

“Estudio de factibilidad técnica y económica sobre la
producción de filamentos de impresión 3D a partir de
PET reciclado”

Proyecto final

Alumnos

Felcaro, Martin Daniel (6774)

Riva, Leandro Fabian (6776)

Catedra

Proyecto Final

Docentes

Dra. Fernandez, Erica

Ing. Espindola, David

Ing. Magni, Rodrigo

5to nivel

Ingeniería Industrial

Facultad regional Rafaela

Año de cursado

2022

Contenido

Capítulo 1: “Introducción”	8
1.1 Introducción	9
1.2 Problemática.....	9
1.3 Oportunidad	10
1.4 Solución.....	12
1.5 Objetivos	13
1.5.1 Objetivo general.....	13
1.5.2 Objetivos específicos	13
Capítulo 2: “Marco teórico”	15
Capítulo 3: “Estudio de Mercado Proveedor”	18
3.1 Introducción	19
3.2 Presentación de la cadena proveedora	19
3.2.1 Residuos industriales	19
3.2.2 Residuos domiciliarios	19
3.3. Cuantificación de la Materia Prima.....	20
3.3.1 Análisis de la generación de residuos en Argentina	20
3.3.2 Composición de los residuos sólidos urbanos.....	22
3.3.3 Proyección de generación de residuos plásticos en Argentina.....	22
3.3.4 Proyección de la generación de residuos de PET	23
3.3.5 Análisis del reciclaje en Argentina.....	25
3.4 Comercialización.....	27
3.5 Selección de proveedores	27
3.5.1 Relevamiento de proveedores	27
3.5.2 Metodología de selección.....	28
3.5.3 Selección del proveedor	29
3.6 Conclusión	30
Capítulo 4: “Estudio de mercado competidor”	31
4.1 Introducción	32
4.2 Competencia por Materia Prima	32
4.2.1 Principales competidores.....	32
4.2.2 Conclusión	33
4.3 Competencia directa.....	34
4.4 Competencia Indirecta	35
4.4.1 Filamentos disponibles en el mercado.....	35

4.4.2 Definición de la competencia indirecta	38
4.5 Conclusión	39
Capítulo 5: “Estudio de mercado consumidor”	41
5.1 Introducción.....	42
5.2 Potenciales clientes	42
5.3 Análisis cuantitativo del mercado consumidor	44
5.3.1 Análisis cuantitativo de la demanda actual	44
5.3.2 Evolución de la demanda de filamentos de impresión 3D	45
5.3.3 Conclusiones del estudio de mercado consumidor.....	48
Capítulo 6: “Análisis técnico de las propiedades del PET reciclado”	51
6.1 Introducción	52
6.1 Análisis técnico de las propiedades del PET reciclado para ser procesado	52
6.1.1 Variables de decisión	52
6.1.2 Conclusiones.....	54
6.2. Análisis técnico de las propiedades del filamento	54
6.2.2 Resultados.....	54
6.2.3 Conclusión del ensayo de tracción.....	55
Capítulo 7: “Estudio técnico”	58
7.1 Introducción	59
7.2 Descripción del proceso.....	59
7.2.1 Recepción y almacenaje de la materia prima	60
7.2.2 Mezclado.....	60
7.2.3 Extrusión del filamento.....	60
7.2.4 Empaquetado:.....	62
7.3 Análisis de tecnología de producción	63
7.3.1 Requerimientos mínimos	63
7.3.2 Presentación de las líneas de extrusión	63
7.3.3 Análisis de las alternativas	65
7.4 Necesidades de equipamiento auxiliar	71
7.4.1 Conclusión	73
7.5 Capacidad productiva.....	73
7.5.1 Aspiración	73
7.5.2 Mezclado.....	74
7.5.3 Línea de extrusión	75
7.5.4 Envasado al vacío	76
7.5.5 Empaquetado	77

7.5.6 Conclusión	78
7.6 Requerimiento de materia prima, mano de obra e insumos	79
7.6.1 Requerimiento de Materia prima	79
7.6.2 Requerimientos de Mano de Obra	80
7.6.3 Requerimientos de energía eléctrica	81
7.6.4 Requerimientos de materiales diversos.....	83
7.7 Conclusión	85
Capítulo 8: “Distribución de planta”	87
8.1 Introducción	88
8.2 Datos básicos de consumo.....	88
8.2.1 Producto.....	88
8.2.2 Volúmenes.....	88
8.2.3 Secuencia de las operaciones	88
8.2.4 Servicios y actividades de soporte	88
8.2.5 Tiempos	89
8.3 Análisis del flujo de materiales.....	89
8.4 Diagrama de relación de actividades	91
8.4.1 Análisis del flujo de materiales entre las áreas.....	91
8.4.2 Diagrama de relación de actividades	93
8.5 Necesidades de espacio físico.....	95
8.5.1 Almacén de materia prima.....	96
8.5.2 Mezclado.....	96
8.5.3 Línea de extrusión	97
8.5.4 Envasado al vacío	97
8.5.5 Envasado en cartón.....	97
8.5.6 Almacén de producto terminado.....	97
8.6 Conclusión	98
Capítulo 9: “Estudio de localización”	100
9.1 Introducción	101
9.2 Macro localización	101
9.3 Micro localización.....	103
9.3.1 Factores a considerar	103
9.3.2 Presentación de Inmuebles.....	104
9.4 Conclusión	106
Capítulo 10: “Estudio legal”	107
10.1 Introducción	108

10.2 Exigencias de seguridad laboral.....	108
10.2.1 Ley de higiene y seguridad en el trabajo.....	108
10.2.2 Ley de riesgos de trabajo	108
10.3 Leyes laborales	109
10.3.1 Agrupación sindical	109
10.3.2 Escala salarial	109
10.4 Leyes y normas económicas y tributarias	110
10.4.1 Impuestos sobre los ingresos, beneficios y ganancias de capital	110
10.4.2 Impuestos sobre la propiedad.....	110
10.4.3 Impuestos sobre el comercio y las transacciones internacionales	111
10.5 Conclusión	111
Capítulo 11: “Estudio económico-financiero”	112
11.1 Introducción	113
11.2 Egresos del proyecto.....	113
11.2.1 Materia prima y materiales	113
11.2.2 Energía eléctrica.....	114
11.2.3 Mano de obra	114
11.2.4 Otros gastos indirectos de producción	114
11.2.5 Gastos de administración	115
11.2.6 Impuestos	116
11.3 Inversiones	117
11.3.1 Equipos de producción	117
11.3.2 Otros equipos y herramientas.....	118
11.3.3 Obra física	118
11.3.4 Capital de trabajo.....	118
11.3.5 Muebles y útiles	119
11.4 Ingresos del proyecto.....	119
11.4.1 Ingresos por ventas.....	120
11.4.2 Otros beneficios.....	120
11.5 Tasa de descuento	122
11.6 Análisis de costos	124
1.6.1 Costos variables	124
11.6.2 Costos fijos	124
11.6.3 Análisis del punto de equilibrio	125
11.7 Análisis económico - financiero	126
11.7.2 Apalancamiento de la inversión.....	128

11.8 Análisis de sensibilidad	130
11.9 Conclusión	134
12. Conclusión del proyecto.....	135
13. Bibliografía	136

Figura 1: Generación de RSU anuales. Fuente: Propia - Ministerio de ambiente.....	10
Figura 2: Diagrama de economía circular en plásticos. Fuente: Aimplas.....	12
Figura 3: Filamentos para impresión 3D. Fuente: Grilon3.....	13
Figura 4: Recuperación de residuos plásticos industriales. Fuente: Elaboración propia ...	19
Figura 5: Recuperación de residuos plásticos domésticos. Fuente: Elaboración propia ...	20
Figura 6: Composición física de los RSU en Argentina. Fuente: ANCEF - propia	22
Figura 7: Evolución del reciclado plástico en Argentina. Fuente: Ecoplas	25
Figura 9: Grafico a) tensión-deformación. b) fuerza-desplazamiento Fuente: Ensayo de tracción.	55
Figura 10: Extrusión del filamento. Fuente: ACC Machine.....	60
Figura 11: Mezclador. Fuente: ACC Machines	60
Figura 12: Línea de extrusión. Fuente: ACC Machines	61
Figura 13: Extrusora de tornillo simple. Fuente: Apunte de procesos industriales.....	63
Figura 14: Evolución de la capacidad en las diferentes alternativas. Fuente: propia	71
Figura 15: Cursograma sinóptico del proceso. Fuente: propia	91
Figura 16: Diagrama de relación de actividades. Fuente: propia	94
Figura 17: Diagrama de relación de actividades gráfico. Fuente: propia	95
Figura 18: Layout de planta. Fuente: propia	99
Figura 19: Macro localización. Fuente: propia.....	103
Figura 20: Evolución de los ingresos y costos. Fuente: propia.....	125
Figura 21: Grafico de distribución de probabilidades del VAN. Fuente: propia	131
Figura 22: Grafico de distribución de probabilidades de la TIR. Fuente: propia.....	131
Figura 23: Grafica de sensibilidad del VAN. Fuente: propia.....	132

Tabla 1: Generación de residuos en Argentina.....	21
Tabla 2: Proyección de residuos plásticos generados en el país.....	23
Tabla 3: Proyección de residuos de PET en Argentina.	24
Tabla 4: Reciclado de plásticos en Argentina.	26
Tabla 5: Proyección de toneladas de PET recicladas.....	26
Tabla 6: Relevamiento de proveedores.....	28
Tabla 7: Método cualitativo por puntos.....	29
Tabla 8: Requerimientos de materia prima a 10 años.	30
<i>Tabla 9: Características de comercialización de los filamentos.</i>	<i>38</i>
Tabla 10: Proyección de ventas.....	50
Tabla 11: Propiedades físicas de los materiales. Fuente: Exconde - propia	53
Tabla 12: Resultados obtenidos del ensayo de tracción.	55
Tabla 13: Comparación de propiedades	56
Tabla 14: Comparativa entre los diferentes equipos.....	64
Tabla 15: Método cualitativo por puntos.	67
Tabla 16: Resultado del análisis económico. Fuente: propia.....	70
Tabla 17: Inversión en equipamiento.....	73
Tabla 18: Análisis de capacidad.....	78
Tabla 19: Requerimientos de Materia prima.....	80
Tabla 20: Requerimientos de Mano de obra.	81
Tabla 21: Consumo de energía eléctrica por línea de producción.	82
Tabla 22: Gasto en energía eléctrica para producción.	83
Tabla 23: Requerimientos de materiales directos de producción.....	85
Tabla 24: Requerimientos de herramientas.....	85
Tabla 25: Flujo de personas y materiales. Fuente: propia.....	93
Tabla 26: Referencias diagrama de relación de actividades. Fuente: propia	95
Tabla 27: Necesidades de espacio físico.....	98
Tabla 28: Presupuesto de obra física. Fuente: propia	99
Tabla 29: Principales centros urbanos de la región centro del país.....	101
Tabla 30: Método cualitativo por puntos. Fuente: propia.....	106
Tabla 31: Gasto en energía eléctrica anuales.....	114
Tabla 32: Gastos indirectos de producción en dólares.....	114
Tabla 33: Gastos de administración anuales en dólares.....	116
Tabla 34: Impuestos a tributar anualmente en dólares.....	116
Tabla 35: Inversión en equipamiento en dólares	117
Tabla 36: Inversión anual en capital de trabajo en dólares	119
Tabla 37: Inversión en muebles y útiles en dólares.....	119
Tabla 38: Ingresos por venta en dólares.....	120
Tabla 39: Amortizaciones anuales en dólares.	121
Tabla 40: Costos variables anuales en dólares.	124
Tabla 41: Costos fijos anuales en dólares.....	125
Tabla 42: Punto de equilibrio. Fuente: propia.....	126
Tabla 43: Flujo de caja del proyecto.....	127
Tabla 44: Flujo de préstamo en dólares.....	129

Capítulo 1: “Introducción”

1.1 Introducción

En el presente proyecto llevado a cabo por los estudiantes Felcaro, Martin Daniel y Riva, Leandro Fabian se realizará el “Estudio de factibilidad técnica y económica sobre la producción de filamentos de impresión 3D a partir de PET reciclado” en el marco de una solución de triple impacto para una problemática cada vez más preocupante como es el incremento de desechos plásticos posconsumo.

1.2 Problemática

La responsabilidad humana con respecto al medio ambiente ha aumentado con el tiempo, en línea con el desarrollo económico reciente, especialmente en los países en desarrollo. Sin embargo, existen varios problemas que generan preocupación en la actualidad, como el calentamiento global y la extinción de la diversidad de organismos en el entorno y hábitat del mundo. En cuanto a la conciencia ambiental, los desechos plásticos se han convertido en uno de los principales desafíos globales.

Los plásticos son versátiles, resistentes a la corrosión, buenos aislantes y tienen una baja conductividad térmica. Sumado a su bajo costo y adaptabilidad, se reconoce ampliamente que desempeñan un papel importante en todos los aspectos de la existencia humana y han impulsado la investigación sobre sus posibles aplicaciones en una amplia gama de campos.

Según estudios realizados, la producción mundial anual de plásticos superó los 3,59 millones de toneladas en 2018 y continuará aumentando. Para 2050, se estima que se generarán 26 mil millones de toneladas de residuos plásticos posconsumo, la mitad de los cuales se descartarían en el medio ambiente, lo que representaría un gran problema de gestión de residuos.

Sumado a esto, si el uso continúa expandiéndose al ritmo actual, el sector de los plásticos representará el 20% del consumo mundial de petróleo para 2050. Debido a que están hechos de resina de polímero inerte, tardan cientos de años en descomponerse una vez que abandonan el entorno natural, lo que eventualmente resulta en una acumulación interminable (Moshood, 2022).

En Argentina, como en muchas otras partes del mundo, la gestión de los RSU (residuos sólidos urbanos), por competencias institucionales, recae en los gobiernos locales y para una proporción significativa de ellos representa uno de los problemas de gestión más acuciantes por falta de medios técnicos y financieros.

La recolección, el tratamiento y la disposición final implican un importante volumen de recursos presupuestarios, humanos, logísticos y de gestión que muchas veces se presentan en un marco de desarticulación normativa, carencia de coordinación interjurisdiccional, falta de conocimientos específicos y personal capacitado. Los municipios, en promedio, gastan el 13 % de su presupuesto en servicios de residuos sólidos y limpieza urbana.

Entonces, la problemática deriva en un panorama en el que conviven basurales a cielo abierto sin control ni técnicas de saneamiento, rellenos sanitarios insuficientes o próximos a agotarse, escasas y aisladas iniciativas de recuperación y reciclado de residuos, falta de recursos financieros, insuficientes incentivos públicos para incorporar activamente al sector privado en la industria del reciclado y una incertidumbre general respecto del escenario futuro que evidencia soluciones parciales y provisionarias.

Aun en escenarios probables con disminución de la tasa de generación per cápita, dada la proyección de crecimiento de la población se continuarán generando en Argentina, como se muestra en la figura 1, cerca de 20 millones de toneladas de RSU (residuos sólidos urbanos) anuales (Ambiente, 2020).

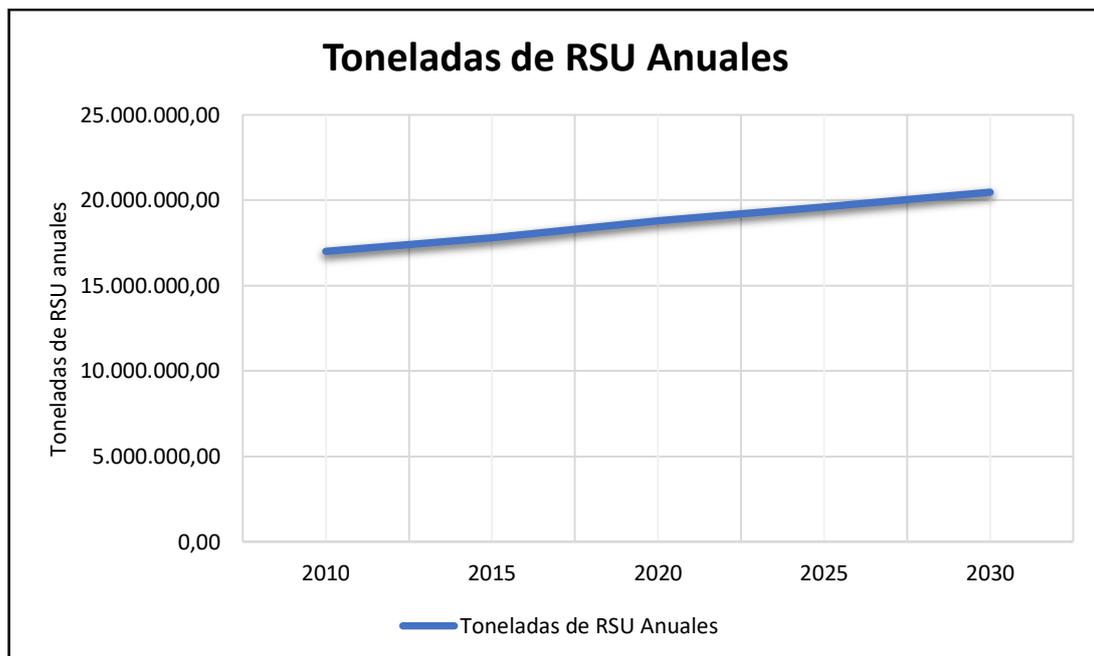


Figura 1: Generación de RSU anuales. Fuente: Propia - Ministerio de ambiente

1.3 Oportunidad

Se visualiza como oportunidad, el crecimiento sostenido de la manufactura aditiva como uno de los pilares de la industria 4.0. La fabricación aditiva permite el diseño de piezas altamente complejas e incluso híbridas mediante una producción en masa personalizada,

gracias a la deposición precisa de material imprimible con una precisión microscópica en tres dimensiones, y, además, requiere menos procesos de producción, lo que ahorra recursos.

Para poder realizar el proceso mencionado es necesario una impresora 3D la cual requiere como suministro un filamento plástico (o también metálico, pero es utilizado en una proporción mucho menor, en aplicaciones especiales) utilizando generalmente termoplásticos como el polipropileno (PP), polietileno de baja densidad (LDPE), polietileno de alta densidad (HDPE), polietileno tereftalato (PET), acrilonitrilo butadieno estireno (ABS), FLEX , ácido poliláctico (PLA) (Exconde, Anne, Manapat, & Magdaluyo, 2019).

Evidentemente la utilización de plásticos vírgenes para producir filamentos aumenta el uso general de estos y los problemas que traen aparejados. Por lo tanto, la utilización de materia prima reciclada puede ser una solución al problema planteado.

Los plásticos y los residuos secos no deben ser pensados como basura sino como materia prima con un valor económico. Su recolección, separación, valorización y re inserción en el circuito productivo promueven el desarrollo económico y la economía circular.

Esta concepción se basa en pensar y diseñar los productos para que sean reutilizados, para obtener una materia prima secundaria y/o para generar energía alternativa desplazando los combustibles fósiles (Ambiente, 2020).

El reciclado mecánico es una de las técnicas más difundidas de valorización de los plásticos posconsumo, tanto en Argentina como en el mundo. Es un proceso físico-mecánico mediante el cual este tipo de plástico proveniente de los residuos sólidos urbanos o el industrial (scrap) es recuperado, permitiendo su posterior utilización como se puede apreciar en la Figura 2 (Nudelman, 2020).

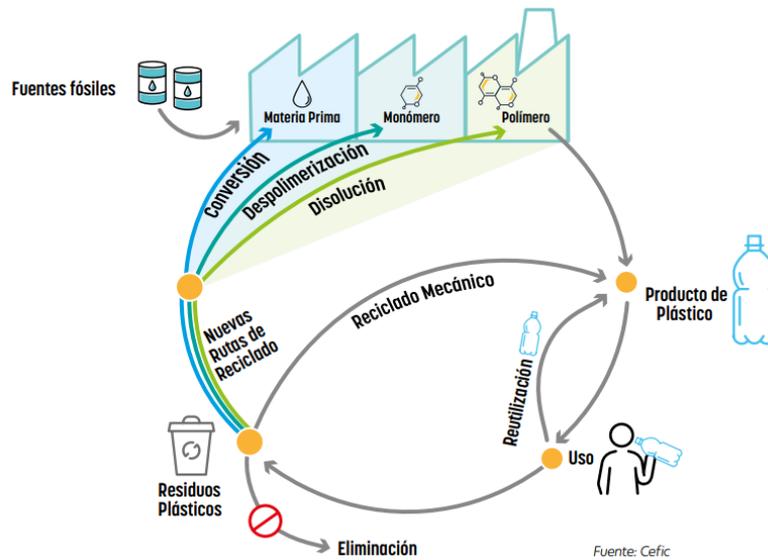


Figura 2: Diagrama de economía circular en plásticos. Fuente: Aimplas

1.4 Solución

De manera general, la solución que se propone en el siguiente proyecto consiste en migrar desde el modelo de economía lineal hacia uno circular.

La Economía Lineal es el modelo más conocido donde las materias primas se utilizan para fabricar productos que luego de ser usados se desechan, creando así una necesidad interminable de materias primas en la cadena productiva.

En contraposición, en una Economía Circular, los materiales de los productos ya utilizados se recuperan y se emplean en la fabricación de nuevos productos, lo que reduce la necesidad de usar únicamente materias primas vírgenes (Nudelman, 2020).

Por lo tanto, teniendo en consideración la relación que existe entre los plásticos y la impresión 3D, sumado a la deficiente disposición final que se le da a estos desechos y actualmente la falta de incentivos para su reutilización, se plantea la posibilidad de producir el filamento (Figura 3) que se utiliza en las impresoras a partir de plástico reciclado, más precisamente PET reciclado.



Figura 3: Filamentos para impresión 3D. Fuente: Grilon3

Se selecciona este material debido a que es de uso cotidiano, utilizado en gran cantidad en botellas de bebidas descartables, que generan gran cantidad de desechos, terminando la mayoría en basurales a cielo abierto o para recupero de energía, perdiendo todo el valor residual que aún tienen estos productos. Además, para la aplicación estudiada el PET reciclado posee propiedades favorables en comparación del mismo material virgen.

Con este enfoque, se logra una solución de triple impacto (económico, social y ambiental) a unos de los problemas más importantes que se avecinan en el mundo.

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo general

Estudiar la viabilidad técnica y económica de la producción de filamentos a partir de PET reciclado.

1.5.2 Objetivos específicos

- Recabar información acerca de volumen, composición, tratamientos y costos de los residuos plásticos en el país.
- Estudiar las perspectivas a futuro de la oferta y demanda de filamentos plásticos para impresión 3D.
- Estudiar técnicamente las propiedades del PET reciclado para ser procesado.
- Estudiar técnicamente las propiedades del filamento de PET reciclado.
- Realizar un análisis técnico de las diferentes tecnologías posibles para producir el filamento.

- Determinar los requerimientos de los diferentes factores productivos.
- Definir la distribución de la planta.
- Estudiar la macro y micro localización para la instalación de la planta.
- Realizar un estudio legal sobre beneficios y obligaciones legales e impositivas a cumplir.
- Estudiar factibilidad económica y financiera del proyecto.

Capítulo 2: “Marco teórico”

En el presente capítulo se presentan diferentes definiciones de conceptos específicos con el objetivo de esclarecer la comprensión de los temas que se desarrollan en distintas secciones del proyecto.

Basural a cielo abierto: sitios donde se disponen residuos sólidos de forma indiscriminada, sin control de operación y con escasas medidas de protección ambiental trayendo aparejada considerable contaminación (Ambiente, 2020).

Relleno sanitario: área ubicada en la superficie, en donde se depositan los residuos sólidos luego de recibir algunos tratamientos. La superficie sobre la que se acumulan es preparada previamente para evitar la degradación del suelo, la contaminación de las fuentes de agua y de la atmósfera (Ambiente, 2020).

PET: El PET o polietileno tereftalato es un polímero plástico que se obtiene mediante un proceso de polimerización de ácido tereftálico y monoetilenglicol. Es un polímero lineal, con un alto grado de cristalinidad y termoplástico en su comportamiento, lo cual lo hace apto para ser transformado mediante procesos de extrusión, inyección, inyección-soplado y termoformado (Acoplasticos, 2022).

Pellet plástico: Un pellet de plástico es un material plástico de tamaño inferior a 5 mm que se utiliza en la fabricación de variados productos de plástico. Son el componente básico, a través de la extrusión de plástico o el moldeo por inyección, de artículos para la vida cotidiana (Wikipedia, 2022).

Método cualitativo por puntos: consiste en definir los principales factores de las alternativas que se quiere evaluar, para asignarles valores ponderados de peso relativo, de acuerdo con la importancia que se le atribuye a cada factor. El peso relativo se encontrará siempre entre 0 y 1 debiendo dar 1 la suma de estos. Luego se califica cada factor con una escala predeterminada, por lo general de 0 a 10. La suma de las calificaciones ponderadas permitirá seleccionar la alternativa que acumule mayor puntaje (Sapag Chain, 2008).

Proyectos de triple impacto: son aquellos proyectos sostenibles que buscan generar no solo beneficios económicos sino también crear valor social y ambiental para la comunidad en la que se encuentran (Barberis, 2021).

Impresión por FDM: el modelado por deposición fundida (FDM) es una técnica de impresión 3D mediante la cual se construyen piezas al derretir y extrudir un filamento

termoplástico que un extrusor deposita capa por capa en el área de impresión. (Formlabs, 2023).

Índice de flujo de fusión (MFI): es una medida de las características de flujo de un polímero dado, también conocidas como propiedades reológicas en el estado fundido bajo una presión aplicada conocida. El valor de MFI citado en muchas hojas de datos se refiere a la cantidad de polímero que se extruye a través de un orificio dado (Industrial Physics, 2023).

Coefficiente de seguridad: hace referencia a la relación existente entre la carga que puede soportar un elemento y la carga máxima que realmente admite. Se trata de un valor muy importante porque permite evitar problemas como roturas o desperfecto en piezas y estructuras (Monier, 2022).

Módulo de elasticidad “Y”: se define como la pendiente de su curva tensión-deformación en la región de deformación elástica de un objeto y se calcula mediante la siguiente ecuación (Schneevogt, y otros, 2021).

$$Y = \frac{\tau}{E_t}$$

Donde:

- τ es la tensión en MPa.
- E_t es la deformación específica.
- Y es el módulo de Young.

Capítulo 3:

“Estudio de Mercado Proveedor”

3.1 Introducción

En este tercer capítulo del proyecto se tiene por objetivo realizar una presentación del mercado proveedor de materias primas, donde se parte de la presentación de su dinámica, siguiendo con la cuantificación de la materia prima disponible hasta finalizar con los posibles proveedores de las mismas, especificando calidad, volúmenes y los costos. De esta forma se puede obtener una imagen general sobre la cadena de este mercado en particular.

El estudio de mercado finaliza con las conclusiones, donde se resumen los puntos más sensibles a tener en cuenta para la constitución del proyecto, como pueden ser los precios y volúmenes de materia prima, formas de comercialización, proveedores, etc.

3.2 Presentación de la cadena proveedora

Una vez que ya fueron utilizados, los plásticos recuperados de los diversos sectores de la cadena no deben ir a los rellenos sanitarios, sino que deben ser gestionados como recursos recuperando su valor. En el proceso de reciclado el primer eslabón consiste en que los residuos plásticos lleguen desde el lugar de generación hasta la industria recicladora. Luego esta, será la encargada de proveer materias primas plásticas, en sus diferentes formatos a los clientes (Nudelman, 2020).

3.2.1 Residuos industriales

Los residuos plásticos provenientes de la industria tienen un camino más sencillo (como se muestra en la Figura 4). Si son reciclables, la empresa interesada puede contactarse con un intermediario o bien negociar directamente con la industria recicladora. En caso de los residuos no reciclables que generan están destinados a ser llevados a un relleno sanitario (Nudelman, 2020).

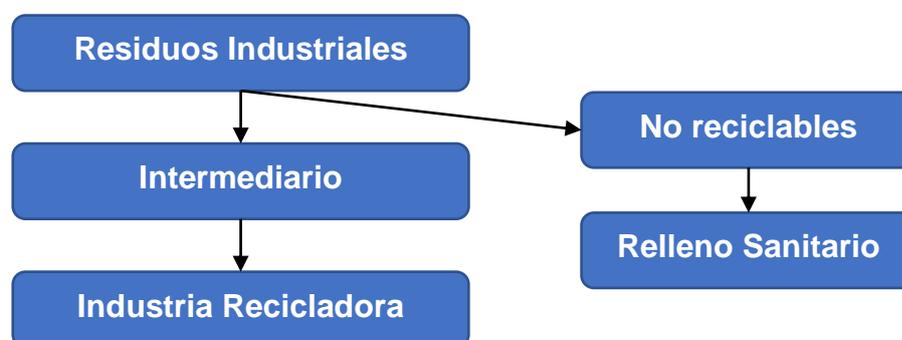


Figura 4: Recuperación de residuos plásticos industriales. Fuente: Elaboración propia

3.2.2 Residuos domiciliarios

Los residuos generados en los domicilios y los comercios son aquellos que están más dispersos y sucios, por lo tanto, el proceso de acumulación, clasificación, transporte y

reciclado es el más complejo (ver Figura 5). En esta etapa es importante insistir en la concientización del ciudadano en la clasificación de sus residuos (Nudelman, 2020).

Por un lado, están los domicilios y comercios que aplican y disponen de la separación en origen, por otro lado, los que no aplican la separación en origen. A continuación, se presenta un esquema donde se describe el proceso de recuperación de residuos plásticos para ambos casos.

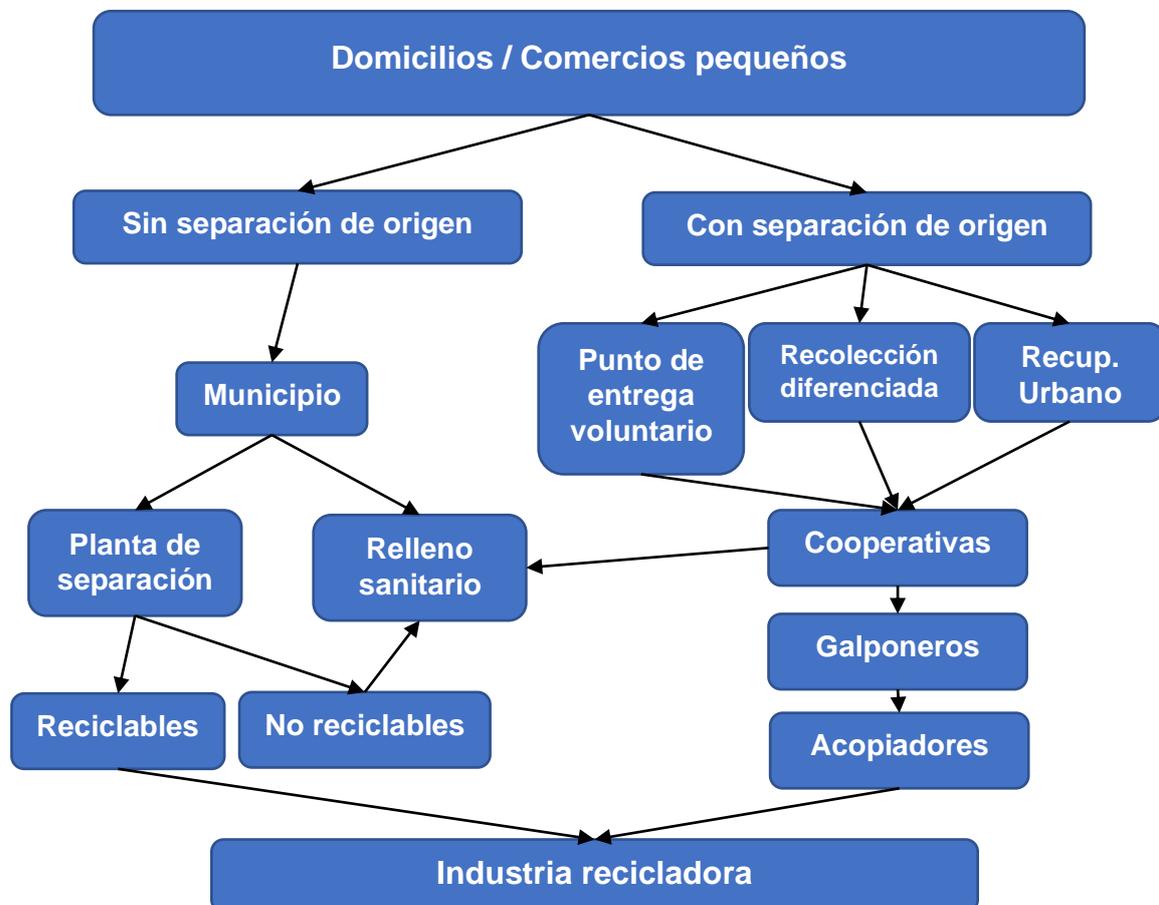


Figura 5: Recuperación de residuos plásticos domésticos. Fuente: Elaboración propia

3.3. Cuantificación de la Materia Prima

3.3.1 Análisis de la generación de residuos en Argentina

La generación de RSU (residuos sólidos urbanos) está íntimamente relacionada con la cantidad de habitantes del país. Por lo que, para implementar un adecuado estudio del mercado proveedor de materia prima es importante determinar la distribución de los habitantes en el país (González, 2010), ya que en definitiva son la fuente generadora de residuos plásticos.

A su vez, para vincular la distribución poblacional con la generación de residuos, por la estabilidad relativa de su producción en una determinada locación, la unidad de expresión

más común utilizada es la tasa de generación per cápita (GPC) la cual se expresa en kg/hab.día. (González, 2010). La tabla 1 mostrada a continuación expresa las cantidades de RSU generadas y la tasa GPC a nivel nacional.

Tabla 1: Generación de residuos en Argentina.

Jurisdicción	GPC	2010			2015			2020		
		Poblacion	Tn/día	Tn/año	Poblacion	Tn/día	Tn/año	Poblacion	Tn/día	Tn/año
Total	1,15	40.518.951	46.596,79	17.007.829,68	42.403.087	48.763,55	17.798.695,77	44.808.611	51.529,90	18.808.414,29
CABA	1,66	3.058.309	5.089	1.857.625,88	3.090.922	5.144	1.877.435,11	3.093.010	5.147	1.878.703
Buenos Aires	1,12	15.315.842	17.199	6.277.558,22	15.940.645	17.900	6.533.648,43	17.020.084	19.113	6.976.082
Catamarca	0,93	404.240	377	137.740,02	444.824	415	151.568,54	432.390	404	147.332
Chaco	0,83	1.071.141	884	322.662,32	1.119.667	924	337.279,92	1.132.109	934	341.028
Chubut	1,18	470.733	554	202.239,36	494.904	583	212.623,86	569.695	671	244.756
Córdoba	1,42	3.396.685	4.825	1.761.231,12	3.531.817	5.017	1.831.299,05	3.827.895	5.438	1.984.820
Corrientes	1,18	1.035.712	1.219	444.969,29	1.091.889	1.285	469.104,42	1.165.951	1.372	500.923
Entre Ríos	0,81	1.282.014	1.041	379.853,21	1.345.355	1.092	398.620,77	1.396.146	1.133	413.670
Formosa	0,88	555.694	489	178.369,60	597.418	525	191.762,39	602.318	530	193.335
Jujuy	0,96	698.474	671	244.895,26	744.560	715	261.053,69	782.082	751	274.210
La Pampa	1,33	341.456	453	165.246,63	360.694	478	174.556,80	363.455	482	175.893
La Rioja	1,04	355.350	370	135.119,75	391.614	408	148.908,92	385.553	402	146.604
Mendoza	1,56	1.765.685	2.747	1.002.727,32	1.852.017	2.882	1.051.755,01	1.958.649	3.047	1.112.311
Misiones	0,60	1.111.443	662	241.496,95	1.797.823	1.070	390.635,21	1.424.498	848	309.518
Neuquén	1,24	565.242	704	256.799,42	608.090	757	276.266,02	690.647	860	313.773
Río Negro	1,16	603.761	702	256.410,19	617.216	718	262.124,37	717.777	835	304.831
Salta	1,03	1.267.311	1.303	475.629,27	1.379.229	1.418	517.632,76	1.416.981	1.457	531.801
San Juan	1,30	715.052	929	338.985,12	762.587	990	361.520,07	799.937	1.039	379.227
San Luis	1,52	456.767	692	252.629,77	505.730	766	279.710,34	530.117	803	293.198
Santa Cruz	1,11	234.087	260	94.790,09	254.629	282	103.108,27	309.685	344	125.402
Santa Fe	1,50	3.285.170	4.934	1.800.746,61	3.386.133	5.085	1.856.088,89	3.493.182	5.246	1.914.767
Santiago del Estero	1,12	883.573	992	362.153,18	930.535	1.045	381.401,66	1.016.059	1.141	416.456
Tierra del Fuego	0,87	133.694	116	42.253,60	152.979	132	48.348,56	179.269	155	56.657
Tucumán	0,99	1.511.516	1.493	544.888,18	1.601.540	1.582	577.341,04	1.672.472	1.652	602.911

Fuente: Camarco - propia

De los datos anteriores se puede concluir en una GPC promedio en todo el país de 1,15 kg/hab/día. Por lo tanto, en la actualidad argentina genera un total de 51.529,9 toneladas de residuos sólidos urbanos por día y 18.808.414,29 toneladas por año. Un dato para destacar es el pico de GPC que presentan la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Santa Fe y Córdoba de 1,66; 1,5 y 1,42 kg/hab/día respectivamente. Esto permite identificar geográficamente las principales fuentes generadoras de RSU, ya que, como se dijo, los costos de transporte influyen significativamente en la estructura de gastos del proyecto.

3.3.2 Composición de los residuos sólidos urbanos

En adición, del total de RSU generados en el país, se debe determinar cuál es la composición de estos, en particular interesa el porcentaje que corresponden a los residuos plásticos, ya que, en definitiva, se trata de la fuente proveedora de la industria recicladora plástica. En la figura 6, se observa la composición física del total de desechos generados en el país, cabe aclarar que los porcentajes son en base al promedio de la nación, cada ciudad puede tener una distribución diferente, pero a grandes rasgos se respeta el patrón (Nudelman, 2020).

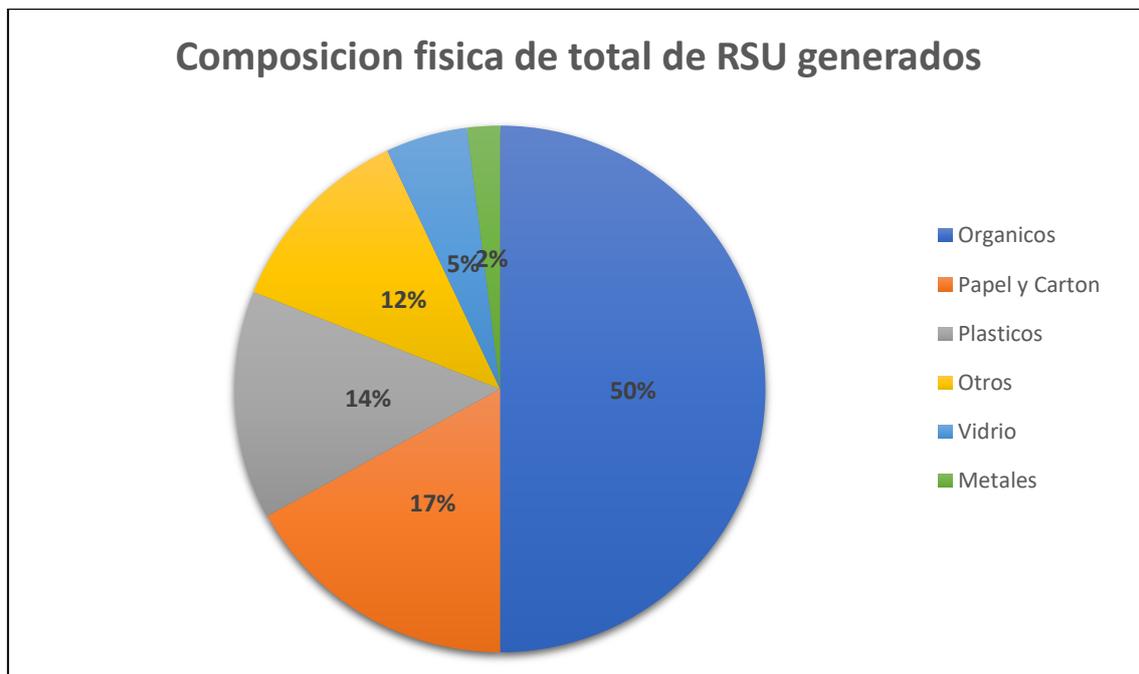


Figura 6: Composición física de los RSU en Argentina. Fuente: ANCEF N - propia

Un 14% del total de desechos que se generan en el país corresponden a residuos plásticos, es decir, se producen 2.633.178 de toneladas por año, sin embargo, hay que tener en cuenta que no todos los residuos se reciclan actualmente y, además, están contempladas todas las alternativas de polímeros que existen en el mercado, en este caso sólo interesa el PET. A pesar de esto, es posible realizar proyecciones acerca de la generación de estos residuos para estudiar su continuidad en el futuro.

3.3.3 Proyección de generación de residuos plásticos en Argentina

Analizando los datos, manteniendo la misma tasa de generación de residuos per cápita se realiza una estimación sobre generación de desechos plásticos en los años subsiguientes. A continuación, se presenta cuantitativamente en la tabla 2, los resultados de la proyección.

Tabla 2: Proyección de residuos plásticos generados en el país.

Jurisdicción	Proyección de residuos plásticos generados en el país en Tn/año					
	2005	2010	2015	2020	2025	2030
Total	2.267.867,69	2.381.096,16	2.491.817,41	2.633.178,00	2.745.152,86	2.865.818,07
CABA	256.648,56	260.067,62	262.840,92	263.018,46	266.114,64	268.302,93
Buenos Aires	840.901,89	878.858,15	914.710,78	976.651,48	1.013.555,93	1.057.866,07
Catamarca	17.427,13	19.283,60	21.219,60	20.626,47	22.522,71	23.676,11
Chaco	43.224,06	45.172,73	47.219,19	47.743,91	49.741,47	51.302,07
Chubut	26.793,28	28.313,51	29.767,34	34.265,87	35.752,90	38.140,07
Córdoba	236.234,81	246.572,36	256.381,87	277.874,77	287.948,30	301.421,23
Corrientes	58.993,65	62.295,70	65.674,62	70.129,29	73.469,77	77.148,35
Entre Ríos	50.491,39	53.179,45	55.806,91	57.913,80	60.571,56	63.061,03
Formosa	23.255,65	24.971,74	26.846,73	27.066,93	28.862,47	30.193,35
Jujuy	32.032,43	34.285,34	36.547,52	38.389,33	40.646,87	42.780,16
La Pampa	21.792,82	23.134,53	24.437,95	24.625,05	25.947,61	26.927,62
La Rioja	17.066,98	18.916,76	20.847,25	20.524,57	22.414,71	23.645,03
Mendoza	133.196,43	140.381,82	147.245,70	155.723,55	162.748,19	170.192,71
Misiones	31.321,32	33.809,57	54.688,93	43.332,56	55.016,37	60.707,67
Neuquén	33.165,85	35.951,92	38.677,24	43.928,25	46.683,94	50.185,19
Río Negro	34.926,45	35.897,43	36.697,41	42.676,39	43.561,87	45.966,85
Salta	61.027,65	66.588,10	72.468,59	74.452,19	80.172,66	84.788,07
San Juan	44.231,94	47.457,92	50.612,81	53.091,72	56.282,16	59.255,58
San Luis	31.691,18	35.368,17	39.159,45	41.047,78	44.781,92	47.968,03
Santa Cruz	12.123,07	13.270,61	14.435,16	17.556,32	18.712,36	20.458,79
Santa Fe	243.846,28	252.104,53	259.852,44	268.067,37	276.070,45	284.111,57
Santiago del Estero	48.187,76	50.701,45	53.396,23	58.303,77	60.908,01	64.212,29
Tierra del Fuego	5.101,01	5.915,50	6.768,80	7.932,04	8.765,93	9.700,57
Tucumán	71.757,70	76.284,35	80.827,75	84.407,60	88.942,63	93.191,94

Fuente: Propia - Camarco

La tabla 2 muestra un aumento sostenido en la generación de desechos plásticos, lo que era de esperarse ya que tiene un alto grado de correlación con el incremento de la población en el país. Esto, simplícidamente permite visualizar la capacidad de generación de residuos plásticos en el país. Es importante aclarar que, como se dijo anteriormente, no representa la oferta potencial del mercado proveedor, sino más bien sirve para analizar la problemática ambiental que se avecina en el futuro y la necesidad de tomar medidas para aumentar la capacidad recicladora del país.

3.3.4 Proyección de la generación de residuos de PET

Siguiendo la metodología descrita, es necesario continuar desagregando las cantidades de residuos plásticos disponibles para obtener el porcentaje de los mismos que corresponde al PET, producto a partir del cual se realizan los filamentos. Según datos de la Cámara Argentina de la Industria Recicladora de Plásticos (CAIRPLAS), el PET ostenta

el 15% del total de residuos plásticos. Está ubicado detrás del Poliestireno de baja densidad (39,5%) y del polipropileno (17,1%) (Opinala, 2021).

En la tabla 3 ilustrada a continuación, se determinan las toneladas de PET anuales desechadas y su proyección para los próximos años.

Tabla 3: Proyección de residuos de PET en Argentina.

Proyección de residuos plásticos de PET generados en el país en Tn/año						
Jurisdicción	2005	2010	2015	2020	2025	2030
Total	353.787,36	371.451,00	388.723,52	410.775,77	428.243,85	447.067,62
CABA	40.037,18	40.570,55	41.003,18	41.030,88	41.513,88	41.855,26
Buenos Aires	131.180,69	137.101,87	142.694,88	152.357,63	158.114,72	165.027,11
Catamarca	2.718,63	3.008,24	3.310,26	3.217,73	3.513,54	3.693,47
Chaco	6.742,95	7.046,95	7.366,19	7.448,05	7.759,67	8.003,12
Chubut	4.179,75	4.416,91	4.643,71	5.345,48	5.577,45	5.949,85
Córdoba	36.852,63	38.465,29	39.995,57	43.348,46	44.919,93	47.021,71
Corrientes	9.203,01	9.718,13	10.245,24	10.940,17	11.461,28	12.035,14
Entre Ríos	7.876,66	8.295,99	8.705,88	9.034,55	9.449,16	9.837,52
Formosa	3.627,88	3.895,59	4.188,09	4.222,44	4.502,55	4.710,16
Jujuy	4.997,06	5.348,51	5.701,41	5.988,74	6.340,91	6.673,70
La Pampa	3.399,68	3.608,99	3.812,32	3.841,51	4.047,83	4.200,71
La Rioja	2.662,45	2.951,02	3.252,17	3.201,83	3.496,69	3.688,62
Mendoza	20.778,64	21.899,56	22.970,33	24.292,87	25.388,72	26.550,06
Misiones	4.886,13	5.274,29	5.531,47	6.759,88	8.582,55	9.470,40
Neuquén	5.173,87	5.608,50	6.033,65	6.852,81	7.282,69	7.828,89
Río Negro	5.448,53	5.600,00	5.724,80	6.657,52	6.795,65	7.170,83
Salta	9.520,31	10.387,74	11.305,10	11.614,54	12.506,93	13.226,94
San Juan	6.900,18	7.403,44	7.895,60	8.282,31	8.780,02	9.243,87
San Luis	4.943,82	5.517,43	6.108,87	6.403,45	6.985,98	7.483,01
Santa Cruz	1.891,20	2.070,22	2.251,88	2.738,79	2.919,13	3.191,57
Santa Fe	38.040,02	39.328,31	40.536,98	41.818,51	43.066,99	44.321,40
Santiago del Estero	7.517,29	7.909,43	8.329,81	9.095,39	9.501,65	10.017,12
Tierra del Fuego	795,76	922,82	1.055,93	1.237,40	1.367,49	1.513,29
Tucumán	11.194,20	11.900,36	12.609,13	13.167,59	13.875,05	14.537,94

Fuente: Propia - Camarco

Como era de esperarse su evolución va en línea con los datos evaluados anteriormente (en 2020 se desecharon 410.775 toneladas de PET y se estima que para 2030 se desechen 447.068 toneladas, un aumento del 15%), lo que permite confirmar una disponibilidad sostenida de materias primas para la industria recicladora, incluso con un aumento en su oferta. Sin embargo, solo si esto va acompañado con un incremento en los porcentajes de reciclaje, se está en condiciones de afirmar que se tendrá un incremento sostenido de la oferta del mercado proveedor de PET reciclado.

También, se puede concluir que las provincias donde mayor cantidad de residuos de PET se generan son Buenos Aires, CABA, Santa Fe y Córdoba (68%). De aquí en adelante solo se mostrarán datos referenciados a estas provincias, dado que concentran la mayor cantidad de recursos plásticos.

3.3.5 Análisis del reciclaje en Argentina

El siguiente paso consiste en analizar el estado del reciclaje en Argentina y sus perspectivas a futuro, con este dato finalmente, se determina la oferta potencial del mercado proveedor de PET reciclado y su evolución en el tiempo.

La población urbana de Argentina reporta una cobertura de recolección de RSU del 99,8 %. El 54 % de esta recibe el servicio de recolección en forma tercerizada y el 46 % restante como prestación municipal directa. La frecuencia de recolección diaria es superior al 70 % (Ambiente, 2020).

Las principales áreas metropolitanas cuentan con plantas de separación. La tasa de disposición en rellenos sanitarios, hacia el reciclado, compostaje o recuperación de energía (todas consideradas una disposición adecuada de residuos) del total país es del 64,7 %, mientras que en la región Norte es de 50,1 %, en Cuyo-Mesopotamia es del 15,2 %, y en el Centro y Patagonia del 79,4 %. Otro dato que sustenta la idea de concentrarse solo en la región centro del país (Ambiente, 2020).

Asimismo, el 35,3 % de la población cuenta con una disposición final considerada inadecuada (9,9 % en vertederos controlados, y 24,6 % en basurales a cielo abierto) (Ambiente, 2020).

Actualmente, este sector presenta tasas de reciclado de alrededor de un 13%, es decir, 350.000 toneladas por año. En la figura 7 se aprecia un gráfico sobre la evolución histórica y las perspectivas a futuro (Opinala, 2021).

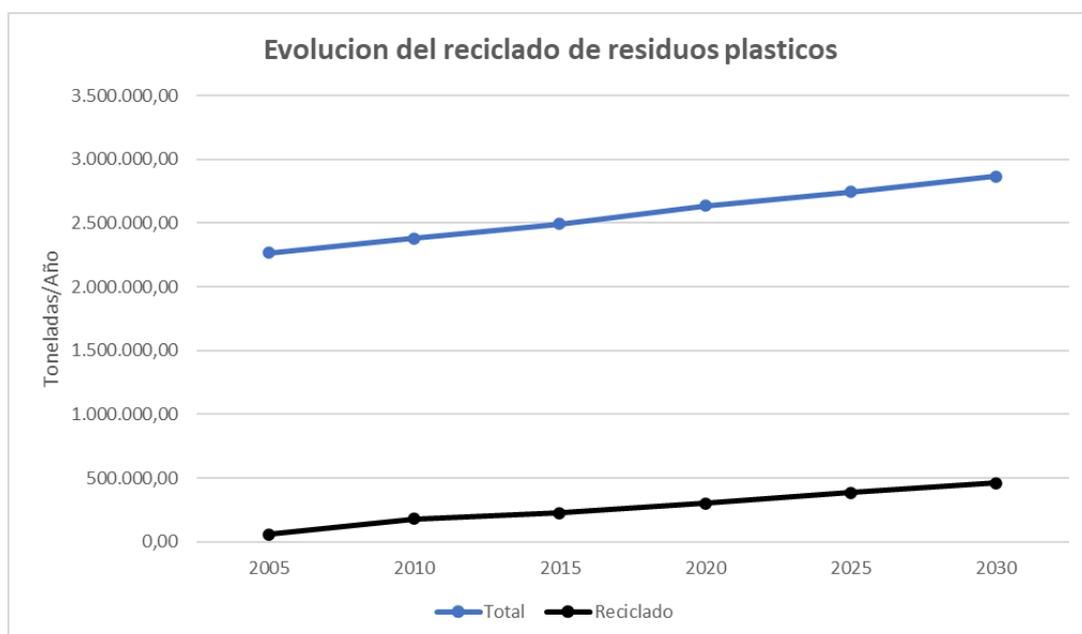


Figura 7: Evolución del reciclado plástico en Argentina. Fuente: Ecoplas

Se puede ver la gran brecha que aún existe entre la generación y el reciclado de los desechos plásticos, sin embargo, como se muestra en la tabla 4, la tasa de reciclado aumenta año tras año, consecuencia de políticas nacionales destinadas a fomentar la disposición adecuada de los residuos sólidos urbanos con el objetivo de erradicar completamente los basurales a cielo abierto hacia 2030 (González, 2010). De esta forma, la recuperación de residuos aprovechando el valor residual que aún tienen a la hora de desecharse, es una alternativa para lograr este objetivo.

Tabla 4: Reciclado de plásticos en Argentina.

Evolución del reciclado de residuos plásticos (Tn/año)						
Jurisdicción	2005	2010	2015	2020	2025	2030
Total	2.267.867,69	2.381.096,16	2.491.817,41	2.633.178,00	2.745.152,86	2.865.818,07
Reciclado	57.100,00	180.000,00	225.000,00	300.000,00	383.950,00	461.320,00
Porcentaje	3%	8%	9%	11%	14%	16%

Fuente: Ecoplas - Propia

Finalmente, analizando específicamente el PET, es uno de los tipos de plásticos que mayor porcentaje de reciclaje posee (Nudelman, 2020), un 25%, lo que representa alrededor de 107.000 toneladas por año, dato que determina el mercado potencial de materias primas, a continuación, se presenta la tabla 5 donde se puede observar la evolución del reciclaje de PET y sus perspectivas a futuro.

Tabla 5: Proyección de toneladas de PET recicladas.

Proyección de residuos plásticos de PET reciclados en el país en Tn/año						
Jurisdicción	2005	2010	2015	2020	2025	2030
Total	88.446,84	92.862,75	97.180,88	102.693,94	107.060,96	111.766,90
CABA	10.009,29	10.142,64	10.250,80	10.257,72	10.378,47	10.463,81
Buenos Aires	32.795,17	34.275,47	35.673,72	38.089,41	39.528,68	41.256,78
Córdoba	9.213,16	9.616,32	9.998,89	10.837,12	11.229,98	11.755,43
Santa Fe	9.510,01	9.832,08	10.134,25	10.454,63	10.766,75	11.080,35

. Fuente: Ecoplas - propia

Se puede ver un crecimiento en la oferta potencial de PET reciclado, la estimación fue realizada manteniendo las tasas de reciclaje actuales (13%), por lo que, si se cumplen las estimaciones que prevén un aumento en la tasa de reciclado este mercado potencial puede ser aún mayor.

Otro dato a tener en cuenta es que según un estudio realizado por CAIRPLAS actualmente, la industria recicladora presenta una capacidad ociosa del 50%, por lo tanto, podemos determinar la oferta potencial del PET reciclado en 214.000 toneladas por año (ECOPLAS, Índice de Reciclado, 2022).

Además, se observa que 71.903 toneladas de las 107.000, es decir un 67%, se producen en la región centro del país, confirmando la concentración de la oferta que se preveía en este sector e induciendo a analizar exclusivamente proveedores que se encuentren dentro de esta zona geográfica, ya que de lo contrario los costos de transportes llevarán a que el proyecto sea inviable financieramente.

3.4 Comercialización

En el siguiente apartado se resumen las diferentes formas de comercialización que posee el PET reciclado, y finalmente se define aquella que sería útil para producir el filamento.

En big bags: Es la forma de comercialización más barata, pero sin embargo se requieren muchos procesos de acondicionamiento, ya que es necesario poseer una línea peletizadora para triturar las botellas y producir pellets, además, las botellas al no estar compactadas ocupan un mayor volumen, aumentando significativamente los costos de transportes. Se pueden conseguir en diferentes colores y separados por propiedades físicas.

Enfardado: Las botellas de PET se comercializan enfardadas, al igual que en el caso anterior es necesario contar con una línea peletizadora para triturar las botellas y producir pellets. Pueden estar separadas por color, propiedades físicas, con tapa incluida o con etiqueta incluida. Cuanto más puro se consigue el producto mayor será su precio.

Molido: Son también conocidos como flakes (escamas), es necesario introducirlos a una extrusora especial o una peletizadora para de esta manera obtener los pellets de PET reciclado que son utilizados para fabricar diferentes productos mediante procesos de extrusión, soplado e inyección. Sin embargo, a diferencia de las opciones anteriores, no es necesario contar con una línea de trituración de botellas.

Pelletizado: Manera de comercialización más costosa, los pellets de PET pueden ser utilizados para fabricar directamente cualquier tipo de producto plástico, por los mismos métodos que se utilizan con los pellets de plásticos vírgenes nombrados anteriormente (Reiclar, 2023).

3.5 Selección de proveedores

3.5.1 Relevamiento de proveedores

A continuación, en la tabla 6, se citan los posibles proveedores de materias primas en forma de pellets o flakes ya que si se utilizan otras formas de materia prima se incurren en elevados costos de pre procesamiento (separación, lavado, triturado, secado, etc.). En

cada caso se menciona el nombre de la empresa, dirección, nombre del producto, precio y volumen.

Tabla 6: Relevamiento de proveedores.

POSIBLES PROVEEDORES				
Empresa	Ubicación	Producto	Precio	Volumen
Desarrollos Sostenibles	Las Quintas 2716 - Ciudad de Cordoba	Flake lavado	0,8 - 1,2 U\$D/KG	minimo 1.000 kg
Evercaff	Crespo 3698 - Rosario, Santa Fe	Flake lavado	0,5 U\$D/KG	minimo 1.000 kg
Ecovenado	Ovidio Lagos 2150, Venado Tuerto, Santa Fe	Flake lavado intermedio	0,25 U\$D/KG	minimo 1.000 kg
Reciclar S.A.	Heredia 3220 (1872) Sarandí, Buenos Aires	Pellets	2 U\$D/KG	minimo 1.000 kg

Fuente: propia

3.5.2 Metodología de selección

Presentadas las distintas alternativas de materia prima disponible por parte de los proveedores se aplicará el “Método cualitativo por puntos” para poder definir cuál será la mejor opción.

Se deben considerar primordialmente dos factores claves, dicha recomendación fue brindada por personas que se encuentran en el rubro del reciclado del PET, distribuidores y demás actores del mercado de filamentos.

Estandarización de la MP:

Esto repercute directamente en que las propiedades del filamento sean las mismas en todo momento, es decir, que al comprar un filamento actualmente y al comprar el mismo dentro de un año no cambien características esenciales como la temperatura necesaria para realizar la impresión o la resistencia y fragilidad del filamento, lo que provocaría inconvenientes a la hora de utilizarlo y generaría rechazo por parte de los productores de artículos de impresión 3D.

La homogeneidad de la materia prima permitirá obtener un filamento confiable y deseado por los impresores. Este aspecto es el más importante ya que al emplear material reciclado encontrar homogeneidad en las propiedades del mismo será un factor distintivo, al respecto los pellets corren con ventaja por sobre las flakes que como se vio en la tabla 6 su forma de comercialización es muy variable, si bien las que se utilizarían serían las lavadas de mayor calidad nunca podrán asegurar un nivel de estandarización como el de los pellets.

Color:

Este es un aspecto importante a la hora de realizar el filamento, los consumidores finales solicitan colores específicos que por lo general no son los naturales de las botellas recicladas. A su vez si se emplean flakes estos pocos colores disponibles pueden variar, por el contrario, los pellets ya estandarizados se comercializan en una mayor gama de colores y se le puede agregar colorante antes de realizar la extrusión del filamento. Si bien a las flakes también se le podría agregar, según lo expresado por los proveedores del mezclador, no aseguran una perfecta adhesión y homogeneización en el color como en el caso de utilizar pellets.

Estos dos son los más incidentes a la hora de aplicar el método, pero también se deben considerar factores elementales como:

- **Precio:** se evidencia que el de los pellets es mayor, si bien asegura consistencia en el producto final, las flakes corren con ventaja en este apartado.
- **Cantidad mínima de compra:** debe tenerse en cuenta ya que la flexibilidad en este factor incidirá fuertemente en el aspecto financiero sobre todo en los primeros periodos.
- **Distancia al “Centro de Gravedad”:** que es el resultado del método de gravedad utilizado para representar al mercado consumidor, el cual sería el punto ideal para instalar la planta. Se especifica en el capítulo 9
- **Flexibilidad de las condiciones de pago:** aspecto importante para el flujo financiero si algún proveedor brinda mejores condiciones.

3.5.3 Selección del proveedor

La tabla 7 detalla el método cualitativo por puntos aplicado y evidencia que la empresa Reciclar S. A. es la mejor alternativa como proveedor.

Tabla 7: Método cualitativo por puntos.

Factor	Peso	Desarrollos sostenibles		Evercaff		Ecovenado		Reciclar S. A.	
		Calificacion	Ponderacion	Calificacion	Ponderacion	Calificacion	Ponderacion	Calificacion	Ponderacion
Estandarizacion	0,4	5	2	5	2	3	1,2	9	3,6
Color	0,2	5	1	4	0,8	4	0,8	6	1,2
Precio	0,15	5	0,75	7	1,05	9	1,35	4	0,6
Cant. min. de compra	0,1	8	0,8	8	0,8	8	0,8	8	0,8
Distancia al punto cero	0,1	2	0,2	6	0,6	5	0,5	8	0,8
Condicion de pago	0,05	8	0,4	8	0,4	8	0,4	8	0,4
Puntuacion Final		5,15		5,65		5,05		7,4	

Fuente: Propia

Los pellets que comercializan poseen una diferencia notoria frente los distintos tipos de flakes en el factor más importante para el filamento (estandarización). Además, otro factor a tener en cuenta es que la utilización de pellets requiere una extrusora de un solo tornillo,

en cambio, para procesar flakes es necesario una extrusora especial de doble tornillo, lo que se traduce en un aumento significativo de la inversión que no compensa la disminución en el costo de materia prima. Este último punto se ve en detalle en el capítulo 7 donde se selecciona la alternativa tecnológica más conveniente.

3.6 Conclusión

A partir del estudio de mercado proveedor se obtienen las siguientes conclusiones:

1. Con respecto al mercado proveedor, la materia prima (PET reciclado) será provista en formas de pellets, lavados y de los más altos estándares de calidad, suministrados por la empresa Reciclar S.A. a un costo por kg de 2 USD.
2. Actualmente en Argentina el reciclado de PET se encuentra en torno a las 107.000 toneladas anuales, con una tasa de crecimiento del 0,5% anual. Como se detallará más adelante en el capítulo 5.3.3, para tomar el 1% del mercado argentino de filamentos que será el 10% del mercado actual de PETG (filamento al cual se busca sustituir) que equivale a 92 toneladas, se necesitarán 9,45 toneladas de materia prima en forma de pellets (se considera un scrap del 5%). De esta manera queda en evidencia que no se generará un desabastecimiento de materia prima y este factor no será un problema ya que representa solo un 0,01% del mercado de PET reciclado. A continuación, se presenta una tabla donde se expresan las necesidades de materia prima con una proyección de 10 años.

Tabla 8: Requerimientos de materia prima a 10 años.

Año	Producción anual (Kg)	Scrap	Requerimiento MP (Kg)	Reciclado anual de PET
1	11.970	5%	12.569	107.000.000
2	19.032	5%	19.984	112.350.000
3	22.268	5%	23.381	117.967.500
4	31.264	5%	32.827	123.865.875
5	36.579	5%	38.408	130.059.169
6	47.553	5%	49.930	136.562.127
7	55.636	5%	58.418	143.390.234
8	81.368	5%	85.437	150.559.745
9	95.201	5%	99.961	158.087.732
10	111.385	5%	116.954	165.992.119

Fuente: propia

Capítulo 4: “Estudio mercado competidor”

4.1 Introducción

Este estudio tiene por objetivo brindar información acerca de los posibles competidores, tanto para la compra de PET reciclado como para la venta de filamentos, ya sean directos o indirectos. La información obtenida debe ser útil para identificar oportunidades o amenazas que pueden influir en el flujo de caja del proyecto.

En una primera instancia se detalla el mercado competidor por materias primas, luego se hablará de la competencia directa, es decir aquella que comercializa el mismo producto que se evalúa en este proyecto, y, por último, se analiza la competencia indirecta, es decir, aquellos productos sustitutos que pueden reemplazar técnicamente al filamento de PET reciclado.

4.2 Competencia por Materia Prima

4.2.1 Principales competidores

La competencia por el abastecimiento de PET reciclado la integran todas las empresas que utilicen este material en su proceso productivo, sea cual fuese el producto final que obtengan con el mismo. Existen diversas empresas que fabrican a partir de esta materia prima, productos como envases, bandejas, platos, botellas aptas para el contacto con alimentos, láminas, bobinas, fibras de poliéster, objetos de decoración, piedras plásticas, etc (ECOPLAS, Nomina de fabricantes de productos reciclados, 2023).

A continuación, se citan las principales empresas que comercializan productos obtenidos a partir de PET reciclado.

Ecopek: Recicla botellas de PET transformándolas en escamas y pellets de rPET (PET reciclado) que son usados para producir gran variedad de botellas y aplicaciones de empaque, aptas para el contacto con alimentos.

La planta de operación de Ecopek ubicada en la localidad de General Pacheco es una planta del más alto nivel de reciclado de PET. Se reciclan más de 16.000 Tn/año de botellas. Lo que representa un 15% del mercado (Ecopek, 2023).

La particularidad es que Dak América, adquirió esta empresa en 2014 para producir resinas de PET reciclado de grado alimenticio, utilizadas posteriormente para su producción de botellas. Cabe aclarar que DAK Américas es uno de los mayores productores integrados de resinas de PET en el mundo (Ecopek, 2023).

Se puede concluir que Ecopek, sin dudas, es uno de los mayores actores del mercado de PET reciclado, pero, sin embargo, al contar con planta de reciclado propia se transforman en un jugador aislado, no compiten directamente con el proyecto para conseguir la materia prima (si con los proveedores), pero debido a su nivel de producción acaparan las botellas de mejor calidad del mercado.

Reciclar S.A: Empresa con más de 50 años de experiencia en la recuperación de envases y materias primas industriales. Cuentan con líneas de procesamiento de última generación. Además, se encuentran en expansión con el objetivo de lograr un producto de mayor calidad, para satisfacer las crecientes exigencias del mercado nacional e internacional. Actualmente sus principales productos son la venta de PET reciclado, molido o en pellets, y flejes de poliéster (Reiclar, 2023).

Este es otro caso de una empresa integrada verticalmente hacia la recuperación de la materia prima, se encuentra dentro del catálogo de posibles proveedores, pero también es un competidor por la materia prima (produce flejes de poliéster). Por lo tanto, es necesario tener en cuenta que, ante posibles incrementos en la demanda de PET reciclado prioricen la unidad de negocio propia, como consecuencia, puede que comercialicen menores volúmenes o materia prima de menor calidad.

Fibras Argentinas: Produce fibras manufacturadas de poliéster a partir de escamas de plásticos PET provenientes de botellas recicladas, consolidándose, así como uno de los principales proveedores del país de fibras de poliéster recicladas.

Poseen una planta industrial de 30.000 metros cuadrados ubicada en Quilmes, Provincia de Buenos Aires, con la última tecnología en líneas de producción de fibras de poliéster. Lo que le permite contar con una capacidad productiva de 20.000 toneladas de anuales de fibra (Argentinas, 2023).

Como se puede observar, Fibras Argentinas S.A. se disputa junto con Ecopek, el liderazgo en el mercado de PET reciclado, juntas poseen el alrededor del 40% del mercado, dado el volumen que procesan cuentan con planta de reciclado propia solamente enfocada para abastecer su producción, es decir, no comercializan PET reciclado a otras empresas.

4.2.2 Conclusión

Como conclusión del estudio de mercado competidor por la materia prima podemos decir que el mercado se encuentra concentrado mayormente en el gran Buenos Aires, donde pocas empresas controlan más del 50% del mercado y muchas de ellas se

encuentran integradas verticalmente hacia arriba, lo que le da independencia a la hora de obtener sus propias especificaciones de materiales. Por otro lado, numerosas son las empresas que producen productos artesanales o de bajo valor a pequeña escala. Las cuales requieren materia prima de menor calidad, no compitiendo directamente con el filamento de PET reciclado a la hora del abastecimiento.

Además, es necesario recordar que, los recicladores poseen un 50% de capacidad ociosa (ECOPLAS, Índice de Reciclado, 2022), es decir, que sobre las 107.000 toneladas por año que se producen actualmente se podrían producir 214.500 toneladas de PET reciclado, por lo tanto, se espera que los aumentos de la demanda no se traduzcan en un significativo aumento del precio de mercado de la materia prima.

4.3 Competencia directa

A continuación, se analizará la competencia directa que posee el producto al salir al mercado, por competencia directa se entiende, aquellas empresas que fabrican exactamente el mismo filamento y lo dirigen al mismo mercado. El objetivo de este estudio es recabar información acerca de cómo la competencia puede influir en la economía del proyecto y qué acciones se deben tomar para entrar en el mercado.

Debido a lo novedoso que es el producto, actualmente no existen muchas empresas que producen filamentos para impresión 3D a partir de PET reciclado, si existen compañías que lo hacen a partir de la materia prima virgen, pero serán analizadas en una etapa posterior.

En Argentina solo la empresa Grillon3 produce este tipo de filamento y lo comercializa a través de una segunda marca conocida como 3N3. La empresa es líder en el mercado con toda una gama de filamentos de impresión 3D obtenidos a partir de materiales vírgenes como el PLA, ABS, PETG, NYLON, etc. Sin embargo, el nicho de PET reciclado aún se encuentra en etapa de desarrollo.

Se puede concluir que este nicho de mercado es novedoso, con un solo actor en desarrollo, por lo que la tarea de posicionarse en el mismo no será complicada, la clave pasa por ofrecer un producto de igual calidad a su homónimo producido con materia prima virgen. Para poder lograr esto es importante considerar una serie de factores acerca del filamento y de la impresora con la que se va a trabajar ya que ambos repercuten directamente en la calidad del producto final:

- Obtener una materia prima, en este caso pellets, lo más estandarizada posible para obtener un filamento que siempre posea las mismas características y así evitar problemas de impresión.
- Utilizar impresoras de tecnología FDM que puedan cumplir con estos requerimientos:
 - Temperatura de impresión de entre 220-240 °C.
 - Temperatura de la cama 50-60 °C y si la misma es de vidrio mejor para evitar problemas de adherencia y rotura de esta.
 - Velocidad de impresión aprox. 70mm/s.

Según la información proporcionada por fabricantes estos parámetros pueden cubrirse con impresoras convencionales por lo que no sería una limitante y además al tratarse de la utilización de tecnología FDM ya desarrollada hace un tiempo pudiendo entenderse como “madura” se elimina la cuota de incertidumbre que traería aparejada imprimir mediante alguno de los métodos nuevos aun en etapa de desarrollo.

En adición a lo expresado, al no ser un mercado saturado no existirá una fuerte competencia que tienda a bajar el precio, lo que permite obtener cierta libertad para modificar el precio en la introducción y así tener un margen aceptable.

4.4 Competencia Indirecta

4.4.1 Filamentos disponibles en el mercado

La competencia indirecta es aquella que produce bienes que pueden sustituir al filamento de PET reciclado. En la impresión 3D existen diversas tecnologías de producción, que se valen de distintos materiales de partida (polvo, filamento, líquido, pasta o lámina). La tecnología de impresión más difundida es la conocida por sus siglas en inglés como FDM (fused deposition modeling), este método utiliza filamentos como material de suministro, por lo tanto, en los siguientes párrafos se presentarán los diferentes filamentos ofrecidos en este mercado, con sus propiedades, proveedores y participación en el mercado.

PLA

EL PLA es una fibra sintética biodegradable, considerado el material plástico (virgen) más limpio de la gama. Su principal componente deriva de almidones vegetales (maíz, mandioca, caña de azúcar, etc.) llevados a un proceso de fermentación para lograr el ácido

láctico y posteriormente tratados en laboratorio hasta llegar al ácido poliláctico (Grilon3, 2023).

Dentro de sus cualidades figura el hecho de que no es tóxico y tampoco emana olores algunos durante su fusión, como así también la destacada adhesión entre capas al imprimirse, y el hecho que no precise cama calefaccionada para fijar la impresión.

Permite una impresión con destacada rigidez y superficie brillante, como así también compatibilidad con todo tipo de impresoras 3D del tipo FDM. Además, permite un excelente acabado, es fácil de usar, está disponible en una gran variedad de colores y es el más económico

Datos de mercado

- Participación de Mercado: 73%
- Proveedores: Grilon3 y Printalot
- Precio:
 - 1.75 mm, 1 kg: 12 USD
 - 2.85 mm, 1kg: 14 USD

ABS

El filamento 3D ABS permite crear piezas fuertes y duraderas. Es ligero, de alta resistencia mecánica, de impacto y considerable resistencia química, térmica y a la humedad. Además, se puede lijar, pintar, modelar y alisar con acetona, logrando así un acabado liso y refinado. (Grilon3, 2023) Todo esto lo convierte en un material muy utilizado en la industria automotriz y de electrodomésticos.

Datos de mercado

- Participación de Mercado: 9%
- Proveedores: Grilon3 y Printalot
- Precio: 1,75 mm, 1 kg: 13 USD

PETG

Combina perfectamente la facilidad de uso del PLA con la resistencia del ABS. (Grilon3, 2023). Conocido por su uso en botellas plásticas, en este caso modificado con Glicol, ofrece simpleza en su utilización y acabados brillantes con variantes de color translúcido que se destacan ofreciendo infinitas posibilidades creativas.

Posee muy buena resistencia mecánica, química y térmica (esta última, mayor a la del PLA), y excelente adherencia entre capas. Lo que se traduce en una excelente relación

precio/prestaciones/usabilidad. Además, es de fácil disposición final ya que no poseen aditivos que dificulten su reciclaje.

Datos de mercado

- Participación de Mercado: 10%
- Proveedores: Grilon3 y Printalot
- Precio:
 - 1,75 mm, 1kg: 14,5 USD
 - 2,85 mm, 1kg: 16,6 USD

NYLON 6

Poliamida de entrada al mundo técnico en impresiones 3D y uno de los plásticos de ingeniería más usados en el mundo para infinidad de aplicaciones industriales. Destaca su gran capacidad de tolerar rozamientos, elongaciones y compresiones, torsiones y altas temperaturas (Grilon3, 2023).

Es apto para usos generales de impresión, pero se destaca para piezas funcionales en donde se someterán a ciertos grados de tensión y estrés mecánico, sus especificaciones lo convierten en un material capaz de resistir considerables cargas, ya sean estáticas o dinámicas, por lo que es especialmente indicado para imprimir partes estructurales y engranajes (Grilon3, 2023).

Posee una excelente adherencia entre capas como así también una destacada flexibilidad. Por último, se logra un excelente acabado ya que se puede mecanizar, lijar y pintar.

Datos de mercado

- Participación de Mercado: 4%
- Proveedores: Grilon3 y Printalot
- Precio: 1,75 mm, 1kg: 26,6 USD

Flex

Formulado a partir de poliuretano termoplástico, permite la creación de piezas elásticas. Maximiza las posibilidades de la impresora, creando piezas que requieran absorción de golpes, amortiguación, etc. Ideal para crear zapatillas, sandalias y fundas para celulares. El filamento tiene bajo rozamiento superficial para evitar atascos en el extrusor. Las piezas impresas son resistentes al ataque de hidrocarburos y soportan excelentemente esfuerzos de tracción y desgarro.

Datos de mercado

- Participación de Mercado: 4%
- Proveedores: Grilon3 y Printalot
- Precio: 1,75 mm, 1kg: 13,7 USD

A continuación, se ilustra en la tabla 9 las diferentes características comerciales de los materiales citados anteriormente. Más adelante, en el capítulo 6 se hará una comparación entre las propiedades físicas de estos filamentos y la del PET reciclado, remarcando las ventajas y desventajas del mismo desde un punto de vista técnico.

Tabla 9: Características de comercialización de los filamentos.

Material	PLA	ABS	PETG	NYLON 6	FLEX
Diametro (mm)	1,75 / 2,85	1,75 / 2,85	1,75 / 2,85	1,75	1,75
Metros/Kg	335,2 / 126,4	395,9 / 149,2	327,3 / 123,4	364,6	352,3
Tol. Diametro (mm)	+ - 0,03 / + - 0,05	+ - 0,02 / + - 0,05	+ - 0,03 / + - 0,05	+ - 0,03	+ - 0,3
Temp. Extrusor (°C)	190 / 230	230 / 245	225 / 245	230/250	235/245
Temp. Mesa (°C)	40 / 55	85 / 95	65 / 80	90/110	40
Densidad (Grs/cm3)	1,25	1,05	1,27	1,14	1,25
Adhesivo	Laca cab. Fuerte	Laca cab. Fuerte	Laca cab. Fuerte	Laca cab. Fuerte	Laca cab. Fuerte

Fuente: propia

4.4.2 Definición de la competencia indirecta

Como puede observarse, todos los materiales ofrecidos en el mercado presentan similares características de comercialización, por lo tanto, es recomendable adaptar el filamento de PET reciclado a las mismas.

Además, analizando los datos se pueden diferenciar dos categorías de materiales en función a su aplicación final, aquellos utilizados para fabricar productos de uso cotidiano o general, los cuales no son sometidos condiciones extremas (PLA, ABS y PETG) y aquellos utilizados en aplicaciones de ingeniería (NYLON 6), donde el producto final es sometido a mayores exigencias.

En adición, cuanto mejores sean las propiedades del filamento (NYLON 6), más exigentes serán las condiciones de impresión, como consecuencia, no todas las impresoras son aptas para imprimir materiales de ingeniería (se puede observar cómo se necesita mayor temperatura para efectuar la impresión). En cambio, materiales como el PLA pueden ser trabajados por cualquier impresora que trabaje con la tecnología FDM. Esto lógicamente también se puede observar en el precio que poseen los diferentes filamentos, siendo los de ingeniería los más costosos.

Realizada la presentación de los diferentes productos que actualmente se disputan prácticamente la totalidad del mercado se puede concluir que el filamento de PET reciclado competirá:

Como sustituto del PETG, era de esperarse ya que se trata del mismo material, pero en estado virgen. Como se verá más adelante, el PET reciclado posee propiedades físicas que favorecen su proceso de producción en comparación con el material en estado virgen.

Pero, a pesar de que el producto final obtenido, tenga propiedades físicas similares a las del PETG, puede tener una mayor variabilidad en las mismas, esto se debe en gran medida a las características de la materia prima (no siempre se obtiene de la misma calidad). Por lo tanto, lograr un suministro confiable de pellets de PET reciclado se convierte en un factor clave para garantizar el éxito del filamento en el mercado.

También, se puede decir que se encuentra en el PLA una competencia indirecta, esto se debe a que ambos materiales son amigables con el ambiente, este último es un polímero biodegradable, es decir, obtenido a partir de materia prima orgánica. En cambio, el RPET (PET reciclado) es producido a partir de residuos de PET, ambas soluciones contribuyen a un mayor cuidado del medio ambiente.

Además, en base a sus propiedades físicas y mecánicas, están dirigidos hacia las mismas aplicaciones de impresión, no son materiales de ingeniería, sino que están orientados a usos de menor exigencia. También se puede decir que ambos productos tienen precios similares, siendo el RPET un tanto más caro.

Por último, también se puede visualizar que el RPET posee propiedades similares a las del ABS, por lo tanto, se lo considera como un competidor indirecto, pero, sin embargo, a diferencia del PLA, no es un material biodegradable u obtenido a partir de fuentes renovables, sino que, todo lo contrario, es uno de los materiales que más emisiones de CO₂ genera en su proceso de producción. Esto permite que el PET reciclado obtenga una clara ventaja frente a este material.

4.5 Conclusión

Finalizado el estudio de mercado competidor se pueden obtener las siguientes conclusiones:

1. El mercado proveedor de PET reciclado no se encuentra saturado, si bien existen pocas empresas que dominan gran parte del mismo, dados los requerimientos de

pellets que presenta el proyecto no se visualiza una fuerte competencia que empuje el precio del mismo a la suba.

2. Con respecto a la competencia directa, al ser un nicho de mercado novedoso, solo existe una empresa (Grillon3) que produce filamentos de PET reciclado a través de una segunda marca 3N3, al ser una compañía líder en el mercado argentino de producción de filamentos, se espera que se posiciones fácilmente como los líderes del mercado. Sin embargo, dado el tamaño del mercado y el potencial de crecimiento, existe margen para que se desarrollen más competidores, es de suma importancia obtener una materia prima de excelente calidad para poder ingresar al mercado.
3. La competencia indirecta la integran todos aquellos filamentos que no sean de ingeniería, es decir que sean utilizados para fabricar producto que no sean sometidos a altas exigencias. Entre los más conocidos podemos nombrar al PLA, PETG y ABS, los cuales pueden sustituir al filamento de PET reciclado.
4. Como se verá en detalle en el capítulo siguiente, se busca abarcar una parte del mercado actual del PETG y también podría ser una muy pequeña parte del porcentaje de mercado que actualmente posee el PLA, ya que propiedades del filamento de PET reciclado son similares. Por lo tanto, la fijación del precio del producto será teniendo en cuenta los precios de mercado de este filamento y la estructura de costos actual de la empresa.
5. Teniendo en cuenta la forma en la que se comercializan los filamentos en el mercado, este se debe comercializar en bobinas plásticas las cuales tendrán 1kg y 1,75 mm de diámetro, lo que equivale aproximadamente a 330 metros, ya que, todas las impresoras de escritorios están diseñadas para trabajar con materia prima de estas características. Además, los filamentos son envasados al vacío para proteger el producto de la humedad (los filamentos húmedos pueden tener problemas en la impresión) y colocados en cajas de cartón. En el anexo I se puede ver la hoja de datos del producto con todas sus características y recomendaciones.

Capítulo 5: “Estudio de mercado consumidor”

5.1 Introducción.

Permite identificar quiénes serán las entidades dispuestas a adquirir el producto, con el objetivo de poder estimar los ingresos por ventas que generará la implementación del proyecto (Sapag Chain, 2008).

1. En una primera instancia se describe la estructura del mercado consumidor, el objetivo será determinar los márgenes que utilizan los distribuidores para comercializar el producto y si existen posibilidades de desarrollar una venta directa.
2. Luego en una segunda etapa se analiza cuantitativamente el mercado.
3. La tercera etapa consiste en realizar una proyección a futuro, para lo cual se examinan tendencias de mercado, tanto de los filamentos como de la impresión 3D en general.

En este apartado entonces se determina la posibilidad de introducir el producto en el mercado, se estima la magnitud de la demanda inicialmente y cómo podría evolucionar la misma, la composición de los potenciales clientes y la ubicación de estos.

5.2 Potenciales clientes

Los clientes que podrían adquirir el producto, los cuales, forman parte del mercado potencial ya que, desean el producto y están en condiciones de comprarlo. Son los usuarios de impresoras hobbistas, es decir, impresoras que son utilizadas para producir productos plásticos de uso cotidiano, decorativos que no están sometidos a gran exigencia.

Existen otras impresoras, denominadas profesionales o industriales, las cuales, emplean filamentos hechos a partir de materiales especiales de ingeniería y en muchos casos las mismas utilizan otro tipo de tecnologías más complejas donde es más común observar la impresión metálica. Son utilizadas en empresas para producir lotes voluminosos. poseen también mayores dimensiones y mejores parámetros de impresión, permitiendo la producción de productos que deben ser sometidos a altas exigencias a partir de materiales de ingeniería.

Las impresoras de escritorio (hobbistas) están diseñadas para su uso en un entorno típico de oficina. Surgieron en los primeros años del siglo y tienen precios finales que van de los US\$ 300 a US\$ 5000. La tecnología más popular en este segmento es por lejos la FDM (Fused Deposition Modelling). La accesibilidad, versatilidad y relativa facilidad de uso hizo populares a estas impresoras entre los equipos de diseño, emprendedores e

instituciones educativas. Adquirieron además un perfil mediático muy elevado, atrayendo un amplio rango de clientes. Esto propulsó la adopción por parte de empresas que no hubieran considerado esta tecnología, relativamente joven, pero de rápida maduración (INTI, 2019).

Encuestas (Opinala, 2021) realizadas por la encuestadora Opinala para Ecoplas (instituto especializado en plásticos y medio ambiente) arrojan los siguientes datos:

- Un 43% de las personas están predispuestas a pagar más por un producto hecho con plástico reciclado.
- Un 61% de las personas compraría un producto de plástico reciclado si su precio es competitivo o accesible.
- Un 53% de las personas compraría el producto sí cuenta con una certificación ambiental.

Por lo tanto, siendo este filamento de origen reciclado y teniendo en consideración que sus propiedades son similares (ver capítulo 6) a las de los otros filamentos, se puede posicionar el producto en mercado.

Los clientes que podrían adquirir el producto son los que se listan a continuación:

- Grandes mayoristas de productos para la manufactura aditiva, los cuales comercializan las impresoras, filamentos y todos los insumos necesarios para imprimir 3D.
- Pequeños locales especializados en insumos y repuestos para la impresión 3D.
- Productores dedicados a la generación de productos finales a partir de impresión 3D.
- Instituciones educativas como escuelas secundarias técnicas y universidades que posean impresoras y las utilicen para la capacitación de su alumnado.

Como se puede observar, los primeros 2 canales de venta corresponden a distribuidores, los cuales funcionan como intermediarios, que luego le ofrecerán el filamento al consumidor final, en estos casos se debe tener en cuenta el margen de ganancia (30%) que aplica el intermediario por comercializar el producto, será necesario ofrecer el producto a un precio menor para que de esta forma llegue al mercado con un valor competitivo.

El tercero corresponde a un canal de venta directa, donde se tiene un contacto directo con el consumidor permitiendo obtener mayores márgenes, pero requiriendo mayores acciones de marketing para poder llegar al consumidor final.

Por último, la venta a las instituciones educativas podría realizarse de ambas formas, de manera directa o podrían adquirir el filamento mediante intermediarios.

5.3 Análisis cuantitativo del mercado consumidor

5.3.1 Análisis cuantitativo de la demanda actual

En los párrafos siguientes se procede a establecer cuantitativamente cuál es la demanda actual de filamentos utilizados en procesos de manufactura aditiva, es decir, aquella demanda ejercida directamente por los clientes del proyecto, que luego producirán a partir de los diferentes filamentos, diversos productos plásticos.

Con el fin de obtener datos representativos de la situación actual se consulto con los lideres del mercado (Printalot y Grilon) y también con empresas mas pequeñas cual era la cantidad y variabilidad de los filamentos que se producen en el país.

Según datos brindados por la empresa cordobesa productora de impresoras 3D y filamentos "Hellbot", actualmente se producen y venden aproximadamente 670 toneladas (Tn) anuales de filamentos de PLA en Argentina abarcando el 73% del mercado. Además, esta misma fuente aseguro que los filamentos producidos de otro tipo de plásticos representan el 10% el PETG siendo aproximadamente 92 toneladas, el 9% el ABS siendo casi 83 toneladas y del restante 8% los más sobresalientes con cuotas de mercado cercanas al 4% cada uno, que serían 35 toneladas, se encuentran el Nylon y el Flex, lo que daría una cantidad anual total cercana a las 920 toneladas (918,4 Tn exactamente). Entonces se puede establecer que la matriz de filamentos en Argentina está representada de manera mayoritaria por el PLA, con un 73% de participación . Lo mencionado se puede apreciar en la figura 7 a continuación.

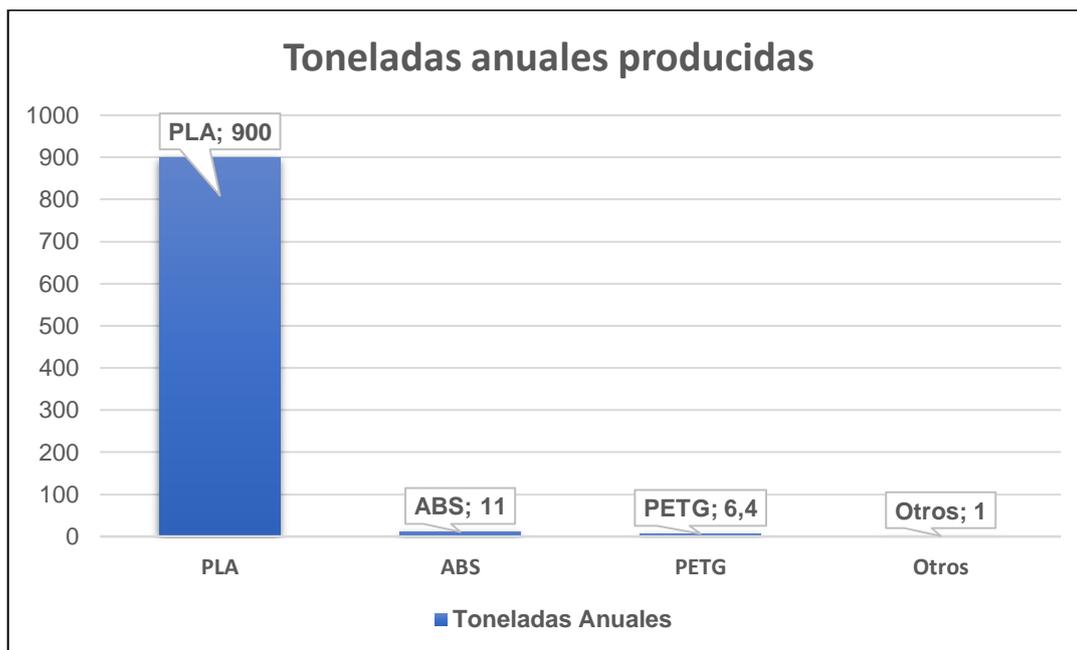


Figura 7: Producción anual de Filamentos. Fuente: Hellbot - propia

Además, agregan que las importaciones de PLA no alcanzan siquiera las 2 toneladas anuales, lo que sería un 0,22% en comparación con la producción nacional. Por estos motivos se decide tomar la producción nacional como representativa del mercado de filamentos para impresión 3D en Argentina.

Como se mencionó en el estudio de la competencia indirecta, el PET reciclado puede funcionar perfectamente como un sustituto del PETG, ya que como se detallará en el capítulo 6.2, sus propiedades son incluso mejores. También podría sustituir al PLA pero en mucho menor medida, ya que ambos son amigables con el medio ambiente y presentan propiedades físicas, químicas y mecánicas similares.

5.3.2 Evolución de la demanda de filamentos de impresión 3D

Debido al déficit de información existente en Argentina respecto a la evolución histórica del mercado de filamento para impresión 3D, el mismo, se estima en base a las ventas de impresoras 3D de escritorio con tecnología FDM. Las tasas de crecimiento obtenidas luego serán utilizadas para estimar la proyección del mercado de filamentos para impresión 3D utilizado en este tipo de impresoras.

Se toma como representativo para estimar la evolución de la demanda de filamentos el crecimiento de las impresoras hobbistas, ya que un porcentaje muy elevado de estas emplea la tecnología FDM "Fused Deposition Modeling" en el proceso; en consecuencia,

su incremento en ventas conlleva a una mayor utilización de filamentos básicos como el PLA, ABS, PETG y PET reciclado.

5.3.2.1 Datos cuantitativos del mercado de manufactura aditiva argentino

A continuación, se aprecia en la figura 8 un gráfico en el cual para cada año se detalla la cantidad de impresoras de escritorio producidas en Argentina con tecnología FDM, la cantidad importada y el total de estas (a la hora de realizar la suma solo se considera el 90% de unidades importadas ya que este porcentaje son de tecnología FDM la cual utiliza los filamentos, el 10% restante correspondiente a otras tecnologías por lo que no será de utilidad para el estudio y por ello se desprecia).

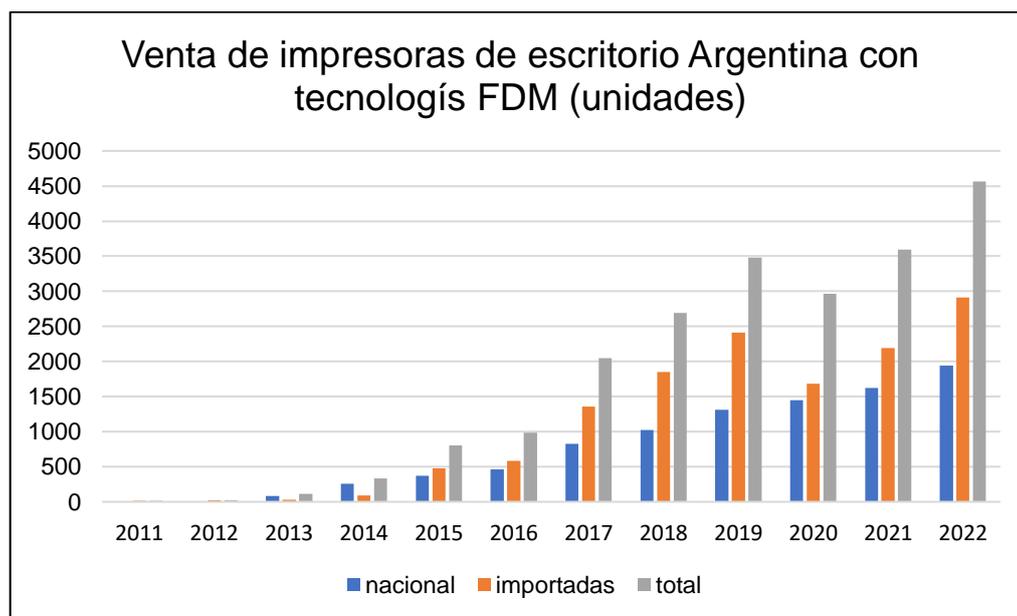


Figura 8: Venta de impresora de escritorio en Argentina. Fuente: INTI - propia

Se puede ver como el mercado se encuentra en constante crecimiento, (dejando de lado el 2020 año de pandemia), en 2017 se presentan picos de demanda, muy posiblemente asociados a los resultados positivos de este tipo de manufactura disruptiva.

A continuación, se presenta la figura 9 donde se puede apreciar cómo evoluciona la venta de este tipo de impresoras 3D a futuro y su tendencia.

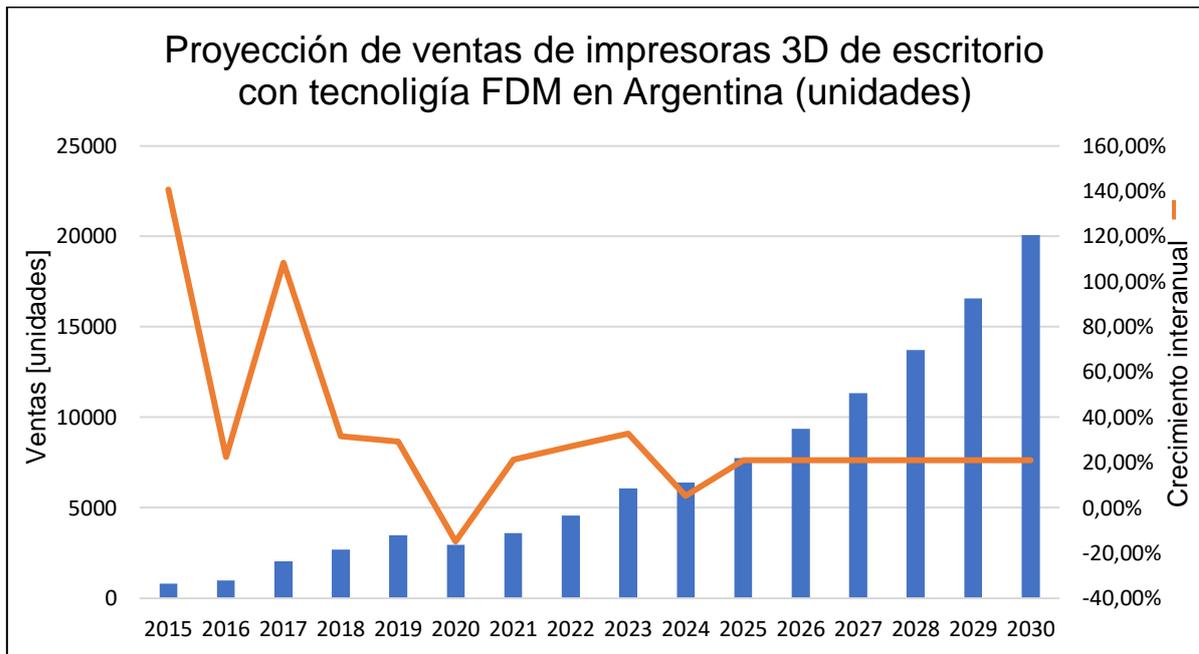


Figura 9: Proyección de ventas de impresoras 3D en Argentina. Fuente: INTI - propia

Como puede verse, el mercado en general va evolucionando y se espera que en los próximos años crezca a una tasa del 21% debido a las noticias positivas sobre los avances que posee su uso en las diferentes industrias (Mordor Intelligence, 2023).

5.3.2.2 Proyección de la demanda de filamentos

Analizados los datos relevantes a la evolución histórica del mercado de impresión 3D, en Argentina, se procede a realizar la proyección a futuro de la demanda de filamentos para impresión 3D.

Se parte del dato brindado por el fabricante Hellbot de la producción anual en toneladas de filamentos plásticos en Argentina (918,4 toneladas). Ahora bien, teniendo en cuenta:

- La tasa de crecimiento estimada que posee la venta de impresoras 3D.
- Estudio de mercado de filamentos que realiza la empresa Mordor Intelligence, el cual dice que para los próximos 6 años la evolución de la demanda de filamentos se incrementa anualmente en un 17,5%.

Se realiza la proyección del mercado potencial de filamentos, expresada en ventas anuales de kilogramos de filamento (véase figura 10).

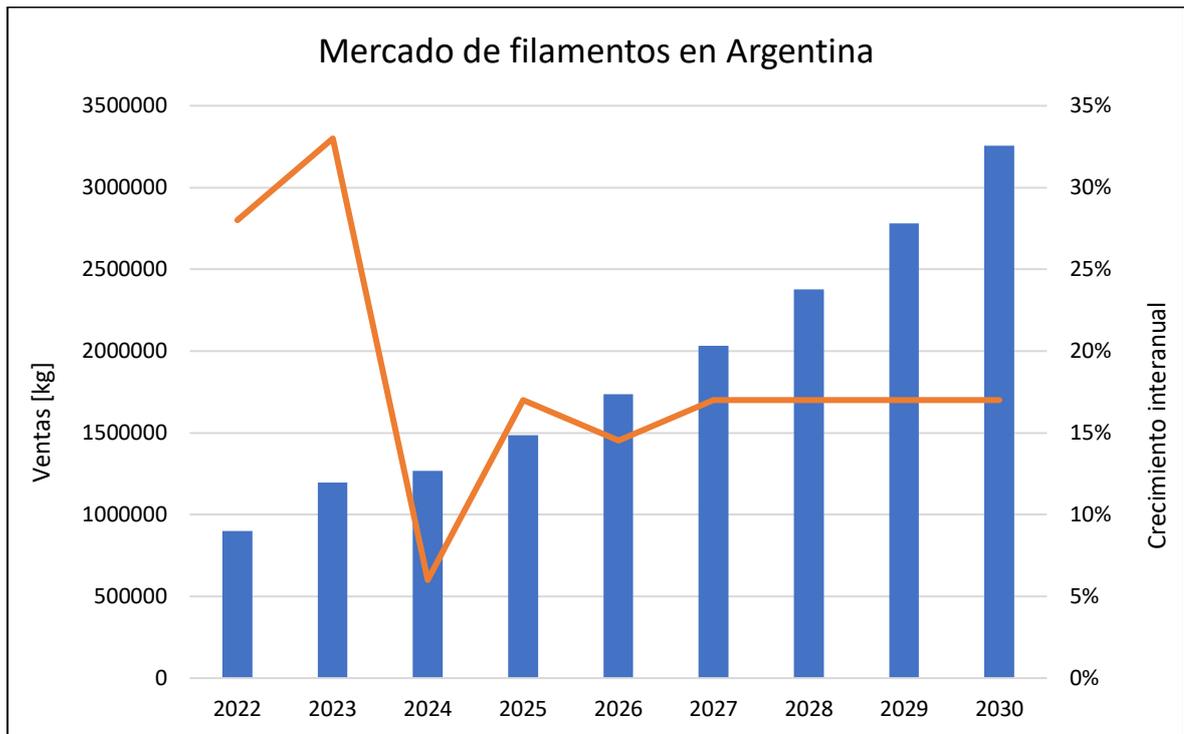


Figura 10: Proyección del mercado de filamentos en Argentina. Fuente: propia

Se puede concluir, que el mercado de filamentos plásticos destinados a la impresión 3D en Argentina posee un alto potencial de crecimiento, esto quiere decir, que, a pesar del desarrollo de nuevas tecnologías de impresión, la basada en FDM sigue mostrando un alto atractivo, permitiendo entonces, prever una demanda de filamentos sostenida en el tiempo.

Para 2023 se espera que la demanda de filamentos para impresión 3D se encuentre alrededor de las 1.200 toneladas.

5.3.3 Conclusiones del estudio de mercado consumidor

Se presentan a continuación, un resumen de las conclusiones obtenidas a partir del estudio de mercado consumidor sobre: la estructura del mercado, demanda actual y su proyección a futuro.

1. Se define como mercado objetivo, aquellos usuarios de impresoras 3D de escritorio, los cuales imprimen productos de uso cotidiano, o decorativos que no están sometidos a grandes exigencias.
2. Del análisis de la estructura del mercado se puede decir, que existen dos alternativas para comercializar el producto.
 - a. La primera consiste en realizarlo a partir de los distribuidores, los cuales aplican un 30% sobre el precio al cual se les vende el filamento. Esta es una excelente alternativa ya que generalmente los usuarios de impresoras 3D

- (hobbistas y pequeñas empresas) adquieren sus filamentos en estos comercios, lo que permite tener presencia en amplias zonas geográficas.
- b. La segunda opción consiste en desarrollar la venta directa mediante e-commerce, esto permite tener un mayor margen de contribución, ya que se evita el porcentaje aplicado por el intermediario, pero sin embargo es necesario desarrollar una estrategia de marketing para que el producto llegue al mercado.
3. Según los resultados de encuestas realizadas (Opinala, 2021), las personas están cada vez más concientizadas sobre los problemas ambientales actuales, por lo tanto, se espera que el producto, al ser de origen reciclado tenga una amplia aceptación por parte del consumidor. Los datos relevados de las distintas encuestas muestran que el 61% de las personas encuestadas comprarían un producto reciclado por sobre otro, si sus características de venta son competitivas.
 4. Se recomienda fijar el precio del producto teniendo en cuenta los precios de actuales de los filamentos (entre 12 y 15 USD) y la estructura de costos actual de la empresa. Los clientes están dispuestos a pagar un precio un poco mayor por un producto de origen reciclado, por lo tanto, se puede ubicar al producto un escalón por encima del PLA y prácticamente igual o hasta incluso más barato que el PETG, siendo muy competitivo para con este último en la escala de precios. Se fija el precio de mercado del filamento en 13 USD, por lo que el producto es comercializado al proveedor a 10 USD.
 5. El mercado de filamentos de impresión 3D en argentina, ronda las 918 toneladas anuales, donde predomina con un 73% del mercado los filamentos de PLA y lo sigue con 10% el PETG. Como se dijo anteriormente el PET reciclado puede funcionar como sustituto del PETG, por lo tanto, el primer objetivo es poder abarcar el 10% del mercado del PETG y debido a la gran cantidad del PLA quizá una parte de este mercado, pero como segunda opción. De esta manera buscamos cubrir un 1% del mercado total (9 toneladas anuales aprox.) para el primer año. Luego a medida que el mercado continúe creciendo y el producto se consolide, se planea incrementar la participación en el mercado, produciendo las cantidades que se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 10: Proyección de ventas.

Año	Producción anual de mercado (Kg)	% Mercado	Producción anual (kg)
2023	1.197.000	1,00%	11.970
2024	1.268.820	1,50%	19.032
2025	1.484.519	1,50%	22.268
2026	1.736.888	1,80%	31.264
2027	2.032.159	1,80%	36.579
2028	2.377.626	2,00%	47.553
2029	2.781.822	2,00%	55.636
2030	3.254.732	2,50%	81.368
2031	3.808.036	2,50%	95.201
2032	4.455.402	2,50%	111.385

Fuente: propia

Capítulo 6:

“Análisis técnico de las propiedades del PET reciclado”

6.1 Introducción

En este capítulo se tiene por objetivo demostrar, mediante investigaciones llevadas a cabo por universidades europeas que:

1. El PET reciclado es un material que posee propiedades de extrusión favorables, es decir, que es factible producir el filamento mediante el proceso de extrusión en línea.
2. El filamento de PET reciclado ya extruido y preparado para su venta posee propiedades mecánicas similares a las de sus principales competidores (PLA, ABS, PETG).

De esta manera se puede demostrar que el material es seleccionado en base a investigaciones de sus propiedades y no se plantea un material no es factible de producir o sus propiedades no son las adecuadas.

6.1 Análisis técnico de las propiedades del PET reciclado para ser procesado

En esta sección se realiza un análisis técnico sobre las propiedades del PET reciclado como material para extruir, recalcando las ventajas del mismo que justifican su elección.

El estudio fue extraído de un artículo journal (Exconde, Anne, Manapat, & Magdaluyo, 2019) el cual, involucró el análisis de diferentes alternativas de plásticos, como LDPE virgen (polietileno de baja densidad), HDPE virgen (polietileno de alta densidad), PET virgen, PP virgen (polipropileno), HDPE reciclado y PET reciclado.

Para el proceso de selección se utilizó la metodología ELECTRE. Los métodos Electre (Elimination et Choix Traduisant la Réalité) se crearon desde el centro Lamsade de la Universidad de París IX (Dauphine) a partir del año 1968 (Solanas, 2013).

Están basados en la definición de relaciones de superación entre cada par de alternativas, afirmándose que una alternativa a_i supera a otra a_k si a_i “es tan buena al menos” como a_k en “una mayoría” de los criterios, y no hay ningún criterio en el que sea “notoriamente inferior”.

6.1.1 Variables de decisión

Las propiedades que se tuvieron en cuenta incluyen la resistencia a la tracción, el punto de fusión, la temperatura de transición vítrea, el índice de flujo de fusión, el coeficiente de expansión térmica y el costo.

El primer paso del proceso de ELECTRE involucró la determinación de los pesos “ w_i ” de cada propiedad “ x_i ” del material “ m ”, en base a la importancia que posee está a la hora

de extruir el filamento. A continuación, se muestra una Tabla 11 con el peso de cada propiedad física y los valores que adoptan en los distintos materiales a comparar.

Tabla 11: Propiedades físicas de los materiales. Fuente: Exconde - propia

	Tm (°C)	Tg (°C)	CTE (µm.°C/m)	MFI (g/10.min)	TS (Mpa)
Weight (Wi)	0,275	0,1	0,15	0,275	0,2
LDPE	114	-110	180	0,24	16,1
HDPE	190	-90	110	3,37	25,45
PET	270	72	117	3,9	57,5
PP	165,5	-10	95,05	13	28
HDPE Reciclado	190	-120	56	2,85	25,59
PET Reciclado	230	74	76	4,68	119,5

Fuente: Exconde - propia

El punto de fusión (Tm) y el índice de flujo de fusión (MFI) se consideraron los parámetros más significativos en el proceso de extrusión, por lo tanto, ambos tienen el mayor peso o coeficiente de énfasis relativo del 27,5%.

Si el material tiene un punto de fusión más bajo, la energía térmica requerida para transformarlo del estado sólido al estado líquido es menor. De la misma manera, los termoplásticos con un alto índice de flujo de fusión (MFI) tienen una baja viscosidad (menor resistencia al flujo) lo que se traduce en mejores propiedades de flujo.

La resistencia a la tracción (TS) es la siguiente característica más importante, a la cual se le dio un peso del 20%. Se prefieren materiales con una resistencia a la tracción más baja porque las deformaciones plásticas se pueden impartir fácilmente con un menor trabajo mecánico. Específicamente, en procesos de extrusión, si la resistencia a la tracción de un termoplástico es baja, el plástico saldría más fácilmente de la boquilla del extrusor en comparación con plásticos que poseen alta resistencia a la tracción.

El coeficiente de expansión térmica (CTE) es la cuarta propiedad en escala de importancia con un peso relativo de 15%. También es preferible con valores más bajos, pero tiene una menor importancia para los procesos de extrusión. La expansión dimensional de un termoplástico es directamente proporcional al coeficiente de expansión térmica. Si el CTE de un termoplástico fuera alto, a medida que se mueve a lo largo del extrusor antes de estar completamente fundido, la expansión del material puede causar tensiones compresivas en el extrusor y afectar la eficiencia y facilidad de extrusión.

Por último, la temperatura de transición vítrea Tg se encuentra en el fondo de la escala de importancia con un valor relativo del 10%. La temperatura de transición vítrea indica un rango en el que los polímeros pasan de estar duros y rígidos a flexibles y blandos, por lo

tanto, cuanto más flexible sea el material menor trabajo mecánico se requerirá para deformarlo, favoreciendo la extrusión del mismo.

6.1.2 Conclusiones

Los resultados también mostraron que el PET reciclado superó al PET virgen. Esto se debe a que el PET reciclado proviene de un producto posconsumo, el cual se espera que presente degradación termomecánica durante su reprocesamiento y degradación gradual con el tiempo. Por lo tanto, la resina derivada de un producto posconsumo es más maleable o fácil de procesar debido a la degradación termomecánica inherente.

6.2. Análisis técnico de las propiedades del filamento

En este capítulo, se prosigue a realizar una comparación de las propiedades mecánicas del filamento de PET reciclado con los del PETG. Se seleccionan estos materiales ya que, como se mencionó anteriormente, al ser el mismo material, poseen características similares y están dirigidos hacia las mismas aplicaciones.

Los datos presentados en las siguientes secciones fueron obtenidos a partir de un estudio (Schneevogt, y otros, 2021) donde investigadores alemanes y suecos realizaron ensayos de tracción a probetas impresas en 3D de PET reciclado y PETG. Con un módulo de elasticidad de 2300 y 2150 Mpa respectivamente.

6.2.2 Resultados

A continuación, se analizan los resultados de los ensayos de tracción realizados a las probetas de los materiales, se adelanta que existe un comportamiento diferente en el rango no lineal, es decir, en el estado de deformación plástica. Por lo tanto, primero se analizará el comportamiento lineal (periodo elástico) y luego el comportamiento plástico.

6.2.2.1 Comportamiento lineal elástico

El comportamiento de tensión global de todas las muestras se representa en el gráfico de fuerza-desplazamiento presentado mediante la Figura 8 b, donde las líneas negras (sólidas y discontinuas) representan la media aritmética de la fuerza y las áreas sombreadas representan los intervalos de confianza del 95% (Schneevogt, y otros, 2021).

Por inspección visual, es evidente que la repetibilidad de los resultados es muy alta en el rango elástico lineal, que es de principal interés en el diseño de ingeniería.

Para determinar el módulo de elasticidad, se requieren los equivalentes esfuerzo-deformación. Esto se debe a que la pendiente de la curva de esfuerzo-deformación entre el 0.05% y el 0.25% de deformación específica, se utiliza para este parámetro.

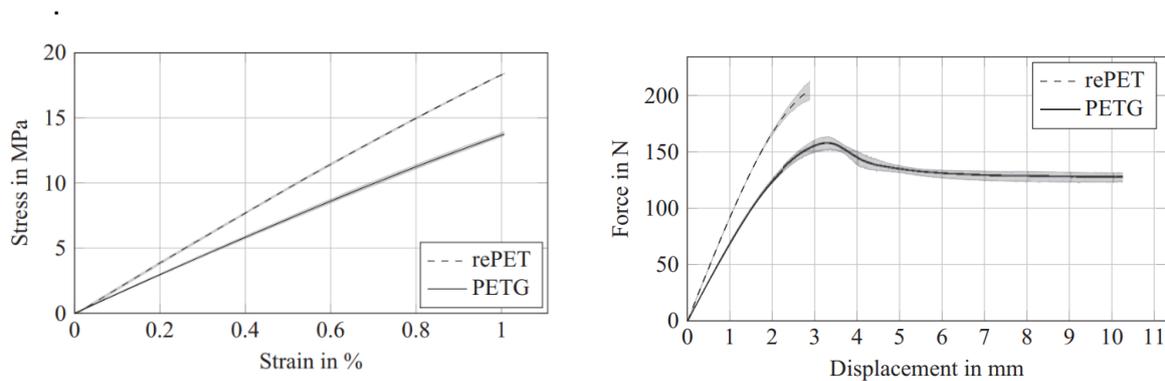


Figura 8: Grafico a) tensión-deformación. b) fuerza-desplazamiento Fuente: Ensayo de tracción.

En general, se puede observar que el material reciclado tiene un mejor rendimiento en el rango elástico lineal y se recomienda un factor de seguridad de al menos 0,8 en el diseño de ingeniería, es decir, se aconseja que la tensión máxima de cálculo sea de 41 MPa.

6.2.2.2 Comportamiento no lineal (periodo plástico)

En esta subsección, se aborda el comportamiento no lineal a la tracción de las muestras y su respuesta completamente diferente. Dado que los materiales se comportaron de manera muy diferente, es necesario prevenir el comportamiento no lineal para su aplicación segura, los filamentos solo deben utilizarse para estructuras evaluadas con principios de diseño de ingeniería (periodo elástico).

A continuación, se presenta la Tabla 12 donde se detallan los datos obtenidos referentes al periodo plástico del ensayo de tracción realizado.

Tabla 12: Resultados obtenidos del ensayo de tracción.

Sample	Ultimate tensile strength (N)	Plastic deformation	Failure	Elongation at break (%), Time at break (t_b) (min), Time at stop (t_s) (min)
PET 1	221.30	Not observed	Observed	2.09, $t_b = 1.45$
PET 2	232.48	Not observed	Observed	1.96, $t_b = 1.42$
PET 3	207.78	Not observed	Observed	1.72, $t_b = 1.28$
PET 4	208.90	Not observed	Observed	2.27, $t_b = 1.47$
PET 5	203.40	Not observed	Observed	2.40, $t_b = 1.55$
PETG 1	165.38	Observed	Not observed	(>22.40, $t_s = 14.42$)
PETG 2	158.58	Observed	Not observed	(>11.28, $t_s = 6.88$)
PETG 3	164.50	Observed	Not observed	(>11.29, $t_s = 6.89$)
PETG 4	151.02	Observed	Not observed	(>12.07, $t_s = 7.35$)
PETG 5	149.37	Observed	Observed	10.02, $t_b = 6.06$

Fuente: Ensayo de tracción

6.2.3 Conclusión del ensayo de tracción

Los experimentos de tracción revelaron pequeñas variaciones en el rango elástico lineal, mientras que el comportamiento no lineal fue fundamentalmente diferente. En el rango no lineal, el PETG mostró una ductilidad muy alta, mientras que el RPET mostró un

comportamiento frágil de falla. Por lo tanto, se sugiere utilizar el material solo para el diseño de ingeniería y evitar el comportamiento no lineal.

A continuación, se presenta la Tabla 13 resumen de las propiedades del PET reciclado obtenidas a partir del ensayo, también se muestran las de sus principales sustitutos con el objetivo de realizar una comparación objetiva. Los valores de estos últimos se basan en estimaciones sobre sus propiedades si los ensayos se realizaran en base a probetas obtenidas por medio de impresión 3D.

Tabla 13: Comparación de propiedades

Propiedad Mecánica	RePET	PETG	PLA	ABS
Resistencia a la tracción (Mpa)	39,4	35	51	40,4
Resistencia a la rotura (Mpa)	40	16,15	45,05	0
Módulo de elasticidad (Mpa)	1972	1819	2347	55,3
Elongación a la rotura (%)	2,1	130	6	15
Resistencia a la flexión (Mpa)	S/D	75	83	70,6
Modulo de flexión (Mpa)	S/D	2150	3,8	2,4
Dureza (shore D)	68.7	70	83	50

Fuente: propia

- Resistencia a la tracción: El RPET posee valores similares a los del ABS, y solo es superado por el PLA, teniendo este último una resistencia un 25% mayor.
- Resistencia a la rotura: El RPET tiene una rotura frágil, su resistencia a la rotura dista de pocos MPa con respecto a su resistencia a la tracción, por lo tanto, se recomienda trabajar con coeficientes de seguridad del 0,8.
- Módulo de elasticidad: Se aprecia como el RPET aventaja a los demás materiales en esta propiedad (excepto el PLA), lo que permite imprimirle grandes fuerzas y al cesar estas retomar a su estado original. Similares condiciones presentan el PETG, sin embargo, los demás materiales presentan valores más bajos.
- Elongación a la rotura: El RPET al ser un material frágil, prácticamente no se deforma hasta romperse, por esto es por lo que se recomienda su uso para aplicaciones de ingeniería (donde se trabaja dentro del periodo elástico).
- Dureza: El PETG y el RPET presentan valores similares, muy por encima de los mostrados por el ABS (50%). Esto permite que los materiales posean mayor resistencia a los golpes o rayaduras.

En el anexo I donde se presenta la hoja de datos del filamento de PET reciclado, se encuentra información referida a sus propiedades físicas, mecánicas y de impresión. Además, se realizan algunas recomendaciones que se deben tener en cuenta a la hora de su impresión.

Finalmente, al comparar las propiedades finales que presenta el filamento, se observa que todos los productos que compiten en el nicho de mercado poseen valores similares, algunos son más resistentes que otros, pero poseen una menor ductilidad. A grandes rasgos se concluye que el filamento de PET reciclado se encuentra en condiciones de competir en el mercado, y que por el hecho de ser un producto fabricado a partir de material reciclado no se evidencia un deterioro significativo de sus propiedades.

Capítulo 7: “Estudio Técnico”

7.1 Introducción

En este capítulo del proyecto se realiza el estudio de factibilidad técnica sobre la producción de filamentos de impresión 3D a partir de PET reciclado, el mismo tiene como principal objetivo determinar la función de producción óptima para llevar a cabo el proyecto, de la cual, se desprenden las inversiones y costos que más impacto tienen en el mismo.

En la primera sección se describe el proceso productivo empleado, donde se señalan las diferentes etapas y se presenta el equipamiento necesario para llevar a cabo cada actividad.

Luego en una segunda sección se realiza un análisis técnico-económico de la tecnología de producción existente, donde una vez finalizado el mismo queda definida la maquinaria necesaria para la producción del filamento según las condiciones previamente exigidas.

La tercera sección se basa en el cálculo de la capacidad que tendrá la planta en los diferentes periodos de evaluación.

En base a la tecnología de producción elegida y a la capacidad de la planta, en la cuarta sección del estudio técnico se determinarán los requerimientos de materia prima, insumos, mano de obra, otros equipos y obra física, para el correcto funcionamiento de la planta.

Como conclusión del estudio técnico se resumen las principales inversiones, costos e ingresos que se determinan en este capítulo.

7.2 Descripción del proceso

La fabricación de filamentos poliméricos para impresoras 3D por lo general se realiza a través del proceso de extrusión (Figura 9). El material de partida puede ser una resina termoplástica en forma de polvo o gránulos, o un producto reciclado que se alimenta al extrusor a través de la tolva de alimentación y se convierte en un material fundido continuo y uniforme. El plástico fundido se moldea a través de una boquilla y finalmente se extruye en su forma final a través de diámetros estandarizados compatibles con la entrada de la impresora 3D (Exconde, Anne, Manapat, & Magdaluyo, 2019).



Figura 9: Extrusión del filamento. Fuente: ACC Machine

7.2.1 Recepción y almacenaje de la materia prima

Los pellets de PET reciclado son recibidos en bolsas de 1000 kg cada una, la descarga y el traslado hacia la zona de almacenaje de materia prima (donde quedará almacenado hasta su uso) se realiza mediante transpaletas.

Además, durante el proceso de recepción se chequea que las cantidades recibidas sean acordes a las condiciones previamente pactadas, en cantidad, colores y calidad.

7.2.2 Mezclado

La etapa de mezclado es necesaria para añadirle los colorantes al filamento y de esta manera adquiera el color deseado. Los colorantes son denominados comercialmente como masterbatch sólidos y se mezclan junto con los pellets de PET reciclado en el mezclador mostrado a continuación en la Figura 10.



Figura 10: Mezclador. Fuente: ACC Machines

7.2.3 Extrusión del filamento

La extrusión es la etapa más importante de la producción de filamentos, actualmente se utiliza una extrusión en línea, donde ingresa la materia prima (en su estado inicial) y al final se obtiene el filamento arrollado en el carrete. Según la materia prima utilizada será el tipo de extrusora empleada, al usar pellets se procesan de manera adecuada con una de

simple tornillo (Figura 11). La línea cuenta con las siguientes etapas principales que se describen en los próximos párrafos.



Figura 11: Línea de extrusión. Fuente: ACC Machines

7.2.3.1 Secado

La primera etapa de la línea de extrusión consiste en el secado, aquí los pellets de PET reciclado se introducen mediante una tolva y son secados, con el objetivo de cristalizar y eliminar la humedad presente en los mismos y así favorecer el proceso de extrusión.

La humedad puede provocar burbujas y defectos en el filamento.

7.2.3.2 Extrusión

El PET reciclado se introduce en un extrusor, que es un dispositivo que contiene un tornillo sin fin que empuja y calienta el material. A medida que el material se desplaza por el extrusor, es sometido a altas temperaturas para fundirlo y convertirlo en un estado viscoso. Finalmente, el material sale por una boquilla ubicada en el extremo que le da la forma al producto.

El cilindro extrusor es una camisa de 50 a 150 mm de diámetro y una longitud, entre 10 y 30 veces este valor, siendo las relaciones menores para elastómeros y las más largas para termoplásticos (Pruvost, S/A).

Las camisas se calientan mediante resistencias eléctricas colocadas a su alrededor para llevar el material al punto de fluidez, aunque en funcionamiento, buena parte del calor es aportado por el tornillo debido a la fricción del material (efecto cortante debido a la viscosidad). En algunos casos una vez en régimen, las resistencias no son necesarias e incluso, es necesario refrigerar, para que el material no se sobrecaliente.

7.2.3.3 Formación del filamento

Una vez que el material base ha sido fundido y homogeneizado, se extruye a través de una boquilla especialmente diseñada con un diámetro específico (1.75 o 2.85 mm). La

boquilla determina el grosor del filamento que se está produciendo y la misma se compone de acero especial para herramientas con partes internas cromadas y pulidas (Machines, 2023).

7.2.3.4 Enfriamiento y solidificación

Una vez extruido, el filamento pasa a través de un sistema de enfriamiento que disminuye su temperatura para solidificarlo. Esto permite que mantenga su forma y se enrolle adecuadamente en carretes.

A su vez este enfriamiento debe ser paulatino ya que el filamento se deforma fácilmente debido a su velocidad de enfriamiento inconsistente entre su superficie exterior e interior, por dicha razón se suele agregar un tanque con agua caliente antes del tanque de agua fría para así reducir gradualmente la temperatura de formación.

7.2.3.5 Control de calidad

Durante todo el proceso de extrusión, se realizan controles de calidad para asegurar que el filamento cumpla con las especificaciones deseadas, como el diámetro correcto y la ausencia de imperfecciones. El rango de tolerancia del diámetro del filamento que es el aspecto más importante se controla de manera continua mediante un sensor y en caso de salir este de especificación se puede ajustar manualmente la velocidad de extrusión para solucionar el problema.

7.2.3.6 Estirado y enrollado

Este es el proceso final, previo al empaquetado del producto y puede realizarse mediante diferentes metodologías. Algunos fabricantes someten el filamento a un proceso de estirado para mejorar su resistencia y calidad. Luego, el filamento se enrolla en carretes o carreteles adecuados para su almacenamiento y uso posterior. El motor que proporciona el torque para dicho proceso suele tener un sensor que detecta la tensión que posee el filamento y regula esta automáticamente para un arrollamiento óptimo.

7.2.4 Empaquetado:

Una vez finalizado el arrollamiento se coloca el carrete de filamento en bolsas, mediante una máquina se envasa al vacío, para así evitar su humidificación, y luego se coloca en su caja correspondiente ya quedando listo para su comercialización.

7.3 Análisis de tecnología de producción

En esta sección se presentarán las condiciones mínimas exigidas que deben cumplir el equipamiento, luego se describen los diferentes equipos encontrados en el mercado para finalmente realizar el proceso de selección.

7.3.1 Requerimientos mínimos

A la hora de seleccionar la extrusora adecuada hay que centrarse en el tornillo de la misma ya que es el elemento de mayor importancia de la máquina y su correcta selección es un factor determinante para el proceso. Debe tenerse en cuenta principalmente el diámetro y longitud del tornillo (véase Figura 12); el primero está estrictamente relacionado a la capacidad de producción de la extrusora, cuanto mayor sea ésta mayores kg/h se obtendrán, y el segundo, está relacionado con el aumento de la capacidad de plastificación, mejora de la calidad de mezclado y homogeneización del material, por ende, incrementa la productividad de la máquina (Pruvost, S/A).

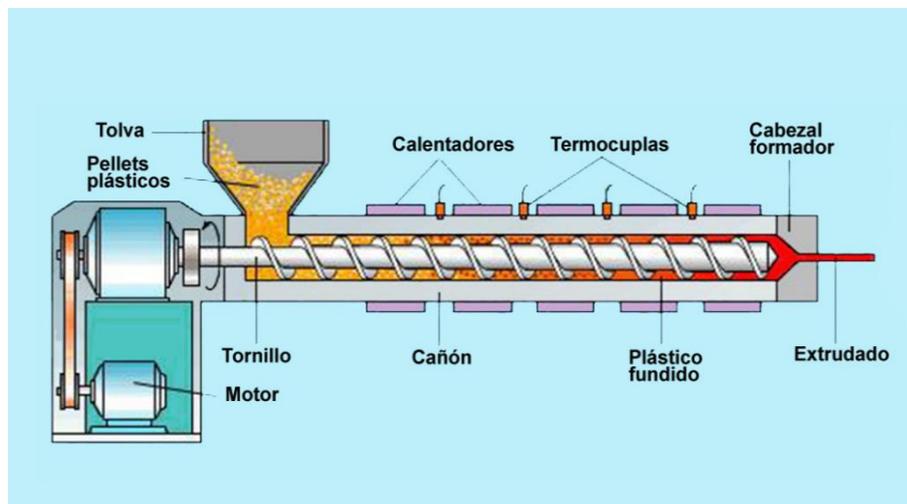


Figura 12: Extrusora de tornillo simple. Fuente: Apunte de procesos industriales

Por otro lado, debido a las características de comercialización que poseen los demás filamentos en el mercado se debe exigir lo siguiente:

- Diámetro: 1,75 - 2,85 mm
- Tolerancia: +- 0,003 mm
- Redondez: >= 95%
- Bobinas: 250g, 1kg y 4kg.

7.3.2 Presentación de las líneas de extrusión

Extrusoras de tornillo simple

Equipo 1:

El equipo analizado es un “AFE25 Plastic Filament Extruding Line” de la compañía china “Suzhou Aifuer MachineryCo.,Ltd”.

Esta extrusora con capacidad de 2 kg/h cuenta con un tornillo fabricado con material SKD61 y recubierto en su exterior con una capa nitrurada y posteriormente templada, esto le otorga elevada resistencia para poder soportar las condiciones de temperatura y fricción a la que se verá expuesto el tornillo (Mandy, 2023).

Equipo 2:

El equipo analizado es un “FLD-35A 3D Printing Filament Extrusion Line” de la compañía “Suzhou ACC Machine Co”. Se trata de una línea de extrusión con capacidad de 15 kg/h (Machines, 2023).

Equipo 3:

El equipo analizado es un “FLD-45A 3D Printing Filament Extrusion Line” de la compañía “Suzhou ACC Machine Co”. Se trata de una línea de extrusión con capacidad de 25 kg/h. (Machines, 2023).

Equipo 4:

La máquina “PTC-45A 3D Printer Filament Extrusion Line” de la firma china “Polyretec” es una línea de extrusión que posee una capacidad de producción de 40 kg/h. (Polytec, 2023).

Una vez presentadas las extrusoras se puede apreciar a continuación en la Tabla 14 la comparación de estas, dando comienzo así a un análisis que permitirá decidir cuál es la alternativa tecnológica adecuada para el proceso.

Tabla 14: Comparativa entre los diferentes equipos.

Parámetro	Equipo 1	Equipo 2	Equipo 3	Equipo 4
Voltaje	220v 50hz	220v 50hz	220v 50hz	380v 50hz
Potencia	4 KW	10 KW	15 KW	15 KW
Capacidad	1 - 2 kg/h	10-15 kg/h	20-25 kg/h	40 kg/h
Materia Prima	Pellets	Pellets	Pellets	Pellets
Método	Tolva	Vacio	Vacío	Vacío
Capacidad	-	50kg	50kg	75L / 50kg
Potencia	-	3 KW	4.5 KW	2.2kw + Fan power:0.37kw

Cantidad de tornillos	1	1	1	1
Diámetro de tornillo	25 mm	35 mm	45 mm	45 mm
Largo efectivo de tornillo	625 mm	980 mm	1260 mm	1260 mm
Resistencias calentadoras	4 (3 en la zona del tornillo y una en la matriz)	4 (3 en la zona del tornillo y una en la matriz)	4 (3 en la zona del tornillo y una en la matriz)	4 (3 en la zona del tornillo y una en la matriz)
Filamento obtenido (\varnothing)	1,75mm - 3,00mm	1,75mm - 3,00mm	1,75mm - 3,00mm	1,75mm - 2,85mm
Tolerancia	+/- 0,03-0,05 mm	+/- 0,02 mm	+/- 0,02 mm	+/- 0,03 mm
Cant. tanques	2 (1ro de agua caliente y 2do de agua fría)	2 (1ro de agua caliente y 2do de agua fría)	2 (1ro de agua caliente y 2do de agua fría)	2 (1ro de agua caliente y 2do de agua fría)
Largo	200 mm c/u	2,5m el primero 4m el segundo	2,5m el primero 4m el segundo	2,5m primero 4m segundo
Rango de medición	0,1-25 mm	-	-	-
Precisión	0,001mm	0.001mm	0.001mm	0.001mm
Tensores	No	Si, aloja 100 m	Si, aloja 100 m	Si, aloja 120 m.
Método de arrollado	Simple con único carrete	Simple con doble carrete	Simple con doble carrete	Doble carrete
Valor FOB	6500 USD	19500 USD	25900 USD	37500 USD

Fuente: Elaboración propia

7.3.3 Análisis de las alternativas

Presentadas las diferentes opciones de equipamiento disponibles en el mercado, se prosigue a analizar las distintas alternativas, con el objetivo de determinar aquella que sea más rentable, teniendo en cuenta que se debe tener la capacidad suficiente para abastecer la demanda del mercado y que todos los equipos están diseñados para operar las 24 horas del día y los 7 días de la semana.

Para el análisis, primero se utiliza una matriz cualitativa por puntos donde se comparan aspectos técnicos, mantenimiento, mano de obra y la capacidad de los distintos equipos. Luego se prosigue a comparar económicamente las diferentes alternativas mediante la herramienta del VAN (Valor Actual Neto) donde una vez constituido un flujo de fondos permite comparar no solo el valor de las diferentes inversiones sino el momento en el que se realizan (afectadas a una tasa de descuento del 18,3%). A partir de la convergencia de estos dos análisis se decide el equipo a utilizar.

7.3.3.1 Análisis cualitativo

Se aplica el método cualitativo por puntos como elemento para comenzar a decidir de manera objetiva cual será la maquinaria que convendrá utilizar para realizar la extrusión del filamento. Para aplicar el método se consideran los factores presentados a continuación.

- Costo maquinaria: es el valor del equipo, lo que cuesta una unidad del mismo.
- Capacidad: es la cantidad, evaluado en kilos de filamento por hora, que se puede producir con una u otra alternativa.
- Ociosidad primeros periodos: es la diferencia entre lo máximo que se podría producir según la capacidad de la maquina y lo que realmente se produce para satisfacer la demanda, es decir, hace referencia a que tanto quedara sin aprovecharse el potencial de la maquinaria, por ende, elevada ociosidad será mal calificada.
- Dimensiones del tornillo: se consideran el diámetro y largo de este, es importante ya que determina la robustez de la extrusora y la fiabilidad de la extrusión.
- Necesidad de mano de obra: es la cantidad de personas que se necesita para operar la extrusora, cuantas menos mejor ya que se incurre en menor costo.
- Método de alimentación: es la manera como la materia ingresa prima a la cámara de extrusión, será mejor cuanto más automatizada sea la técnica. A la hora de calificarlo se considera su relación con la capacidad de la extrusora.
- Alojamiento de filamento: este apartado debe tenerse en cuenta ya que ayuda a descomprimir el proceso de bobinado. A la hora de calificarlo se considera su relación con la capacidad de la extrusora.
- Precisión de la extrusora: nos brinda la tolerancia que tendrá el filamento, es decir, cuanto puede llegar a variar su diámetro, por esta razón es un factor importante.

A continuación, en la Tabla 15 se presenta la evaluación de las diferentes alternativas.

Tabla 15: Método cualitativo por puntos.

Factor	Peso	Equipo 1: "AFE25 Plastic Filament Extruding Line"		Equipo 2: "FLD-35A 3D Printing Filament Extrusion Lines"		Equipo 3: "FLD-45A 3D Printing Filament Extrusion Line"		Equipo 4 : "PTC-45A 3D Printer Filament Extrusion Line"	
		Calificación	Ponderación	Calificación	Ponderación	Calificación	Ponderación	Calificación	Ponderación
Costo Maquinaria	0,2	8	1,6	6	1,2	5	1	3	0,6
Capacidad	0,2	2	0,4	7	1,4	8	1,6	10	2
Ociosidad primeros periodos	0,15	10	1,5	8	1,2	6	0,9	2	0,3
Dimensión del tornillo	0,1	6	0,6	7	0,7	8	0,8	8	0,8
Necesidad de mano de obra	0,1	9	0,9	7	0,7	7	0,7	7	0,7
Método de alimentación	0,1	5	0,5	9	0,9	9	0,9	8	0,8
Alojamiento de filamento	0,1	1	0,1	9	0,9	9	0,9	8	0,8
Precisión de la extrusora	0,05	8	0,4	8	0,4	8	0,4	8	0,4
		6		7,4		7,2		6,4	

Fuente: Propia

Se puede concluir sobre el análisis realizado que los equipos "FLD-45A" y "FLD-35A" de 25 y 15 kg/h de capacidad respectivamente son los que mejor se adaptan a los requerimientos del proyecto. Eso se debe a que presentan una buena relación de inversión-capacidad permitiendo no tener una elevada capacidad ociosa los primeros periodos donde la demanda es baja. Además, cuenta con un método de alimentación mediante vacío y arrollamiento del filamento que se adapta a la capacidad de la extrusora lo que permite asegurar continuidad en el proceso y reducir la necesidad de mano de obra.

En base a lo redactado, a continuación, se realiza un análisis económico de cada equipo en particular y combinando las opciones de mayor puntuación.

7.3.3.2 Análisis económico

A continuación, se analizan los aspectos económicos que tienen influencia en el proceso de decisión para la adquisición de un equipo:

Inversión en el equipo

En este ítem de gasto se tiene en cuenta el valor del equipo brindado por el proveedor, más un 56%, esto se debe a que el dato que brinda el fabricante se refiere al costo que tiene el equipo, en el puerto de Shanghái, sin considerar los diferentes impuestos y gastos de flete que se deben abonar para que el equipo ingrese al país.

En aquellas alternativas donde no es posible alcanzar la demanda del periodo con el equipamiento disponible, se verá un aumento en la cantidad con su correspondiente inversión en el periodo determinado.

Con respecto a las envasadoras y mezcladoras, no se tuvo en cuenta su valor a la hora de realizar el análisis debido a que en cada caso se necesitan la misma cantidad para las distintas alternativas (1 mezclador por línea y una envasadora).

A continuación, se muestra un ejemplo, tomando como muestra el equipo 1:

- Valor FOB: 6.500 USD
- Inversión total: 6.500 USD x 56% = 10.143 USD

Requerimiento de mano de obra

Debido a que las diferentes líneas de producción se encuentran completamente automatizadas, las únicas tareas que debe realizar el operario son la carga de los pellets y el cambio de carretes (una vez arrollado la totalidad del filamento). Por lo tanto, según la información brindada por el fabricante en los equipos se tienen las siguientes necesidades de mano de obra:

- Equipos con capacidad entre 1-3 kg/h: 1 operario cada 3 líneas.
- Equipos con capacidad entre 3-10 kg/h: 1 operario cada 2 líneas.
- Equipos con capacidad entre 10-25 kg/h: 1 operario por línea.

En adición, la operación de envasado, dada la alta capacidad de proceso que tiene, se pueden envasar 6 carretes por minuto (360 carretes por hora). Para todas las alternativas solo es necesario contar con una sola unidad, operada por un único operario.

Por otro lado, según el convenio colectivo vigente para el personal de la UOYEP (Unión Obrera y Empleado Plásticos), los operarios de producción poseen un valor hora de \$1.009, es decir, 1,8 dólares (según la cotización del dólar MEP a la fecha), más un adicional fijo de \$15.000 por mes (26.83 USD). A continuación, se muestra un ejemplo de cálculo del valor de la Mano de Obra anual (UOYEP, Nuevas escalas salariales y sueldos basicos, 2023).

$$\text{Valor M.O: } 1,8 \frac{\text{usd}}{\text{hs}} \times 9 \text{ hs} \times 5 \text{ dias} \times 52 \text{ semanas} + 26.83 \text{ USD} \times 12 = 4534 \text{ USD}$$

En los flujos de fondos se puede apreciar cómo aumentan las necesidades de mano de obra y de equipamiento para poder llegar a la producción objetivo. La combinación de mano de obra (desarrollar nuevos turnos de trabajo o realizar horas extras) y número de equipos fueron determinadas de manera que se minimice el costo total de producción y por lo tanto que maximice el VAN de cada alternativa.

Amortizaciones

Las amortizaciones son un dato a tener en cuenta para la selección de los equipos, debido a que permiten deducir ganancias. Por lo tanto, dentro del flujo de fondos se verá expresado como un ingreso.

Para todas las alternativas se tomó en consideración una amortización lineal a 10 años, el valor del equipo utilizado corresponde al brindado por el proveedor (no tiene en cuenta los diferentes impuestos). Además, a medida que se incorporan equipos se suman las amortizaciones de los mismos. A continuación, se muestra el procedimiento para el cálculo de estas tomando como muestra el equipo 1:

$$\text{Amortizacion anual} = \frac{\text{Valor equipo}}{10 \text{ años}} = \frac{6500 \text{ U\$D}}{10 \text{ años}} = \frac{650 \text{ U\$D}}{\text{año}}$$

Gasto en energía eléctrica

Para el cálculo del consumo de energía, se tiene en cuenta la potencia total de la línea, es decir, la suma de la potencia de los distintos equipos que la componen.

Según la tabla tarifaria brindada por Edenor, empresa encargada del suministro de energía eléctrica en Buenos Aires, la tarifa para uso industrial, en parques industriales, con un consumo entre 2000 kw-h y 5000 kw-h por mes es de 0,10814 \$/kwh (EDENOR, 2023).

En base a el costo del Kw/h obtenido según la categoría en la que se encuentra la empresa se tiene el siguiente gasto en energía eléctrica, tomando como muestra el equipo 1

- Consumo total de la línea: 4 KW/H
- Hs trabajados por día: 9 horas
- Días por semana: 5 días
- Semanas por año: 52 semanas
- Costo por Kw/h: 0.0002 U\$D

$$\text{Costo anual E.E.} = 4 \frac{\text{Kw}}{\text{h}} \times 9 \frac{\text{h}}{\text{dia}} \times 5 \frac{\text{dia}}{\text{sem.}} \times 52 \frac{\text{sem.}}{\text{año}} \times 0,0002 \frac{\text{U\$D}}{\text{kwh}} = 1.81 \text{ U\$D}$$

Mantenimiento

Con respecto al mantenimiento, siempre es recomendable operar con la menor cantidad de maquinaria posible, ya que, de lo contrario, si se utilizan varias líneas de producción, se debe confeccionar un pañol con mayor cantidad de repuestos, conllevando esto un elevado costo de inventario.

Además, al tener mayor cantidad de máquinas, también se incrementan las cantidades de componentes individuales, es decir, en vez de tener un único motor de 15 kW, se tienen varios motores de menor potencia, por lo tanto, la probabilidad de falla de estos elementos se ve aumentada.

Como conclusión, a medida que aumenta la cantidad de equipos también lo hace el gasto total en mantenimiento, este dato no se ve reflejado en el flujo de fondos ya que la determinación monetaria es muy compleja y no aporta demasiado al proceso de decisión.

Conclusión

En el anexo II se presentarán los flujos de fondo de los diferentes equipos, los cuales contemplan todas las erogaciones derivadas de los ítems explicados en los párrafos anteriores. A continuación, en la Tabla 16 se presenta el VAN obtenido de las diferentes alternativas y se expresan las conclusiones de los mismos.

Tabla 16: Resultado del análisis económico. Fuente: propia

Alternativa	Equipos	VAN
1	Equipo 1	-\$ 166.894,82
2	Equipo 2	-\$ 102.546,47
3	Equipo 3	-\$ 97.343,81
4	Equipo 4	-\$ 109.320,89
5	Equipos 2 y 3	-\$ 97.477,73
6	Equipos 2 y 4	-\$ 97.940,97

Fuente: propia

Como se puede observar, las alternativas que involucran a los equipos 2 y 3 (sobre todo este último) son las que mejores resultados presentan. Basándose en el doble análisis realizado se determina que la mejor alternativa tecnológica es la de combinar estas máquinas de manera que, en los primeros periodos donde la demanda es baja se tiene menor capacidad ociosa y las inversiones son menores (1 equipo de 15 kg/h al inicio y otro en el periodo 5), luego a medida que aumenta la producción objetivo se incorpora en el periodo 7 el equipo 3 que posee una capacidad de 25 kg/h.

Con respecto a la capacidad, a continuación, se presenta la Figura 13, donde se observa la evolución de la demanda, la producción y la capacidad ociosa, para las 3 alternativas de mejor resultado económico.

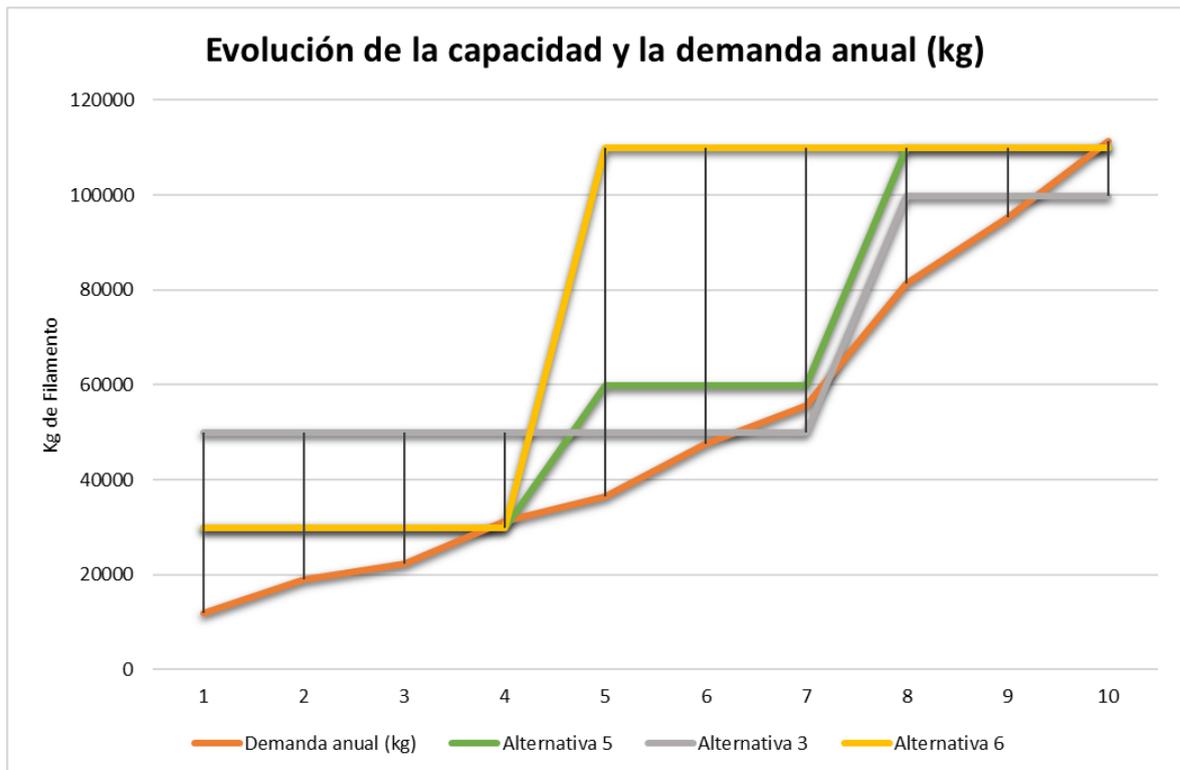


Figura 13: Evolución de la capacidad en las diferentes alternativas. Fuente: propia

Se puede observar como en la alternativa 3, de mayor capacidad, se tiene una elevada capacidad ociosa en un principio, pero luego comienza a disminuir y en el periodo 8 es necesaria la adquisición de una unidad adicional, en cambio, la variante 5, de menor capacidad, se ajusta mejor a la demanda ya que los incrementos de producción se realizan en 3 tramos, mediante la compra de un equipo de 15 kg/h en el periodo 5 y otra de 25 kg/h en el periodo 8. Con respecto a la alternativa 6, se observa una elevada capacidad ociosa entre años 4 y 8. De esta manera la elección de la alternativa 5 permite erogar una menor inversión en los primeros periodos lo que repercute positivamente en los flujos de fondos del proyecto.

Cabe aclarar que, cuando la capacidad ociosa se vuelve negativa (periodos 4, 7 y 10) se recurre a realizar horas extras para cumplir con la producción objetivo.

7.4 Necesidades de equipamiento auxiliar

En esta sección, se analizan los diferentes equipos que serán necesarios para la implementación del proyecto, con el objetivo de determinar:

- Inversiones que influyen en la constitución del flujo de fondos del proyecto
- Características técnicas que afectan los costos unitarios de producción
- Calendario en el cual se deben realizar las inversiones.

Mezclador para incorporar colorante

Para poder comercializar los filamentos en una amplia gama de colores se debe agregarle, a la materia prima, colorante antes de que ingrese a la extrusora. El equipo es proporcionado por el mismo proveedor que la extrusora, modelo TM-50. Posee las siguientes características (Machines, 2023):

- Capacidad: 50kg
- Potencia: 3 kw
- Velocidad de Rotación: 60 rpm
- Precio: 800 U\$D

Compresor

Compresor de aire eléctrico Lüsqtuff LC-40100 monofásico 220V 50Hz. Es necesario suministrar aire a comprimido con una presión de 0,5 Mpa a la línea de extrusión, para que, de esta forma, funcionen los diferentes automatismos del equipo.

- Caudal: 0,36 m³/min
- Potencia: 4 hp ~ 3 kw
- Capacidad: 100L
- Presión máxima: 111 psi ~ 0.8 Mpa
- Precio: 737 U\$D.

Empaquetadora de vacío

Esta es utilizada una vez finalizado el arrollamiento del filamento en la bobina, a la hora de colocarla en su empaque final. Es necesario este proceso dado que la humedad puede generar problemas a futuro en la impresión con el filamento.

El modelo empleado es una XT-400D proporcionada por el mismo proveedor de la extrusora en conjunto con ésta. Posee las siguientes características (Machines, 2023).

- Potencia: 0,9 kw
- Caudal de vacío: 20 m³/h
- Precio: 500 U\$D
- Capacidad productiva: 6 unidades/min

Apilador

Necesario para el manejo de materiales, ya sea materia prima o producto terminado, a continuación, se presentan las características de la opción seleccionada.

- Marca: RH

- Altura máxima de elevación: 1,6 m
- Peso máximo soportado: 1000 kg
- Precio: 1091 U\$D

7.4.1 Conclusión

Para finalizar con esta sección se expresa un cuadro resumen con los diferentes equipos que deben ser adquiridos y sus cantidades (véase Tabla 17), a fin de determinar las inversiones necesarias en este aspecto.

Tabla 17: Inversión en equipamiento

Equipo	Cantidad	Inversion Unitaria	Amortización Anual
Mezclador "TM-50"	3	\$ 800	\$ 80
Compresor "LC-40100"	3	\$ 375	\$ 38
Envasadora "XT-400D"	1	\$ 500	\$ 50
Apilador "RH-26011"	1	\$ 1.091	\$ 109
Extrusora "FLD45A-3D"	1	\$ 26.500	\$ 2.650
Extrusora "FLD35A"	2	\$ 18.000	\$ 1.800

Fuente: propia

7.5 Capacidad productiva

En la siguiente sección se determina la capacidad productiva que posee la planta durante todo el periodo de evaluación, para esto, la metodología seguida se basa en calcular para cada equipo su capacidad con el fin de compararlos, así, la operación que mayor tiempo demore en realizarse pasara a ser el cuello de botella del proceso, marcando y limitando su capacidad.

La información obtenida será importante para determinar las cantidades necesarias de los diferentes equipos presentados en la sección anterior.

Las 3 capacidades serán expresadas en kilogramos de filamentos producidos por día y las operaciones analizadas son las siguientes:

7.5.1 Aspiración

El proceso de aspiración es llevado a cabo por una bomba de vacío, la cual, en base a su motor de 1,1 kw, presenta una capacidad de aspiración ideal de 100 kg/h (Machines, 2023).

Capacidad del proceso

Dado el nivel de automatización e intercambiabilidad de la operación, (no se pierde tiempo al cambiar la materia prima), se tiene en cuenta solo un scrap del 0,5%.

$Capacidad\ del\ proceso = Capacidad\ del\ equipo \times (1 - \% \text{ scrap}) \times Hs\ trabajo$

$$Capacidad\ del\ proceso = 100 \frac{kg}{hs} \times (1 - 0,005) \times 9\ hs = 895,5 \frac{kg}{dia}$$

Capacidad real

Para la determinación de la capacidad real, es necesario tener en cuenta, como se mencionó anteriormente, los tiempos improductivos y tiempos tipos. A continuación, quedan expresados para la operación en cuestión:

Tiempos improductivos:

- 10 minutos (0,17 hs) para la preparación de la materia prima.
- 30 minutos (0,5 hs) de almuerzo.
- 15 minutos (0,25 hs) finales de limpieza.

Tiempos tipos:

- Dado el nivel de automatización, no es necesario tareas que demanden gran esfuerzo físico, por lo tanto, se tiene en cuenta una productividad del 95% (OIT, 1980).

$Capacidad\ real = Capacidad\ del\ proceso \times productividad \times Hs\ reales\ trabajadas$

$$Capacidad\ real = 99,5 \frac{kg}{hs} \times 95\% \times (9 - 0,17 - 0,5 - 0,25)hs = 764 \frac{kg}{día}$$

7.5.2 Mezclado

El proceso de mezclado es llevado a cabo por el mezclador "TM-50", el mismo posee una capacidad de almacenaje de 50 kg. Y demora 10 minutos en realizar el mezclado. (Machines, 2023)

Capacidad del proceso

Al tener en cuenta la operación del equipo dentro del proceso, se debe tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Carga del mezclador 50kg: 30 min. (0,5 hs).
- Descarga mezclador 50kg: 30 min. (0,5 hs).
- Scrap: 0,5% debido al posible vuelo de pellets durante el mezclado.
- Jornada laboral: 9 hs.

$Capacidad\ del\ proceso = Capacidad\ del\ equipo \times (1 - \% \text{ scrap}) \times Hs\ trabajo$

$$\text{Capacidad del proceso} = \frac{50 \text{ kg}}{(0,5 + 0,5 + 0,17) \text{ hs}} \times (1 - 0,005) \times 9 \text{ hs} = 383,8 \frac{\text{kg}}{\text{dia}}$$

Capacidad real

A continuación, quedan expresados los tiempos improductivos y tipos para la operación en cuestión:

Tiempos improductivos:

- 10 minutos (0,17 hs) para la preparación de la materia prima.
- 30 minutos (0,5 hs) de almuerzo.
- 15 minutos (0,25 hs) finales de limpieza.

Tiempos tipos:

- Dado el nivel de automatización, no es necesario tareas que demanden gran esfuerzo físico, por lo tanto, se tiene en cuenta una productividad del 95% (OIT, 1980).

$\text{Capacidad real} = \text{Capacidad del proceso} \times \text{productividad} \times \text{Hs reales trabajadas}$

$$\text{Capacidad real} = 42,6 \frac{\text{kg}}{\text{hs}} \times 95\% \times (9 - 0,17 - 0,5 - 0,25) \text{ hs} = 327,5 \frac{\text{kg}}{\text{dia}}$$

7.5.3 Línea de extrusión

El proceso completo de extrusión es llevado a cabo por los siguientes equipos:

- "FLD35A", el mismo posee una capacidad de 15 kg/h (Machines, 2023).
- "FLD45/28", el mismo posee una capacidad de 25 kg/h (Machines, 2023).

Capacidad del proceso

Al tener en cuenta la operación del equipo dentro del proceso, se debe tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Scrap: 3% debido a la puesta a punto de la máquina.
- Jornada laboral: 9 hs.

$\text{Capacidad del proceso} = \text{Capacidad del equipo} \times (1 - \% \text{ scrap}) \times \text{Hs trabajo}$

$$\text{Capacidad del proceso "FLD - 35A"} = 25 \frac{\text{kg}}{\text{hs}} \times (1 - 0,03) \times 9 \text{ hs} = 218,25 \frac{\text{kg}}{\text{dia}}$$

$$\text{Capacidad del proceso "FLD - 45A"} = 15 \frac{\text{kg}}{\text{hs}} \times (1 - 0,03) \times 9 \text{ hs} = 130,95 \frac{\text{kg}}{\text{dia}}$$

Capacidad real

A continuación, quedan expresados los tiempos improductivos y tipos para la operación en cuestión.

Tiempos improductivos:

- 10 minutos (0,17 hs) para la preparación de la materia prima.
- 30 minutos (0,5 hs) de almuerzo.
- 15 minutos (0,25 hs) finales de limpieza.

Tiempos tipos:

- Dado el nivel de automatización, no es necesario tareas que demanden gran esfuerzo físico, por lo tanto, se tiene en cuenta una productividad del 97%. (OIT, 1980).

Capacidad real = Capacidad del proceso x productividad x Hs reales trabajadas

$$\text{Capacidad real "FLD - 45A"} = 24,25 \frac{\text{kg}}{\text{hs}} \times 97\% \times (9 - 0,17 - 0,5 - 0,25)\text{hs} = 192,02 \frac{\text{kg}}{\text{día}}$$

$$\text{Capacidad real "FLD - 35A"} = 14,55 \frac{\text{kg}}{\text{hs}} \times 97\% \times (9 - 0,17 - 0,5 - 0,25)\text{hs} = 114,04 \frac{\text{kg}}{\text{día}}$$

7.5.4 Envasado al vacío

El proceso de envasado al vacío es llevado a cabo por el equipo "XT-400D", el mismo posee una capacidad de 6 unidades/min. Esto equivale a 360 kg/h (Machines, 2023).

Capacidad del proceso

Al tener en cuenta la operación del equipo dentro del proceso, se deben considerar los siguientes aspectos:

- Tiempo de carga: 1 minuto (0,02 hs).
- Tiempo de descarga: 30 segundos (0,01 hs.).
- Scrap: 5% debido fallas en el empaquetado.
- Jornada laboral: 9 hs.

Capacidad del proceso = Capacidad del equipo x (1 - % scrap) x Hs trabajo

$$\text{Capacidad del proceso} = \frac{360}{(1 + 0,03)} \frac{\text{kg}}{\text{hs}} \times (1 - 0,05) \times 9\text{hs} = 2988,3 \frac{\text{kg}}{\text{día}}$$

Capacidad real

A continuación, quedan expresados los tiempos improductivos y tipos para la operación en cuestión:

Tiempos improductivos:

- 10 minutos (0,17 hs) para la preparación de la materia prima.
- 30 minutos (0,5 hs) de almuerzo.
- 15 minutos (0,25 hs) finales de limpieza.

Tiempos tipos:

- Dado el nivel de automatización, no es necesario tareas que demanden gran esfuerzo físico, sin embargo, se tiene en cuenta un 5% de improductividad adicional debido a que es necesario un operario realizando la tarea todo el tiempo, lo que trae aparejado un cierto grado de fatiga (OIT, 1980).

Capacidad real = Capacidad del proceso x productividad x Hs reales trabajadas

$$Capacidad\ real = 349,5 \frac{kg}{hs} \times 90\% \times (9 - 0,17 - 0,5 - 0,25)hs = 2542,7 \frac{kg}{dia}$$

7.5.5 Empaquetado

El proceso de empaquetado es una actividad manual que consiste en colocar dentro de cajas de cartón el carrete del filamento previamente envasado al vacío. Se estima una cadencia en esta actividad de 6 cajas por minuto.

Capacidad del proceso

Al tener en cuenta la operación del equipo dentro del proceso, se deben considerar los siguientes aspectos:

- Tiempo de carga: 30 segundos (0,01 hs).
- Tiempo de descarga: 30 segundos (0,01 hs).
- No se considera scrap, ya que las posibles fallas en el producto pueden deberse a operaciones anteriores.
- Jornada laboral: 9 hs.

Capacidad del proceso = Capacidad del equipo x (1 - % scrap) x Hs trabajo

$$Capacidad\ del\ proceso = \frac{360}{(1 + 0,02)} \frac{kg}{hs} \times (1) \times 9hs = 3176,5 \frac{kg}{dia}$$

Capacidad real

A continuación, quedan expresados los tiempos improductivos (OIT, 1980) y tipos para la operación en cuestión.

Tiempos improductivos:

- 10 minutos (0,17 hs) para la preparación de la materia prima.
- 30 minutos (0,5 hs) de almuerzo.
- 15 minutos (0,25 hs) finales de limpieza.

Tiempos tipos:

- Al ser una tarea manual, es necesario considerar un 8% de improductividad debido al desgaste físico del operario por su posición de trabajo.
- Además, es necesario considerar un 5% adicional por necesidades de aseo, este ítem no es considerado en las operaciones anteriores ya que, al ser realizadas por una maquina es posible satisfacer las necesidades de aseo y que el proceso continúe su curso normal al mismo tiempo (OIT, 1980).

Capacidad real = Capacidad del proceso x productividad x Hs reales trabajadas

$$Capacidad\ real = 352,9 \frac{kg}{hs} \times 88\% \times (9 - 0,17 - 0,5 - 0,25)hs = 2510,6 \frac{kg}{dia}$$

7.5.6 Conclusión

Como era de esperarse, la operación de extrusión es la que requiere más tiempo para que se concrete, marcando el ritmo de producción máximo de la planta. El mismo queda determinado de la siguiente manera:

- Equipo "FLD35A": en 114,04 kg/día o lo que es lo mismo 12,7 kg/hs.
- Equipo "FLD45/28": en 192,02 kg/día o lo que es lo mismo 21,3 kg/hs.

Para finalizar se presenta la Tabla 18 donde se puede observar la capacidad por periodo, la demanda, la cantidad de equipos necesarios y la necesidad de realizar horas extras.

Tabla 18: Análisis de capacidad

Año	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Demanda Anual (Kg)	11.970	19.032	22.268	31.264	36.579	47.553	55.636	81.368	95.201	111.385
Equipo 2 (15 kg/hs)	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2
Equipo 3 (25 kg/hs)	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
Capacidad (Kg)	29.955	29.955	29.955	29.955	59.910	59.910	59.910	109.835	109.835	109.835
Capacidad Ociosa	60%	36%	26%	-4%	39%	21%	7%	26%	13%	-1%
Hs extras	0	0	0	102	0	0	0	0	0	33

Fuente: propia

Como se observa, al analizar el tamaño de la planta con la capacidad real, es necesario realizar horas extras durante el año 4 (equivalente a 12 días de producción) y el 10 (equivalente a 4 días de producción). Se opta por realizar horas extras ya que, no se requieren producir una elevada cantidad de kilos fuera del horario laboral Y la adquisición de un equipo adicional aumenta la capacidad ociosa del siguiente año.

7.6 Requerimiento de materia prima, mano de obra e insumos

Ya determinados todos los equipos que mediante operaciones conjuntas permiten obtener el filamento preparado para venderse, se procede en esta sección a determinar para cada periodo las necesidades de materia prima, energía eléctrica, mano de obra, materiales e insumos.

Estos ítems de gasto determinan los costos de producción que se deben tener en cuenta a la hora de encarar el proyecto.

A su vez, se determina la necesidad de realizar nuevas inversiones a medida que transcurren los periodos para poder afrontar los aumentos en los volúmenes de producción estimados.

7.6.1 Requerimiento de Materia prima

Según lo estipulado en el análisis del mercado proveedor la materia prima utilizada para producir los filamentos serán pellets provistos por la empresa Reciclar S.A.

En la Tabla 19 expuesta al final de la sección, se determina la cantidad de pellets que se necesitará para cubrir la demanda estimada para cada periodo.

Según lo manifestado por el fabricante de la máquina el rendimiento de la materia prima, ronda entre un 99% y 98%, si a esto le añadimos un valor de scrap promedio de 3% por la inexperiencia inicial en la utilización de la maquinaria y puesta a punto, se redondea en un 5% adicional de materia prima que se debe tener en cuenta. Por lo mencionado el costo unitario de la materia prima será:

$$\text{Costo Unitario MP} = \text{Rendimiento MP} \times C.U = 1,05 \frac{\text{Kg MP}}{\text{Kg PT}} \times 2 \frac{\text{USD}}{\text{Kg}} = 2,1 \frac{\text{USD}}{\text{Kg PT}}$$

En la última columna a la derecha se expresa el costo de materia prima para cada periodo, no se tienen en cuenta descuentos por volúmenes debido a que, como se explicó anteriormente, el precio del PET reciclado es variable, y además si se tiene en cuenta la comparación entre los requerimientos y el reciclado total, se abarca una porción ínfima del mercado, por lo que es probable que no se obtengan bonificaciones por cantidad.

Tabla 19: Requerimientos de Materia prima.

Año	Producción anual (Kg)	Scrap	Requerimiento MP (Kg)	Costo (USD/kg)	Costo Total (USD)
1	11.970	5%	12.569	\$ 2	\$ 25.137
2	19.032	5%	19.984	\$ 2	\$ 39.968
3	22.268	5%	23.381	\$ 2	\$ 46.762
4	31.264	5%	32.827	\$ 2	\$ 65.654
5	36.579	5%	38.408	\$ 2	\$ 76.816
6	47.553	5%	49.930	\$ 2	\$ 99.860
7	55.636	5%	58.418	\$ 2	\$ 116.837
8	81.368	5%	85.437	\$ 2	\$ 170.873
9	95.201	5%	99.961	\$ 2	\$ 199.922
10	111.385	5%	116.954	\$ 2	\$ 233.909

Fuente: propia

7.6.2 Requerimientos de Mano de Obra

Debido al grado de automatización que presenta la línea de extrusión, se recomienda un operario por cada una, este dato fue corroborado con el fabricante, el cual ratifico que otras empresas, donde trabajan con el mismo equipo requieren esa cantidad de fuerza laboral.

Para que el flujo dentro del proceso sea continuo, también es necesario contar con una persona encargada de operar la envasadora al vacío y otra para colocar el carrete envasado dentro de sus respectivas cajas.

Con respecto a la estructura del área de producción, se debe contratar un Ingeniero electromecánico o industrial encargado de resolver situaciones relacionadas a los parámetros del proceso, programar la producción y asegurar la continuidad de la misma para garantizar el cumplimiento de la demanda establecida.

Para el área de administración es necesario contar con una persona que se encargue de realizar las compras y otra encargada de la parte de ventas. Dado el tamaño de la organización en un principio, es posible que los mismos realicen diferentes tareas de índole administrativa.

Debajo se detallan los salarios establecidos para el personal requerido, los valores se basan en el convenio de trabajo que poseen los trabajadores de la unión de obreros y empleados plásticos (UOYEP) (UOYEP, Nuevas escalas salariales y sueldos basicos, 2023).

- Operario: 1,8 U\$D/hs más una suma fija de 26,79 U\$D.
- Ingeniero: Salario fijo de 536 U\$D/mes.
- Administrativos: Salario básico de 385,5 U\$D/mes.

Se tiene un costo de mano de obra por mes de:

$$\text{Costo M.O} = 536 \text{ U\$D} + 385,5 \text{ U\$D} \times 2 + \left(1,8 \frac{\text{U\$D}}{h} \times 180 h + 26,79\right) \times 3 = 2440 \text{ U\$D}$$

A continuación, se presenta en la Tabla 20 el impacto económico de la fuerza laboral en los diferentes periodos de evaluación. Cabe aclarar que se tiene en cuenta el aumento de personal requerido al incrementar la producción en los periodos número 5 y 8.

El salario de los trabajadores se lo considera sobre un total de 45 horas trabajadas semanalmente y se tienen en cuenta las horas extras (al 50%) necesarias en los periodos 4 y 10.

Tabla 20: Requerimientos de Mano de obra.

Año	Ingeniero		Administración		Operarios		Total
	Cantidad	Salario Anual	Cantidad	Salario Anual	Cantidad	Salario Anual	
1	1	\$ 6.432	2	\$ 4.626	3	\$ 4.533	\$ 29.284
2	1	\$ 6.432	2	\$ 4.626	3	\$ 4.533	\$ 29.284
3	1	\$ 6.432	2	\$ 4.626	3	\$ 4.533	\$ 29.284
4	1	\$ 6.432	2	\$ 4.626	3	\$ 4.830	\$ 30.174
5	1	\$ 6.432	2	\$ 4.626	4	\$ 4.533	\$ 33.818
6	1	\$ 6.432	2	\$ 4.626	4	\$ 4.533	\$ 33.818
7	1	\$ 6.432	2	\$ 4.626	4	\$ 4.533	\$ 33.818
8	1	\$ 6.432	2	\$ 4.626	5	\$ 4.533	\$ 38.351
9	1	\$ 6.432	2	\$ 4.626	5	\$ 4.533	\$ 38.351
10	1	\$ 6.432	2	\$ 4.626	5	\$ 4.629	\$ 38.829

Fuente: propia

7.6.3 Requerimientos de energía eléctrica

Para cada equipo de la línea de extrusión junto con los equipos auxiliares correspondientes se detalla el consumo, la cantidad de equipos existentes y un factor que representa el periodo en el que se encuentra activo cada uno.

Al final de la Tabla 21 se determina la cantidad de energía eléctrica consumida por hora por toda la línea de producción en su conjunto. Los cálculos se realizaron teniendo en cuenta el equipo de 25 kg/h, para de esta manera sobre estimar el consumo de energía eléctrica y hacer frente a posibles pérdidas de consumo que se traducen en mayores costos de energía eléctrica.

Tabla 21: Consumo de energía eléctrica por línea de producción.

Equipo	Consumo por hora de funcionamiento (en KW)	Cantidad	hs de funcionamiento por cada hora de funcionamiento de la extrusora	energía real consumida (KW) por hora de funcionamiento de la extrusora
Alimentador por vacío	1,1	1	1	1,1
Secador	4,5	1	1	4,5
Motor del tornillo	15	1	1	15
Calentador	2,5	4	0,5	5
Enfriador	60	4	0,1	24
Calentador agua 1° tanque	1,5	2	0,7	2,1
Bombas de agua	0,37	2	0,5	0,37
Medidor laser	0,03	2	1	0,06
Servo sistema de tracción	0,75	1	1	0,75
Motor del sistema tensor	0,75	1	1	0,75
Motor sistema de arrollamiento	0,75	2	1	1,5
Mezclador	3	1	0,5	1,5
Compresor	3	1	0,3	0,9
Empaquetadora	0,9	1	1	0,9
Total				58,43

Fuente: propia

Determinado el consumo de energía eléctrica por hora, teniendo en cuenta que la línea de extrusión posee una capacidad de 21,3 kg/h y el costo de la energía eléctrica obtenido en base a las tarifas publicadas por EDENOR es de 0,0002 U\$/KWh se tiene el siguiente costo de energía eléctrica por kilogramo de filamento:

$$\text{Costo unitario E.E} = \frac{58,43 \text{ Kwh} \times 0,002 \frac{\text{U\$}}{\text{Kwh}}}{21,3 \text{ kg}} = 0,005 \frac{\text{U\$}}{\text{kg}}$$

Siguiendo con el razonamiento planteado, si se tiene en cuenta los kilogramos de filamentos que se estima producir y vender se incurrirán en los siguientes costos de electricidad a lo largo de los 10 años de evaluación (ver Tabla 22).

Tabla 22: Gasto en energía eléctrica para producción.

Año	Producción (kg)	Costo (Usd/kg)	Costo Total (USD)
1	11.970	\$ 0,0050	\$ 59,85
2	19.032	\$ 0,0050	\$ 95,16
3	22.268	\$ 0,0050	\$ 111,34
4	31.264	\$ 0,0050	\$ 156,32
5	36.579	\$ 0,0050	\$ 182,89
6	47.553	\$ 0,0050	\$ 237,76
7	55.636	\$ 0,0050	\$ 278,18
8	81.368	\$ 0,0050	\$ 406,84
9	95.201	\$ 0,0050	\$ 476,00
10	111.385	\$ 0,0050	\$ 556,93

Fuente: propia

7.6.4 Requerimientos de materiales diversos

En esta sección, se analizan los requerimientos de diferentes elementos necesarios para la producir el filamento.

Envases de cartón: Como se mencionó en capítulos anteriores, el filamento es presentado dentro de cajas de cartón, cada una de ellas contiene un carrete con 1kg de filamento.

Los envases, son provistos por la empresa UmPapel, ubicada en Avellaneda, provincia de Buenos Aires. Las medidas serán de 22x22x7,5 cm y precio actual de mercado ronda los 0,35 USD por caja (UmPapel, 2023).

En la Tabla 23 se presentan los requerimientos de envases y su correspondiente erogación por periodo evaluado.

Carretes: El filamento, una vez extruido es arrollado en carretes, los cuales pueden contener entre 1 y 4 kilos. Para asegurar la compatibilidad con el equipo, los mismos serán brindados por el mismo proveedor.

Los carretes ofrecidos son hechos a partir de polietileno de alta densidad, no poseen ningún aditivo que dificulte su reciclado, por lo que es acorde a los objetivos ambientales del proyecto (Machines, 2023).

El costo de estos es de 0,9 U\$D por carrete, sin embargo, al ser un insumo importado su precio se ve incrementado en un 80%, es decir, su valor final es de 1,62 U\$D por carrete.

En la Tabla 23 se puede apreciar los requerimientos de los mismos, tanto en cantidades físicas como monetarias.

Bolsas de vacío gofradas: Anteriormente se explicó que el filamento se debe comercializar envasado al vacío, para así, protegerlo de la humedad, por ende, es pertinente determinar las necesidades de este insumo.

La empresa “ABC empaques S.R.L” ubicada en Villa Ballester, Buenos Aires, es capaz de abastecer con bolsas de 22x30 cm. A un costo de 0,19 U\$D por unidad (ABC Empaques, 2023).

En la Tabla 23 se muestran las cantidades de bolsas necesarias para abastecer la demanda con su correspondiente impacto económico. Cabe aclarar que se tiene en cuenta un scrap de 5% generado en la máquina de envasado, es por esto que varían las cantidades de kg producidos con las bolsas utilizadas.

Colorantes: Para comercializar el filamento de PET reciclado en diferentes colores, es necesario contar con colorantes orgánicos que permitan teñir el producto del color deseado, ya que la materia prima es comercializada principalmente de color “cristal”.

Los colorantes, técnicamente conocidos como masterbatch sólidos, son introducidos en el mezclador junto con los pellets para que, al agitarse, dispersen sus colores a la materia prima logrando una excelente apariencia y calidad.

Los masterbatch sólidos de los diferentes colores definidos en las variables de comercialización del producto (véase anexo I), se obtienen de la empresa Elipse, a un costo 11 U\$D/kg y con un rendimiento promedio de 25 gramos por kilo de filamento (Elipse, 2023). A continuación, se calcula el costo de colorantes por cada kilogramo de filamento producido:

$$C.U. \text{ color} = \text{Rendimiento} \times \text{costo} = 0,027 \frac{\text{kg color}}{\text{kg filam.}} \times 11 \frac{\text{USD}}{\text{kg color}} = 0,3 \frac{\text{USD}}{\text{kg filam.}}$$

Se muestra en la Tabla 23 los diferentes requerimientos y costos por este insumo, en los diferentes periodos de evaluación. Cabe aclarar que se tiene en cuenta el scrap del 3% que se genera en la línea de extrusión.

Tabla 23: Requerimientos de materiales directos de producción.

Año	Producción (kg)	Envases de Carton		Bolsas Plásticas		Carretes		Colorantes	
		Cantidad (Un)	Costo	Cantidad (Un)	Costo	Cantidad (Un)	Costo	Cantidad (kg)	Costo
1	11.970	11970	\$ 4.189,5	11970	\$ 2.274,3	11970	\$ 10.773,0	323,2	\$ 3.555,1
2	19.032	19032	\$ 6.661,3	19032	\$ 3.616,1	19032	\$ 17.129,1	513,9	\$ 5.652,6
3	22.268	22268	\$ 7.793,7	22268	\$ 4.230,9	22268	\$ 20.041,0	601,2	\$ 6.613,5
4	31.264	31264	\$ 10.942,4	31264	\$ 5.940,2	31264	\$ 28.137,6	844,1	\$ 9.285,4
5	36.579	36579	\$ 12.802,6	36579	\$ 6.950,0	36579	\$ 32.921,0	987,6	\$ 10.863,9
6	47.553	47553	\$ 16.643,4	47553	\$ 9.035,0	47553	\$ 42.797,3	1283,9	\$ 14.123,1
7	55.636	55636	\$ 19.472,8	55636	\$ 10.570,9	55636	\$ 50.072,8	1502,2	\$ 16.524,0
8	81.368	81368	\$ 28.478,9	81368	\$ 15.460,0	81368	\$ 73.231,5	2196,9	\$ 24.166,4
9	95.201	95201	\$ 33.320,3	95201	\$ 18.088,2	95201	\$ 85.680,8	2570,4	\$ 28.274,7
10	111.385	111385	\$ 38.984,8	111385	\$ 21.163,2	111385	\$ 100.246,5	3007,4	\$ 33.081,4

Fuente: propia

Herramientas: A continuación, listan herramientas que son necesarias para realizar tareas de mantenimientos a los diferentes equipos:

- Juego de llaves tubo y combinadas "Bahco".
- Taladro inalámbrico "Milwaukee" 2407-259A.
- Soldadora inverter "Logus" 200A, corriente AC/DC.

Presentadas las herramientas, en la Tabla 24 se puede apreciar las cantidades necesarias y precios, estos últimos fueron obtenidos a partir de la plataforma "Mercado Libre".

Tabla 24: Requerimientos de herramientas.

Herramienta	Cantidad	Costo (USD)	Periodo de Amortización (años)	Amortización Anual (USD)
Juego de llaves "Bahco"	2	\$ 380,52	5	\$ 76,10
Taladro inalámbrico "Milwaukee"	1	\$ 219,18	5	\$ 43,84
Soldadora Inverter "Logus"	1	\$ 983,09	5	\$ 196,62

Fuente: propia

7.7 Conclusión

De este estudio técnico se puede concluir que, como primera instancia se realizó una descripción detallada del proceso, con el objetivo de dar un marco para las siguientes secciones del capítulo.

Luego, en una segunda instancia, se definieron las condiciones mínimas que debía tener el equipamiento utilizado, para que permita la producción del filamento conforme a las especificaciones demandas por el mercado, finalmente, basado en un doble criterio cualitativo-económico, se selecciona la alternativa más rentable. Siguiendo esta metodología, se recomienda la utilización de dos extrusoras diferentes:

- La “FLD-35A 3D Printing Filament Extrusión Line” de la compañía “Suzhou ACC Machine Co”. En este caso se recomienda incorporar dos, la primera al para iniciar la producción y la segunda en el año 5.
- La “FLD-35A 3D Printing Filament Extrusión Line” de la compañía “Suzhou ACC Machine Co”. Se incorpora un solo equipo de esta capacidad (25 kg/h) en el año 8 para hacer frente a los fuertes aumentos en la demanda proyectados ese año.

Definida la tecnología principal de producción, se determinaron los diferentes equipos que acompañaran al mismo, entre ellos se destacan:

- Mezclador: TM-50 de la compañía “Suzhou ACC Machine Co”.
- Envasadora: XT-400D de la compañía “Suzhou ACC Machine Co”.

Se determinó la capacidad real de la planta, en base a una estimación de los distintos tiempos improductivos y tiempos tipos que se tienen en las diferentes operaciones. Con este dato se calculó el requerimiento de maquinarias para los diferentes periodos.

Finalmente, seleccionados los diferentes equipos que intervienen en el proceso productivo, se determinaron las necesidades de materias primas, mano de obra, energía eléctrica, herramientas y otros materiales necesarios para la producción.

Capítulo 8:

“Distribución de planta”

8.1 Introducción

En el siguiente capítulo del proyecto se analiza la distribución de planta conveniente para llevar a cabo la producción del filamento según los requerimientos del mercado en términos de volumen, calidad y con el menor costo posible.

Para el estudio, se utiliza la metodología SLP (Sistematic Layout Planing), método desarrollado por un especialista reconocido internacionalmente en materia de planeación de fábricas. Consiste en una serie de pasos, procedimientos y símbolos convencionales para identificar, evaluar y visualizar los elementos y áreas vinculadas en la distribución de la planta (Muzzio, 2022).

El método SLP consiste en 4 fases (localización, organización general, organización detallada y la instalación). En el presente capítulo solo se abordarán las fases 2 y 3 ya que son las que definen la distribución de los elementos. A continuación, se detallan los pasos de la metodología seguidos para completar el análisis de la distribución de la planta.

8.2 Datos básicos de consumo

En esta sección se resume información acerca del producto obtenida en estudios anteriores, pero que es relevante para la planificación de la distribución de planta.

8.2.1 Producto

El producto obtenido es un filamento para impresión 3D, disponible con un diámetro de 1,75 mm. Los colores se pueden visualizar en el anexo I.

8.2.2 Volúmenes

Con respecto al color, no se posee estadística detallada sobre la demanda por cada uno de ellos, además obtener el filamento en diferentes colores no exige mayor trabajo que esperar el término de una partida, limpiar la extrusora y realizar el cambio de colorante. Por lo tanto, no es un dato que influye necesariamente en la distribución de la planta. En la sección 7.6.1 se determinaron los volúmenes de producción.

8.2.3 Secuencia de las operaciones

La secuencia en la que se desarrolla el proceso no difiere para los diferentes colores, por lo tanto, los diagramas de flujos de materiales son expresados para un único proceso. Las operaciones realizadas se detallaron en la sección 7.1 del capítulo anterior.

8.2.4 Servicios y actividades de soporte

Es necesario contar con diferentes servicios, o realizar distintas actividades para complementar la producción del filamento conforme a las exigencias del mercado. A continuación, se detallan los servicios y actividades requeridos.

- Energía eléctrica: Es necesario contar con tableros de 380V, 50Hz.
- Aire comprimido: Se debe tener en cuenta el espacio para el compresor encargado de suministrar este servicio.
- Mantenimiento: Es necesario considerar un área alrededor del equipamiento para realizar tareas de mantenimiento cuando así se requiera. No se tiene en cuenta una oficina de mantenimiento ya que el servicio es realizado por terceros.
- Ingeniería de manufactura: Se debe contar con un espacio físico destinado a una oficina en la que se encuentre el personal que desarrolla tareas de ingeniería.
- Administración: Es necesario contar con una oficina donde se sitúen los administrativos de la organización. Cabe aclarar, que los trabajos de contaduría serán realizados por un estudio contable.
- Baños: Es necesario contar con un espacio para el aseo de todo el personal.
- Comedor: Es necesario contar con un espacio destinado a la media hora de almuerzo diaria.
- Limpieza: Es necesario contar con un espacio destinado al almacenamiento de los productos u útiles de limpieza.

8.2.5 Tiempos

A continuación, se expresa la capacidad real de las operaciones definidas como claves en la sección 7.4 del capítulo anterior:

- Carga de la materia prima: 764 kg/hs.
- Mezclado: 327,5 kg/hs.
- Extrusora FLD-35A: 114,04 kg/hs.
- Extrusora FLD-45A: 192,02 kg/hs.
- Envasado al vacío: 2.542,7 kg/hs.
- Envasado en cartón: 2.542,1 kg/hs.

8.3 Análisis del flujo de materiales

En esta sección se describe el flujo de materiales mediante un cursograma sinóptico del proceso (véase Figura 14), el mismo representa un bosquejo de las diferentes etapas del proceso productivo, sin tener en cuenta transportes o demoras que puedan surgir en el mismo (OIT, 1980).

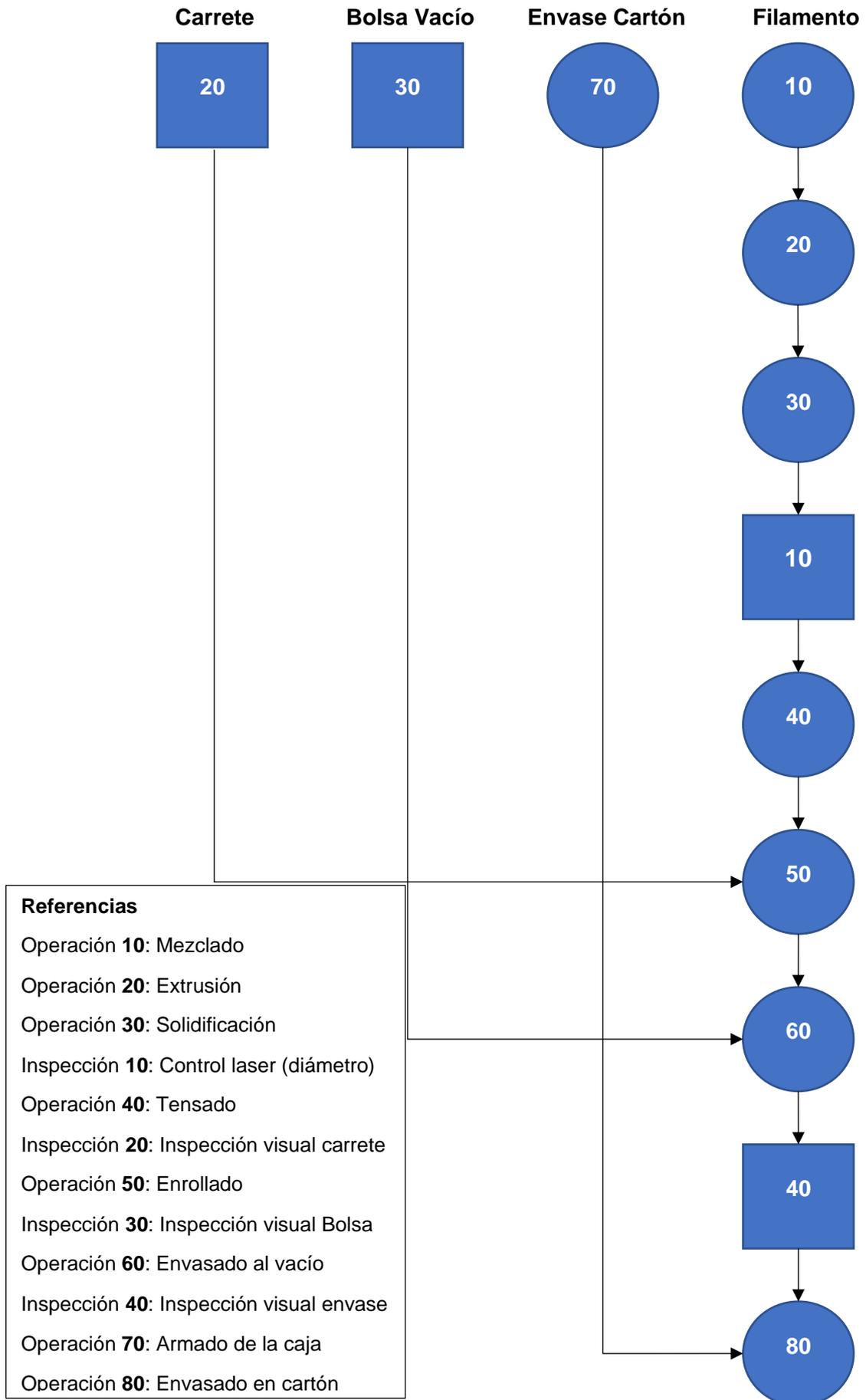


Figura 14: Cursograma sinóptico del proceso. Fuente: propia

8.4 Diagrama de relación de actividades

En esta sección se definirán los departamentos, que engloban las actividades mencionadas en el cursograma sinóptico de proceso, junto con las áreas de soporte necesarias para llevar a cabo la producción. También se define la relación entre los mismos, donde se tiene como principal consideración el flujo de materiales y personas que existe entre estas.

El objetivo final es obtener un diagrama donde se muestre como se relacionan las distintas áreas de la organización, el cual se toma como base para determinar la distribución definitiva de la planta. Cabe aclarar que como unidad de medida se tuvo en cuenta una línea de producción, ya que, para el resto las relaciones serán idénticas. Como parámetro se tuvo en cuenta la línea de extrusión "FLD-45A" ya que es la de mayor capacidad (25 kg/h) y la que estará más relacionada con las diferentes operaciones.

8.4.1 Análisis del flujo de materiales entre las áreas

Almacenaje de materia prima: Esta área está directamente relacionada con la actividad de mezclado, ya que se recolectan en un pallet los pellets y colorantes necesarios para comenzar el proceso de extrusión.

Se supone que, mediante el uso de un transpaleta el operario es capaz de recoger en un solo recorrido 50 kilogramos de pellets y los kilogramos de colorantes necesarios para la producción diaria.

Por lo tanto, si se tiene una capacidad de procesamiento de 190,02 kg/día el trabajador debe realizar 4 veces el trayecto en la misma unidad de tiempo.

Mezclado: La operación de mezclado, está directamente vinculada con la línea automática de extrusión, tanto la introducción al mezclador, como la posterior salida hacia la tolva de la extrusora, se realiza mediante un sistema de aspiración. Se tiene un elevado flujo de que puede llegar a los 327,5 kg/hs.

Línea de extrusión: La entrada a esta actividad proviene del proceso de mezclado y la salida es hacia el envasado al vacío, las actividades que comprende esta área ya fueron especificadas en capítulos anteriores, cabe aclarar que se tiene un flujo real de 190,02 kg/día.

Envasado al vacío: Esta actividad se realiza posteriormente al arrollamiento del filamento y precede al envasado en cartón, la capacidad que posee la tarea es de 2.542 bolsas por día, por lo tanto, el operario debe abastecerse de bolsas 12 veces al día,

teniendo en cuenta que debido a cuestiones de espacio es posible almacenar en el puesto de trabajo 200 bolsas.

Empaquetado: Esta operación se ubica delante del envasado al vacío y es anterior al almacenamiento final, la capacidad de la misma es de 2.510 cajas por día, por lo tanto, teniendo en cuenta que es posible almacenar 100 cajas en el puesto de trabajo, si se aprovecha la capacidad máxima de la operación, el operario debiera abastecerse 25 veces por jornadas de este insumo.

Almacenamiento de producto terminado: Es la última actividad del proceso productivo y está directamente vinculada con el empaquetado. Teniendo en cuenta las medidas de las cajas donde se envasa el filamento (22,5x22,5x7,5 cm) y las medidas de carga de un euro pallet (1,2x0,8 metros de base y 2,3 metros de altura). A continuación, se realiza el cálculo de capacidad del mismo:

$$Largo = \frac{\text{largo caja}}{\text{largo pallet}} = \frac{22,5 \text{ cm}}{120 \text{ cm}} = 5,3 \approx 5 \text{ cajas}$$

$$Ancho = \frac{\text{Ancho caja}}{\text{Ancho pallet}} = \frac{22,5 \text{ cm}}{80 \text{ cm}} = 3,5 \approx 3 \text{ cajas}$$

$$Alto = \frac{\text{Alto caja}}{\text{Alto pallet}} = \frac{7,5 \text{ cm}}{230 \text{ cm}} = 32,8 \approx 32 \text{ cajas}$$

$$\text{Capacidad pallet} = \text{Alto} \times \text{Largo} \times \text{Ancho} = 32 \times 3 \times 5 = 480 \text{ cajas} = 480 \text{ kg}$$

Como se deduce del cálculo, es posible almacenar en cada pallet 480 kilogramos de filamento, teniendo en cuenta que la capacidad de producción diaria es de 190,02 kg/día, aún duplicando esta capacidad como se prevee en el periodo 5, es posible realizar un solo viaje en todo el día.

Baños: Con respecto al sector de baños, se considera que cada operario durante su turno de trabajo se dirige al baño en 2 oportunidades.

Comedor: Es necesario considerar que cada operario se dirige al comedor 2 veces, una para dejar la comida del día y la otra para almorzar.

Departamento de ingeniería: Se puede considerar que este sector no productivo es el que más relación tiene con la producción, por lo tanto, es necesario que se encuentre ubicado cercano al área de producción. Además, se debe considerar su comunicación constante con el sector de administración.

Administración: La administración es poco frecuente que circule dentro de la planta, sus interacciones son entre personal del mismo sector y con el departamento de ingeniería.

A continuación, se presenta mediante la Tabla 25 un cuadro donde se resume el flujo de materiales entre las diferentes áreas descriptas anteriormente, cabe aclarar que los valores observados en rojo corresponden al flujo de material, en cambio, en negro se observa la cantidad de recorridos que debe realizar el operario por día para poder concretar su labor diaria.

Tabla 25: Flujo de personas y materiales. Fuente: propia

Desde/Hasta	Almacén MP	Mezclado	Extrusión	Envasado	Empaquetado	Almacén PT	Administración	Ingeniería	Baño	Comedor
Almacén MP		4/200					2			
Mezclado			190							
Extrusión				190				5	2	2
Envasado	12				2542			2	2	2
Empaquetado	25					1/2510		2	2	2
Almacén PT							2			
Administración	2					2		10		
Ingeniería			4	2	2					
Baño			2	2	2					
Comedor			2	2	2					

Fuente: propia

8.4.2 Diagrama de relación de actividades

En esta subsección se presenta el diagrama de relación de actividades (véase Figura 15 y Figura 16), resultado del estudio de flujo de materiales y a partir de cual se define la distribución de la planta, previo a esto, se presenta en la Tabla 26 las referencias del diagrama.

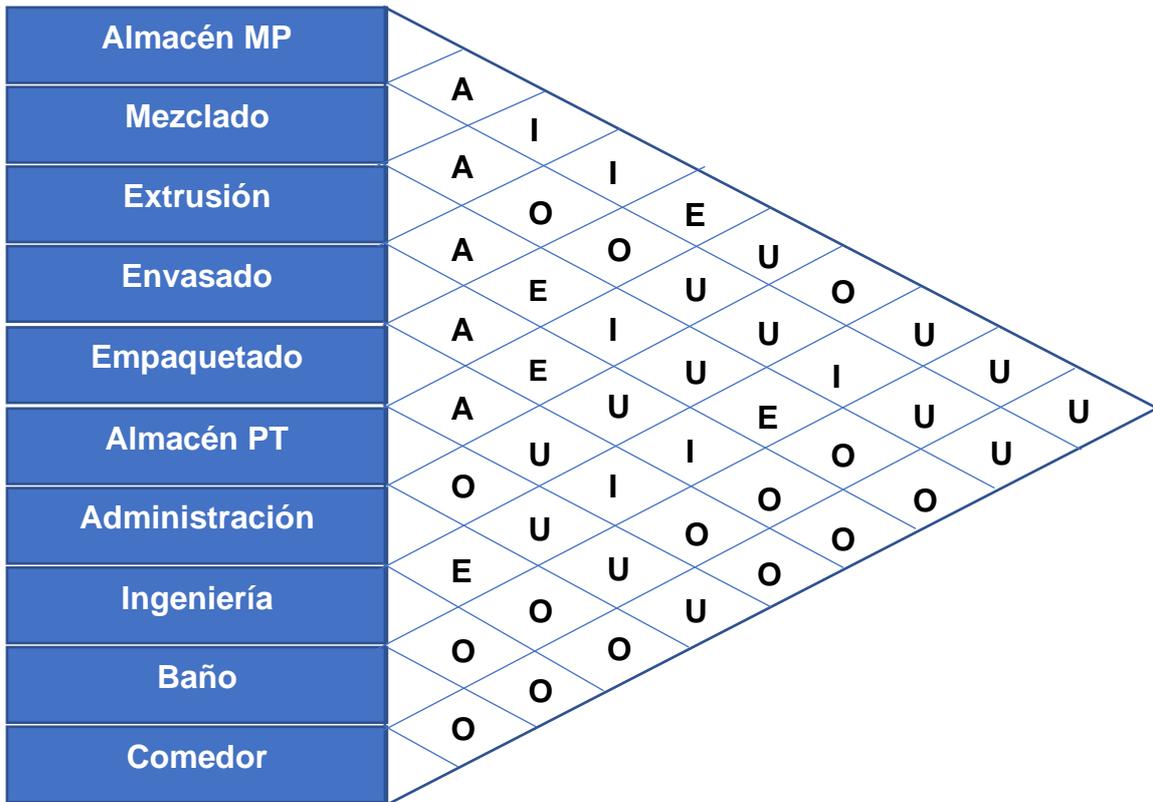


Figura 15: Diagrama de relación de actividades. Fuente: propia

Tabla 26: Referencias diagrama de relación de actividades. Fuente: propia

Proximidad	Simbología	Simb. Gráfica	Color
Absolutamente necesaria	A	4 Líneas	Rojo
Especialmente importante	E	3 Líneas	Amarillo
Importante	I	2 Líneas	Verde
Adecuada	O	1 Línea	Azul
Sin importancia	U	Nada	-
Indeseable	X	Línea Quebrada	Café

Fuente: propia

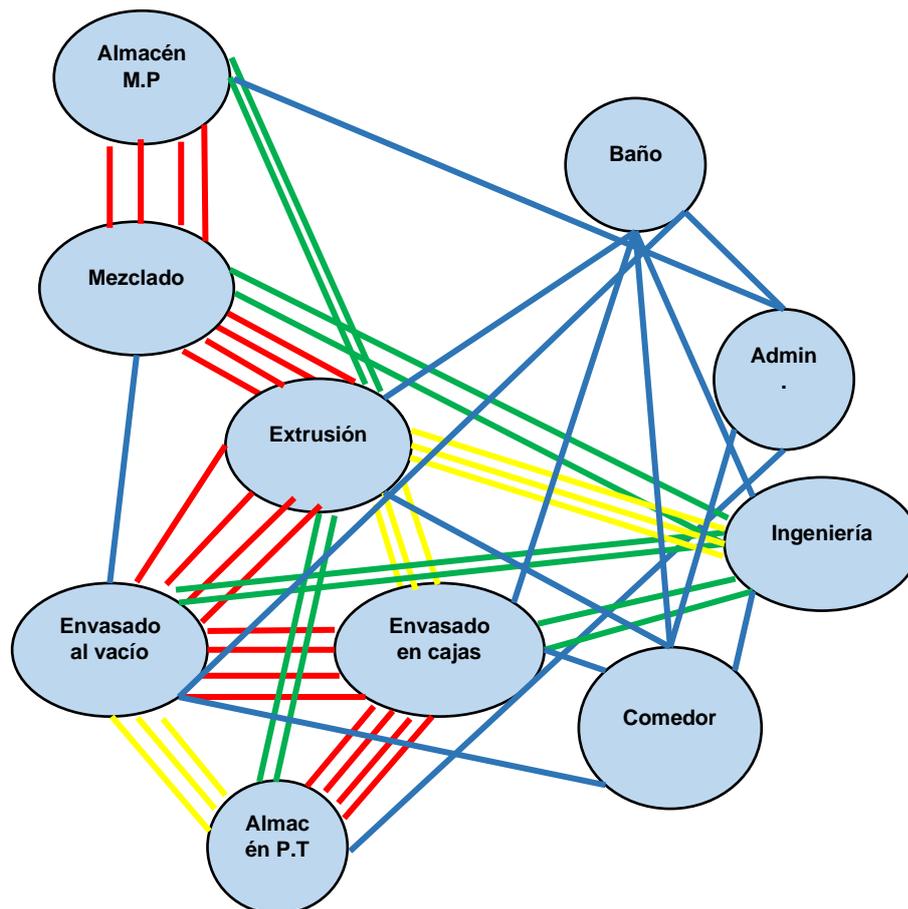


Figura 16: Diagrama de relación de actividades gráfico. Fuente: propia

8.5 Necesidades de espacio físico

En esta sección se detallan los requerimientos de espacio físico de las diferentes actividades y departamentos, con el objetivo de obtener información para determinar el layout definitivo de la planta.

Además, de las medidas del equipo, en todos los casos se tiene en cuenta un perímetro de 0,8 metros alrededor de cada puesto de trabajo, para que el personal pueda circular

fácilmente al realizar su labor diaria y en caso de que sea necesario se poder realizar trabajos de mantenimiento al equipo (OIT, 1980).

Cabe aclarar que los cálculos realizados son en base a la máxima producción que se prevé que tendrá la planta, es decir, aquella determinada para el periodo número 10.

8.5.1 Almacén de materia prima

De acuerdo con los plazos de entrega por parte del proveedor, y para economizar gastos de transporte, se decide contar con un inventario de materia prima suficiente para cubrir la demanda de al menos un mes. Por lo tanto, en base a las necesidades de materia prima del último periodo es necesario contar mensualmente con:

- 9747 kg de pellets.
- 9746 bolsas de gofradas.
- 9283 envases de cartón.
- 3158 kg de colorantes.

En base a las condiciones de comercialización se tienen los siguientes datos:

- Los pellets se venden en bolsas de 1000 kilos, donde cada pallet puede contener una sola bolsa.
- Las bolsas gofradas y los envases se los puede almacenar en un mismo pallet.
- Los colorantes se comercializan en bolsas de 100 kg, y se pueden almacenar como máximo 1500 kg por pallet.

Teniendo en cuenta las condiciones y los requerimientos de cada material, el espacio destinado para el almacenamiento de materia prima será:

$$Sup\ Almacen = Cantidad\ de\ pallet \times Sup\ pallet = \frac{Requerimientos\ MP}{Condicion\ Comerc.} \times Sup\ Pallet$$

$$Cant.\ de\ pallet = \frac{9747\ kg\ pellet}{1000\ \frac{kg\ pellet}{pallet}} + \frac{3158\ kg\ color}{1500\ \frac{kg\ color}{pallet}} + 1\ pallet = 12,85 \approx 14\ pallets$$

$$Sup.\ Almacen = 14\ pallet \times (1,2 \times 0,8)m^2 = 13,44\ m^2$$

8.5.2 Mezclado

Es necesario incorporar un mezclador por cada línea de producción, por lo tanto, para abastecer la demanda del último periodo es necesario utilizar 3 equipos. El espacio requerido por los mismos será de:

$$Sup.\ Mezclador = (Sup.\ equipo + Sup.\ adicional) \times Nro.\ equipos$$

$$\text{Sup. Mezclador} = [(0,9 \times 0,85)m^2 + (0,6 \times 0,9 + 0,6 \times 0,85)m^2 \times 2] \times 3 = 29,25 m^2$$

8.5.3 Línea de extrusión

Al final del décimo periodo de evaluación es necesario contar con 3 líneas de extrusión, por lo tanto, a continuación, se determina el espacio requerido por las mismas en base a la dimensión del equipamiento y a la necesidad de espacio adicional para trabajos de mantenimiento y circulación del operario

- Dimensiones del equipamiento:
 - Largo: 13 metros.
 - Ancho: 1 metro.
 - Alto: 2,8 metros.
- Necesidad de espacio para circulación y trabajos: Se considera un perímetro de 1,5 metros alrededor del equipo.

$$\text{Sup. Línea extrusión} = (\text{Sup. equipo} + \text{Sup. adicional}) \times \text{Nro. equipos}$$

$$\text{Sup. Línea extrusión} = [(13 \times 1)m^2 + (0,6 \times 13 \times 2 + 0,6 \times 1 \times 2) m^2] \times 3 = 89,4 m^2$$

8.5.4 Envasado al vacío

Debido a la alta capacidad que posee el equipo, solo es necesario una única unidad del mismo, a continuación, se determina el espacio requerido.

$$\text{Sup. envasadora} = (\text{Sup. equipo} + \text{Sup. adicional}) \times \text{Nro. equipos}$$

$$\text{Sup. envasadora} = [(0,44 \times 0,42)m^2 + (0,8 \times 0,44 \times 2 + 0,8 \times 0,42 \times 2)m^2] = 1,56 m^2$$

8.5.5 Envasado en cartón

Al igual que el envasado al vacío, esta operación es de alta productividad, por lo tanto, solo es necesario un solo puesto de trabajo destinado a la misma. Sin embargo, a diferencia de la actividad anterior, se trata de una operación manual, la cual se realizará en una mesa de las siguientes dimensiones que determinan el espacio que se necesita:

$$\text{Superficie empaquetado} = [(1,5 \times 1) m^2 + (0,8 \times 1 \times 2 + 0,8 \times 1,5 \times 2)m^2] = 5,5 m^2$$

8.5.6 Almacén de producto terminado

Para el cálculo del espacio se tuvo en cuenta al igual que en almacén de materia prima, un inventario promedio de 1 mes de producción, por lo tanto, teniendo en cuenta la demanda del último periodo (111.385 unidades), mensualmente se deben abastecer 9283 kg de filamento. A continuación, se determina el requerimiento de espacio físico para ubicar los pallets de producto terminado.

$$\text{Cantidad de pallets} = \frac{\text{Produccion mensual}}{\text{Cap. pallet}} = \frac{9283 \text{ cajas}}{480 \frac{\text{cajas}}{\text{pallet}}} = 19,3 \approx 20 \text{ pallet}$$

$$\text{Sup. Almacén P.T} = \text{Cant. pallet} \times \text{Sup. pallet} = 20 \times (1,2 \times 0,8) \text{m}^2 = 19,2 \text{ m}^2$$

8.6 Conclusión

Como conclusión del capítulo 8, se presentan las necesidades de espacio físico de cada sector. Como se puede observar se requieren 560,2 m² (véase Tabla 27), por lo tanto, al tener en cuenta pasillos internos, y espacios muertos la nave industrial será de 594 m² (en la Tabla 28 se puede ver el presupuesto para la ejecución de la obra, brindado por la empresa MacroTech-Naves Industriales).

Tabla 27: Necesidades de espacio físico.

Departamento	Espacio (m2)
Almacén MP	29,8
Extrusión	89,4
Envasado	1,56
Empaquetado	5,5
Almacén PT	19,2
Administración	40
Ingeniería	46,25
Baño	3,75
Comedor	15
Herramientas	3
Entrada	67,5
Espacio verde	63
Playón	165,5
Total	560,16

Fuente: propia

En la Figura 17 se presenta el layout propuesto, en el mismo se puede apreciar la distribución de la planta en base al diagrama de relaciones.

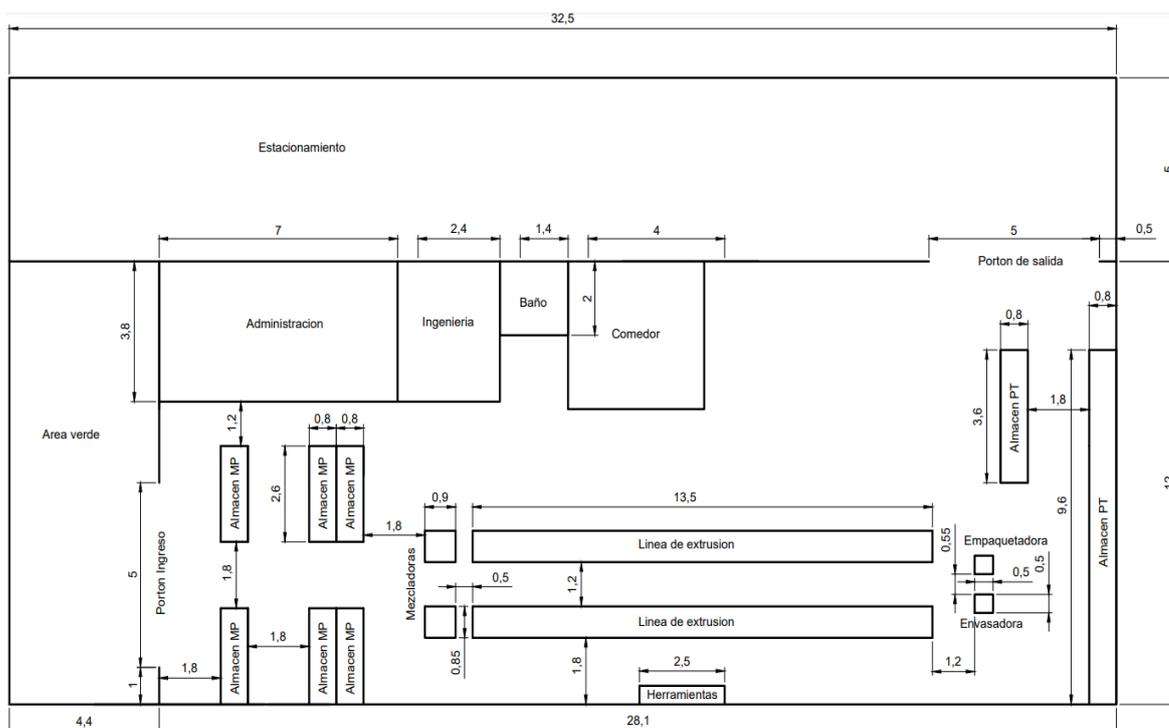


Figura 17: Layout de planta. Fuente: propia

Tabla 28: Presupuesto de obra física. Fuente: propia

Detalle		Importe (USD)
Nave industrial	Estructura con columnas y cabriadas perfil tipo U de 200 de 3,2	\$ 287.120,90
	Reticulado con ángulos de 5x5 en 3,2	
	Correas de perfil tipo C de 120 galvanizados	
	Techado con chapa acanalada C25	
	Portón de 5x7 m con correderas en suelo y altura. Con ruedas metálicas	
	Paredes de chapa trapezoidal para 490 m ² (x2), 210 m ² y 205 m ²	
	80 m ² de oficinas sectorizadas construidas en durlock	
	165,5 m ² de playón	
Instalación eléctrica	3 gabinetes	\$ 9.595,30
	95 m de cable 3x4mm	
	95 m de cable 3x4mm	
	20 lamparas led	
	15 tomacorrientes monofásicos	
	5 tomacorrientes trifásicos	
	70 m de bandeja	
Total		\$ 296.716,20

Fuente: propia

Capítulo 9: “Estudio de Localización”

9.1 Introducción

El propósito de este estudio es analizar detalladamente los posibles lugares donde situar la empresa para de esta manera poder maximizar las utilidades. Se considerará solamente la zona del país definida como pertinente en el estudio de mercado, ya que sería ilógico situar la empresa en un lugar lejano al mismo.

A la hora de llevar a cabo el estudio, se divide en dos partes, la primera de macro localización en la cual se consideran factores más generales y una vez definida esta, se estudia la micro localización que ya determinará el lugar específico en el cual se encontrará la planta, es decir, el lote donde se instalará la nave industrial.

9.2 Macro localización

Esta etapa del estudio de localización se centrará en analizar los principales polos urbanos para poder determinar cuál será el área propicia sobre la cual luego realizar el estudio de micro localización.

El principal factor a considerar en esta primera selección será la cercanía con el mercado consumidor por sobre la cercanía de las fuentes de abastecimiento ya que a la hora de considerar los costos de transporte en los que se incurriría serían mucho mayores los del transporte del producto terminado debido a que un rollo de filamento de 1 kg ocupa mucho más volumen por el empaquetado en caja que 1 kg de pellets vendidos a granel.

A continuación, se listan en la Tabla 29 los principales centros urbanos de las provincias de Buenos Aires, Córdoba y Santa Fe establecidas inicialmente en el proyecto. Estos puntos serán tomados como representativos de las 3 provincias para aplicar el método de centro de gravedad.

Tabla 29: Principales centros urbanos de la región centro del país.

Ciudad	Habitantes	Coordenada x	Coordenada y
Gran Córdoba	2.420.052	48	104
Río Cuarto	200.000	46	81
Gran Santa Fe	510.000	87	102
Gran Rosario	1.691.880	86	85
San Nicolás	165.375	91	78
Gran Buenos Aires	13.985.794	109	61
Gran La Plata	787.294	115	77
Tandil	150.162	101	27
Bahía Blanca	335.190	67	10
Gran Mar del Plata	682.605	116	17

Fuente: propia

Mediante este método se determinará el punto ideal de macro localización atendiendo dos factores claves, la cantidad poblacional de cada lugar y la distancia de estos a un punto de referencia arbitrario.

El procedimiento para aplicarlo sería el siguiente:

1. Se colocan las ubicaciones existentes en un sistema de cuadrícula con coordenadas y así se establecen distancias relativas entre las ubicaciones, la coordenada correspondiente a cada ciudad se aprecia en la Tabla 29.
2. El centro de gravedad se encuentra calculando las coordenadas "x" e "y" que dan por resultado el costo mínimo de transporte, para realizar el cálculo se utiliza la ecuación presentada a continuación (Universidad).

$$Cx = \frac{\sum_i li \cdot xi}{\sum_i li}; \quad Cy = \frac{\sum_i li \cdot yi}{\sum_i li}$$

Donde:

- li = población de la ciudad "i".
- xi = coordenada en x de la ciudad "i".
- yi = coordenada en y de la ciudad "i".

Cx

$$\begin{aligned} & (48 * 2.420.052) + (46 * 200.000) + (87 * 510.000) + (91 * 165.375) + (109 * 13.985.794) \\ & + (115 * 787.294) + (101 * 150.162) + (67 * 335.190) + (116 * 682.605) + (86 * 1.691.880) \\ = & \frac{2.420.052 + 200.000 + 510.000 + 165.375 + 13.985.794 + 787.294 + 150.162 + 335.190 + 682.190 + 682.605 + 1.691.880}{2.420.052 + 200.000 + 510.000 + 165.375 + 13.985.794 + 787.294 + 150.162 + 335.190 + 682.190 + 682.605 + 1.691.880} \\ = & 98,5 \end{aligned}$$

Cy

$$\begin{aligned} & (104 * 2.420.052) + (81 * 200.000) + (102 * 510.000) + (78 * 165.375) + (61 * 13.985.794) \\ & + (77 * 787.294) + (27 * 150.162) + (10 * 335.190) + (17 * 682.605) + (85 * 1.691.880) \\ = & \frac{2.420.052 + 200.000 + 510.000 + 165.375 + 13.985.794 + 787.294 + 150.162 + 335.190 + 682.190 + 682.605 + 1.691.880}{2.420.052 + 200.000 + 510.000 + 165.375 + 13.985.794 + 787.294 + 150.162 + 335.190 + 682.190 + 682.605 + 1.691.880} \\ = & 67,3 \end{aligned}$$

Situando los resultados del cálculo en el sistema coordenado utilizado y extrapolando al mapa argentino obtenemos que el resultado del estudio de macro localización nos indica que la empresa debería situarse en la zona Noreste de la provincia de Buenos Aires. En la Figura 18 a continuación se puede apreciar un esquema que representa el método

aplicado, vale aclarar que el mismo fue realizado mediante una hoja de papel milimetrado y un mapa oficial del territorio argentino.

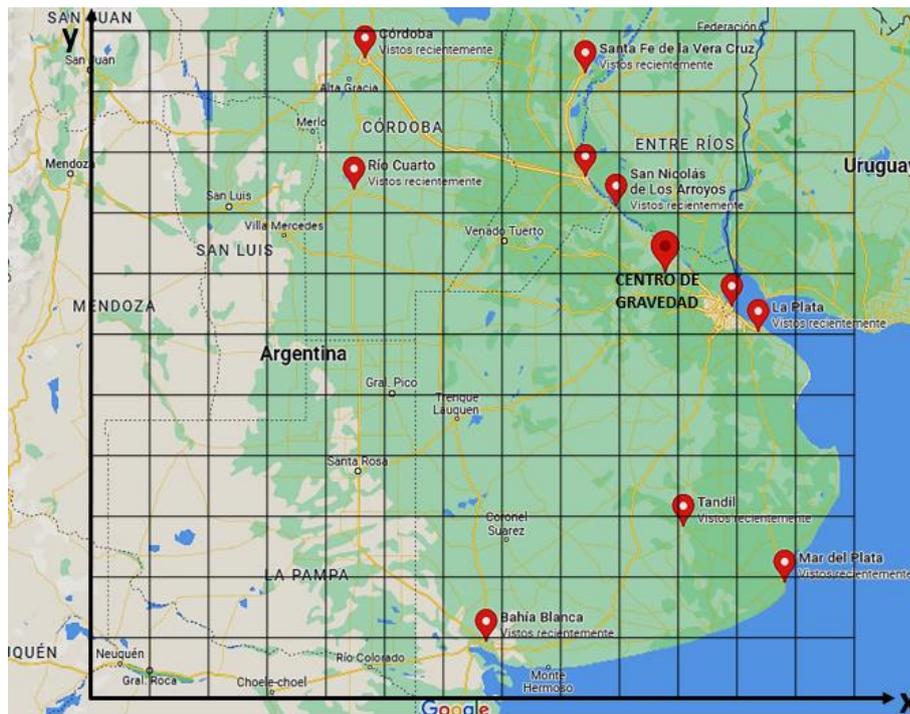


Figura 18: Macro localización. Fuente: propia

A partir de esto en el siguiente estudio de micro localización se analizan distintas alternativas de lotes y naves industriales en ciudades que se encuentren en la zona noreste de la provincia de Buenos Aires cercanas al centro de coordenadas arrojado como resultado del método de gravedad.

9.3 Micro localización

Mediante este estudio se determinará el lugar preciso donde deberá instalarse la empresa productora. Se analizan alternativas en distintos parques industriales de las principales ciudades de la región establecidas en el estudio de macro localización.

La técnica aplicada, al igual que en la selección del proveedor, será el método cualitativo por puntos, con el mismo se determinará cuál lote será la mejor alternativa al considerar y evaluar para cada uno de ellos una serie de factores que se mencionan a continuación.

9.3.1 Factores a considerar

Los principales factores por considerar serán:

- Cercanía a proveedores de materia prima y al mercado consumidor: estos dos aspectos son fundamentales ya que repercutirá directamente en los costos del

producto. Si bien se mencionó anteriormente que la cercanía al mercado consumidor posee mayor importancia, ahora ya con una macrozona designada este factor no será tan influyente ya que no podrá variar tanto, por ende, se le asigna un peso similar al de la cercanía al mercado proveedor.

- Costo del inmueble: este aspecto es clave ya que la inversión inicial incide directamente en la viabilidad económica del proyecto y en caso de una alternativa posea notorias ventajas en cuanto a las formas de pago incidirá fuertemente en el aspecto financiero.
- Servicios brindados: es un aspecto importante para considerar, sobre todo en ubicaciones que se encuentren igualadas en los demás aspectos. Muchas veces los servicios facilitan mucho las labores del día a día.

9.3.2 Presentación de Inmuebles

A continuación, se detallan para cada uno de los inmuebles considerados los factores recientemente descritos (Torres, 2023).

Lote en “Parque Industrial Ruta 6 (PIR6)”

- Distancia al mercado consumidor: considerando punto de referencia de este como el resultado del método de gravedad la misma sería de 66 km.
- Distancia a proveedor: la distancia al proveedor “Reciclar S.A.” es de 141 km.
- Costo del inmueble: el costo por metro cuadrado del lote es de 60 U\$D y teniendo el mismo 2.168 m² el costo total asciende a 134.280 U\$D.
- Servicios brindados: acceso, calles y rotondas en hormigón armado H30, seguridad privada 24hs, red de gas industrial, luminarias led, desagües subterráneos, disponibilidad de energía eléctrica y fibra óptica subterránea.

Lote en “Parque Industrial y Logístico Paraná de las Palmas”

- Distancia al mercado consumidor: el parque se encuentra en la ciudad de Zárate y la distancia desde su ubicación al punto de referencia es de 56 km.
- Distancia a proveedor: la distancia al proveedor “Reciclar S.A.” es de 120 km.
- Costo del inmueble: el costo por metro cuadrado del lote es de 65 U\$D y teniendo el mismo 3.324 m² el costo total asciende a 216.060 U\$D.
- Servicios brindados: acceso, calles y rotondas en hormigón armado H30 con cordón y cuneta, video vigilancia las 24hs, red de gas natural industrial, luminarias, abastecimiento de agua de calidad, disponibilidad de desagües pluviales e industriales para efluentes, disponibilidad de energía eléctrica con línea de media tensión, conexión de telefonía y datos con fibra óptica.

Lote en "Parque Industrial Tigre"

- Distancia al mercado consumidor: considerando el punto de referencia de este como el resultado del método de gravedad la misma sería de 105 km.
- Distancia a proveedor: la distancia al proveedor "Reciclar S.A." es de 44 km.
- Costo del inmueble: el costo por metro cuadrado del lote es de 65 U\$D y teniendo el mismo 5.268 m² el costo total asciende a 342.420 U\$D.
- Servicios brindados: acceso y calles en Pavimento H° A° Industrial, seguridad privada con control de acceso las 24hs, luminarias, red de agua corriente troncal, desagües, disponibilidad de energía eléctrica de media y baja tensión, red de gas industrial, conexión Internet y banda ancha.

Lote en "Plaza Industrial Escobar"

- Distancia al mercado consumidor: considerando el punto de referencia de este como el resultado del método de gravedad la misma sería de 91 km.
- Distancia a proveedor: la distancia al proveedor "Reciclar S.A." es de 72 km.
- Costo del inmueble: el costo por metro cuadrado del lote es de 55 U\$D y teniendo el mismo 2.364 m² el costo total asciende a 130.000 U\$D.
- Servicios brindados: acceso directo a la ruta panamericana (R9), calles y rotondas en hormigón armado, seguridad privada las 24hs, luminarias led, red de agua corriente, red pluvial, disponibilidad de energía eléctrica subterránea y fibra óptica, red de gas industrial.

Lote en "Parque Industrial Norte"

- Distancia al mercado consumidor: considerando que el parque se encuentra en la ciudad de San Nicolás, tomando al punto de referencia de este como el resultado del método de gravedad la misma sería de 135 km.
- Distancia a proveedor: la distancia al proveedor "Reciclar S.A." es de 259 km.
- Costo del inmueble: el costo por metro cuadrado del lote es de 60 U\$D y teniendo el mismo 2.106 m² el costo total asciende a 126.360 U\$D.
- Servicios brindados: acceso, calles y rotondas en hormigón armado, ingreso con guardia y video vigilancia las 24 hs, luminarias led, red de agua corriente, red de cloacas y pluvial, reservorio hídrico y planta de tratamiento de efluentes; energía eléctrica con línea de media y baja tensión, conexión de telefonía, 4G y fibra óptica.

Presentadas las distintas alternativas se procede a evaluarlas aplicando el método cualitativo por puntos, en la Tabla 30 a continuación se puede apreciar el resultado.

Tabla 30: Método cualitativo por puntos. Fuente: propia

Factor	Peso	Lote en "Parque Industrial Ruta 6"		Lote en "Parque Industrial y Logístico Parana de las Palmas"		Lote en "Parque Industrial Tigre"		Lote en "Plaza Industrial Escobar"		Lote en "Parque Industrial Norte"	
		Calificación	Ponderación	Calificación	Ponderación	Calificación	Ponderación	Calificación	Ponderación	Calificación	Ponderación
Distancia al mercado consumidor	0,35	9	3,15	9	3,15	7	2,45	8	2,8	6	2,1
Costo del inmueble	0,25	8	2	6	1,5	2	0,5	8	2	9	2,25
Distancia al proveedor	0,25	6	1,5	6	1,5	9	2,25	8	2	3	0,75
Servicios brindados	0,15	8	1,2	9	1,35	8	1,2	8	1,2	9	1,35
Ponderacion total		7,85		7,5		6,4		8		6,45	

Fuente: propia

Como conclusión del método cualitativo por puntos se establece que la planta industrial se radicara en un lote en "Plaza industrial escobar", el mismo posee una superficie de 2364 m².

Si bien la superficie de este es considerablemente mayor al cálculo realizado para la necesidad de obra física de la nave industrial (594 m²) se adquiere este terreno debido a que como primera limitante en la provincia de Buenos Aires las dimensiones mínimas para terrenos en parques industriales son de 2000 m².

Además, si consideramos un lote de una dimensión aproximada de 1000 m² en un área urbana el precio por m² de esta ronda los 100 U\$D por lo que el valor sería similar y no contaríamos con los beneficios legales y de servicios que se obtienen al estar radicados en un parque industrial.

Por último, también hay que considerar que el porcentaje de mercado que se pretende abarcar es bajo y las estimaciones de crecimiento son siguiendo las del mercado actual de filamentos, en el caso que este crecimiento sea mucho mayor o que sea mayor la demanda de nuestro tipo de filamentos por una mayor concientización ambiental con el lote de 2364 m² nos aseguramos poder adaptarnos a dicho crecimiento brusco de la demanda.

9.4 Conclusión

El estudio de macro localización mediante el método de centro de gravedad definió que la empresa debería situarse en la parte Noreste de la provincia de Buenos Aires.

El estudio de micro localización como resultado, arrojó que la mejor ubicación para la instalación de la planta será en un lote de "Plaza Industrial Escobar". Esto se debe a su ubicación estratégica, y, además, al precio por m² y un tamaño de lote adecuado, esto hizo que sea la alternativa ganadora, y, por ende, el lugar donde se radicara la empresa.

Capítulo 10

“Estudio legal”

10.1 Introducción

En el presente capítulo del proyecto, se definen los principales aspectos del marco legal en el cual la empresa desarrollara sus actividades, es decir, se mencionan las principales regulaciones que pueden afectar la actividad de la empresa y que puedan llegar a tener algún impacto económico en el flujo de caja del proyecto.

El capítulo se encuentra dividido en las siguientes secciones con el objetivo de separar el carácter de las distintas regulaciones que afectan el desarrollo de la actividad diaria de la empresa en:

- Exigencias de seguridad laboral.
- Leyes laborales.
- Leyes y normas económicas y tributarias.

10.2 Exigencias de seguridad laboral

10.2.1 Ley de higiene y seguridad en el trabajo

La Ley 19587 de Higiene y Seguridad en el Trabajo, y sus decretos Reglamentarios 351/79 y 1338/96 determinan las condiciones de seguridad que debe cumplir cualquier actividad industrial en todo el territorio de la República Argentina (Ministerio de justicia y derechos humanos, Ley de higiene y Seguridad 19.587, 1972).

Comprende las normas técnicas y medidas sanitarias, precautorias, de tutela o de cualquier otra índole que tengan por objeto:

- a) Proteger la vida, preservar y mantener la integridad psicofísica de los trabajadores;
- b) Prevenir, reducir, eliminar o aislar los riesgos de los distintos centros o puestos de trabajo;
- c) Estimular y desarrollar una actitud positiva respecto de la prevención de los accidentes o enfermedades que puedan derivarse de la actividad laboral.

El decreto 351/79, establece las características que debe reunir todo establecimiento con el fin de contar con un adecuado funcionamiento en la distribución y características de sus locales de trabajo previendo condiciones de higiene y seguridad (Ministerio de Justicia y derechos humanos, 2003).

10.2.2 Ley de riesgos de trabajo

La Ley de Riesgos del Trabajo No 24.557 tiene como objetivos (Ministerio de justicia y derechos humanos, Ley de riesgos del trabajo 24557, 1995):

- Reducir la siniestralidad laboral a través de la prevención de los riesgos derivados del trabajo;
- Reparar los daños derivados de accidentes de trabajo y de enfermedades profesionales, incluyendo la rehabilitación del trabajador damnificado;
- Promover la recalificación y la recolocación de los trabajadores damnificados;
- Promover la negociación colectiva laboral para la mejora de las medidas de prevención y de las prestaciones reparadoras.

Obligatoriamente están cubiertos entre otros, los trabajadores en relación de dependencia del sector privado. Es requisito que el trabajador se encuentre registrado, es decir, que trabaje “en blanco”.

10.3 Leyes laborales

10.3.1 Agrupación sindical

La Unión obrera y empleados plásticos (UOYEP), es el sindicato que rige en la industria donde se desarrolla la empresa, el mismo, tiene como objetivo el bienestar de sus miembros, defender todos los derechos de los trabajadores de la industria plástica, como así también negociar con los empresarios a fin de poder obtener mejores salarios, mejoras en las condiciones laborales para sus afiliados y asegurar condiciones dignas en materia de seguridad e higiene laboral (UOYEP, Convenio colectivo de trabajo N° 727/92, 2022).

Todos los derechos del sindicato se encuentran homologados en la LEY N° 23.551 artículo N°31, en el cual se detalla todos los derechos exclusivos de las asociaciones sindicales con personería gremial.

10.3.2 Escala salarial

El personal obrero y de empleados administrativos comprendidos en el presente convenio, percibirán los salarios que se detallan a continuación, de acuerdo con las categorías que en razón de sus funciones correspondan (UOYEP, Nuevas escalas salariales y sueldos basicos, 2023).

Operario: Es aquel que realiza tareas simples de limitada responsabilidad, cuya realización no exige poseer formación ni conocimientos previos, pudiendo el operario cumplir con las mismas en forma inmediata a su ingreso al establecimiento con someras indicaciones del supervisor o de otro operario mejor calificado. A continuación, se presenta el salario mensual básico correspondiente, expresado en dólares según la cotización a la fecha del dólar MEP.

Salario básico: 1,8 U\$D/hs más una suma fija de 26,79 U\$D

$$\text{Salario mensual: } 1,8 \frac{\text{USD}}{\text{hs}} \times 180 \text{ hs} + 26,79 \text{ USD} = 350,8 \text{ USD}$$

Administrativo nivel III: Desempeña tareas que requieren experiencia de por lo menos un año y conocimientos previos. A continuación, se expresa su salario básico mensual.

Salario básico: 385,5 U\$D.

Administrativo nivel V: Uso de criterio propio para tareas frecuentemente complejas. Actúa con virtual independencia y en base al conocimiento de políticas, normas y procedimientos, puede tomar decisiones. Requiere instrucción técnica y práctica previa de acuerdo a la especialidad. A continuación, se presenta su salario básico mensual.

Salario básico: 536 U\$D.

10.4 Leyes y normas económicas y tributarias

En esta sección se describen los principales impuestos que afectan la actividad de la empresa en el tiempo.

10.4.1 Impuestos sobre los ingresos, beneficios y ganancias de capital

Impuesto a las ganancias: Según la ley del Impuesto a las Ganancias, la tasa progresiva máxima que se aplica a las personas humanas y a las empresas llega al 35% (Ministerio de economía, LEY N° 20.628. IMPUESTO A LAS GANANCIAS, 1973).

Ingresos Brutos: Para calcular el Impuesto a los Ingresos Brutos se toma como base imponible la totalidad de los ingresos del contribuyente y se aplica una alícuota del 3%. El ente en encargado de recaudar el tributo de ingresos brutos en Buenos Aires es “ARBA” (ARBA, 2023).

10.4.2 Impuestos sobre la propiedad

Tasa municipal: En el municipio de escobar, la tasa pagada por los servicios públicos es en base a los metros lineales de frente, se debe abonar mensualmente 1,13 U\$D por metro lineal (Municipalidad de escobar, 2023).

Tasa de habilitación del establecimiento: La tasa de habilitación para un establecimiento que desarrolla una actividad industrial en la zona IV (parques industriales) según la ordenanza de la municipalidad de escobar es del 3% sobre el valor del activo, con un mínimo imponible de 188,6 U\$D (Municipalidad de escobar, 2023).

Tasa por inspección de Higiene y Seguridad: El mínimo a tributar mensualmente con relación a este concepto es de 10,6 U\$D (Municipalidad de escobar, 2023).

Derechos de construcción: Se entiende por derechos de construcción a todas aquellas erogaciones que deben ser realizadas al momento de la presentación de los planos para una posterior aprobación. A continuación, se citan los ítems más destacados (Municipalidad de Escobar, 2023):

- Planos de instalaciones contra incendios: 84,5 U\$D.
- Planos de instalaciones electromecánicas: 16,6 U\$D.
- Certificado final de obra: 71,4 U\$D.

10.4.3 Impuestos sobre el comercio y las transacciones internacionales

Derechos de importación: El derecho de importación grava la importación para consumo, es decir, cuando la mercadería se introduce al territorio aduanero por tiempo indeterminado (Ministerio de economía, Tributos vigentes en la república Argentina a nivel nacional, 2023).

Tasa de estadística: Grava las importaciones de productos no originarios del MERCOSUR aplicable a las destinaciones definitivas de importación para consumos y las destinaciones suspensivas de importación temporaria. La alícuota es del 3% hasta el 31/12/2024 y se aplica sobre el valor en aduana de la mercadería (Ministerio de economía, Tributos vigentes en la república Argentina a nivel nacional, 2023).

10.5 Conclusión

En el presente capítulo se presentaron diferentes normas que pueden influir en la actividad de la organización, algunas de ellas son exigencias de higiene y seguridad sobre las instalaciones y otras se refieren a tributos que se deben erogar al desarrollar la actividad productiva.

El impacto que poseen algunas leyes como las económicas, se verán plasmadas al realizar el flujo de caja para cada periodo en el capítulo donde se desarrolla el estudio económico financiero del proyecto.

Los impuestos sobre las importaciones también serán calculados en el estudio financiero, al calcular el monto total a invertir por en equipamiento.

Por último, las leyes laborales fueron tenidas en cuenta a la hora de realizar el cálculo de la mano de obra necesaria en el capítulo 5 donde se realizó el estudio técnico.

Capítulo 11:

“Estudio económico-financiero”

11.1 Introducción

En el presente capítulo, se realiza el análisis económico y financiero del proyecto, con el objetivo de determinar si es factible económicamente implementar el mismo, según las condiciones planteadas en los capítulos previos.

Se presenta a lo largo del capítulo el impacto económico que poseen las diferentes variables desarrolladas en las secciones anteriores en el flujo de caja del proyecto.

En primera instancia, se presentan las variables que determinan los egresos que se deberá afrontar durante el periodo de evaluación.

En la segunda sección se resumen las inversiones necesarias para la implementación del proyecto y el momento en el cual se deben realizar las mismas.

En la tercera sección, se resumen las variables que determinan los ingresos que posee el proyecto durante sus años de evaluación.

En una cuarta sección, se determina la tasa de descuento con la que se evalúa el proyecto y se justifica su valor.

En quinta sección se analiza la estructura de costos presente en el proyecto, donde se definen los costos variables, fijos y se determina el punto de equilibrio.

En la sexta sección se realiza el análisis financiero, donde se muestra la constitución del flujo de fondos y la evaluación mediante los métodos del VAN (valor actual neto) y TIR (tasa interna de retorno).

Finalmente, en la séptima sección se realiza un análisis de sensibilidad de las variables que integran el flujo de caja del proyecto, con el objetivo de determinar un orden de importancia de las mismas.

11.2 Egresos del proyecto

En esta sección se resumen los egresos que deberá afrontar el proyecto periódicamente, los mismos, en su mayoría fueron determinados en capítulos anteriores, por lo tanto, en estos casos, solo se muestran los totales por periodos.

11.2.1 Materia prima y materiales

Los egresos derivados de la compra de materia prima y materiales directos de producción para los periodos de evaluación del proyecto fueron determinados en el capítulo 7 en la sección 5 y se encuentran resumidos en las tablas Tabla 19 y Tabla 23.

11.2.2 Energía eléctrica

A continuación, en Tabla 31 se resumen los costos de energía eléctrica, tanto para la producción, como para las oficinas.

Tabla 31: Gasto en energía eléctrica anuales.

Año	Producción	Planta	Administración	Total
1	\$ 59,85	\$ 44,78	\$ 74,63	\$ 179,25
2	\$ 95,16	\$ 71,19	\$ 118,66	\$ 285,01
3	\$ 111,34	\$ 83,30	\$ 138,83	\$ 333,46
4	\$ 156,32	\$ 116,95	\$ 194,92	\$ 468,18
5	\$ 182,89	\$ 136,83	\$ 228,05	\$ 547,78
6	\$ 237,76	\$ 177,88	\$ 296,47	\$ 712,11
7	\$ 278,18	\$ 208,12	\$ 346,86	\$ 833,17
8	\$ 406,84	\$ 304,37	\$ 507,29	\$ 1.218,51
9	\$ 476,00	\$ 356,12	\$ 593,53	\$ 1.425,65
10	\$ 556,93	\$ 416,66	\$ 694,43	\$ 1.668,01

Fuente: propia

11.2.3 Mano de obra

Los costos de mano de obra fueron obtenidos en la sección 7.5.2 (véase Tabla 20).

11.2.4 Otros gastos indirectos de producción

A continuación, se presentan en Tabla 32 diferentes gastos en los que es necesario incurrir para el correcto funcionamiento de la planta, y que, afectan indirectamente a la producción dado que no se los puede asignar a una unidad de costo en particular.

Tabla 32: Gastos indirectos de producción en dólares.

Año	Producción	Internet	Telefonía	Gas	Agua	Fletes	Mantenimiento	Total
1	11.970	\$ 125,37	\$ 197,01	\$ 107,46	\$ 83,79	\$ 2.394,00	\$ 88,25	\$ 2.995,89
2	19.032	\$ 125,37	\$ 197,01	\$ 170,87	\$ 133,23	\$ 3.806,46	\$ 140,31	\$ 4.573,25
3	22.268	\$ 125,37	\$ 197,01	\$ 199,91	\$ 155,87	\$ 4.453,56	\$ 164,16	\$ 5.295,90
4	31.264	\$ 125,37	\$ 197,01	\$ 280,68	\$ 218,85	\$ 6.252,80	\$ 230,49	\$ 7.305,20
5	36.579	\$ 125,37	\$ 197,01	\$ 328,39	\$ 256,05	\$ 7.315,77	\$ 269,67	\$ 8.492,27
6	47.553	\$ 125,37	\$ 197,01	\$ 426,91	\$ 332,87	\$ 9.510,50	\$ 350,57	\$ 10.943,24
7	55.636	\$ 125,37	\$ 197,01	\$ 499,49	\$ 389,46	\$ 11.127,29	\$ 410,17	\$ 12.748,78
8	81.368	\$ 125,37	\$ 197,01	\$ 730,50	\$ 569,58	\$ 16.273,66	\$ 599,87	\$ 18.495,99
9	95.201	\$ 125,37	\$ 197,01	\$ 854,68	\$ 666,41	\$ 19.040,18	\$ 701,85	\$ 21.585,51
10	111.385	\$ 125,37	\$ 197,01	\$ 999,98	\$ 779,70	\$ 22.277,01	\$ 821,16	\$ 25.200,24

Fuente: propia

Servicio de internet: Se tuvo en cuenta la tarifa que posee el proveedor de servicios cablevisión-fibertel por 300 megas de internet. Se deben abonar mensualmente 7.000 pesos que al precio dólar de la fecha corresponden a 125,37 dólares anuales (Personal, Combos, 2023).

Servicio de telefonía: Es necesario contar con un teléfono celular para contactarse con los clientes y proveedores, el abono mensual es de 11.000 pesos (197,01 dólares al año). El servicio es brindado por la empresa Personal (Personal, Portabilidad, 2023).

Gas: Para el gas se tuvo en cuenta el consumo que posee una oficina comercial en los meses de invierno, el cual dio un promedio de 6.000 pesos mensuales (8,96 dólares). Al ser un servicio que varía con la actividad de la planta, se realizó el siguiente calculo para vincularlo con la producción:

$$\text{Costo gas por kg de filamento} = \frac{\text{Costo anual gas}}{\text{Produccion anual}} = \frac{107,46 \text{ USD}}{11.970 \text{ kg}} = 0,0089 \frac{\text{USD}}{\text{kg}}$$

Agua: Para determinar las erogaciones anuales en este concepto, se realizó la misma metodología utilizada en el caso del gas. A continuación, se determina el costo en agua por kilogramo de filamento teniendo en cuenta que se tiene un costo anual por este servicio de 83,79 dólares.

$$\text{Costo agua por kg de filamento} = \frac{\text{Costo anual agua}}{\text{Produccion anual}} = \frac{83,79 \text{ USD}}{11.970 \text{ kg}} = 0,007 \frac{\text{USD}}{\text{kg}}$$

Fletes: Para este concepto, se consultó con empresas que realizan logística de distintos tipos de materiales y se tomó como promedio el 2% del valor de la mercadería transportada, por lo tanto, anualmente se tiene el siguiente gasto:

$$\text{Costo anual flete} = \text{Produccion} \times P.Vta \times 2\% = 11.970 \times 10 \times 2\% = 2394 \text{ USD}$$

Mantenimiento: La determinación de los gastos en mantenimiento se realizaron en base a la producción anual. El proveedor recomienda realizar 2 horas de mantenimiento semanal si la maquina opera 8 horas del día, si se tiene en cuenta que la capacidad de producción es de 12,8 kg/h y 21,3 kg/h, a continuación, se realiza el indicador que demuestra las horas de mantenimiento necesarias por cada hora de producción tomando como ejemplo el primer periodo.

El costo por hora hombre de mantenimiento, consultado a la empresa AGT automatizaciones, es de 2500 pesos la hora (3,5 USD).

$$\frac{\text{Hs mant.}}{\text{Equipo}} = \frac{\text{Hs mant. anual}}{\text{Hs operación máx}} \times \frac{\text{Producción}}{\text{Capacidad}} = \frac{24 \text{ hs mant.}}{2340 \text{ hs máx}} \times \frac{11.970 \text{ kg}}{12,8 \text{ kg/h}} = 9,59 \text{ hs. mant}$$

11.2.5 Gastos de administración

En esta sección se detallan diferentes gastos destinados al sector de administración, a continuación, se presentan en la Tabla 33 las diferentes erogaciones anuales.

Tabla 33: Gastos de administración anuales en dólares.

Activo	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total
Licencia Microsoft	1	\$ 144,00	\$ 144,00
Honorarios Contador	1	\$ 358,21	\$ 358,21
Útiles de oficina	1	\$ 179,10	\$ 179,10
Totales			\$ 681,31

Fuente: propia

11.2.6 Impuestos

En esta sección se resumen los diferentes importes que se deben tributar con relación a los impuestos que afectan la actividad de la empresa, queda pendiente de cálculo, el impuesto a las ganancias debido a que su monto es en base a los beneficios netos obtenidos, este valor, se ve reflejado cuando se desarrolla el flujo de cajas del proyecto.

A continuación, se aprecian en Tabla 34 los montos que se deben abonar en base a los diferentes tributos durante el periodo de evaluación.

Tabla 34: Impuestos a tributar anualmente en dólares.

Año	Producción	Ingresos Brutos	Tasa de servicios	Tasa HyG	Habilitación	Construcción	Total
1	11.970	\$ 3.591,00	\$ 678,00	\$ 127,20	\$ 6.600,00	\$ 172,50	\$ 11.168,70
2	19.032	\$ 5.709,69	\$ 678,00	\$ 127,20		\$ -	\$ 6.514,89
3	22.268	\$ 6.680,34	\$ 678,00	\$ 127,20		\$ -	\$ 7.485,54
4	31.264	\$ 9.379,19	\$ 678,00	\$ 127,20		\$ -	\$ 10.184,39
5	36.579	\$ 10.973,66	\$ 678,00	\$ 127,20		\$ -	\$ 11.778,86
6	47.553	\$ 14.265,75	\$ 678,00	\$ 127,20		\$ -	\$ 15.070,95
7	55.636	\$ 16.690,93	\$ 678,00	\$ 127,20		\$ -	\$ 17.496,13
8	81.368	\$ 24.410,49	\$ 678,00	\$ 127,20		\$ -	\$ 25.215,69
9	95.201	\$ 28.560,27	\$ 678,00	\$ 127,20		\$ -	\$ 29.365,47
10	111.385	\$ 33.415,52	\$ 678,00	\$ 127,20		\$ -	\$ 34.220,72

Fuente: propia

Ingresos brutos: Como se explicó en el capítulo 10, corresponde tributar de ingresos brutos, el 3% de los ingresos por venta, por tanto, se debe realizar por periodo el siguiente calculo:

$$\text{Ingresos brutos} = \text{Produc. anual} \times P.Vta \times 3\% = 11.970 \times 10 \times 3\% = 3.591 \text{ USD}$$

Tasa de servicios: Este impuesto se tributa en base a los metros lineales de frente, teniendo en cuenta que la propiedad posee 50 metros lineales, se debe abonar anualmente el siguiente importe:

$$\text{Tasa servicio} = \text{Mts} \times 1,13 \text{ USD} \times 12 \text{ meses} = 500 \text{ m} \times 1,13 \frac{\text{USD}}{\text{m}} \times 12 = 678 \text{ USD}$$

Tasa higiene y seguridad: Se deben abonar mensualmente 10,6 U\$D.

Tasa de habilitación: La tasa de habilitación de la obra corresponde al 2,5% del valor de la obra, la cual esta tasada en 22.000 U\$D.

Derechos de construcción: Se debe abonar en relación con este impuesto una única suma de 172,5 U\$D.

11.3 Inversiones

En esta sección se describen las inversiones necesarias para llevar a cabo el proyecto, y el momento en el que se deben realizar los desembolsos. Algunas fueron determinadas en capítulos anteriores y otras se definen en esta sección.

11.3.1 Equipos de producción

La inversión en equipos fue determinada en el capítulo 7 en la sección 2 y 3, queda para esta sección determinar los derechos de importación que se deben abonar para poder ingresar la mercadería al país. En la Tabla 35 se puede apreciar el valor del equipo luego de pagar los impuestos necesarios.

Tabla 35: Inversión en equipamiento en dólares

MAQUINARIA	Porcentajes	Montos
Extrusora		\$ 26.500,00
Mezclador		\$ 800,00
Empaquetadora al vacío		\$ 500,00
FOB SHANGAI		\$ 27.800,00
Transporte internacional (contenedor)		\$ 76,00
CFR		\$ 27.876,00
Seguro internacional		\$ 167,26
CIF BsAs	-	\$ 28.043,26
Derecho de importación extrazona	17,0%	\$ 4.767,35
Tasa de estadística	3,0%	\$ 841,30
Base IVA	-	\$ 33.651,91
IVA	9,0%	\$ 3.028,67
IVA adicional	0,0%	\$ -
Anticipo a ganancias	11,0%	\$ 3.701,71
Ingresos Brutos	2,5%	\$ 841,30
Valor de la mercadería Nacionalizada	-	\$ 41.223,59
Monto a Pagar al AFIP	-	\$ 13.180,33
Honorarios despachante de aduana	0,60%	\$ 600,00
Depósito		\$ 370,00
Acarreo		\$ 200,00
THC		\$ 550,00
Gasto bancario	0,4%	\$ 112,17
Arancel SIM		\$ 10,00
Tasa digitalización		\$ 28,00
Flete a planta		\$ 100,00
Seguro	0,5%	\$ 168,26
SENASA		\$ 18,00
DDP EN PLANTA		\$ 43.380,02
DDP EN PLANTA EN PESOS (7/9/2023)		\$ 30.366.013,22

Fuente: propia

Como se definió anteriormente, es necesario la incorporación de dos líneas de extrusión, con mezclador y sin envasadora de 15 kg/h en el periodo inicial y en el número 5. Esto determina una inversión adicional en estos periodos de 28.080 USD.

11.3.2 Otros equipos y herramientas

Las inversiones en equipos y herramientas menores, que son utilizadas para mantenimiento, fueron definidas en el capítulo 7, sección 3.

11.3.3 Obra física

La inversión necesaria en lo que respecta a obra física, fue descrita en el capítulo número 8 donde se detalló la distribución de la planta.

11.3.4 Capital de trabajo

La inversión en capital de trabajo constituye el conjunto de recursos necesarios, para la operación normal del proyecto durante un ciclo productivo, para una capacidad y tamaño determinados (Sapag Chain, 2008).

Se denomina ciclo productivo al proceso que se inicia con el primer desembolso para cancelar los pagos de materia prima y termina cuando se venden los insumos, transformados en productos terminados, y se cobra por la supuesta venta.

El método utilizado para calcular la inversión en este ítem es el del periodo de desfase, consiste en determinar la cuantía de los costos de operación que debe financiarse desde el momento en que se efectúa el primer pago por la adquisición de la materia prima hasta el momento en que se recauda el ingreso por la venta de los productos.

$$\text{Inversión en capital de trabajo} = \frac{\text{Costos anuales}}{365} \times \text{días de desfase}$$

Para realizar el cálculo se deben tener en cuenta los siguientes datos:

- Inventario promedio de materia prima: 15 días.
- Inventario promedio de producto terminado: 7 días.
- No se tienen en cuenta los días de producción debido a que es un proceso de alta capacidad y por lo tanto los días de desfase son despreciables.
- Costos anuales: 78.548,2 U\$D.

$$\text{Inversión en capital de trabajo} = \frac{78.548,2}{365} \times 21 = 4734,4 \text{ U\$D}$$

El monto de inversión calculado corresponde a la inversión necesaria para el primer periodo de evaluación, es decir, la puesta en marcha, sin embargo, existen aumentos de producción en todos los periodos y por lo tanto existirán aumentos en el capital de trabajo.

A continuación, se muestra en la Tabla 36 el cálculo del monto a invertir en este aspecto durante los 10 periodos de evaluación.

Tabla 36: Inversión anual en capital de trabajo en dólares

Año	Diferencial de producción	Costos anuales	Días de desfase	Inversión anual
1	11.970	\$ 78.608,84	22	\$ 4.738,07
2	7.062	\$ 39.897,37	22	\$ 2.404,77
3	3.235	\$ 17.547,09	22	\$ 1.057,63
4	8.996	\$ 45.347,35	22	\$ 2.733,27
5	5.315	\$ 26.059,54	22	\$ 1.570,71
6	10.974	\$ 51.755,59	22	\$ 3.119,51
7	8.084	\$ 37.395,30	22	\$ 2.253,96
8	25.732	\$ 116.135,90	22	\$ 6.999,97
9	13.833	\$ 61.587,60	22	\$ 3.712,13
10	16.184	\$ 71.214,19	22	\$ 4.292,36

Fuente: propia

11.3.5 Muebles y útiles

A continuación, se presenta la Tabla 37 con los diferentes muebles y útiles que son necesarios adquirir para equipar la planta.

Tabla 37: Inversión en muebles y útiles en dólares

Sector	Activo	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total
Oficinas	Escritorios	3	\$ 59,55	\$ 178,66
	Sillas de oficina	3	\$ 59,70	\$ 179,10
	Archivos	2	\$ 104,48	\$ 208,96
	Equipos de computación	4	\$ 447,76	\$ 1.791,04
	Impresora	1	\$ 386,57	\$ 386,57
	Aire acondicionado	2	\$ 447,76	\$ 895,52
Baño	Inodoro	1	\$ 170,72	\$ 170,72
	Lavabos	1	\$ 34,33	\$ 34,33
	Duchas	1	\$ 39,31	\$ 39,31
Planta	Lockers	1	\$ 213,43	\$ 213,43
	Mesa para herramientas	1	\$ 89,55	\$ 89,55
	Extintores ABC	3	\$ 46,27	\$ 138,81
Comedor	Mesa comedor	1	\$ 74,63	\$ 74,63
	Silla comedor	6	\$ 17,17	\$ 103,04
	Heladera	1	\$ 346,27	\$ 346,27
	Microondas	1	\$ 116,42	\$ 116,42
Total				\$ 4.966,36

Fuente: propia

11.4 Ingresos del proyecto

En esta sección se expresan los ingresos que generara el proyecto durante su ejecución.

11.4.1 Ingresos por ventas

Los ingresos por ventas surgen de comercialización de filamentos, para su determinación, se multiplica, el precio de venta del filamento y las cantidades que se proyectan vender en cada periodo, a continuación, se muestra la Tabla 38 donde se puede ver los ingresos obtenidos durante los 10 años de evaluación.

Tabla 38: Ingresos por venta en dólares.

Periodo	Cantidades Vendidas	Precio	Ingresos por venta
1	11.970	\$ 10,00	\$ 119.700,00
2	19.032	\$ 10,00	\$ 190.323,00
3	22.268	\$ 10,00	\$ 222.677,91
4	31.264	\$ 10,00	\$ 312.639,79
5	36.579	\$ 10,00	\$ 365.788,55
6	47.553	\$ 10,00	\$ 475.525,11
7	55.636	\$ 10,00	\$ 556.364,38
8	81.368	\$ 10,00	\$ 813.682,91
9	95.201	\$ 10,00	\$ 952.009,01
10	111.385	\$ 10,00	\$ 1.113.850,54

Fuente: propia

De la tabla se puede decir, que las cantidades vendidas corresponden a los kilogramos de filamentos vendidos. Además, en la columna precio, se tiene en cuenta el precio al que se le vende al distribuidor, el cual, luego aplicara su correspondiente margen de ganancia que determina el costo del filamento en el mercado.

11.4.2 Otros beneficios

Existen una serie de beneficios que deberán incluirse en un flujo de caja para determinar su rentabilidad de la manera más precisa posible. En algunos casos no constituyen beneficios directos, pero permiten, como en el caso de las amortizaciones, un ahorro al tributar impuestos a las ganancias.

Otro beneficio que se debe tener en cuenta es el valor que posee el proyecto al finalizar el último periodo de evaluación. En esta sección se determinan estos 2 aspectos importantes que influyen en la evaluación económica del proyecto.

Amortizaciones

Las amortizaciones son deducibles de impuesto a las ganancias, por lo tanto, a continuación, se muestra la Tabla 39 donde se pueden observar activos que posee el proyecto, su valor inicial, la cantidad de años sobre la cual se realiza la amortización y el monto que corresponde a la amortización anual (Sapag Chain, 2008).

Tabla 39: Amortizaciones anuales en dólares.

Activo	Valor	Vida Útil (años)	Cantidad	Amortización	Total
Extrusora FLD-35A	\$ 18.000,00	10	2	\$ 1.800,00	\$ 3.600,00
Extrusora FLD-45A	\$ 26.500,00	10	1	\$ 2.650,00	\$ 2.650,00
Mezclador	\$ 800,00	10	3	\$ 80,00	\$ 240,00
Envasadora	\$ 500,00	10	1	\$ 50,00	\$ 50,00
Apilador	\$ 1.091,00	10	1	\$ 109,10	\$ 109,10
Herramientas	\$ 1.957,79	10	1	\$ 195,78	\$ 195,78
Muebles y Útiles	\$ 4.966,36	10	1	\$ 496,64	\$ 496,64
Obra física	\$ 296.726,20	50	1	\$ 5.934,52	\$ 5.934,52

Fuente: propia

Valor de desecho

Al evaluar la inversión, normalmente la proyección se hace para un tiempo inferior a la vida útil real del proyecto. Por ello, al término del periodo de evaluación deberá estimarse el valor que podría tener el activo en ese momento, denominado valor de desecho (Sapag Chain, 2008).

Existen diferentes métodos para estimar el valor que posee el proyecto al finalizar su último periodo de evaluación, para este caso, se eligió el método económico, el cual supone que el proyecto valdrá lo que es capaz de generar desde el momento en que se evalúa hacia adelante. Dicho de otra manera, puede estimarse el valor que un comprador cualquiera estaría dispuesto a pagar por el negocio en el momento de su valoración (Sapag Chain, 2008).

De esta forma, el valor de desecho se calcula de la siguiente manera:

$$V.D = \frac{Bn_k - Dep_k}{i}$$

Donde:

- Bn_k : Beneficios netos promedios en el periodo "k".
- Dep_k : Amortizaciones en el periodo "k".
- i : Tasa de descuento a la que se evalúa el proyecto.

A la utilidad neta se le resta las amortizaciones debido a que se tiene en cuenta el costo de reposición que poseen los activos del proyecto. Ya que esta metodología de cálculo tiene en cuenta que el proyecto sigue en funcionamiento, es por esto por lo que no se recupera el capital de trabajo en el último periodo (sigue invertido en el proyecto).

$$V.D = \frac{362800 \text{ USD} - 12246 \text{ USD}}{0,183} = 1.915.595 \text{ USD}$$

11.5 Tasa de descuento

La tasa de descuento (costo de capital) corresponde a aquella tasa que se utiliza para determinar el valor actual de los flujos futuros que genera un proyecto y representa la rentabilidad que se le debe exigir a la inversión por renunciar a un uso alternativo de los recursos en proyectos de riesgos similares (Sapag Chain, 2008).

Para el cálculo de la tasa de descuento, se supone que el proyecto se financia con capital propio, es decir, no se incurre en ningún tipo de deuda, por lo tanto, el método utilizado en estos casos para determinar la tasa de descuento del proyecto es el CAMP (Capital Asses Pricing Model) puro, considerando el riesgo de la industria en cuestión (Sapag Chain, 2008).

Este modelo nace a partir de la teoría de portfolio (conjunto de inversiones) que intenta explicar el riesgo de una determinada inversión mediante la existencia de una relación positiva entre riesgo y retorno (Sapag Chain, 2008).

El enfoque del CAPM tiene como fundamento central que la única fuente de riesgo que afecta la rentabilidad de las inversiones es el riesgo de mercado, el cual es medido mediante beta "β", que relaciona el riesgo de proyecto con el riesgo de mercado. El "beta" mide la sensibilidad de un cambio de la rentabilidad de una inversión individual al cambio de la rentabilidad del mercado en general. Es por ello que el riesgo de mercado siempre será igual a 1:

- Si un proyecto o una inversión muestra "β" superior a 1, significa que ese proyecto es más riesgoso respecto del riesgo de mercado.
- Una inversión con "β" menor a 1, significa que dicha inversión es menos riesgosa que el riesgo del mercado.
- Una inversión con "β" igual a cero significa que es una inversión libre de riesgo, como los bonos de tesorería.

De este modo, para determinar por este método la tasa de descuento, debe utilizarse la siguiente ecuación:

$$I = R_f + [E(R_m) - R_f] \times \beta_i + R_p$$

Donde:

- I : Tasa de descuento.
- R_f : es la tasa de interés libre de riesgo.
- $E(R_m)$: es el riesgo de mercado.
- β_i : es la relación entre el riesgo de mercado y el de la industria.

- R_p : es el riesgo adicional debido al país en el que se realiza la inversión.

A continuación, se definen las variables citadas anteriormente:

Tasa de interés libre de riesgos “ R_f ”

La tasa libre de riesgos corresponde a la tasa que paga el tesoro de Estados Unidos debido a sus bonos, se consideran libre de riesgos ya que, el país posee una muy baja probabilidad de default. En este caso, se toma los bonos del estado a 10 años que pagan 3,8% (Elpais, 2023).

Riesgo de mercado “ $E(R_m)$ ”

El parámetro más cercano para la estimación de la rentabilidad esperada del mercado de un país específico está determinado por el rendimiento accionario de la bolsa. En el caso de los Estados Unidos, se tiene en cuenta el índice “Dow Jones” que engloba el rendimiento accionario de las 50 empresas más valiosas del país. El rendimiento anual promedio de esta bolsa, teniendo en cuenta los últimos 10 años es del 8,77% (SPGlobal, 2023).

Riesgo de la industria “ β_i ”

El parámetro que mide la relación entre el riesgo de la industria, en este caso la industria de transformación plástica, y el riesgo del mercado, es obtenido del balance de empresas que pertenezcan al sector y coticen en bolsa. Para su determinación se tuvo en cuenta la empresa “Berry Global Group” la cual opera en la industria de los envases plásticos, produciendo packaging para el consumo en general. El “beta” de que la empresa demuestra es de 0,89 (Fool, 2023).

Riesgo país “ R_p ”

La necesidad de incorporar el riesgo país, al costo del capital se basa en que la tasa obtenida es una tasa para Estados Unidos y no para el país donde se desarrollará el proyecto, por lo tanto, se debe aplicar un ajuste por riesgo/país.

En Argentina actualmente se tiene niveles de riesgo país cercanos a los 2100 puntos (Infobae, 2023), lo que se traduce en una sobretasa del 21%, esto haría inviable cualquier proyecto, por lo tanto, se toma un riesgo país promedio histórico de 1000 puntos básicos lo que se traduce en una sobre tasa del 10%.

$$I = 3,8 + [8,77 - 3,8] \times 0,89 + 10 = 18,2 \%$$

Se concluye entonces, que la tasa a la cual será evaluado el proyecto es del 18,2% anual.

11.6 Análisis de costos

En la presente sección, se realiza un análisis de los diferentes costos que se deben incurrir periódicamente para llevar a cabo la actividad de la empresa, se tiene como objetivo determinar el punto de equilibrio, el cual determina las cantidades necesarias que se deben producir y vender para cubrir todos los gastos de la organización y obtener la ganancia exigida al capital.

11.6.1 Costos variables

Los costos variables en lo que incurre una empresa se refieren a aquellos que varían con el nivel de producción, en el proyecto evaluado se tienen las siguientes erogaciones catalogadas como variables:

A continuación, se presenta la Tabla 40 donde se resumen las erogaciones de cada uno de los ítems considerados como costos variables, la producción correspondiente y el costo por kilogramo de filamento producido y vendido.

Tabla 40: Costos variables anuales en dólares.

Año	Producción	Mat. Prima	E. Eléctrica	Fletes	Servicios	Manten.	Impuestos	Total	C/Unidad
1	11.970	\$ 46.149,26	\$ 179,25	\$ 2.394,00	\$ 191,25	\$ 88,25	\$ 3.591,00	64.563	\$ 5,39
2	19.032	\$ 73.377,32	\$ 285,01	\$ 3.806,46	\$ 304,09	\$ 140,31	\$ 5.709,69	102.655	\$ 5,39
3	22.268	\$ 85.851,46	\$ 333,46	\$ 4.453,56	\$ 355,79	\$ 164,16	\$ 6.680,34	120.107	\$ 5,39
4	31.264	\$ 120.535,46	\$ 468,18	\$ 6.252,80	\$ 499,53	\$ 230,49	\$ 9.379,19	168.630	\$ 5,39
5	36.579	\$ 141.026,48	\$ 547,78	\$ 7.315,77	\$ 584,44	\$ 269,67	\$ 10.973,66	197.297	\$ 5,39
6	47.553	\$ 183.334,43	\$ 712,11	\$ 9.510,50	\$ 759,78	\$ 350,57	\$ 14.265,75	256.486	\$ 5,39
7	55.636	\$ 214.501,28	\$ 833,17	\$ 11.127,29	\$ 888,94	\$ 410,17	\$ 16.690,93	300.088	\$ 5,39
8	81.368	\$ 313.708,12	\$ 1.218,51	\$ 16.273,66	\$ 1.300,08	\$ 599,87	\$ 24.410,49	438.879	\$ 5,39
9	95.201	\$ 367.038,50	\$ 1.425,65	\$ 19.040,18	\$ 1.521,09	\$ 701,85	\$ 28.560,27	513.488	\$ 5,39
10	111.385	\$ 429.435,05	\$ 1.668,01	\$ 22.277,01	\$ 1.779,67	\$ 821,16	\$ 33.415,52	600.781	\$ 5,39

Fuente: propia

11.6.2 Costos fijos

Los costos fijos son aquellos que no varían con el nivel de producción, para un nivel de capacidad diseñado, es decir, son erogaciones que se deben abonar sin importar si no se produce o se lo hace a máxima capacidad.

A continuación, se presenta la Tabla 41 donde se muestran las erogaciones correspondientes a los costos fijos durante los 10 periodos de evaluación.

Tabla 41: Costos fijos anuales en dólares.

Año	Producción (kg)	Mano de obra	Amortizaciones	Gastos Adm.	Impuestos	Total	C.Fijo/Fijo
1	11.970	\$ 29.284,44	\$ 8.666,04	\$ 1.003,70	\$ 7.577,70	\$ 46.531,88	\$ 3,89
2	19.032	\$ 29.284,44	\$ 8.666,04	\$ 1.003,70	\$ 805,20	\$ 39.759,38	\$ 2,09
3	22.268	\$ 29.284,44	\$ 8.666,04	\$ 1.003,70	\$ 805,20	\$ 39.759,38	\$ 1,79
4	31.264	\$ 30.174,29	\$ 8.666,04	\$ 1.003,70	\$ 805,20	\$ 40.649,23	\$ 1,30
5	36.579	\$ 33.817,92	\$ 10.546,04	\$ 1.003,70	\$ 805,20	\$ 46.172,86	\$ 1,26
6	47.553	\$ 33.817,92	\$ 10.546,04	\$ 1.003,70	\$ 805,20	\$ 46.172,86	\$ 0,97
7	55.636	\$ 33.817,92	\$ 10.546,04	\$ 1.003,70	\$ 805,20	\$ 46.172,86	\$ 0,83
8	81.368	\$ 38.351,40	\$ 13.276,04	\$ 1.003,70	\$ 805,20	\$ 53.436,34	\$ 0,66
9	95.201	\$ 38.351,40	\$ 13.276,04	\$ 1.003,70	\$ 805,20	\$ 53.436,34	\$ 0,56
10	111.385	\$ 44.614,82	\$ 13.276,04	\$ 1.003,70	\$ 805,20	\$ 59.699,76	\$ 0,54

Fuente: propia

Presentados los diferentes costos variables y fijos, a continuación, se presenta la Figura 19 donde se puede observar la evolución de los ingresos, costos fijos y variables durante los 10 periodos de evaluación.

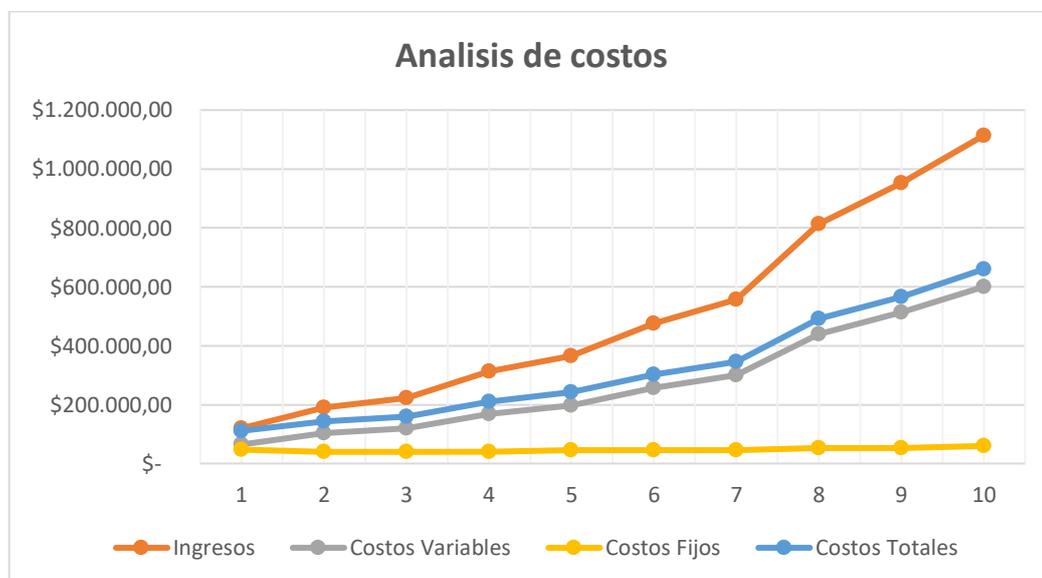


Figura 19: Evolución de los ingresos y costos. Fuente: propia

11.6.3 Análisis del punto de equilibrio

El análisis del punto de equilibrio es útil, ya que determina las unidades que se deben producir y vender para poder afrontar los todos los egresos del proyecto. Para calcular el mismo es necesario saber anualmente:

- Costos variables unitarios: 5,39 U\$D.
- Costos fijos: Varían en los diferentes años de evaluación.
- Precio de venta: 10 U\$D.

A continuación, se presenta el cálculo del punto de equilibrio para el primer año del proyecto, y luego en la Tabla 42 ubicada a continuación se puede observar las cantidades

necesarias que se deben producir y vender para alcanzar el equilibrio en los diferentes años de evaluación.

$$\text{Punto de equilibrio} = \frac{\text{Costos fijos}}{\text{P.Vta} - \text{C.Variable}} = \frac{46.531,88 \text{ U\$D}}{(10 - 5,39) \frac{\text{U\$D}}{\text{Unidad}}} = 10.101 \text{ Kg de filamento}$$

Tabla 42: Punto de equilibrio. Fuente: propia

Año	Precio Venta	C. Variable/kg	Costos Fijos	Kg de equilibrio	Producción (kg)
1	\$ 10,00	\$ 5,39	\$ 46.531,88	10.101	11.970
2	\$ 10,00	\$ 5,39	\$ 39.759,38	8.626	19.032
3	\$ 10,00	\$ 5,39	\$ 39.759,38	8.625	22.268
4	\$ 10,00	\$ 5,39	\$ 40.649,23	8.816	31.264
5	\$ 10,00	\$ 5,39	\$ 46.172,86	10.018	36.579
6	\$ 10,00	\$ 5,39	\$ 46.172,86	10.016	47.553
7	\$ 10,00	\$ 5,39	\$ 46.172,86	10.014	55.636
8	\$ 10,00	\$ 5,39	\$ 53.436,34	11.590	81.368
9	\$ 10,00	\$ 5,39	\$ 53.436,34	11.589	95.201
10	\$ 10,00	\$ 5,39	\$ 59.699,76	12.946	111.385

Fuente: propia

De la tabla anterior se puede concluir en todos los periodos se planea una producción mayor al equilibrio. Además, se puede apreciar como las cantidades equilibrio aumentan con los costos de estructura ya que, se requieren mayores ingresos para afrontar los aumentos en los costos fijos.

Se debe tener en cuenta que:

- Cuando las cantidades vendidas son menores a las de equilibrio, no se llegan a cubrir los costos de estructura totalmente, por lo tanto, es necesario vender más unidades o aumentar la contribución marginal (Precio de venta – costos variables).
- Cuando las cantidades vendidas son iguales a las de equilibrio, la empresa cubrió todos los costos fijos y variables. Pero tiene una ganancia igual a 0.
- Cuando las cantidades vendidas son mayores a las de equilibrio, se logran cubrir todos los costos y se tiene una ganancia bruta igual al producto entre las unidades vendidas adicionales y la contribución marginal.

11.7 Análisis económico - financiero

A continuación, se presenta el flujo de caja del proyecto (ver Tabla 43), constituido por las diferentes variables presentadas en las diferentes secciones del capítulo y evaluado a una tasa 18,3% calculada previamente.

Tabla 43: Flujo de caja del proyecto.

Detalle/Periodo	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ingresos por Venta	\$ -	\$ 119.700,00	\$ 190.323,00	\$ 222.677,91	\$ 312.639,79	\$ 365.788,55	\$ 475.525,11	\$ 556.364,38	\$ 813.682,91	\$ 952.009,01	\$ 1.113.850,54
Materiales directos	\$ -	\$ 46.149,26	\$ 73.377,32	\$ 85.851,46	\$ 120.535,46	\$ 141.026,48	\$ 183.334,43	\$ 214.501,28	\$ 313.708,12	\$ 367.038,50	\$ 429.435,05
Mano de Obra	\$ -	\$ 29.284,44	\$ 29.284,44	\$ 29.284,44	\$ 30.174,29	\$ 33.817,92	\$ 33.817,92	\$ 33.817,92	\$ 38.351,40	\$ 38.351,40	\$ 44.614,82
Energía eléctrica	\$ -	\$ 179,25	\$ 285,01	\$ 333,46	\$ 468,18	\$ 547,78	\$ 712,11	\$ 833,17	\$ 1.218,51	\$ 1.425,65	\$ 1.668,01
Otros costos indirectos	\$ -	\$ 2.991,64	\$ 4.516,94	\$ 5.215,73	\$ 7.158,71	\$ 8.390,60	\$ 10.760,67	\$ 12.506,62	\$ 18.148,12	\$ 21.135,66	\$ 24.631,07
Gastos de Administración	\$ -	\$ 681,31	\$ 681,31	\$ 681,31	\$ 681,31	\$ 681,31	\$ 681,31	\$ 681,31	\$ 681,31	\$ 681,31	\$ 681,31
Amortizaciones	\$ -	\$ 8.666,04	\$ 8.666,04	\$ 8.666,04	\$ 8.666,04	\$ 10.546,04	\$ 10.546,04	\$ 10.546,04	\$ 13.276,04	\$ 13.276,04	\$ 13.276,04
Utilidad ante impuestos	\$ -	\$ 31.748,06	\$ 73.511,94	\$ 92.645,46	\$ 144.955,80	\$ 170.778,42	\$ 235.672,64	\$ 283.478,05	\$ 428.299,41	\$ 510.100,44	\$ 599.544,24
Impuestos	\$ -	\$ 22.280,52	\$ 32.244,07	\$ 39.911,45	\$ 60.918,92	\$ 71.551,30	\$ 97.556,38	\$ 116.713,45	\$ 175.120,48	\$ 207.900,63	\$ 244.061,20
Utilidad neta	\$ -	\$ 9.467,54	\$ 41.267,87	\$ 52.734,01	\$ 84.036,87	\$ 99.227,12	\$ 138.116,26	\$ 166.764,60	\$ 253.178,93	\$ 302.199,82	\$ 355.483,04
Amortizaciones	\$ -	\$ 8.666,04	\$ 8.666,04	\$ 8.666,04	\$ 8.666,04	\$ 10.546,04	\$ 10.546,04	\$ 10.546,04	\$ 13.276,04	\$ 13.276,04	\$ 13.276,04
Inversion en Maquinaria	\$ 28.080,00	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 28.080,00	\$ -	\$ -	\$ 42.635,00	\$ -	\$ -	\$ -
Muebles y Útiles	\$ 4.966,36	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Obra física	\$ 426.726,20	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Equipos y herramientas	\$ 3.048,78	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Capital de trabajo	\$ 4.737,81	\$ 2.403,51	\$ 1.056,93	\$ 2.746,16	\$ 1.609,52	\$ 3.180,03	\$ 2.291,55	\$ 7.079,75	\$ 3.747,89	\$ 4.381,93	\$ -
Valor de desecho	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 1.988.034,22
Flujo de caja	\$ 467.559,15	\$ 15.730,06	\$ 48.876,98	\$ 58.653,89	\$ 63.013,39	\$ 106.593,12	\$ 146.370,76	\$ 127.595,89	\$ 262.707,08	\$ 311.093,92	\$ 2.356.793,30
Flujo de caja descontado	\$ 467.559,15	\$ 13.296,76	\$ 34.924,88	\$ 35.427,67	\$ 32.173,17	\$ 46.005,04	\$ 53.400,56	\$ 39.349,88	\$ 68.484,74	\$ 68.553,37	\$ 439.009,63
VAN							\$ 363.066,56				
TIR							27%				

Fuente: propia

Planteado el flujo de caja que presenta el proyecto, se prosigue a realizar la evaluación de este, la misma es realizada mediante 2 herramientas, el VAN (Valor actual neto) y la TIR (Tasa interna de retorno).

VAN: Este criterio plantea que el proyecto debe aceptarse si su valor actual neto (VAN) es igual o superior a cero, donde el VAN es la diferencia entre todos sus ingresos y egresos expresados en moneda actual (Sapag Chain, 2008). Al aplicar este criterio, el VAN puede tener los siguientes resultados:

- $VAN = 0$: Indica que el proyecto renta justo lo que el inversionista exige a la inversión.
- $VAN > 0$: Indica que el proyecto proporciona esa cantidad de remanente sobre lo exigido.
- $VAN < 0$: Debe interpretarse como la cantidad que falta para que el proyecto rente lo exigido por el inversionista.

El valor actual neto de los flujos de caja que presenta el proyecto en sus 10 años de evaluación es de 363.066,56 USD, es decir, además del 18% anual exigido a la inversión, se obtiene una ganancia extra igual al monto del VAN.

TIR: El criterio de la tasa interna de retorno (TIR) evalúa el proyecto en función de una única tasa de rendimiento por periodo, la cual, es la máxima tasa que puede pagar el proyecto. La tasa calculada así, se compara con la tasa de descuento de la empresa. Si la TIR es igual o mayor que ésta, el proyecto debe aceptarse, y si es menor, debe rechazarse (Sapag Chain, 2008).

La tasa interna de retorno que presenta el proyecto es de 27%, es decir, en base a los flujos de caja presentados se puede obtener un rendimiento de la inversión anual máximo del 27%, el cual, es superior a la tasa de descuento del 18,3% con la que se evalúa el proyecto.

Se puede establecer que en base a los dos criterios con los que se evalúa el proyecto, con ambos se llega a la conclusión que el mismo debe aceptarse, ya que, la TIR es mayor que la tasa de descuento y el VAN es mayor que 0.

11.7.1 Apalancamiento de la inversión

Construido y evaluado financieramente el flujo de caja, en esta sección se analiza la posibilidad de tomar créditos con el objetivo de aumentar las ganancias del inversionista, ya que, los intereses de los préstamos son deducibles del impuesto a la ganancia y, por lo tanto, al reducir este tributo fiscal, permiten incrementar los beneficios del proyecto.

Además, financiar una parte del proyecto con un préstamo y no en su totalidad con capital privado, permite que el inversionista pueda darle otra utilidad a su capital.

Otro aspecto a tener en cuenta es que los créditos son otorgados en base al perfil de riesgo del inversor, por lo tanto, cuanto mayor sea el monto solicitado mayor será la tasa de interés ya que existe un mayor riesgo de que el deudor se convierta en moroso.

Teniendo en cuenta esto último, sumado a la situación actual del país (existen pocas líneas de crédito en dólares), como mejor opción se consiguió un crédito de 100.000 USD a pagar en 5 años con el sistema de amortización francés, donde el primer año no se abona la cuota de capital (solo los intereses) y los siguientes 5 años se abona la cuota de capital sumado a los intereses. La tasa de interés es del 5%.

A continuación, se presentan las fórmulas utilizadas para determinar el valor de los campos de la Tabla 44 (tomando como ejemplo el año 1), donde se evalúa la opción crediticia con la misma tasa de descuento que fue evaluado el proyecto (18,3%).

$$\text{Cuota de capital} = \frac{\text{Total credito}}{\text{Años}} = \frac{100.000 \text{ USD}}{5} = 20.000 \text{ USD}$$

$$\begin{aligned} \text{Deuda capital} &= \text{Total credito} - \text{Cuotas de capital abonadas} = 100.000 \text{ USD} - 0 \text{ USD} \\ &= 100.000 \text{ USD} \end{aligned}$$

$$\text{Intereses} = \text{Deuda capital} \times 5\% = 100.000 \text{ USD} \times 5\% = 5.000 \text{ USD}$$

$$\text{Ahorro imp ganancias} = \text{intereses} \times 0,35 = 5000 \text{ USD} \times 0,35 = 1750 \text{ USD}$$

$$\text{Neto} = \text{Ingreso} - \text{Cuota Capital} - \text{Interes} + \text{Ahorro Imp. Ganancias}$$

Tabla 44: Flujo de préstamo en dólares.

Año	0	1	2	3	4	5	6
Ingreso	\$ 100.000,00						
Cuota Capital			\$ 20.000,00	\$ 20.000,00	\$ 20.000,00	\$ 20.000,00	\$ 20.000,00
Deuda Capital		\$ 100.000,00	\$ 80.000,00	\$ 60.000,00	\$ 40.000,00	\$ 20.000,00	\$ -
Cuota Interes		\$ 5.000,00	\$ 4.000,00	\$ 3.000,00	\$ 2.000,00	\$ 1.000,00	\$ -
Ahorro Imp. Ganancias (35%)		\$ 1.750,00	\$ 1.400,00	\$ 1.050,00	\$ 700,00	\$ 350,00	\$ -
Neto	\$ 100.000,00	-\$ 3.250,00	-\$ 22.600,00	-\$ 21.950,00	-\$ 21.300,00	-\$ 20.650,00	-\$ 20.000,00
Flujo de fondo prestamo	\$ 100.000,00	-\$ 2.747,25	-\$ 16.148,75	-\$ 13.258,07	-\$ 10.875,28	-\$ 8.912,43	-\$ 7.296,62
VAN PRESTAMO							\$ 40.761,59

Fuente: Propia

Como se puede observar, el resultado de la evaluación arrojó un VAN positivo de 40.762 USD, es decir, teniendo en cuenta este apalancamiento de la inversión, la evaluación total del proyecto es de 403.828,15 USD con una TIR del 30%. Por lo tanto, se recomienda financiar el total de la inversión en un 80% con capital privado y en un 20% con créditos bancarios.

11.8 Análisis de sensibilidad

En la presente sección se realiza una sensibilización de las variables más importantes que determinan la construcción del flujo de fondo, con el objetivo de determinar cuál es la que tiene un mayor impacto en los resultados del mismo.

Se elige el modelo de simulación Montecarlo, el cual, es una técnica de simulación de situaciones inciertas que permite definir valores esperados para variables no controlables, mediante la selección aleatoria de valores, donde la probabilidad de elegir entre todos los resultados posibles está en estricta relación con sus respectivas distribuciones de probabilidades (Sapag Chain, 2008). El programa utilizado para realizar la simulación es el Cristal Ball de la empresa Oracle.

A continuación, se presentan las variables que fueron sensibilizadas, cabe aclarar, que se tomó un criterio acido al definir las suposiciones que podían tener las mismas, es decir, por un lado, se castiga los ingresos por ventas reduciendo las cantidades vendidas y el precio de venta, por otro lado, se aumentan los costos y las inversiones.

- Precio de venta.
- Producción inicial.
- Costo unitario de materiales directos.
- Costo unitario de energía eléctrica.
- Gastos de administración.
- Inversión en maquinaria.
- Reinversión en maquinaria.
- Inversión en muebles y útiles.
- Inversión en obra física.
- Inversión en equipos y herramientas.
- Valor de desecho.

El VAN y la TIR se definieron como las variables de decisión, es decir, aquellas en las que se ve reflejado el resultado de la simulación. A continuación, se presentan 2 gráficos (véase Figura 20 y Figura 21) donde se puede apreciar la distribución de frecuencias del VAN y la TIR basados en 1000 simulaciones.

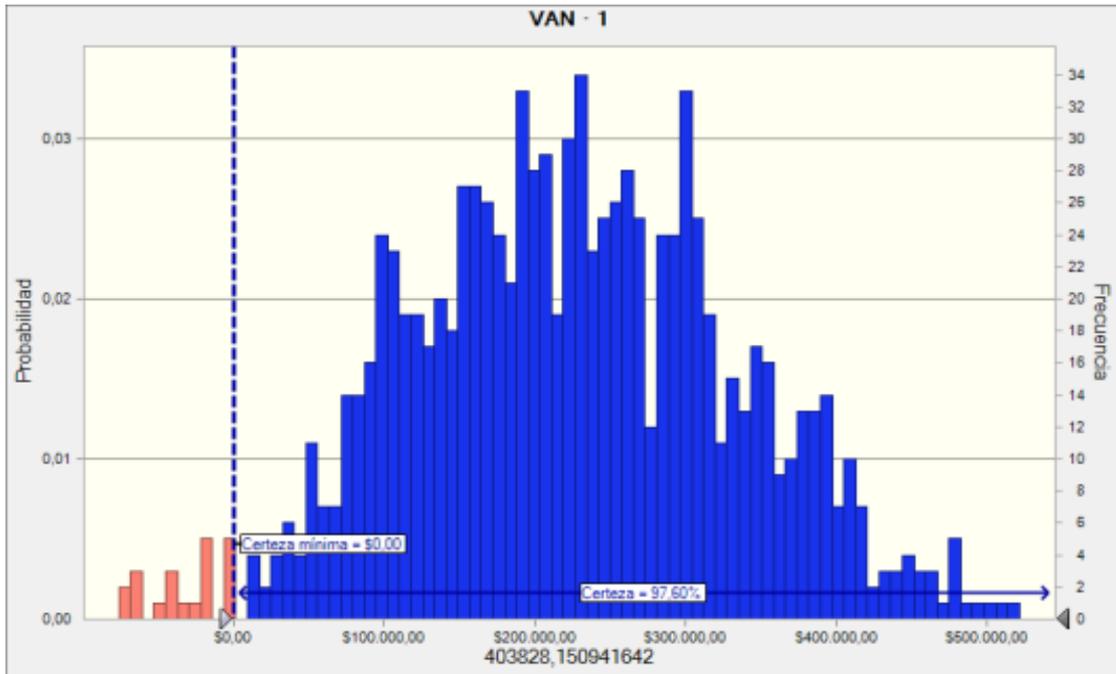


Figura 20: Grafico de distribución de probabilidades del VAN. Fuente: propia

Parámetros estadísticos

- Pruebas: 1000
- Caso base: 403.828 USD.
- Media: 222.289 USD.
- Desvió estándar: 109.425 USD.

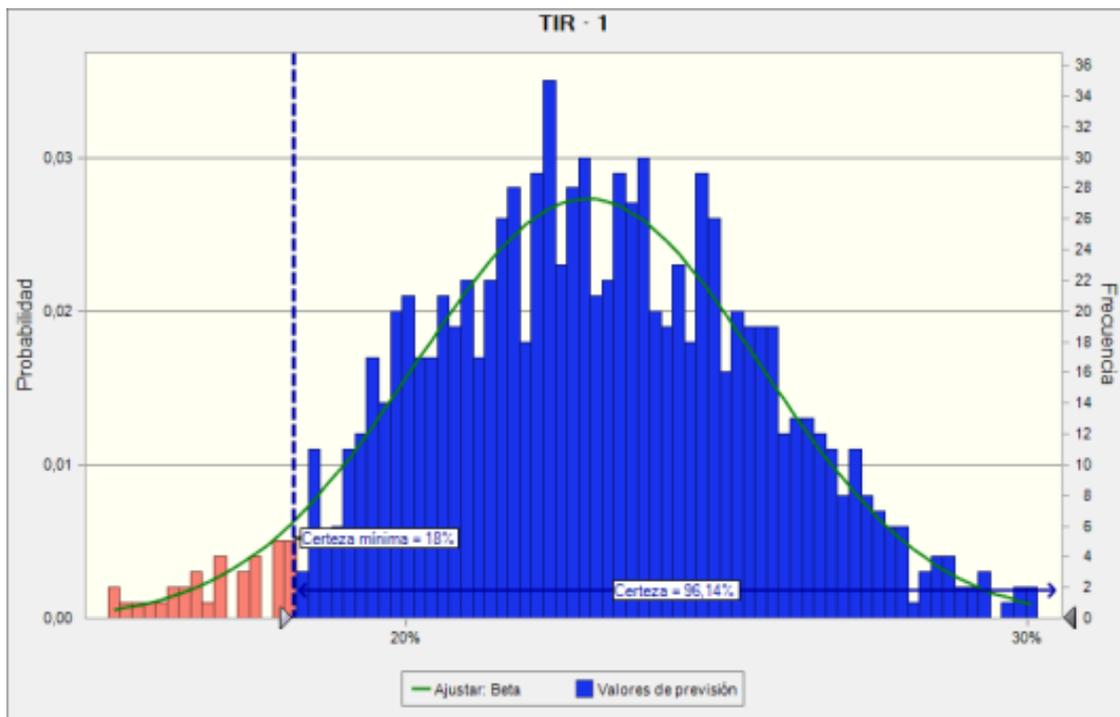


Figura 21: Grafico de distribución de probabilidades de la TIR. Fuente: propia

Parámetros estadísticos

- Pruebas: 1000
- Caso base: 27%
- Media: 23%
- Desvió estándar: 3%

De ambos gráficos, se puede deducir como la mayoría de las simulaciones arrojaron resultados positivos sobre el VAN y la TIR, se puede decir, que se tiene un 97,6% de certeza que ambos criterios de evaluación recomienden la aceptación del proyecto.

Ahora bien, en base a las simulaciones realizadas se presenta en la Figura 22 un gráfico donde se puede ver que tan sensible son los resultados, a las variables presentadas anteriormente.

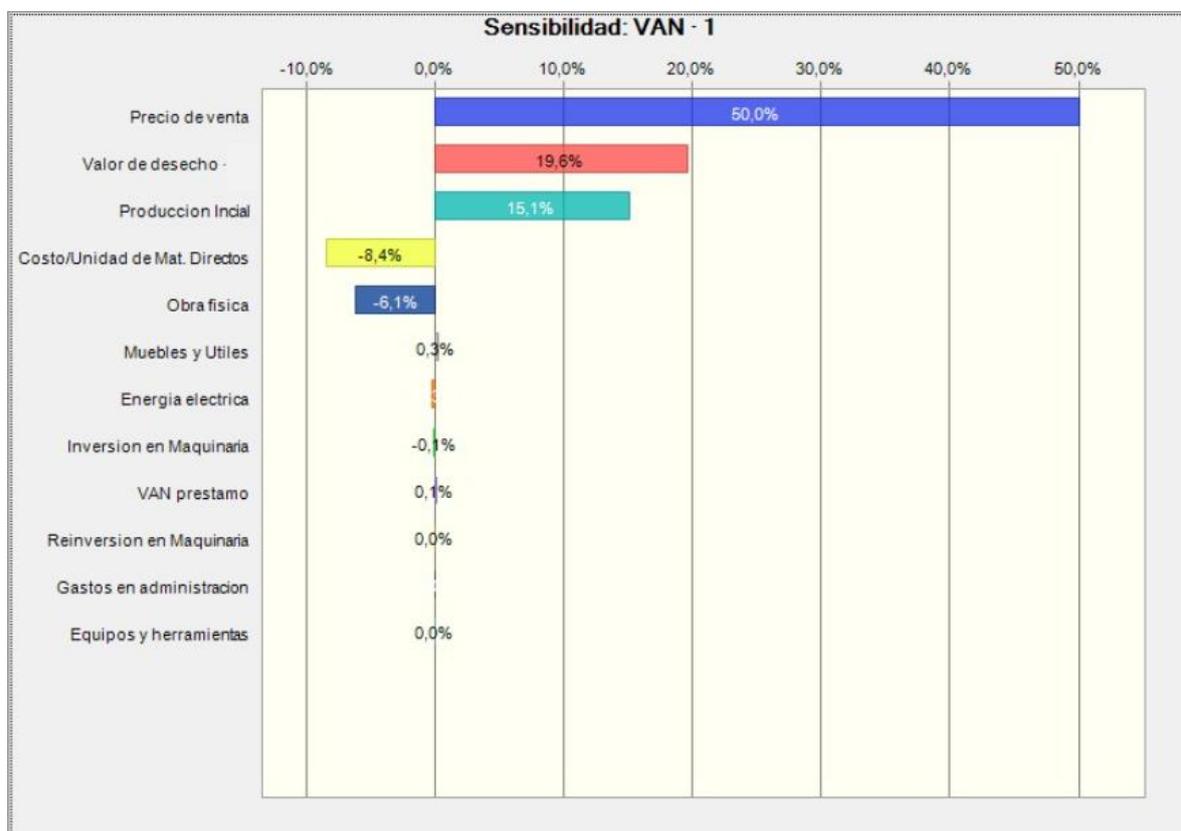


Figura 22: Grafica de sensibilidad del VAN. Fuente: propia

1. Se puede concluir que el VAN es principalmente sensible al precio de venta del filamento (50%), es por esto que se recomienda realizar una estimación de alta precisión en lo que respecta a esta variable. Además, como se recalcó, a la hora de realizar las suposiciones se tomó un criterio pesimista, disminuyendo el valor

mínimo que puede tener esta variable, para así obtener más seguridad a la hora de realizar predicciones.

2. En un segundo escalón con una sensibilidad del (19,6%) se encuentra el valor de desecho, este es de difícil estimación, el criterio que se tomó para calcularlo es a través del método económico, ya que es el que se recomienda para proyectos que tienen más de 10 años de vida útil real. Sin embargo, si se quiere tomar un criterio más ácido se puede utilizar el método contable, el cual solo contabiliza el valor por depreciar de los diferentes activos y el capital de trabajo. Con este método el valor de desecho se ubicaría cerca del millón de dólares, valor que se tomó como mínimo a la hora de simular esta variable.
3. Luego, en el tercer puesto, se encuentra el volumen de producción inicial (15,1%), a partir del cual se calculan las producciones en los periodos siguientes. En la sección 2.5 se definió el porcentaje de mercado que se pretende abarcar cada año, como se puede ver los porcentajes no son elevados, por lo tanto, se puede decir que no existe un riesgo elevado de no poder ganar el mercado deseado. Sin embargo, se recomienda realizar un estudio más detallado del mercado de filamentos en Argentina.
4. Con una correlación negativa (al aumentar su valor, disminuyen los beneficios) se ubican los costos unitarios de los materiales directos (-8,4%), se recomienda consultar los precios de mercado de los diferentes materiales a la hora de implementar el proyecto.
5. Por último, también con una correlación negativa (-6,1%) se encuentra la inversión en obra física, se recomienda solicitar nuevas cotizaciones a la hora de implementar el proyecto.

Como se observa en la Figura 22 las demás variables poseen un efecto despreciable en los resultados de la evaluación económica.

Finalmente, a continuación, se presentan los parámetros elegidos para las variables críticas a la hora de realizar la simulación, para todos los casos se eligió una distribución triangular.

- **Precio de venta**
 - Valor mínimo: 7,5 U\$D.
 - Valor más probable: 10 U\$D.
 - Valor máximo: 11 U\$D.
- **Valor de desecho**
 - Valor mínimo: 1.000.000 U\$D.

- Valor más probable: 1.988.034,22 U\$D.
- Valor máximo: 2.186.837,64 U\$D.
- **Volumen de producción**
 - Valor mínimo: 9.000 Unidades.
 - Valor más probable: 11.970 Unidades.
 - Valor máximo: 13.167 Unidades.
- **Costo unitario de materiales directos**
 - Valor mínimo: 3,43 U\$D/Kg.
 - Valor más probable: 3,82 U\$D/Kg.
 - Valor máximo: 5 U\$D/Kg.
- **Inversión en obra física**
 - Valor mínimo: 385.000 U\$D.
 - Valor más probable: 426.726,2 U\$D.
 - Valor máximo: 525.000 U\$D.

11.9 Conclusión

Como conclusión del presente capítulo número 11 se puede establecer que en una primera parte se resumieron y presentaron todas las variables económicas que fueron utilizadas para construir el flujo de fondos (egresos, inversiones e ingresos), luego, mediante el método CAMP se determinó la tasa de descuento del 18,2 % mediante la cual fue evaluado el flujo de caja del proyecto.

Por otra parte, se realizó un estudio de los diferentes costos (fijos y variables) que enfrenta el proyecto y se determinó para cada periodo el punto de equilibrio, el cual determina las cantidades necesarias que se deben producir y vender para cubrir la totalidad de los egresos por operación.

En la sección 7, se presentó el flujo de caja del proyecto y se lo evaluó económicamente mediante el criterio del VAN y la TIR, donde se obtuvo un valor de 363.066 USD para el primero y 27% para la segunda. Ambos concluyen que es conveniente la implementación del proyecto. Además si tenemos en cuenta el apalancamiento de la inversión estos valores ascienden a 403.828 USD y 30% respectivamente.

Finalmente, se realizó una sensibilización de las variables que intervienen en el flujo de caja y se obtuvo un 97,6 % de certeza que el VAN sea mayor a 0 y la TIR mayor al 18%. Además, se remarcaron aquellas variables como el precio de venta, que poseen una mayor influencia en los resultados de la evaluación.

12. Conclusión del proyecto

La problemática ambiental actual está afectando a todas las regiones del planeta y se puede ver plasmado en el calentamiento global de la tierra. Por lo tanto, la mayoría de los países presentan proyectos de gestión ambiental que tienen por objetivo reducir las emisiones de gases de efecto invernadero a la atmosfera, dentro de los planes, el modelo de economía circular donde el reciclado cumple un papel fundamental es uno de los principales tópicos de los mismos.

Por otro lado, en el plano industrial, se está presenciando la 4ta revolución, que recibe el nombre de industria 4.0. Uno de los habilitadores que presenta esta innovación, es la manufactura aditiva, la cual permite elaborar productos mediante la adición de material, en vez, de la manufactura tradicional que es mediante remoción de material. El mercado de la manufactura aditiva presenta altas tasas de crecimiento todos los años.

Como una solución innovadora, que permite contribuir a resolver la problemática planteada y aprovechar la oportunidad de mercado, en el proyecto se propuso la elaboración de filamentos para impresión 3D (manufactura aditiva) a partir de PET reciclado. Para esto se realizaron diversos estudios de mercado relacionados tanto al reciclaje en Argentina como a la manufactura aditiva, que permitieron llegar a la conclusión que el país presenta las condiciones necesarias para desarrollar el modelo de negocio presentado.

En adición, se realizaron estudios técnicos acerca del PET reciclado con el objetivo de poder determinar si es factible utilizar el mismo para producir el filamento y satisfacer las exigencias de los consumidores.

Una vez corroborados estos aspectos, se prosiguió a determinar la tecnología óptima para producir el filamento, los recursos (materiales y humanos) que se requieren, la distribución y la localización de la planta necesaria para poder producir maximizando todos los recursos disponibles.

Finalmente, para dar un cierre al proyecto, se lo analizo económicamente y se llegó a la conclusión de que el modelo planteado no solo resuelve las problemáticas presentadas, sino que también permite obtener una adecuada retribución al capital invertido.

13. Bibliografía

- ABC Empaques, S. (Agosto de 2023). *Bolsas gofradas*. Obtenido de ABC Empaques S.R.L: <https://abcempaquesrlnegocio.site/>
- Acoplásticos. (Julio de 2022). Obtenido de Que es el PET?: <https://www.acoplásticos.org/index.php/mnu-pre/opm-bus-pref/36-opc-fag-pre4>
- Ambiente. (2020). *Residuos*. Buenos Aires.
- ARBA, B. A. (2023). *Ingresos brutos*. Obtenido de arba.gov.ar: <https://web.arba.gov.ar/>
- Argentinas, F. (Julio de 2023). *Acerca de nosotros*. Obtenido de Fibrasargentinas: <https://www.fibrasargentinas.com.ar/>
- Barberis, J. P. (2021). *Proyectos de Economía Circular*. Rafaela, Santa Fe.
- Díaz, F. (2020). *Propiedades mecánicas de los materiales*. Rafaela, Santa Fe.
- Ecopak. (Julio de 2023). *Acerca de nosotros*. Obtenido de Ecopak: <https://www.ecopak.com.ar/es/>
- ECOPLAS. (2022). *Índice de Reciclado*. Buenos Aires: Ecoplas.
- ECOPLAS. (07 de 2023). *Nomina de fabricantes de productos reciclados*. Obtenido de Ecoplas: <https://ecoplas.org.ar/>
- EDENOR. (Agosto de 2023). *Cuadro tarifario*. Obtenido de Enre: <http://www.enre.gov.ar/web/TARIFASD.nsf/2c0594d20466d3be0325823d006aecd0a0bcaee58e935ab080325823b0068cc17?OpenDocument>
- Elipse. (Agosto de 2023). *Industria plástica*. Obtenido de Pagina web de Elipse: <http://www.elipseargentina.com.ar/>
- Elpais. (Septiembre de 2023). *Mercados*. Obtenido de Cincodias.elpais: <https://cincodias.elpais.com/mercados-financieros/2023-05-30/el-atractivo-de-invertir-en-bonos-de-ee-uu-frente-a-wall-street-esta-en-maximos-de-16-anos.html>
- Exconde, M. K. (2019). Materials Selection of 3D Printing Filament and Utilization of Recycled Polyethylene Terephthalate (PET) in a Redesigned Breadboard. *Procedia CIRP*, 1-5.
- Exconde, M. K., Anne, J., Manapat, J., & Magdaluyo, E. (2019). Materials Selection of 3D Printing Filament and Utilization of Recycled Polyethylene Terephthalate (PET) in a Redesigned Breadboard. *Procedia CIRP*, 1-5.

Fool. (Septiembre de 2023). *Berry Global Group*. Obtenido de fool.com:

<https://www.fool.com/quote/nyse/bery/>

Formlabs. (Septiembre de 2023). *Comparación de tecnologías de impresión 3D: FDM, SLA o SLS*. Obtenido de <https://formlabs.com/latam/blog/fdm-sla-sls-como-elegir-tecnologia-impresion-3d-adecuada/>

González, G. L. (2010). *RESIDUOS SOLIDOS URBANOS*. Buenos Aires: Camara Argentina de la Construcción.

Grilon3. (Julio de 2023). *Filamentos*. Obtenido de Grilon3: <https://grilon3.com.ar/>

Industrial Physics. (Septiembre de 2023). Obtenido de Industrial Physics / Base de conocimientos: <https://industrialphysics.com/es/base-de-conocimientos/articulos/que-es-mfi-o-mfr-y-por-que-es-importante/#:~:text=El%20%C3%ADndice%20de%20flujo%20de,bajo%20una%20presi%C3%B3n%20aplicada%20conocida>

Infobae. (Septiembre de 2023). *Economía*. Obtenido de Infobae.com:

<https://www.infobae.com/economia/>

INTI, I. N. (2019). *Fabricación de impresoras 3D en Argentina*. Buenos Aires: Gerencia de Relaciones Institucionales y Comunicación.

Machines, A. (Julio de 2023). *3D printer filament machine*. Obtenido de accextrusion:

<https://www.accextrusion.com/product/standard-fld45-3d-printer-filament-extruder-machine/>

Mandy. (Agosto de 2023). *Plastic Filament Extruding Line*. Obtenido de Suzhou Aifuer

Machinery Co.,Ltd: https://afemachinery.en.alibaba.com/productgroupdetail-920299834/AFE_45.html?spm=a2700.shop_index.88.22

Ministerio de economía, A. (29 de Septiembre de 1973). *LEY Nº 20.628. IMPUESTO A LAS GANANCIAS*. Obtenido de Argentina.gob.ar:

<https://www.argentina.gob.ar/normativa/nacional/ley-20628-17699/texto>

Ministerio de economía, A. (31 de Marzo de 2023). *Tributos vigentes en la república*

Argentina a nivel nacional. Obtenido de Argentina.gob.ar:
https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/tributos_vigentes_al_31-03-2023.pdf

Ministerio de justicia y derechos humanos, A. (21 de Abril de 1972). *Ley de higiene y*

Seguridad 19.587. Obtenido de Infoleg:

<https://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/15000-19999/17612/norma.htm>

Ministerio de justicia y derechos humanos, A. (13 de Septiembre de 1995). *Ley de riesgos del trabajo 24557*. Obtenido de Ingoleg:

<https://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/25000-29999/27971/norma.htm>

Ministerio de Justicia y derechos humanos, A. (13 de Noviembre de 2003).

Reglamentación de la Ley N° 19.587, aprobada por Decreto N° 351/79. Obtenido de Ingoleg: <https://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/30000-34999/32030/dto351-1979-anexo1.htm>

Monier, E. (2022). *Factores del dimensionamiento mecanico*. Rafaela, Santa Fe.

Mordor Intelligence, S. (Julio de 2023). *Tendencias claves de mercado*. Obtenido de mordorintelligence: <https://www.mordorintelligence.com/es/industry-reports/3d-printing-market>

Moshood, T. D. (2022). Biodegradable plastic applications towards sustainability. *Cleaner Engineering and Technology*, 1.

Municipalidad de escobar, A. (2023). *Ordenanza tributaria para la municipalidad de Escobar*. Obtenido de hcdescobar.gob.ar: <https://hcdescobar.gob.ar/wp-content/uploads/ordenanzas/O-ORD.-TRIBUTARIA-2023.pdf>

Muzzio, E. (2022). *Apunte catedra Distribucion de planta*. Rafaela: Enrique Muzzio.

Nudelman, N. S. (2020). *Residuos plasticos en Argentina, su impacto ambiental y el desafio de la economia circular*. Buenos Aires: Academia nacional de Ciencia Exactas, Fisicas y Naturales.

OIT, O. I. (1980). *Introduccion al estudio del trabajo*. Ginebra: Organizacion Internacional del trabajo.

Opinala. (2021). *Reciclaje: Plasticos y economia circular*. Buenos Aires: ECOPLAS.

Parker, X. (Agosto de 2023). SHZ30B "Parallel twin screws 3D printer filament quotation. Shangai, China. Obtenido de Hyd Machinery.

Personal, A. (Agosto de 2023). *Combos*. Obtenido de Personal.com: https://www.personal.com.ar/ofertas?icn=combos&ici=home_quicklinks

- Personal, A. (Agosto de 2023). *Portabilidad*. Obtenido de Personal.com:
https://www.personal.com.ar/ofertas?icn=combos&ici=home_quicklinks
- Polytec, M. C. (Agosto de 2023). *Products*. Obtenido de Polytecmachine:
<https://www.polytecmachine.com/>
- Pruvost, J. (S/A). *Apunte de la catedra Procesos Industriales*. Rafaela: Pruvost Jorge.
- Reiclar, S. (Julio de 2023). *Comercializacion de PET reciclado*. Sarandi, Buenos Aires, Argentina.
- Sabattini, A. (Junio de 2023). *Presupuesto flakes*. Cordoba, Cordoba, Argentina.
- Sapag Chain, N. (2008). *Preparacion y evaluacion de proyectos*. Bogota: McGraw-Hill Interamericana S.A. .
- Schneevogt, H., Stelzner, K., Yilmaz, B., Abali, B. E., Klunker, A., & Vollmecke, C. (2021). Exploring the mechanical potential of recycled PET filaments. *Composites and Advanced Materials*, 1-8.
- Solanas, D. D. (2013). *Aplicación de una herramienta de ayuda a la decisión multicriterio discreta en la elección de un activo en el sector del metal. Métodos ELECTRE I y IV*. Zaragoza: Repositorio de la Universidad de Zaragoza.
- SPGlobal. (Septiembre de 2023). *Indices*. Obtenido de spglobal:
<https://www.spglobal.com/spdji/es/index-family/equity/us-equity/dow-jones-averages/#indices>
- Torres, A. (Julio de 2023). *Cadema S.A*. Obtenido de <https://www.cademaprop.com.ar/>
- UmPapel. (Agosto de 2023). *Embalaje*. Obtenido de umpapel.com:
<https://www.umpapel.com.ar>
- Universidad, U. (s.f.). *Ubicacion fisica de instalaciones*. Ciudad de Mexico.
- UOYEP. (1 de Junio de 2022). *Convenio colectivo de trabajo N° 727/92*. Obtenido de UOYEP: <https://www.uoyepweb.org.ar/convenio/>
- UOYEP. (Agosto de 2023). *Nuevas escalas salariales y sueldos basicos*. Obtenido de Uoyep.com: <https://www.uoyepweb.org.ar/escala-salarial/>
- Wikipedia. (Noviembre de 2022). Obtenido de Pellets de plastico:
https://es.m.wikipedia.org/wiki/Pellets_de_pl%C3%A1stico

1. Anexo I

1.1 Características de comercialización

Tabla 1: Características del producto. Fuente: propia

Diametro	Redondez	Tolerancia
1,75 mm	>95%	± 0,03 mm

Presentación: En caja que contiene un carrete de 1 kg de filamento (330 m) envasado al vacío.

Colores:



1.2 Propiedades físicas

Densidad: 1,38 g/cm³

Índice de fluidez: 4,68 g/10.min

1.3 Propiedades mecánicas

Tabla 2: Propiedades mecánicas. Fuente: propia

Propiedad Mecánica	RePET	Norma
Resistencia a la tracción (Mpa)	39,4	ISO 527-1
Resistencia a la rotura (Mpa)	40	ISO 527-1
Módulo de elasticidad (Mpa)	1972	ISO 527-1
Elongación a la rotura (%)	2,1	ISO 527-1
Dureza	68.7	ISO 527-1

1.4 Recomendaciones de impresión

Temperatura de impresión: 240 °C

Temperatura del plato: 40 – 70 °C

Velocidad de impresión: 60 – 80 mm/s

Anexo II: Análisis económico de las alternativas tecnológicas

Tabla 1, 2 y 3: Análisis económico alternativa 1, 2 y 3. Fuente: propia

Alternativa 1											
Periodo	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Cantidad de MO		3	4	4	5	5	6	7	9	10	12
MO		\$ 13.599,00	\$ 18.132,00	\$ 18.132,00	\$ 22.665,00	\$ 23.263,41	\$ 27.198,00	\$ 31.731,00	\$ 40.797,00	\$ 45.330,00	\$ 54.396,00
Electricidad		\$ 56,16	\$ 93,60	\$ 112,32	\$ 149,76	\$ 168,48	\$ 224,64	\$ 262,08	\$ 393,12	\$ 449,28	\$ 524,16
Cantidad de Equipos	0	3	5	6	8	9	12	14	21	24	28
Inversion	\$ 30.420,00	\$ 20.280,00	\$ 10.140,00	\$ 20.280,00	\$ 10.140,00	\$ 30.420,00	\$ 20.280,00	\$ 70.980,00	\$ 30.420,00	\$ 40.560,00	
Amortizacion		\$ 1.950,00	\$ 3.250,00	\$ 3.900,00	\$ 5.200,00	\$ 5.850,00	\$ 7.800,00	\$ 9.100,00	\$ 13.650,00	\$ 15.600,00	\$ 18.200,00
Beneficios		-\$ 24.887,16	-\$ 21.566,60	-\$ 27.526,32	-\$ 24.205,76	-\$ 37.354,89	-\$ 32.804,64	-\$ 69.030,08	-\$ 47.313,12	-\$ 56.543,28	-\$ 36.720,16
Flujo actualizado	-\$ 30.420,00	-\$ 20.739,30	-\$ 14.976,81	-\$ 15.929,58	-\$ 11.673,30	-\$ 15.012,09	-\$ 10.986,21	-\$ 19.265,03	-\$ 11.003,52	-\$ 10.958,47	-\$ 5.930,51
VAN											-\$ 166.894,82

Alternativa 2											
Periodo	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Cantidad de MO		3	3	3	3	4	4	4	5	5	6
MO		\$ 13.599,00	\$ 13.599,00	\$ 13.599,00	\$ 14.490,29	\$ 18.132,00	\$ 18.132,00	\$ 18.132,00	\$ 22.665,00	\$ 24.683,52	\$ 27.198,00
Electricidad		\$ 56,16	\$ 46,80	\$ 46,80	\$ 46,80	\$ 93,60	\$ 93,60	\$ 93,60	\$ 140,40	\$ 140,40	\$ 187,20
Cantidad de Equipos	0	1	1	1	1	2	2	2	3	3	4
Inversion	\$ 28.080,00	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 28.080,00	\$ -	\$ -	\$ 28.080,00	\$ -	\$ 28.080,00	
Amortizacion		\$ 1.800,00	\$ 1.800,00	\$ 1.800,00	\$ 1.800,00	\$ 3.600,00	\$ 3.600,00	\$ 3.600,00	\$ 5.400,00	\$ 5.400,00	\$ 7.200,00
Beneficios		-\$ 11.855,16	-\$ 11.845,80	-\$ 11.845,80	-\$ 30.989,09	-\$ 14.625,60	-\$ 14.625,60	-\$ 32.877,60	-\$ 17.405,40	-\$ 37.675,92	-\$ 20.185,20
Flujo actualizado	-\$ 28.080,00	-\$ 9.879,30	-\$ 8.226,25	-\$ 6.855,21	-\$ 14.944,59	-\$ 5.877,70	-\$ 4.898,08	-\$ 9.175,53	-\$ 4.047,94	-\$ 7.301,85	-\$ 3.260,02
VAN											-\$ 102.546,47

Alternativa 3											
Periodo	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Cantidad de MO		3	3	3	3	3	3	3	4	4	4
MO		\$ 13.599,00	\$ 13.599,00	\$ 13.599,00	\$ 13.599,00	\$ 13.599,00	\$ 13.599,00	\$ 15.932,50	\$ 18.132,00	\$ 18.132,00	\$ 21.273,90
Electricidad		\$ 70,20	\$ 70,20	\$ 70,20	\$ 70,20	\$ 70,20	\$ 70,20	\$ 70,20	\$ 140,40	\$ 140,40	\$ 140,40
Cantidad de Equipos	0	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2
Inversion	\$ 41.340,00	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 41.340,00	\$ -	\$ -	
Amortizacion		\$ 2.650,00	\$ 2.650,00	\$ 2.650,00	\$ 2.650,00	\$ 2.650,00	\$ 2.650,00	\$ 2.650,00	\$ 5.300,00	\$ 5.300,00	\$ 5.300,00
Beneficios		-\$ 11.019,20	-\$ 11.019,20	-\$ 11.019,20	-\$ 11.019,20	-\$ 11.019,20	-\$ 11.019,20	-\$ 40.223,70	-\$ 12.972,40	-\$ 12.972,40	-\$ 16.114,30
Flujo actualizado	-\$ 41.340,00	-\$ 9.182,67	-\$ 7.652,22	-\$ 6.376,85	-\$ 5.314,04	-\$ 4.428,37	-\$ 3.690,31	-\$ 11.225,70	-\$ 3.016,97	-\$ 2.514,14	-\$ 2.602,55
VAN											-\$ 97.343,81

Tabla 4, 5 y 6: Análisis económico alternativa 4, 5 y 6. Fuente: propia

Alternativa 4											
Periodo	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Cantidad de MO		3	3	3	3	3	3	3	3	4	4
MO		\$ 13.599,00	\$ 13.599,00	\$ 13.599,00	\$ 13.599,00	\$ 13.599,00	\$ 13.599,00	\$ 13.599,00	\$ 13.978,97	\$ 18.132,00	\$ 18.132,00
Electricidad		\$ 70,20	\$ 70,20	\$ 70,20	\$ 70,20	\$ 70,20	\$ 70,20	\$ 70,20	\$ 70,20	\$ 140,40	\$ 140,40
Cantidad de Equipos	0	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2
Inversion	\$ 58.500,00	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 58.500,00	\$ -	\$ -
Amortizacion		\$ 3.750,00	\$ 3.750,00	\$ 3.750,00	\$ 3.750,00	\$ 3.750,00	\$ 3.750,00	\$ 3.750,00	\$ 3.750,00	\$ 7.500,00	\$ 7.500,00
Beneficios		-\$ 9.919,20	-\$ 9.919,20	-\$ 9.919,20	-\$ 9.919,20	-\$ 9.919,20	-\$ 9.919,20	-\$ 9.919,20	-\$ 48.324,17	-\$ 10.772,40	-\$ 10.772,40
Flujo actualizado	-\$ 58.500,00	-\$ 8.266,00	-\$ 6.888,33	-\$ 5.740,28	-\$ 4.783,56	-\$ 3.986,30	-\$ 3.321,92	-\$ 2.768,27	-\$ 11.238,66	-\$ 2.087,76	-\$ 1.739,80
VAN											-\$ 109.320,89

Alternativa 5											
Periodo	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Cantidad de MO		3	3	3	3	4	4	4	4	4	4
MO		\$ 13.599,00	\$ 13.599,00	\$ 13.599,00	\$ 14.490,29	\$ 18.132,00	\$ 18.132,00	\$ 18.132,00	\$ 18.132,00	\$ 18.132,00	\$ 18.132,00
Electricidad		\$ 46,80	\$ 46,80	\$ 46,80	\$ 46,80	\$ 93,60	\$ 93,60	\$ 93,60	\$ 163,80	\$ 163,80	\$ 163,80
Cantidad de Equipos	0	1	1	1	1	2	2	2	3	3	3
Inversion	\$ 28.080,00	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 28.080,00	\$ -	\$ -	\$ 41.340,00	\$ -	\$ -	\$ -
Amortizacion		\$ 1.800,00	\$ 1.800,00	\$ 1.800,00	\$ 1.800,00	\$ 3.600,00	\$ 3.600,00	\$ 3.600,00	\$ 6.250,00	\$ 6.250,00	\$ 6.250,00
Beneficios		-\$ 11.845,80	-\$ 11.845,80	-\$ 11.845,80	-\$ 30.989,09	-\$ 14.625,60	-\$ 14.625,60	-\$ 41.496,60	-\$ 12.045,80	-\$ 12.045,80	-\$ 12.429,52
Flujo actualizado	-\$ 28.080,00	-\$ 9.871,50	-\$ 8.226,25	-\$ 6.855,21	-\$ 14.944,59	-\$ 5.877,70	-\$ 4.898,08	-\$ 11.580,94	-\$ 2.801,47	-\$ 2.334,56	-\$ 2.007,44
VAN											-\$ 97.477,73

Alternativa 6											
Periodo	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Cantidad de MO		3	3	3	3	4	4	4	4	4	4
MO		\$ 13.599,00	\$ 13.599,00	\$ 13.599,00	\$ 14.490,29	\$ 18.132,00	\$ 18.132,00	\$ 18.132,00	\$ 18.132,00	\$ 18.132,00	\$ 18.515,72
Electricidad		\$ 46,80	\$ 46,80	\$ 46,80	\$ 46,80	\$ 117,00	\$ 117,00	\$ 117,00	\$ 117,00	\$ 117,00	\$ 117,00
Cantidad de Equipos	0	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2
Inversion	\$ 28.080,00	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 58.500,00	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Amortizacion		\$ 1.800,00	\$ 1.800,00	\$ 1.800,00	\$ 1.800,00	\$ 5.550,00	\$ 5.550,00	\$ 5.550,00	\$ 5.550,00	\$ 5.550,00	\$ 5.550,00
Beneficios		-\$ 11.845,80	-\$ 11.845,80	-\$ 11.845,80	-\$ 50.762,09	-\$ 12.699,00	-\$ 12.699,00	-\$ 12.699,00	-\$ 12.699,00	-\$ 12.699,00	-\$ 13.082,72
Flujo actualizado	-\$ 28.080,00	-\$ 9.871,50	-\$ 8.226,25	-\$ 6.855,21	-\$ 24.480,18	-\$ 5.103,44	-\$ 4.252,87	-\$ 3.544,06	-\$ 2.953,38	-\$ 2.461,15	-\$ 2.112,93
VAN											-\$ 97.940,97