text{mes}} = 29.484.000 \frac{\text{kcal}}{\text{mes}} \quad (47)$$

El calor total requerido para la evaporación de 54.600 kg de agua es la suma de los calores sensible y latente, ecuación (13):

$$Q = Q_S + Q_L = (4.368.000 + 29.484.000) \frac{\text{kcal}}{\text{mes}} = 33.852.000 \frac{\text{kcal}}{\text{mes}} \quad (48)$$

Ahora bien, en función de la energía estimada en (48) y dado que 1 kcal = 1,16 × 10⁻³ kWh, se estiman los kWh por mes requeridos para la etapa de acondicionamiento:

$$\text{Acondicionamiento} = 1,16 * 10^{-3} \frac{\text{kWh}}{\text{kcal}} * 33.852.000 \frac{\text{kcal}}{\text{mes}} = 39.268 \frac{\text{kWh}}{\text{mes}} \quad (49)$$

De acuerdo con la categorización establecida por la empresa EDEA, este consumo corresponde a la categoría T3MT, grandes demandas – media tensión, cuya tarifa es la expuesta en la Tabla 66:

T3 – Grandes demandas	
T3MT (US\$/mes)	
Cargo fijo	13,03
Cargo por potencia en pico	2,98
Cargo por potencia fuera de pico	2,02
Para demandas mayores o iguales a 300 kW (\$/kWh)	
Cargo variable por energía demandada en pico	0,04
Cargo variable por energía demandada en resto	0,03
Cargo variable por energía demandada en valle	0,03

Tabla 66: costo del kWh.

Fuente: elaboración propia a partir de información provista por EDEA.

Finalmente, el costo anual de energía eléctrica se estima en función de la potencia requerida por la instalación más un cargo fijo:

$$C_{EE} = \left(\left(955.55 \text{ kW} * 24 \frac{\text{h}}{\text{día}} * 260 \frac{\text{días}}{\text{año}} * \frac{1 \text{ año}}{12 \text{ meses}} + 39.268 \frac{\text{kWh}}{\text{mes}} \right) * 0.4 \frac{\text{US\$}}{\text{kWh}} + 13,03 \frac{\text{US\$}}{\text{mes}} \right) * 12 \text{ meses} = 321.706 \text{ US\$} \quad (50)$$

Agua

Este servicio es utilizado sólo en la etapa de acondicionamiento, en la que el valor de humedad de la mezcla aumenta en un 3%. Para una producción de 3.500 kg/h, esto implica la adición de 105 kg de agua. Luego, el consumo anual requerido es:

Evaluación de la factibilidad técnico-económica de la instalación de una planta de transformación de biomasa residual seca en fuente de energía térmica, en la ciudad de Mar del Plata

$$105 \frac{\text{kg}}{\text{h}} * 24 \frac{\text{h}}{\text{día}} * 260 \frac{\text{días}}{\text{año}} = 655.200 \frac{\text{l}}{\text{año}} \text{ de agua} \quad (51)$$

De acuerdo con información provista por OSSE, la zona no presenta servicio oficial, por lo que para acceder al agua se deberá ejecutar un pozo de manera privada dentro del predio previa autorización del ente.

Luego considerando el consumo de 655.200 l/año equivalente a 2,4 m³/h (equivalente a dos viviendas unifamiliares), se establece el requerimiento de un tanque de reserva¹³ elevado (contemplado en la IF) de 1m³ y una bomba de pozo profundo que eleve 1m³/h a 25m, lo cual otorgaría 2 horas de funcionamiento diario de la bomba para cubrir la demanda de 520 h/año. Esto se traduce en un consumo de energía de 170 kWh/año, considerando un costo de 3,07 US\$/kWh, serán 520US\$/año.

El tanque a adquirir es de marca

Respecto del servicio pluvial, el proyecto contempla la realización de una zanja drenante.

El costo de servicios se resume en la Tabla 67.

Electricidad	Agua
321.712	520
Total (US\$/año)	322.232

Tabla 67: costo de servicios. Elaboración propia

Costo de mantenimiento

En esta categoría se deben contemplar el tipo de proceso que se lleva cabo y de qué manera se realizará la contratación, algunos serán abonos de asistencia regular y en otros casos será a demanda, en caso de requerir alguna urgencia o se detecta un requerimiento no previsto y se debe especificar, cabe mencionar que cada ítem involucra el costo total del servicio, esto es, tanto la mano de obra que corre por el proveedor como los materiales. La definición estricta de estas metodologías de contratación no se desarrolla en el presente trabajo, es parte de la política del Departamento de Compras.

Las intervenciones requeridas se definen, a grandes rasgos:

¹³ Mercado Libre. Marca Rotoplas. Tanque de agua de 1.100 l de capacidad, multicapa modelo 1.100 arena. Extraído de https://articulo.mercadolibre.com.ar/MLA-614224647-combo-tanque-1100-lts-cuatrocapas-rotoplas-base-envio-_JM?quantity=1

Evaluación de la factibilidad técnico-económica de la instalación de una planta de transformación de biomasa residual seca en fuente de energía térmica, en la ciudad de Mar del Plata

Descripción de la intervención	Frecuencia
Control de vibraciones de equipos, como secadora, molino, peletizadora	mensual
Calibración de instrumentos de control: temperaturas	trimestral
Mantenimiento y control de equipos rodantes	semestral
Estructurales (soldaduras – no sanitarias requeridas por el proceso)	a demanda
Electrónica, correctivo o preventivos programados	a demanda
Técnica general	a demanda
Control de mecanizado en contacto con subproducto	trimestral
Repuestos para correctivos o preventivos programados	a demanda
Lubricación, parte del mantenimiento preventivo	a demanda

Se considera que en el inicio del proyecto se tendrá un periodo de calibración y puesta a punto contemplado en el presupuesto provisto por la empresa proveedora de los equipos principales del proceso. Sin embargo, se preverá un 1% anual del valor de la inversión fija. Esta esta estimación del costo de mantenimiento surge a partir del análisis de costos de una fábrica de alimentos.

Costo de mantenimiento: US\$ 63.637.

Costo de suministros

El costo de lubricación y repuestos se tiene en cuenta en el de mantenimiento.

Costo de laboratorio

El producto final tiene especificaciones que serán otorgadas a lo largo del proceso. Sin embargo, se establecerán controles en distintas etapas, garantizando las características establecidas de Calidad por norma. En este caso se considerará el 2% de la MO.

Costo de laboratorio: US\$ 2.381.

Costo de regalías y patentes

No hay costos de regalías y patentes.

Costos fijos

Costos de depreciación

Para el cálculo de la depreciación de los equipos se utiliza el método de la línea recta, donde el valor residual, L , es el 20% de la inversión fija. La demanda está calculada al año 2027, por lo tanto, la duración del proyecto es de 10 años. Se calcula a partir de la ecuación (3) :

Evaluación de la factibilidad técnico-económica de la instalación de una planta de transformación de biomasa residual seca en fuente de energía térmica, en la ciudad de Mar del Plata

$$D = \frac{(I_F - L)}{n} = \frac{(6.363.670 - 1.272.734) \text{ US\$}}{10 \text{ años}} = 509.094 \frac{\text{US\$}}{\text{año}} \quad (52)$$

📌 D: depreciación acumulada en k años, $k \leq n$, $k=10$ años en este proyecto

📌 n: vida útil del bien = 10 años

📌 I_F : Inversión Fija sin terreno = US\$ 6.363.670

📌 L: valor residual o de reventa al final de la vida útil del bien = US\$ 1.272.734

Costo de depreciación: US\$ 509.094

Costo de impuestos

Se estiman como el 1% de I_F del proyecto.

Costo de impuestos: US\$ 63.637.

Costo de seguros

Dependen del tipo de proceso y de la posibilidad de contar con servicios de protección. Normalmente se incluyen seguros sobre la propiedad (incendio, robo parcial o total), para el personal y para las mercaderías (pérdidas parciales, totales), jornales caídos, entre otros. Se estima como el 1% de I_F .

Costo de seguros: US\$ 63.637.

Costo de financiación

Estimado en la evaluación de la rentabilidad.

Costo de ventas y distribución

Se define un punto de venta en fábrica. Para esto se asignará un 5% de los ingresos por venta.

Costo de ventas y distribución: US\$ 72.800.

Costo de administración y dirección

Involucra costos asociados a gerencia, administración y contaduría. Relación con proveedores. Se estima como el 40% de la MO.

Costo de administración y dirección: US\$ 47.625.

Costo de investigación

No cuenta con área de Investigación y Desarrollo.