

# Universidad Nacional de Córdoba



Facultad de Ciencias Exactas,  
Físicas y Naturales

Escuela de Ingeniería Industrial



## Estudio de Factibilidad para Planta de Reciclado de Residuos de Plástico PET

### Autor

OVIEDO, Tomás Joaquín DNI 35.577.562

### Tutor

CUOZZO, José Domingo

CÓRDOBA, Agosto 2014

## Resumen

En este estudio se analiza si es viable iniciar una planta de reciclado de botellas de plástico PET, que funcione en la Ciudad de Malvinas Argentina, pero que recicle residuos de toda la Ciudad de Córdoba. La principal motivación para llevar a cabo este estudio es un posible convenio con el intendente de Malvinas Argentinas, para ubicar la planta dentro de su parque industrial. Para ello, se utiliza la metodología propuesta por Sapag Chain, N. en su libro “Preparación y Evaluación de Proyectos”, 2007, quinta edición, que aconseja estudiar por separado los aspectos de mercado, técnicos, legales, ambientales y finalmente financieros del proyecto, y si todos los estudios dan buen resultado, considerar al proyecto como factible de realizar.

Para la realización de este proyecto se debe investigar sobre usos del PET reciclado, potenciales clientes y proveedores, diseñar el proceso y las máquinas necesarias. El autor de este proyecto debió realizar visitas a algunas empresas para obtener la información necesaria y así poder evaluar la factibilidad de la empresa planteada.

El resultado del estudio es que es posible llevar cabo este proyecto, pero se requiere de una fuerte inversión inicial, pues si no se logra una economía de escala no se podrá ser rentable. Además, es necesario que las empresas recolectoras de residuos en la Ciudad de Córdoba, Cotreco y Lusa, amplíen su circuito de recolección diferenciada (que a febrero de 2014 abarca sólo un 34% de los barrios de la ciudad) para así poder proveer de materia prima al proyecto.

## Abstract

In this study, it is analyzed the viability of starting a PET bottle recycling plant, functioning in Malvinas Argentinas City, but recycling wastes from all Córdoba City. The main motivation of doing this study is the possibility of an agreement with the mayor of Malvinas Argentinas, to locate the plant in its Industrial Park. For that, it is used the methodology proposed by Sapag Chain, N. in his book “Preparation and Evaluation of Projects”, 2007, fifth edition,, which advises to study separately the market, technics, legal, enviromental and finally financial issues of the project, and if all the studies show good results, consider the project like factible.

For the realization of this project it is necessary to research about recycled PET uses, potential buyers and suppliers, design the process and the machines needed. The author of this project visited some companies to obtain the needed information and then value the factibility of the mentioned business.

The study results are that it is possible to carry out this project, but it is required a strong initial investment, because if an economy of scale is not achieved it wont be profitable. Besides, it is necessary that the waste collection companies of Córdoba City, Cotreco and Lusa, expand their circuit of separate collection (which currently covers only 34% of the city's neighborhoods) so that way, it could supply raw material to the project.

## Índice de contenidos

RESUMEN .....	2
ABSTRACT .....	3
ÍNDICE DE TABLAS .....	VI
ÍNDICE DE CUADROS .....	VII
ÍNDICE DE GRÁFICOS .....	VII
ÍNDICE DE FIGURAS .....	VII
<b>CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>CAPÍTULO 2: DEFINICIÓN Y JUSTIFICACIÓN DE LA NECESIDAD U OPORTUNIDAD QUE MOTIVA AL PROYECTO .....</b>	<b>3</b>
<b>CAPÍTULO 3: ENTE QUE ABORDARÁ EL PROYECTO .....</b>	<b>9</b>
<b>CAPÍTULO 4: ESTUDIO DE MERCADO .....</b>	<b>10</b>
4.1. DEMANDA DEL MERCADO, ACTUAL Y PROYECTADA .....	10
4.2. ESTUDIO DE PRECIOS DE VENTA .....	15
4.3. COMPETENCIA ACTUAL Y POTENCIAL .....	17
4.4. DISPONIBILIDAD DE INSUMOS .....	18
4.5. ANÁLISIS FODA .....	20
<b>CAPÍTULO 5: ESTUDIO TÉCNICO .....</b>	<b>21</b>
5.1. PROCESO .....	21
5.1.1. <i>Etapas del reciclado mecánico:</i> .....	21
5.1.2. <i>Maquinaria</i> .....	28
5.2. MATERIA PRIMA E INSUMOS .....	36
5.3. PRODUCTO .....	37
5.3.1. <i>Alternativa 1: Sacos y pallets</i> .....	38
5.3.2. <i>Alternativa 2: Bolsones de rafia</i> .....	41
5.4. CONSUMO DE ENERGÍA Y AGUA .....	43
5.5. MANO DE OBRA .....	51
5.6. DIMENSIONES DE FÁBRICA .....	58
5.7. LOCALIZACIÓN .....	59
5.8. LOGÍSTICA .....	60
5.9. INGRESOS PROYECTADOS .....	63
<b>CAPÍTULO 6: ESTUDIO LEGAL .....</b>	<b>66</b>
<b>CAPÍTULO 7: CONSIDERACIONES AMBIENTALES .....</b>	<b>69</b>
<b>CAPÍTULO 8: ESTUDIO FINANCIERO .....</b>	<b>71</b>
8.1. TAR DEL PROYECTO .....	71
8.2. FLUJO DE FONDOS, VAN Y TIR .....	71
8.3. PERÍODO DE RECUPERO DE CAPITAL .....	73
8.4. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD .....	73
8.5. APALANCAMIENTO FINANCIERO .....	74

<b>CAPÍTULO 9: ESTRUCTURA DE DIVISIÓN DEL TRABAJO (EDT)</b> .....	<b>79</b>
9.1. DIAGRAMA DE GANTT .....	81
9.2. CURVA S DE COSTOS .....	82
<b>CAPÍTULO 10: CONCLUSIONES</b> .....	<b>83</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	<b>84</b>
<b>ANEXO I: PRONÓSTICO DE RECICLADO DE PET HASTA EL AÑO 2019</b> .....	<b>89</b>
<b>ANEXO II: ORGANIGRAMA PARA LA EMPRESA (VÁLIDO A PARTIR DEL QUINTO AÑO)</b> .....	<b>92</b>
<b>ANEXO III: LAYOUT PARA AÑOS 2015 Y 2016</b> .....	<b>93</b>
<b>ANEXO IV: LAYOUT PARA AÑOS 2017 Y 2018</b> .....	<b>94</b>
<b>ANEXO V: LAYOUT PARA AÑO 2019</b> .....	<b>95</b>
<b>ANEXO VI: TASAS BADLAR TOTAL DESDE EL AÑO 2000</b> .....	<b>96</b>

## Índice de tablas

TABLA 4.1: CONSUMO, PRODUCCIÓN Y RECICLADO DE PLÁSTICOS Y PET EN ARGENTINA .....	12
TABLA 4.2: ESTUDIO DE PRECIOS DE ESCAMAS DE RPET.....	16
TABLA 5.1: PRECIO DE MAQUINARIAS.....	30
TABLA 5.2: COMPRA DE MAQUINARIAS.....	31
TABLA 5.3: CANTIDAD DE MAQUINARIAS A COMPRAR.....	32
TABLA 5.4: CANTIDAD DE MAQUINARIAS DISPONIBLES.....	33
TABLA 5.5: DEPRECIACIÓN DE MAQUINARIAS.....	35
TABLA 5.6: DIMENSIONES DE LAS MAQUINARIAS.....	35
TABLA 5.7: PRECIO DE MATERIA PRIMA.....	37
TABLA 5.8: COMPRA DE RESIDUOS PET EN LOS PRÓXIMOS 5 AÑOS (TN).....	37
TABLA 5.9: DENSIDADES DEL PET EN DISTINTAS PRESENTACIONES.....	38
TABLA 5.10: DIMENSIONES DE LOS SACOS.....	39
TABLA 5.11: PRECIOS Y CAPACIDADES DE PALLETS Y SACOS.....	41
TABLA 5.12: COMPRA DE PALLETS Y SACOS.....	41
TABLA 5.13: DIMENSIONES DE LOS BOLSONES.....	42
TABLA 5.14: COMPRA DE BOLSONES DE RAFIA.....	43
TABLA 5.15: TARIFA DE CONSUMO ELÉCTRICO DE EPEC.....	44
TABLA 5.16: DEMANDA DE POTENCIA.....	45
TABLA 5.17: ESTIMACIÓN DE HORAS DE USO DE MAQUINARIAS.....	47
TABLA 5.18: ESTIMACIÓN DE USO DE ENERGÍA.....	48
TABLA 5.19: CONSUMO DE AGUA.....	49
TABLA 5.20: COSTO DEL CONSUMO DE AGUA.....	50
TABLA 5.21: GASTOS EN MANTENIMIENTO.....	50
TABLA 5.22: CANTIDAD DE VIAJES POR DÍA QUE REALIZAN LOS CAMIONES.....	54
TABLA 5.23: BALANCE DE PERSONAL.....	57
TABLA 5.24: TAMAÑO DE PLANTA EN LOS PRÓXIMOS 5 AÑOS Y COSTO DE ALQUILER.....	58
TABLA 5.25: COSTO ANUAL POR TRANSPORTE.....	61
TABLA 5.26: GASTOS EN SEGURIDAD.....	62
TABLA 5.27: GASTOS DE OFICINA.....	62
TABLA 5.28: VENTAS ESPERADAS DE ESCAMAS DE RPET EN LOS PRÓXIMOS 5 AÑOS (TN).....	63
TABLA 5.29: INGRESOS ESPERADOS POR VENTAS DE ESCAMAS DE RPET EN LOS PRÓXIMOS 5 AÑOS (\$).....	64
TABLA 5.30: VENTAS ESPERADAS DE SCRAP Y SUS INGRESOS EN LOS PRÓXIMOS 5 AÑOS.....	65
TABLA 5.31: INGRESOS TOTALES ESPERADOS EN LOS PRÓXIMOS 5 AÑOS.....	65
TABLA 6.1: CARGA DE FUEGO.....	68
TABLA 7.1: IMPACTO AMBIENTAL.....	69
TABLA 7.2: IMPACTO SOCIAL Y ECONÓMICO.....	70
TABLA 8.1: FLUJO DE FONDOS DEL PROYECTO.....	72
TABLA 8.2: PERÍODO DE RECUPERO DE CAPITAL.....	73
TABLA 8.3: ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD.....	73
TABLA 8.4: TASAS EFECTIVAS ANUALES DEL BNA.....	76
TABLA 8.5: FLUJO DE FONDOS DE LA DEUDA.....	76
TABLA 8.6: ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD DE LA TIR AL APALANCAMIENTO FINANCIERO.....	77
TABLA I.1: PRONÓSTICOS PARA PET RECICLADO EN ARGENTINA HASTA 2019.....	91
TABLA VI.1: TASAS BADLAR DESDE EL AÑO 2000.....	96

## Índice de cuadros

CUADRO 4.1: ANÁLISIS FODA .....	20
CUADRO 9.1: ESTRUCTURA DE DIVISIÓN DEL TRABAJO.....	80

## Índice de gráficos

GRÁFICO 5.1: VENTAS TOTALES ESPERADAS DE ESCAMAS DE RPET (TN).....	63
GRÁFICO 5.2: VENTAS ESPERADAS DE ESCAMAS DE RPET CRISTAL Y VERDE (TN).....	64
GRÁFICO 5.3: INGRESOS TOTALES ESPERADOS EN LOS PRÓXIMOS 5 AÑOS .....	65
GRÁFICO 8.1: ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD .....	74
GRÁFICO 8.2: ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD DE LA TIR AL APALANCAMIENTO FINANCIERO.....	78
GRÁFICO 9.1: DIAGRAMA DE GANTT.....	81
GRÁFICO 9.2: CURVA S DE COSTOS .....	82
GRÁFICO I.1: FAC DE LOS RESIDUOS .....	90

## Índice de figuras

FIGURA 1.1: CÓDIGO DE IDENTIFICACIÓN DE RESINAS .....	6
FIGURA 5.1: FLUJOGRAMA DEL PROCESO: "RECICLADO MECÁNICO DE PET".....	22
FIGURA 5.2: SACO.....	39
FIGURA 5.3: DISPOSICIÓN DE SACOS EN LOS PALLETS .....	40
FIGURA 5.4: BOLSÓN DE RAFIA .....	42
FIGURA 5.5: UBICACIÓN DEL PARQUE INDUSTRIAL DE MALVINAS ARGENTINAS Y DEL CENTRO VERDE DE CRESE .....	60
FIGURA II.1: ORGANIGRAMA DE LA EMPRESA .....	92
FIGURA III.1: LAYOUT PARA AÑOS 2015 Y 2016.....	93
FIGURA IV.1: LAYOUT PARA AÑOS 2017 Y 2018 .....	94
FIGURA V.1: LAYOUT PARA AÑO 2019 .....	95

## Capítulo 1: Introducción

Es este proyecto se presenta un estudio de factibilidad para decidir si es viable o no la instalación de una planta de reciclado de botellas de plástico PET en el Parque Industrial de la Ciudad de Malvinas Argentinas, Provincia de Córdoba. Esta localización no es arbitraria, sino que nace de un posible acuerdo con el intendente de dicha localidad, para ayudarlo a generar mano de obra. Para realizar el análisis, se utiliza la metodología propuesta en el libro “Preparación y evaluación de proyectos” (*Sapag Chain, N., 2008*).

El estudio se desarrolla en diferentes capítulos, dentro de los cuales se estudian los diferentes aspectos que afectan al proyecto, ya sean de índole de mercado, técnica, legal, ambiental, económico financiero, etc.

En el Capítulo 2: “Definición y justificación de la necesidad u oportunidad que motiva al proyecto”, se da una breve explicación de por qué se realiza este estudio, cuales son las motivaciones y que se espera obtener. También, se realiza un pequeño resumen a cerca de los materiales plásticos, que tipos de plásticos existen y cuales se pueden reciclar. De todos los tipos existentes, se decide cuál es aquel que el proyecto se encargará de trabajar.

En el Capítulo 3: “Ente que abordará el proyecto”, se muestra quien es el encargado de llevar adelante todo este proyecto y como planea hacerlo.

En el Capítulo 4: “Estudio de mercado”, se analiza la demanda del mercado (histórica y futura) y se trata de explicar su funcionamiento. Se presenta un estudio de precios de venta, de competidores (actuales y futuros) y de proveedores. Con toda esta información, se realiza un análisis FODA a modo de conclusión.

En el Capítulo 5: “Estudio técnico”, se define completamente el producto que vende el proyecto y su presentación (packaging). Se realiza un análisis de la maquinaria requerida, y se define la capacidad productiva de la planta. También se define un plan de crecimiento de la empresa para los próximos años. Se muestran las cantidades requeridas de materia prima, su costo total, las necesidades de energía y agua, mano de obra, dimensiones de la fábrica. Se estudia la localización propuesta (Malvinas Argentinas), sus ventajas y desventajas y en base a



ella se diseña la logística de transporte de materia prima desde el proveedor hasta la empresa. Finalmente, se presentan los ingresos proyectados para los próximos años.

En el Capítulo 6: “Estudio legal” se presenta un estudio de las normativas (nacionales y provinciales) que se deben cumplir para llevar adelante el proyecto.

En el Capítulo 7: “Consideraciones ambientales” se muestran los principales beneficios que el proyecto traería, tanto al medio ambiente (el reciclado de plásticos implica que se fabricó materia prima sin utilizar petróleo ni gas natural, es decir, ahorro de recursos naturales no renovables) como a la economía de Argentina.

En el Capítulo 8: “Estudio financiero” se colocan juntos todos los movimientos de dinero que se fueron detallando en los capítulos anteriores (ingresos y costos), para analizar finalmente si el proyecto es económicamente rentable. También se estudia cómo afectan a la rentabilidad las variaciones en cualquiera de las variables antes definidas, y la conveniencia de realizar las inversiones con capital propio o aportado por entidades bancarias.

En el Capítulo 9: “Estructura de división del trabajo (EDT)” se muestra un diagrama de Gantt (gráfico similar a un cronograma) con todas las tareas que deben realizarse durante la fase de inversión para dar inicio al proyecto y quien se encargará de cada una de ellas. También se muestra una estimación de los costos de estas actividades.

En el Capítulo 10: “Conclusiones”, se desarrollan las conclusiones finales que el autor considera importantes luego de haber finalizado con el estudio de factibilidad.

Al finalizar la lectura de este proyecto, se estará en condiciones de discernir si la inversión planteada es rentable o no, qué nivel de inversión inicial requiere y que beneficios futuros puede traer.

## **Capítulo 2: Definición y justificación de la necesidad u oportunidad que motiva al proyecto**

Motiva la realización de este estudio de factibilidad, la oportunidad de un acuerdo con el intendente de Malvinas Argentinas, para la instalación de una planta de reciclado de plásticos dentro del parque industrial de dicha ciudad. El objetivo de esta planta, es reducir la concentración de residuos plásticos dentro de la Ciudad de Córdoba, de donde se obtiene la materia prima (residuos plásticos) a utilizar para dicha instalación; así como crear puestos de trabajos para los habitantes de Malvinas Argentinas.

Se define al reciclado de materiales plásticos como un proceso industrial, que a partir de residuos plásticos tanto post-industriales como de post-consumo, permite la obtención de materia prima plástica.

Para ejemplificar la importancia del reciclado de plásticos, que motiva la evaluación de este proyecto, se cita a Reynaldo Marguliz, presidente de la Cámara Argentina de la Industria de Reciclados Plásticos (CAIRPLAS):

*Entre los principales beneficios que reporta el reciclado plástico se cuentan la recuperación de valor de productos que de lo contrario irían a la basura, la reducción del volumen de productos que serían destinados a rellenos sanitarios o a basurales a cielo abierto y el ahorro de muchísima energía y recursos no renovables como el gas natural, entre otros. Si se suman los ahorros de recursos fósiles y de energía puede concluirse que un producto reciclado consume sólo el 12% de la energía que el mismo polímero virgen, además de la mano de obra que genera, a la cual sin dudas hay que capacitar y formalizar. El reciclado tiene un origen muy marginal, por lo que es difícil identificar a muchas empresas. Sin embargo, se estima que por estos días existen en la Argentina entre 50 y 70 firmas recicladoras. (Revista Petroquímica, 2012)*

Como se dijo antes, la actividad de reciclaje no sólo opera con residuos de consumo doméstico sino también con los desechos post-industriales, tales como las tortas que generan las

petroquímicas y que no pueden ser usadas directamente para fabricar pellets (presentación usual de la materia prima plástica, en forma de pequeños gránulos), los productos plásticos fuera de especificación o discontinuados y los silos-bolsas utilizados en el agro, entre otros (*Revista Petroquímica, 2012*). Esto da lugar a una amplia fuente de recursos, que además es más fácil de recuperar que los desechos de consumo doméstico, ya que se puede arreglar previamente convenios con empresas para que provean sus residuos o scrap a la empresa objeto de este análisis. Además, a diferencia del desecho post-consumo, los desechos post-industriales suelen encontrarse más limpios y homogéneos que los primeros, disminuyendo la necesidad de separarlos previamente, y evitando también la pérdida de materia prima durante el proceso de reciclado. Sin embargo, estos desechos representan sólo una pequeña cantidad del total de plásticos que se puede reciclar, siendo la vasta mayoría ocupada por los desechos post-consumo.

Un aspecto importante de destacar es que en general, los residuos plásticos de post-consumo se obtienen por medio de “recuperadores” o cartoneros, que como medio de subsistencia venden los residuos recolectados a alguna cooperativa (*Revista Petroquímica, 2012*). Sólo la empresa CRESE, Córdoba Recicla Sociedad del Estado, realiza la tarea de recolección de manera formal en la Ciudad de Córdoba. La Municipalidad de Malvinas Argentinas pretende comenzar a comprar residuos plásticos a los recuperadores locales, para lo cual incentiva la creación de una planta recuperadora en su parque industrial.

El producto que este proyecto pretende comercializar es materia prima plástica reciclado, lista para que otras empresas la utilicen como insumo. Sin embargo, existen una gran variedad de tipos de este material, con diferentes características y usos. Por lo tanto, es necesario especificar cuál es el polímero que se reciclará para definir precisamente el producto que se desea vender.

Así como existen diferentes tipos de plásticos, existen también diferentes clasificaciones de éstos. A continuación se muestran las 2 clasificaciones más importantes que sirven para definir el producto de este proyecto.

### **Clasificación de los plásticos según su comportamiento frente al calor:**

- Termoplásticos: son aquellos plásticos que mantienen su forma y rigidez a temperatura ambiente, pero cuando se los someten al calor se funden y pasan a estado líquido; si luego se los enfría, volverán al estado sólido, con una nueva forma, pero con propiedades mecánicas disminuidas. Dentro de este tipo de plásticos podemos encontrar al polietileno y sus derivados (por ejemplo: poliestireno, PET, PVC, etc), plásticos derivados de proteínas (como el nylon), el caucho y sus derivados y las resinas celulósicas, etc. (*Ramos Carpio M.A., 1988*)
- Termoestables: este tipo de plásticos, cuando son sometidos al calor, no se funden, sino que se degradan y se pierden. Esto es debido a que las cadenas que lo componen, cuando elevan su temperatura, se contraen para dar más resistencia al polímero, hasta llegar a una temperatura a la cual comienzan a degradarse (temperatura de degradación). Son termoestables, entre otros: los polímeros del fenol, las resinas epoxi y melamínicas, la baquelita, los aminoplásticos, etc. (*Ramos Carpio M.A., 1988*)

De la anterior clasificación, surge que los plásticos a reciclar deben ser del tipo termoplásticos, pues son los únicos que pueden fundirse y luego volver a darles una forma y uso determinados. Sin embargo, dado que existen una gran variedad de termoplásticos, queda aún una amplia gama de polímeros que pueden ser reciclados. Por lo tanto, se hace uso de otra clasificación para definir completamente al producto de este proyecto.

## Código de identificación de resinas:



Figura 2.1: Código de identificación de resinas

Esta codificación fue desarrollada por la Sociedad de la Industria Plástica (Society of the Plastics Industry, SPI) en 1988 y se utiliza internacionalmente para identificar los distintos tipos de polímeros. La principal aplicación de esta codificación es para ayudar a separar e identificar los distintos plásticos al momento de reciclar. Aquellos plásticos que ya han sido reciclados, se identifican colocando una letra “R” antes de su código: por ejemplo, RPET es el código para productos fabricados con PET reciclado (*SPI, 1988*).

1. PET (Polietileno Tereftalato): es un material termoplástico liviano, impermeable, poco tóxico, transparente (aunque admite algunos colorantes), no absorbe humedad, inerte (a su contenido), resistente a esfuerzos permanentes y al desgaste, buenas propiedades térmicas (se deforma muy poco con el calor) y actúa como barrera para los gases. Debido a sus propiedades, se ha intensificado su uso en la fabricación de botellas de bebidas (agua mineral, gaseosas, etc.), de aceites, mayonesas, cosméticos, detergentes, bidones, empaques de diversos productos (de alimentos, de ropas, productos farmacéuticos), bandejas, fibras textiles, entre otros. No es biodegradable, pero es totalmente reciclable (*ECOPLAS, Plásticos y tipos de plásticos*).
2. HDPE/PEAD (Polietileno de alta densidad): es un termoplástico que se caracteriza por poseer una gran resistencia térmica y química, muy buena resistencia al impacto, es translúcido, opaco, flexible, tenaz y no es atacado por los ácidos ni por la mayoría de los disolventes. Se utiliza principalmente en la fabricación de juguetes, tuberías para distribución de agua potable, dispositivos protectores (casco, rodilleras, coderas,

etc.), empaques para partes automotrices, tarimas, botellas de leche, etc. (*ECOPLAS, Plásticos y tipos de plásticos*).

3. PVC (Policloruro de vinilo): este termoplástico tiene elevada resistencia mecánica, al impacto, a la abrasión y posee baja densidad, por lo cual es muy utilizado en la construcción. Es estable e inerte, por lo que se lo emplea donde una buena higiene es prioridad (Ej: bolsas para sangre y hemoderivados). No se quema con facilidad ni arde por sí solo, y cesa de arder una vez que la fuente de calor se ha retirado, razón por la cual se suele utilizar en la fabricación de puertas y ventanas. También se utiliza para recubrir cables eléctricos, dado sus buenas capacidades de aislante eléctrico (*Titow, W., 1984*).
4. LDPE/PEBD (Polietileno de baja densidad): es un termoplástico con buena resistencia al impacto y con buena resistencia térmica y química. Es muy similar al Polietileno de alta densidad, pero presenta mayor flexibilidad. Se utiliza para fabricar sacos y bolsas, juguetes, platos, vasos, cubiertos, etc. (*Centro Español de Plásticos, CEP, 1991*).
5. PP (Polipropileno): termoplástico con propiedades muy similares a las de los polietilenos, excepto que posee menor densidad, temperatura de reblandecimiento más alta, mayor resistencia a la fatiga y mayor tendencia a ser oxidado. Por su alta resistencia a fatiga, se utiliza en piezas que están supuestas a plegarse continuamente durante su uso (como por ejemplo, las tapitas de algunos envases plásticos). Se utiliza también para fabricar cajas de CD, autopartes, fibras industriales, pañales, etc. (*Arlie, J.P., 1990*).
6. PS (Poliestireno): termoplástico que se utiliza como poliestireno expandido (telgopor) en construcción, debido a su alta resistencia al impacto, a la humedad y ligereza. Además, bajo esta forma es muy higiénico, pues no constituye sustrato nutritivo para microorganismos. Por lo tanto, no se pudre ni se descompone. También se lo utiliza

de aislante térmico y acústico. Otras formas usuales son el poliestireno choque (usado en las carcasas de televisores, puertas, impresoras, interiores de heladeras, etc.) y el poliestireno cristal (usado en cajas para huevos, bandejas para carne de supermercados, etc.) (Scheirs, J., 2003).

7. O (Otros): dentro de esta categoría encontramos diversos termoplásticos (como el acrílico, nylon, policarbonato, entre otros), así como a todos los termoestables (por ejemplo, baquelita, melanina, caucho sintético, silicona, etc.) (ECOPLAS, *Plásticos y tipos de plásticos*).

Dado que el PET es el plástico que más se encuentra en productos de consumo doméstico, y por ende en basureros; y teniendo en cuenta que el fin que motiva este proyecto es el de ayudar a disminuir la contaminación ambiental en forma de basura, la planta se abocará específicamente al reciclado de PET. Además, el PET cuenta con las ventajas de ser totalmente reciclable y que su precio como materia prima reciclada es mucho menor que el de la materia prima virgen: 18.000 USD la tonelada de PET virgen (*Revista Petroquímica, Aumentan la producción de resinas de PET en el país, 2013*), contra precios de RPET que van desde 600 hasta 750 USD por tonelada (Argueta, A. A., 2006).

### **Capítulo 3: Ente que abordará el proyecto**

El ente que abordará el proyecto será un inversor interesado en el reciclaje de plásticos (actualmente gerente de una empresa avícola de origen cordobés). Este ha realizado contacto tanto con el intendente como con el encargado del Parque Industrial de Malvinas Argentinas y con entidades bancarias. Su motivación principal para realizar esta inversión se basa en que considera que el reciclado de los plásticos tomará mucha fuerza en los próximos años, y considera que este es el momento justo para introducirse al mercado.

Dado que no se dispone de suficiente capital propio para comenzar con las inversiones, se deberá recurrir a algún ente financista. Destacamos al BNA, Banco de la Nación Argentina, que otorga créditos a PyMES de hasta un 100% de la totalidad de la inversión (variable según el monto total de la misma y del destino que se le prevea), con plazos de devolución de hasta 10 años y con tasas nominales anuales de 17,5% para los 3 primeros años. A partir del cuarto año la tasa toma el valor de la tasa BADLAR Total, calculada por el BCRA, sumándole un 3%. (*BNA, 2014*).



## **Capítulo 4: Estudio de mercado**

### **4.1.Demanda del mercado, actual y proyectada**

El PET reciclado se puede usar para la fabricación de bandejas, cajones, fibras textiles y botellas o envases que no contengan alimentos. El problema de la fabricación de botellas que contengan alimentos es que requiere que el PET reciclado que se utilice esté en perfectas condiciones de salubridad y libre de bacterias, por lo que se hace necesario un proceso especial de reciclado llamado “super clean” (super limpio en inglés), que encarece el producto obtenido (*Fraunhofer IVV, Guidance and criteria for safe recycling of post consumer polyethylene terephthalate (PET) into new food packaging applications, 2004*). Al día de hoy, en Argentina sólo la planta Cabelma, ubicada en Buenos Aires, recicla utilizando este proceso. Cabelma es también la principal recicladora del PET de Argentina (*Énfasis Packaging, Cabelma abrirá la primera planta de reciclado de botellas PET, 2011*).

De cualquier modo, la mayor parte del PET reciclado hoy en día va a la industria textil. Según el presidente de la planta recicladora Cabelma, Daniel Van Lierde, de las aproximadamente 70 toneladas que se recuperan de PET por año en Argentina, 37 toneladas se exportan a China (a un precio de 600 USD la tonelada) para producir fibras textiles, que luego los chinos venden a Argentina a un precio de 12.000 USD la tonelada. Es decir que otro negocio que está latente en la Argentina es el de fabricación de fibras textiles utilizando PET reciclado (*Revista DEF, 2013*).

Con base en datos divulgados por las organizaciones ECOPLAS (organización argentina formada por vocales de diferentes empresas de la industria plástica), la Asociación Civil Argentina Pro Reciclado del PET (ARPET) y CAIRPLAS, el autor de este proyecto ha conformado una tabla, en donde se presentan tabulados el consumo, producción y reciclado de plásticos en general y PET particular, en Argentina, desde 1990, hasta 2012. Véase la Tabla 4.1: “Consumo, producción y reciclado de plásticos y PET en Argentina”, presentada a continuación.

Para la evaluación del proyecto de inversión y análisis de su viabilidad, se toma un horizonte de tiempo de 5 años, puesto que así se puede ver en un corto plazo si se puede recuperar lo invertido (siendo 2014 el año 0 en que se realizarían todas las inversiones). Se muestran datos de

hasta el año 2019 (obtenidos por medio de pronósticos), para tener una estimación de cuál será el tamaño del mercado en el futuro cercano. Para realizar dichos pronóstico, se utilizan modelos de Series de Tiempo ARIMA. En el Anexo I se encuentran los procedimientos y cálculos involucrados en la realización de dichos pronósticos (a modo de explicación, las series de tiempo son herramientas que utilizan la estadística para predecir el comportamiento futuro de una secuencia de datos temporales).

Las columnas de la Tabla 4.1 presentada a continuación representan:

- Producción de MP plástica (tn): toneladas de materia prima plástica fabricadas dentro del territorio del país Argentina.
- Consumo aparente de MP plástica (tn): resultado “producción nacional + importaciones – exportaciones” de materia prima plástica, medida en toneladas. Representa el total de materia prima plástica que fue utilizada dentro del territorio del país para fabricar productos.
- Consumo aparente de PET (tn): resultado “producción nacional + importaciones – exportaciones” de materia prima PET, medida en toneladas. Representa el total de materia prima PET que fue utilizada dentro del territorio del país para fabricar productos.
- Consumo aparente de PET (%): porcentaje del consumo aparente de PET respecto al consumo aparente de materia prima plástica total.
- PET recuperado (tn): toneladas de PET que fueron recicladas dentro del país.
- Porcentaje de PET recuperado (%): relación entre el PET recuperado (tn) y el consumo aparente de PET (tn).
- Reciclado total de plástico (tn): toneladas de plásticos (de todos los tipos) que fueron reciclado dentro del territorio del país.
- PET Reciclado / Reciclado total (%): porcentaje que representa el reciclado de PET con respecto al reciclado de plásticos en general. Mide el grado de “favoritismo” del reciclado de PET frente al reciclado de otros plásticos.

Consumo, producción y reciclado de plásticos y PET en Argentina								
Año	Producción de MP plástica (tn)	Consumo aparente de MP plástica (tn)	Consumo aparente de PET (tn)	Consumo aparente de PET (%)	PET recuperado (tn)	Porcentaje PET recuperado (%)	Reciclado total de plástico (tn)	PET Reciclado / Reciclado total (%)
1990	450.736	373.041						
1991	492.788	504.333						
1992	552.094	597.235						
1993	528.463	696.589						
1994	586.345	748.118						
1995	660.927	762.639						
1996	695.000	903.213						
1997	689.433	1.089.448	70.000	6,43%	780	1,11%		
1998	745.565	1.115.059	90.000	8,07%	2.700	3,00%		
1999	790.302	1.143.525	105.000	9,18%	3.500	3,33%		
2000	885.642	1.137.338	130.000	11,43%	6.600	5,08%		
2001	1.132.380	1.065.585	145.000	13,61%	8.580	5,92%		
2002	1.145.939	803.714	115.000	14,31%	10.250	8,91%		
2003	1.201.566	1.064.298	135.000	12,68%	13.700	10,15%	57.100	23,99%
2004	1.339.340	1.265.368	160.600	12,69%	22.100	13,76%		
2005	1.327.205	1.338.455	166.000	12,40%	36.000	21,69%		
2006	1.416.927	1.445.762	177.500	12,28%	48.000	27,04%	97.000	49,48%
2007	1.304.431	1.584.327	180.000	11,36%	60.000	33,33%		
2008	1.312.976	1.501.041	200.000	13,32%	68.000	34,00%		
2009	1.369.367	1.454.950	200.000	13,75%	69.000	34,50%	150.000	46,00%
2010	1.328.306	1.628.773	220.000	13,51%	70.000	31,82%	180.000	38,89%
2011	1.351.800	1.747.970	240.000	13,73%	75.000	31,25%	200.000	37,50%
2012	1.350.085	1.705.836	230.288	13,50%	82.931			
2013					90.863			
2014					98.794			
2015					106.726			
2016					114.657			
2017					122.588			
2018					130.520			
2019					138.451			
<b>Fuentes</b>								
ECOPLAS, 2013						Valor estimado		
ARPET, 2012						Valor desconocido		
CAIRPLAS, 2012								

Tabla 4.1: Consumo, producción y reciclado de plásticos y PET en Argentina

*Nota: a partir de este apartado, para evitar confusiones, se designará “empresa productora de plástico” a aquella empresa que utiliza derivados del petróleo en su proceso para fabricar materia prima plástica virgen y se designará “empresa transformadora de plástico” a aquella que compra materia prima plástica virgen a una empresa productora, para transformarla y fabricar productos destinados al consumidor final.*

De la tabla anterior, se desprenden varias conclusiones:

- La cantidad neta de PET reciclado en el país crece año a año. Se pueden identificar 4 factores que expliquen este comportamiento:
  1. El incremento de la conciencia ambiental en la población, que considera cada vez más necesario cuidar el medio ambiente.
  2. Las subas en el precio del petróleo (*Expansion, 2012*) y gas natural (*Energy Information Administration, 2005*) de los últimos años, lo cual obliga cada vez más a los transformadores de plástico a buscar otra fuente de materia prima más económica
  3. El aumento del consumo de plásticos en general y de PET en particular (tal como se ve en las columnas de consumo aparente de MP plástica y de PET). Si los consumos a nivel nacional aumentan, es de esperar que habrá mayor disponibilidad de residuos aptos para ser reciclados, lo cual motiva a diferentes empresas a ingresar al mercado.
  4. El hecho de que en Argentina existe sólo una empresa productora de material PET virgen: DAK Americas Argentina, ubicada en Zárate, Provincia de Buenos Aires, con una capacidad anual que a fines de 2013 alcanza las 187.000 toneladas anuales (*Revista Petroquímica, Aumentan la producción de resinas de PET en el país, 2013*). Como se ve en la tabla anterior, ya en 2012 el consumo aparente de PET en el país es de 230.000 toneladas, lo que implica que las empresas transformadoras deben importar materia prima del exterior (y

por lo tanto pagar más por las mismas). Esta situación favorece la demanda de materia prima reciclada, que sustituya a las importaciones.

- Como consecuencia del punto 4, existe en el país una balanza de importaciones/exportaciones negativa en lo referido a la materia prima plástica. En Argentina, el PET virgen se importa de empresas asiáticas (*La Nación, La industria del PET busca producir más con base en el reciclaje, 2012*).
- Hasta el año 2012, sólo se recicla un 31% (un tercio) del total de PET consumido en Argentina. Esto implica que el mercado tiene un potencial de desarrollo sumamente grande. A modo de ejemplo, se cita a Japón, que al año 2010 llegó a una tasa de reciclado del 77% del PET consumido, o al continente Europeo, con una tasa del 48%. Brasil lidera en Latinoamérica con una tasa del 55.6%. (*The Guardian, Japan streets ahead in global plastic recycling race, 2011*).
- El reciclaje de PET ocupa un gran porcentaje dentro del reciclado total de plásticos en el país (promediando en los últimos años un 40% del total, como se ve en la columna “PET Reciclado / Reciclado total (%)” de la Tabla 4.1).

Como conclusión general, se deduce que el mercado del PET reciclado o RPET está actualmente en crecimiento, y que hay lugar para nuevas empresas en el rubro. Mientras el propio consumo de PET en el país vaya creciendo, habrá cada vez mayor disponibilidad de residuos para reciclar. Sumado a esto, las subas en el precio del petróleo y gas natural provocarán que los productores de plástico poco a poco comiencen a utilizar materia prima reciclada en su proceso. Como ya se ha mencionado antes, la producción nacional de PET virgen no alcanza a cubrir la demanda de los productores argentinos.

## 4.2. Estudio de precios de venta

Cuando se reciclan los plásticos, sus propiedades y resistencias mecánicas, químicas y térmicas se degradan en función del proceso, del grado de limpieza que se realizó, la cantidad de impurezas que quedaron adheridas a los plásticos (como por ejemplo, restos de alimentos, metales o plásticos de otro tipo), etc. En consecuencia, el precio de cualquier plástico reciclado varía según el nivel de esas propiedades (*Plastivida Argentina, 2007*).

El precio también depende del color del plástico, ya que los plásticos cristales o sin color tienen más usos que los plásticos con color. Como los residuos PET que más abundan son los cristales y verdes (y en proporciones muy similares), se opta por procesar los envases de estos colores.

Para determinar el precio de venta del RPET, se debe realizar un sondeo de precios en diferentes lugares y páginas de internet. Dado que no es sencillo conseguir los precios de venta de los competidores más directos en Argentina, se toman precios de venta de empresas de otros países, adaptados a la moneda argentina al cambio oficial a agosto de 2014 (1 USD = 8.26 ARS). El presidente de la Asociación Civil Argentina Pro Reciclado del PET (ARPET), respondiendo un correo electrónico al autor de este proyecto, declaró que el PET reciclado es un commodity a nivel internacional, y por lo tanto los precios varían mínimamente entre diferentes países. También recomendó al autor de este proyecto utilizar como fuente principal el sitio web de Recyclers World, que muestra cotizaciones históricas del PET reciclado de los últimos años. El resultado del estudio de precios se presenta en la Tabla 4.2: “Estudio de precios de escamas de RPET”.

Muestra	Precio por tn	Fuente	Fecha de consulta
USA cristal	\$ 7.610	<a href="http://www.recycle.net/Plastic/PET/xv100100.html">http://www.recycle.net/Plastic/PET/xv100100.html</a>	Febrero de 2014
USA cristal	\$ 6.810	<a href="http://www.recycle.net/Plastic/PET/xv100100.html">http://www.recycle.net/Plastic/PET/xv100100.html</a>	Febrero de 2014
USA cristal	\$ 7.010	<a href="http://www.recycle.net/Plastic/PET/xv100100.html">http://www.recycle.net/Plastic/PET/xv100100.html</a>	Febrero de 2014
USA cristal	\$ 6.210	<a href="http://www.recycle.net/Plastic/PET/xv100100.html">http://www.recycle.net/Plastic/PET/xv100100.html</a>	Febrero de 2014
Canada cristal	\$ 6.364	<a href="http://www.recycle.net/Plastic/PET/xv100100.html">http://www.recycle.net/Plastic/PET/xv100100.html</a>	Febrero de 2014
Ucrania cristal	\$ 7.539	<a href="http://www.recycle.net/Plastic/PET/xv100100.html">http://www.recycle.net/Plastic/PET/xv100100.html</a>	Febrero de 2014
Pakistan cristal	\$ 7.273	<a href="http://www.recycle.net/Plastic/PET/xv100100.html">http://www.recycle.net/Plastic/PET/xv100100.html</a>	Febrero de 2014
Pakistan cristal	\$ 8.819	<a href="http://www.recycle.net/Plastic/PET/xv100100.html">http://www.recycle.net/Plastic/PET/xv100100.html</a>	Febrero de 2014
Tucuman cristal	\$ 7.700	Miguel Ángel Moro, Presidente de ECO Raíces Tucumán	Febrero de 2014
China cristal	\$ 6.819	<a href="http://www.slideshare.net/nallelyrc/pet-7903444">http://www.slideshare.net/nallelyrc/pet-7903444</a>	Febrero de 2014
Mexico cristal	\$ 8.148	<a href="http://www.recimex.com.mx/blog/?p=153">http://www.recimex.com.mx/blog/?p=153</a>	Febrero de 2014
España cristal	\$ 5.472	<a href="http://www.solostocks.com/venta-productos/plastico-reciclado/pet-en-escamas-y-re triturado-post-industrial-natural-color-7670787">http://www.solostocks.com/venta-productos/plastico-reciclado/pet-en-escamas-y-re triturado-post-industrial-natural-color-7670787</a>	Febrero de 2014
España cristal	\$ 6.080	<a href="http://www.solostocks.com/venta-productos/plastico-reciclado/plastico-pet-botella-molido-limpio-post-industrial-multicolor-8089356">http://www.solostocks.com/venta-productos/plastico-reciclado/plastico-pet-botella-molido-limpio-post-industrial-multicolor-8089356</a>	Febrero de 2014
<b>Promedio</b>	<b>\$ 7.065</b>		
China verde	\$ 5.455	<a href="http://www.slideshare.net/nallelyrc/pet-7903444">http://www.slideshare.net/nallelyrc/pet-7903444</a>	Febrero de 2014
USA verde	\$ 4.809	<a href="http://www.recycle.net/Plastic/PET/xv100100.html">http://www.recycle.net/Plastic/PET/xv100100.html</a>	Febrero de 2014
Indonesia verde	\$ 6.637	<a href="http://www.recycle.net/Plastic/PET/xv100100.html">http://www.recycle.net/Plastic/PET/xv100100.html</a>	Febrero de 2014
Mexico verde	\$ 4.890	<a href="http://www.recimex.com.mx/blog/?p=153">http://www.recimex.com.mx/blog/?p=153</a>	Febrero de 2014
<b>Promedio</b>	<b>\$ 5.448</b>		

**Tabla 4.2: Estudio de precios de escamas de RPET**

Para determinar entonces el precio de venta, se consideraron los promedios de los precios investigados. Los valores son de \$7000 (por tonelada) para las escamas RPET cristal y \$5500 para las escamas RPET verde, ambos precios **sin IVA**.

### 4.3. Competencia actual y potencial

Según datos divulgados por CAIRPLAS en junio de 2012, la Argentina tiene, en materia de plásticos, un consumo aparente (producción más importación menos exportación) cercano a los 1,3 millones de toneladas por año (Tn/año), de los cuales se reciclan aproximadamente 180.000 Tn/año; es decir, cerca de un 15%, porcentaje insuficiente y factible de mejorar, a pesar de que existan entre 50 y 70 firmas recicladoras en el país. Esto quiere decir que todavía hay mucho lugar para empresas que deseen insertarse en el rubro.

En lo que respecta estrictamente al PET, al año 2011 sólo se recicla la tercera parte del total consumido, lo que implica que existe aún un amplio margen de mercado para aquellas empresas que deseen insertarse en los próximos años.

La conclusión general es que, si bien se prevé que en el corto plazo la competencia no será un problema (pues mientras la empresa objeto de este estudio se esté insertando en el mercado, las demás competidoras ya existentes estarán tratando de ocupar los grandes vacíos que hay en la potencial demanda), es posible que en el mediano y largo plazo la competencia se intensifique. Esto se debe a que el reciclaje de plásticos se perfila como muy rentable (algo que está sucediendo a nivel internacional, debido a la suba de los precios del petróleo y el gas natural, que encarecen el precio de la materia prima virgen y hace cada vez más llamativa la materia prima reciclada) y a que posiblemente muchas empresas transformadoras de plástico de mediano y gran tamaño instalen sus propias líneas de reciclaje, para así abaratar el costo de obtención de su propia materia prima (*Centro Experimental de la Vivienda Económica, CEVE, 2003*).

Respecto a la competencia actual, basta con saber que el principal reciclador de PET a nivel nacional es Cabelma, que procesa 15000 tn/año (*La Nación, La industria del PET busca producir más con base en el reciclaje, 2012*). Luego existe un amplio abanico de empresas pequeñas y medianas, como por ejemplo Integrity Argentina, ubicada en el Parque Industrial Las Heras de la Provincia de Mendoza, que procesa un total de 4800 tn/año de PET (*Los Andes, 2012*). En Saldán, Córdoba, Pritty recicla 600 tn/año entre scrap propio y residuos post-consumo (*Infonegocios, 2009*). No existe actualmente una empresa en la Ciudad de Córdoba que se dedique al reciclaje de PET post-consumo.



#### 4.4. Disponibilidad de insumos

Actualmente existen diferentes empresas y cooperativas que se encargan de recolectar, diferenciar, y vender residuos post consumo. Entre ellos, el principal es Crese (Córdoba Recicla Sociedad del Estado), quien recibe la basura de parte de Cotreco y Lusa (empresas recolectoras de la Ciudad de Córdoba), la separa según tipo de residuo y se encarga de su comercialización.

En Argentina, al año 2012, se consumen un total de 230.000 tn de PET anualmente. Dado que en la Ciudad de Córdoba hay una población de 1.330.000 habitantes y en la Argentina el total es de 40.120.000 (*Instituto Nacional de Estadística y Censos, INDEC, 2010*), se deduce que el consumo de PET en la Ciudad de Córdoba es de 7.600 tn anuales. Si se extiende este cálculo a la Provincia de Córdoba (población de 3.308.000), el consumo asciende a 19.000 tn anuales. Este simple cálculo se basa en el supuesto de que el consumo de PET por habitante es igual para cada provincia del país (supuesto válido, pues el PET se utiliza en un 75% para producir botellas o envases, los cuales son productos de consumo masivo al alcance de cualquier persona, de cualquier clase económica o región).

La recolección diferenciada abarca un 37% de los barrios de la Ciudad de Córdoba: 151 de un total de 414 (*Día a Día, 2012*). Entonces se pueden reducir los valores antes dichos a que, en 2012 en la Ciudad de Córdoba se recolectaban 2812 tn de un total de 7600 tn. Este valor es más que suficiente para proveer a la empresa durante sus primeros 2 años de trabajo. Sin embargo, estos sólo son los residuos que se pueden comprar a Crese. Existen otras cooperativas, como Fenix Reciclados, que venden alrededor de 1 tn diaria de residuos PET (300 tn anuales) y que también pueden servir de proveedores. Además, es de esperar que con el tiempo, la recolección diferenciada abarque cada vez más barrios de la ciudad.

Por lo tanto, para la empresa objeto de este análisis, aun suponiendo que sólo se reciclen residuos post consumo dentro de la Ciudad de Córdoba, habría una cantidad teórica suficiente para abastecer al proyecto. Solo es necesario ampliar el circuito de la recolección diferenciada, para lo cual es importante que otras empresas recicladoras de otros materiales se instalen en la ciudad, para incentivar la actividad de Cotreco y Lusa.

Es importante mencionar que los residuos de PET se venden según su color, ya que luego de reciclarlo, la materia prima cristal (incolora) tiene un mayor valor. Según se investigó, en los residuos urbanos se encuentran en mayor proporción los envases de PET cristal y verde. Por lo tanto, serán estos 2 tipos de envases los que se comprarán en general.

En cuanto a los residuos post-industriales, existen en Córdoba muchas empresas dedicadas a transformar PET y a la fabricación de envases. De acuerdo a información brindada por el gerente de calidad de Pritty (empresa de mediana envergadura), su generación de scrap al fabricar botellas es de un 5% de su producción, totalizando 400 kg/mes (4.8 tn/año) de residuo PET (CEVE, 2013). A pesar de que haya varias empresas dedicadas a la fabricación de envases, se deduce que los residuos post-industriales son mucho más difíciles de conseguir, pues lo que una empresa transformadora ofrece es sólo una pequeña cantidad comparada con la oferta que pueden realizar las empresas recolectoras (por lógica, si el scrap en cualquier proceso es sólo del 5%, quiere decir que el total de residuos post-industriales de PET disponible en todo el país es sólo un 5% del total de residuos PET post-consumo).

## 4.5. Análisis FODA

Como conclusión final de todo el estudio de mercado, se realizó un Análisis FODA (análisis de las fortalezas y debilidades internas de la empresa, y las oportunidades y amenazas externas) que debe ser tenido en cuenta para decidir sobre la factibilidad o no de llevar a cabo el proyecto.

En el FODA se menciona que gran parte de los camiones de la empresa permanecerán ociosos y podrían alquilarse a terceros. Esto se explicará detalladamente más adelante en el Capítulo 5: “Estudio técnico”, apartado 8: “Logística”.

Fortalezas	Oportunidades
En caso de realizarse el proyecto, sería la única empresa especializada en reciclaje de PET post-consumo en la Ciudad de Córdoba. Esto permitiría vender la materia prima reciclada a otras empresas transformadoras de la misma ciudad, a un menor costo que el que ofrecen las demás recicladoras del país, ya que los costos de transporte serán menores.	El mercado del RPET se encuentra en crecimiento constante. En la Tabla 4.1 se muestra el potencial del mismo, que se estima que crecerá en los próximos años. Al 2012, sólo se recicla un 31% del PET consumido en el país.
En el Capítulo 5: “Estudio técnico” (apartado 8: “Logística”), se muestra que los camiones a utilizar por el proyecto no se usan a tiempo completo en los primeros años. Esta capacidad ociosa puede ser vendida o alquilada a otras empresas.	Es posible que el estado argentino sancione leyes que brinden incentivos al reciclaje, como ya existen en Europa. Existe un proyecto de "Ley de Presupuestos Mínimos para la Gestión de Residuos de Envases" que en su capítulo 2 impulsa a los gobiernos a promover el reciclaje de botellas de plásticos por medio de incentivos económicos o fiscales ( <i>Comisión Interdisciplinaria de Medio Ambiente, CIMA, 2012</i> )
	Posibilidad de exportar a China (o a otros países asiáticos), cobrando las transacciones en dólares.
	Hay posibilidad de integrarse verticalmente hacia adelante, y comenzar a producir fibras textiles. En palabras de Van Lierde, presidente de Cabelma, las fibras textiles hechas de plástico reciclado se vende a precios 20 veces mayores que el RPET como materia prima ( <i>Revista DEF, 2013</i> ).
Debilidades	Amenazas
Se depende de que las empresas recolectoras/diferenciadoras de residuos incrementen su capacidad lo suficiente para abastecer al proyecto desde el tercer año en adelante. Actualmente se recolectan de manera diferenciada 2812 toneladas de botellas PET (según lo estimado en el apartado 4.4: "Disponibilidad de insumos"). Esto puede limitar la capacidad del proyecto si no se logra incentivar a que se separe más basura en la Ciudad de Córdoba.	Que disminuyan los precios del petróleo y gas natural, haciendo caer los precios de los plásticos vírgenes. Ambos recursos naturales, si bien presentan tendencia al crecimiento al largo plazo, suelen tener fluctuaciones temporales que pueden afectar al negocio en el corto plazo. Si el precio de los plásticos vírgenes disminuye, la demanda de plásticos reciclados disminuirá, por ser estos productos sustitutos.
	Que DAK Americas Argentina (única productora de PET virgen en el país) incremente su capacidad productiva. Esto implicaría mayores ventas, que pueden hacer fluctuar el mercado del RPET.
	Es posible que en el corto plazo comiencen a aparecer muchos competidores, tentados por el crecimiento del mercado del reciclaje de plásticos que se proyecta para los próximos años.

Cuadro 4.1: Análisis FODA

## **Capítulo 5: Estudio técnico**

### **5.1. Proceso**

Para el reciclado de plásticos existen 2 grandes grupos de procesos: los mecánicos y los químicos (*ARPET, Reciclaje de plásticos*).

Los procesos mecánicos son mucho más baratos y exigen una previa limpieza de los residuos a reciclar. La calidad del material resultante será función de dicha limpieza. Sin embargo, los procesos mecánicos tienen una limitación, ya que sólo pueden tratar termoplásticos.

Los procesos químicos son procesos más sofisticados, caros, pero de mayor calidad. No requieren separar los diferentes tipos de plásticos, ni tampoco requiere que se realice una limpieza tan importante como en el reciclado mecánico. Existen diferentes tipos de procesos químicos: pirólisis, hidrogenación, gasificación, metanólisis, etc. La ventaja que tienen respecto de los procesos mecánicos es que estos si pueden reciclar los materiales termoestables, ya que se destruye la cadena de monómeros, volviendo la materia a un estado básico.

Como la empresa objeto de este estudio se abocará al reciclado de PET (un termoplástico), se utilizará un proceso de reciclado mecánico. El siguiente paso es definir cada una de las etapas de este proceso, para conocer como se realiza y que maquinarias o equipamientos son necesarios obtener.

#### **5.1.1. Etapas del reciclado mecánico:**

Se define “reciclado mecánico” al proceso físico-mecánico mediante el cual el plástico post-consumo, post-industrial (scrap) o proveniente del agro es recuperado, permitiendo su posterior utilización. El proceso es indistinto para cualquier tipo de plástico, bien puede usarse para reciclar PET o para reciclar otro termoplástico, aunque puede tener pequeñas variaciones según cada reciclador. A continuación se presenta el proceso que se diseñó para esta empresa (*ECOPLAS, 2011*). Conocer el proceso permitirá luego conocer que máquinas son necesarias obtener. Cabe aclarar que es un proceso continuo, por lo que no es necesario que haya un

operario trabajando en cada puesto, es decir, no es necesario manipular las máquinas constantemente.

- Recolección
- Separación manual
- Molienda
- Separación por densidad
- Lavado
- Secado
- Embolsado
- Control de calidad
- Almacenado

### Flujograma del proceso: "Reciclado mecánico de PET"

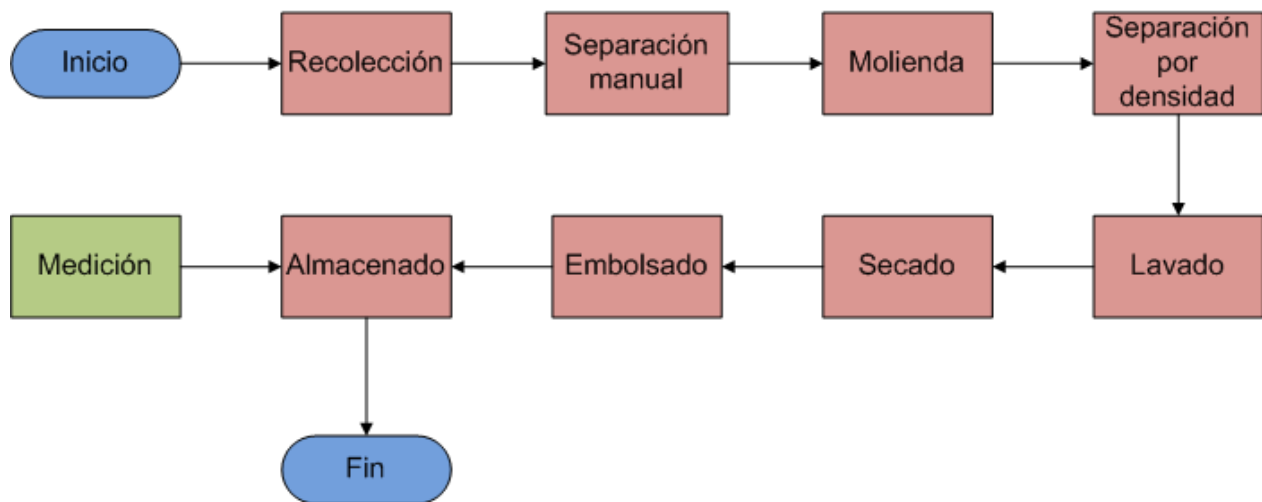


Figura 5.1: Flujograma del proceso: "Reciclado mecánico de PET"

**Recolección.** Si bien el proceso de recolección no forma parte del proceso productivo de la empresa recicladora (pues estas tareas son realizadas por terceros), vale la pena aclarar que si forma parte del ciclo completo de reciclado. Además, podría inclusive analizarse la posibilidad de

iniciar una campaña propia de recolección (por ejemplo, colocando cestos en la vía pública destinados al desecho de botellas de PET).

Con la recolección diferenciada de residuos, en los hogares se separan los residuos en dos grupos básicos: por un lado residuos orgánicos (también denominados húmedos) y por otro inorgánicos (también denominados secos); en la bolsa de los residuos orgánicos van los restos de comida, de jardín, etc., y en la de inorgánicos van los metales, madera, plásticos, vidrio, aluminio, etcétera. Estas dos bolsas se colocan en la vía pública, y son recolectadas en forma diferenciada, permitiendo así que se encaucen hacia sus respectivas formas de tratamiento (esta división es convenida y no académica, ya que por ejemplo, los plásticos son orgánicos).

En la Ciudad de Córdoba, la recolección diferenciada sólo abarca a un 34% de los barrios y es realizada por las empresas Lusa y Cotreco. Para lograr acceder al resto de los residuos, se puede convenir con diferentes cooperativas, las que a su vez los obtienen comprándolo de manera informal a recolectores o cartoneros.

Luego de la recolección del material se efectúa una clasificación por tipo de plástico y color. En la Ciudad de Córdoba, esta etapa la realiza la empresa Crese (aunque también hay otras pequeñas cooperativas que lo hacen). A las botellas se las clasifica en PET cristal, celeste o verde y se las comprime en fardos, para disminuir su volumen. Si bien esto se realiza manualmente en Córdoba, existen tecnologías de clasificación automática, que se están usando en países desarrollados.

Hasta este punto, todas las etapas del proceso de reciclado son realizadas fuera de la empresa recicladora objeto de este estudio. La empresa recicladora comienza a intervenir desde que compra los fardos de residuos PET a las empresas clasificadoras. Para ello, se pueden enviar camiones hasta la planta de estas empresas, para retirar los residuos comprados y luego traerlos.

**Separación manual.** Una vez que los fardos ingresen a la empresa, se procederá a cargarlos en una rompedora de fardos (máquina que utilizan tornillos sin fin para desarmar los fardos y soltar las botellas allí comprimidas) utilizando un auto elevador. Las botellas caerán sobre una cinta transportadora, alrededor de la cual habrá operarios que se encargarán de quitar las tapas de las botellas. Cada operario tendrá a su alcance un tacho o depósito donde almacenará las tapas de

las botellas (al final del día, se recolectarán estas tapas y se venderán a algún reciclador de PEAD, que es el material del que están hechas). También habrá operarios que se encarguen de separar piedras o fragmentos metálicos que pudieran dañar las máquinas que estén a continuación.

La etapa de separación llevada a cabo en la empresa es muy importante, pues si no se realiza de manera satisfactoria, el producto final (escamas de RPET) estará mezclado con restos de otros plásticos o materiales. Más adelante en este capítulo, en el apartado 5: “Mano de obra” se desarrollará un análisis que determine la cantidad óptima de operarios para asegurar una óptima separación de las tapas de las botellas.

**Molienda.** Las botellas, ya sin sus tapas, se moverán a través de una cinta transportadora para llegar a la tolva de un molino, que usando cuchillas giratorias, triturarán las botellas de PET. El resultado que se obtiene de este proceso son escamas de plástico que pueden tener diferentes tamaños y estar mezcladas con restos o trazas de otros materiales (arenilla, tierra o partículas metálicas).

**Separación por densidad.** Aprovechando que los diferentes materiales tienen distintas densidades, se puede utilizar un proceso de decantación por agua para separarlos y obtener una mayor purificación. Es decir, esta etapa permite separar las trazas remanentes de otros materiales presentes, como por ejemplo pequeños objetos metálicos u otras partículas que puedan perjudicar la calidad final del producto obtenido.

La decantación por agua no es el único procedimiento que permite llevar a cabo una separación por densidad. Una técnica alternativa es, por ejemplo, utilizar un separador por corrientes de aire, que logre separar las diferentes trazas de metal (u otros materiales) del plástico que se desea reciclar. Esta técnica suelen tener un mayor grado de eficiencia en la separación, ya que las máquinas que usan este principio, permiten regular en nivel de las corrientes de aire, de manera de ajustar el nivel más apropiado y así ajustar mejor la densidad de las partículas que se obtendrán.

Para la empresa que se está analizando, se ha optado por utilizar un separador ciclónico, el cual funciona por corrientes de aire como se ha mencionado. Estas corrientes se ajustan, de manera que las partículas metálicas (al tener mayor densidad) permanecerán en la base del ciclón, y las escamas de PET (que tienen menor densidad) se elevarán y se almacenarán por separado.

**Lavado.** Consiste en lavar las escamas de plástico con agua y detergentes de baja espuma en tanques o cubas de gran tamaño, para eliminar cualquier tipo de suciedad o impureza. Es muy importante esta etapa en los plásticos que vienen de post-consumo, ya que han contenido sustancias o bacterias que pueden permanecer en ellos durante mucho tiempo. En el caso de los plásticos de procedencia industrial o agraria, esta etapa podría omitirse, ya que los mismos suelen venir en buenas condiciones de limpieza. Se deben utilizar bactericidas para tratar las aguas.

**Secado.** Utilizado para eliminar los restos de humedad luego de los procesos de lavado y separación. Para ello pueden usarse diferentes tipos de secadoras centrífugas.

El producto final de este proceso son escamas de RPET, separadas, limpias y secas. Estas escamas ya pueden ser comercializadas a diferentes empresas transformadoras de plástico.

A modo de aclaración, el proceso podría continuar con una etapa de extrusión y granulación, en la que se transformarían las escamas de RPET en pellets de RPET (con tamaño más uniforme y mayor densidad, por lo que ocupan menor volumen). Sin embargo, esto no es usualmente realizado por las empresas recicladoras de plástico, ya que las máquinas necesarias para realizar esto (una extrusora y una pelletizadora) son sumamente costosas comparadas a las demás máquinas que se utiliza en el proceso. Además, los requisitos que se exigen de calidad para vender pellets de plástico reciclado son mucho más estrictos que para las escamas, implicando un mayor esfuerzo en control.

**Embolsado.** Se colocan las escamas de material reciclado en bolsones, para que luego puedan ser almacenadas y vendidas.



**Control de calidad.** Como primera aclaración, el control de calidad debe realizarse a lo largo de todo el proceso para no tener problemas. Lo que se muestra en el flujograma es más bien la medición de ciertas características del producto final.

En la industria del plástico reciclado, es muy importante controlar las características mecánicas y químicas de los mismos, puesto que este material se va degradando conforme se lo va reciclando y pierde sus propiedades. Por lo tanto, un correcto control de calidad, permite lograr una estandarización en las especificaciones del material, e inclusive determinar si se pueden mejorar, mediante la adición de diferentes sustancias químicas durante el proceso de extrusión.

El control de calidad debe llevarse a lo largo del proceso, para disminuir la variabilidad de cada estación lo más posible. Además, cuando se reciclan plásticos, es usual que el cliente exija al reciclador un informe de algunas características mecánicas o químicas del material. Estas exigencias varían por cada cliente, por ejemplo: si el cliente fabricará productos que estén en contacto con alimentos, exigirá conocer el grado de contaminación y bacterias que posee el material (*ISO 15270:2008*).

Algunas de las características que más interesan en los plásticos reciclados son la densidad y el punto de fusión. A continuación se presenta un método para medir ambas características.

- Densidad: Se toman una escama de producto terminado RPET y se la mide en una balanza digital, anotando su peso. Luego se introduce esta misma escama en una probeta con agua (cuyo volumen inicial es conocido). Como el PET sólido tiene una densidad superior a la del agua ( $1380 \text{ kg/m}^3$  para el PET;  $1000 \text{ kg/m}^3$  para el agua), la escama precipitará hasta el fondo. Debido a esto, el nivel de agua aumentará. Tomando el nuevo nivel de agua, se puede determinar el aumento de volumen ocupado dentro de la probeta, el cual es igual al volumen de la escama de PET introducida. Conociendo el peso de las escamas y su volumen, se determina su densidad.
- Punto de fusión: Se introducen algunas escamas de PET dentro de un recipiente metálico y se coloca el mismo sobre un mechero de Bunsen. Se calienta el mismo

hasta que las escamas comiencen a fluir, y se toma la temperatura de fusión con un termómetro, que para el PET virgen es de alrededor de 260 °C (*Van Der Vegt, A.K., 2005*).

Otra característica que se debe controlar es el peso de los bolsones llenos de escamas de RPET (producto terminado), que debiera ser uniforme en 250 kg para cada uno. Para ello, se puede utilizar una balanza industrial, de modo de anotar el peso con que se completa cada bolsa y realizar un seguimiento para ver si la tarea de llenado se realiza correctamente.

**Almacenado.** Las escamas de plástico ya embolsadas se almacenan en un depósito destino a almacén, esperando a salir de la empresa conformando una venta. Para realizar esto, se utilizará un auto elevador, que enganche sus paletas en las manijas superiores de los bolsones y permitan su traslado.

El proceso aquí desarrollado no es el único que existe para el reciclado mecánico de plásticos, pero si es uno de los más comunes, y permite obtener materia prima para elaboración de productos por medio de soplado, inyección, extrusión de caños y películas. Otra forma de reciclar los plásticos, consiste en una tecnología de extrusión-moldeo de una mezcla de plásticos sin separar (plásticos mixtos). Se la utiliza para la fabricación de la denominada “madera plástica”, con la que se obtienen artículos de larga duración, tales como postes para uso rural, bancos de plazas, etc. (*ECOPLAS, 2011*).

Por otro lado, es importante tener en cuenta que el reciclado mecánico puede producir un deterioro en las propiedades originales del plástico, que se puede minimizar con el agregado de aditivos antioxidantes y estabilizantes, razón por la cual debe ser reciclado solamente un determinado número de veces. Se pueden hacer mezclas con materiales vírgenes para mejorar las propiedades mecánicas de los materiales reciclados.

### 5.1.2. Maquinaria

Ya definido el proceso productivo, se vuelven evidentes las máquinas necesarias para llevarlo a cabo. A continuación mostraremos las máquinas investigadas para cada etapa:

**Recolección.** Para la recolección de la materia prima se utilizarán furgones, con capacidad para 2 tn de carga en un espacio de 12 m<sup>3</sup>. El precio de estos furgones es de \$230.000. El principal lugar a donde irán los camiones a recolectar la materia prima es el Parque Verde de Crese, ubicado en la calle Bv. Los Andes esquina Tillard, en barrio Independencia. Otros centros de abastecimiento son la cooperativa Fenix Reciclados (Av. Circunvalación Sur 4974, entre las rutas de Alta Gracia y Carlos Paz) y el propio lugar que la Ciudad de Malvinas Argentinas plantea para su recolección. Existe una amplia gama de proveedores en el país a quienes comprar los furgones.

**Clasificación.** Se comprará una máquina rompedora de fardos, con capacidad para 500 kg/h y de 30 kW de potencia, a un precio de \$200.000. También se comprarán 2 cintas transportadoras, una para ser utilizada como “cinta de clasificación” donde los operarios separarán las tapas de PEAD y los restos de otros materiales, y otra que desemboque las botellas ya separadas sobre la tolva del molino. Se estima el precio de las cintas transportadoras en \$30.000.

Proveedores en Argentina: Tecnipack Argentina, Dunlop

**Molienda.** Se investigó un molino de capacidad 1000 kg/h y potencia 30 kW, que puede obtenerse a un precio de \$78000 (precios sin IVA).

Proveedores en Argentina: Cabimet S.A.; Conti Maquinarias; Maqs; Ekomaq; Fumadi

**Separación por densidad.** Puede comprarse un separador ciclónico para capacidad de 500 kg/h y potencia de 5.5 kW a \$39000 (precios sin IVA).

Proveedores en Argentina: Casiba, Fabiani SRL

**Lavado.** Se halló una lavadora de agua por fricción con capacidad de 500 kg/h y 37 kW de potencia a un valor de \$55000 (precios sin IVA).

Proveedores en Argentina: Cabimet S.A.; Maqs; Fumadi

**Secado.** Una secadora centrífuga de 700 kg/h y 11 kW se puede comprar a un precio de \$32000 (precios sin IVA).

Proveedores en Argentina: Cabimet S.A.; Conti Maquinarias; Maqs; Ekomaq

**Embolsado.** Una empaquetadora de escamas que pueda embolsar 3000 kg/h y que requiera una potencia de 1.5 kW tiene un valor de \$80000 (precios sin IVA).

Proveedores en Argentina: Sipel

**Control de calidad.** Para el control de calidad se utilizarán los siguientes equipamientos: una balanza de apreciación 0.001 g y peso máximo 150 g (\$5000); un medidor de distancias y volúmenes (\$700); un mechero de Bunsen (\$300); un termómetro infrarrojo con para mediciones de hasta 500 °C (\$2000); una balanza de peso máximo 2000 kg con plataforma cuadrada de 1 metro por 1 metro (\$7000) (precios sin IVA). Los artículos de laboratorio se pueden comprar a gran cantidad de proveedores dentro del país.

**Almacenado.** Las escamas se guardarán dentro de la planta en un área destinada a almacenamiento hasta la llegada del camión del cliente, para que este la cargue su producto. Se consiguen auto elevadores, de capacidad 2500 kg y 3.6 m de altura de carga, a un valor de \$35000 (precio sin IVA). No es posible conseguir autos elevadores más baratos de menor capacidad.

Proveedores en Argentina: Autoelevadores Belcar, Autoelevadores Yale, Maquinarias Los Tanos; Toyota Industries (para autoelevadores); Big Bag Bolsas, Agromarc, Agroads (para los bolsones).

**Transporte/carga de material:** Si bien no está definido dentro del proceso productivo, el producto en proceso debe ser transportado de una máquina o centro de trabajo a otro de alguna manera. Se optó por realizar los transportes de material con cargadores automáticos, que a través de tuberías y bombas, succionan el material desde un contenedor y las lleva hasta la boca de entrada de la siguiente máquina (esto implica colocar algún contenedor a la salida de la máquina anterior, donde se amontonará el material en proceso). Estos cargadores de material vienen con un control programable, para regular la fuerza de succión y de esta manera ajustar el flujo de transferencia al valor deseado.

Se investigaron cargadores automáticos de 500 kg/h, a 5kW a un valor de \$80000.

Proveedores en Argentina: Conti Maquinarias; Maqs; Ekomaq; Fumadi; Proinplas; Todochiller

A modo de resumen, la Tabla 5.1: “Precio de maquinarias”, presenta los precios de todas las maquinarias que se comprarán para el proyecto (recordar que no incluyen IVA).

Precio de maquinarias	
Máquina	Valor
Rompedora de fardos; 500 kg/h; 30 kW	\$ 200.000
Cinta transportadora	\$ 30.000
Molino de plástico; 1000 kg/h, 30 kW	\$ 133.000
Separador ciclónico de plásticos y metal; 500 kg/h; 5,5 kW	\$ 66.000
Lavadora de agua a fricción; 500 kg/h; 37 kW	\$ 94.000
Secadora de plásticos; 700 kg/h; 11 kW	\$ 67.000
Empaquetadora de pellets; 3000 kg/h; 1,5 kw	\$ 136.000
Alimentador automático; 500 kg/h; 5 kW	\$ 80.000
Computadoras	\$ 8.000
Instrumentos de laboratorio	\$ 15.000
Auto elevador; 3,60 m; 2000 kg	\$ 100.000
Furgón; capacidad 2 tn; 12 m3	\$ 230.000

Tabla 5.1: Precio de maquinarias

Por motivos de seguridad, el ente que desarrolla el proyecto prefiere que la inversión inicial no supere los \$2.500.000 (pesos argentinos). Considerando que la inversión inicial no sólo

incluye las compras iniciales de maquinaria sino también la de inversión en capital de trabajo, se decide destinar casi un millón y medio de pesos a la compra de maquinaria. En años posteriores se puede ir creciendo en capacidad conforme sean posibles las inversiones, comprando más maquinarias como se muestra en la Tabla 5.2: “Compra de maquinarias”.

Compra de maquinarias						
Máquina	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Rompedora de fardos; 500 kg/h; 30 kW	\$ 200.000	\$ -	\$ -	\$ 200.000	\$ -	\$ 200.000
Cinta transportadora	\$ 60.000	\$ -	\$ -	\$ 30.000	\$ -	\$ 30.000
Molino de plástico; 1000 kg/h, 30 kW	\$ 133.000	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 133.000
Separador ciclónico de plásticos y metal; 500 kg/h; 5,5 kW	\$ 66.000	\$ -	\$ -	\$ 66.000	\$ -	\$ 66.000
Lavadora de agua a fricción; 500 kg/h; 37 kW	\$ 94.000	\$ -	\$ -	\$ 94.000	\$ -	\$ 94.000
Secadora de plásticos; 700 kg/h; 11 kW	\$ 67.000	\$ -	\$ -	\$ 67.000	\$ -	\$ 67.000
Empaquetadora de pellets; 3000 kg/h; 1,5 kw	\$ 136.000	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Alimentador automático; 500 kg/h; 5 kW	\$ 320.000	\$ -	\$ -	\$ 320.000	\$ -	\$ 320.000
Computadoras	\$ 16.000	\$ -	\$ -	\$ 8.000	\$ -	\$ -
Instrumentos de laboratorio	\$ 15.000	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Auto elevador; 3,60 m; 2000 kg	\$ 100.000	\$ -	\$ -	\$ 100.000	\$ -	\$ -
Furgón; capacidad 2 tn; 12 m3	\$ 230.000	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 230.000
<b>Total</b>	<b>\$ 1.437.000</b>	<b>\$ -</b>	<b>\$ -</b>	<b>\$ 885.000</b>	<b>\$ -</b>	<b>\$ 1.140.000</b>

**Tabla 5.2: Compra de maquinarias**

En los Anexos III, IV y V se presentan los layouts diseñados para la planta, incluyendo las distribuciones de los equipos para cada año del proyecto. En la Tabla 5.3: “Cantidad de maquinarias a comprar” se ve el detalle de cuantas máquinas de cada tipo se deben comprar por año.

Cantidad de maquinarias a comprar						
Máquina	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Rompedora de fardos; 500 kg/h; 30 kW	1	0	0	1	0	1
Cinta transportadora	2	0	0	1	0	1
Molino de plástico; 1000 kg/h; 30 kW	1	0	0	0	0	1
Separador ciclónico de plásticos y metal; 500 kg/h; 5,5 kW	1	0	0	1	0	1
Lavadora de agua a fricción; 500 kg/h; 37 kW	1	0	0	1	0	1
Secadora de plásticos; 700 kg/h; 11 kW	1	0	0	1	0	1
Empaquetadora de pellets; 3000 kg/h; 1,5 kW	1	0	0	0	0	0
Alimentador automático; 500 kg/h; 5 kW	4	0	0	4	0	4
Computadoras	2	0	0	1	0	0
Instrumentos de laboratorio	1	0	0	0	0	0
Auto elevador; 3,60 m; 2000 kg	1	0	0	1	0	0
Furgón; capacidad 2 tn; 12 m <sup>3</sup>	1	0	0	0	0	1

**Tabla 5.3: Cantidad de maquinarias a comprar**

En la tabla Tabla 5.4: “Cantidad de maquinarias disponibles”, se visualiza con mayor claridad la cantidad de maquinarias que se dispondrán dentro de la planta a lo largo de cada año y su correspondiente capacidad productiva.

En la Tabla 5.4 se muestran las capacidades nominales de la planta (kg/h), pero para el cálculo de las capacidades anuales, se tomó una pérdida de 2% respecto de los valores nominales. Esto es porque el autor consideró un rendimiento de la planta de 98%. Es decir, el 98% del tiempo la planta estará funcionando a su máxima capacidad. El restante 2% del tiempo estará parada, ya sea por fallas en las maquinarias o por posibles complicaciones en el abastecimiento del material.

<b>Cantidad de maquinarias disponibles</b>					
	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>2017</b>	<b>2018</b>	<b>2019</b>
Rompedora de fardos; 500 kg/h; 30 kW	1	1	2	2	3
Cinta transportadora	2	2	3	3	4
Molino de plástico; 1000 kg/h; 30 kW	1	1	1	1	2
Separador ciclónico de plásticos y metal; 500 kg/h; 5,5 kW	1	1	2	2	3
Lavadora de agua a fricción; 500 kg/h; 37 kW	1	1	2	2	3
Secadora de plásticos; 700 kg/h; 11 kW	1	1	2	2	3
Empaquetadora de pellets; 3000 kg/h; 1,5 kW	1	1	1	1	1
Alimentador automático; 500 kg/h; 5 kW	4	4	8	8	12
Computadoras	2	2	3	3	3
Instrumentos de laboratorio	1	1	1	1	1
Auto elevador; 3,60 m; 2000 kg	1	1	2	2	2
Furgón; capacidad 2 tn; 12 m3	1	1	1	1	2
<b>Capacidad (kg/h)</b>	<b>500</b>	<b>500</b>	<b>1000</b>	<b>1000</b>	<b>1500</b>
Capacidad por día (kg/día) (8 horas al día)	<b>4000</b>	4000	8000	8000	12000
Capacidad por mes (tn/mes) (8 horas al día)	<b>84</b>	84	168	168	252
Capacidad anual (tn/año) (8 horas al día)	<b>987,84</b>	987,84	1975,68	1975,68	2963,52
Capacidad por día (kg/día) (16 horas al día)	8000	<b>8000</b>	<b>16000</b>	<b>16000</b>	<b>24000</b>
Capacidad por mes (tn/mes) (16 horas al día)	168	<b>168</b>	<b>336</b>	<b>336</b>	<b>504</b>
Capacidad anual (tn/año) (16 horas al día)	1975,68	<b>1975,68</b>	<b>3951,36</b>	<b>3951,36</b>	<b>5927,04</b>

**Tabla 5.4: Cantidad de maquinarias disponibles**

Se plantea comenzar con una capacidad de 987 toneladas por año de RPET, con la empresa funcionando a un turno de producción (8 horas al día, de 6 a 14 hs, de lunes a viernes). Este es el modo de operar durante 2015, el primer año. Basta con comprar una máquina de cada tipo (más cuatro alimentadores), y de este modo, produciendo al ritmo de la máquina más lenta, se logrará el resultado deseado. En el Anexo III: “Layout para años 2015 y 2106” se presenta la distribución en planta de los equipos.

En el segundo año, se piensa abrir un segundo turno de producción (lo que implica contratar más empleados, para poder producir durante 16 horas al día) para que de esta manera se pueda duplicar la capacidad de planta. Así, se pueden producir un total de 1975 toneladas de escamas de PET reciclado en este año. El segundo turno de producción puede ser de 14 a 22 hs.

Para el tercer año, se debe comprar otra rompedora de fardos, otro separador ciclónico, otra lavadora y otra secadora, con el fin de aumentar la capacidad de planta a 3951 toneladas anuales (manteniendo los 2 turnos de producción). Conjuntamente, se deben comprar 4 alimentadores automáticos, para poder transportar el nuevo flujo de material, de 1000 kg/h.



Además se compra una nueva cinta transportadora, para colocar más operarios que se dediquen a la separación de tapitas y otros materiales. Se considera también la compra de una nueva computadora, para que pueda trabajar también un nuevo administrativo en el turno de la mañana. Esta posición es muy importante, pues dado que la capacidad de la planta se ha duplicado respecto al año anterior (y que el número de máquinas también ha aumentado), comienza a ser muy importante realizar una correcta y cuidadosa gestión de las empresa. En el Anexo IV: “Layout para años 2017 y 2108” se presenta la distribución en planta de los equipos.

En el cuarto año del proyecto se mantendrá la planta funcionando en el mismo estado que antes, por lo que no hay ninguna acotación que agregar.

Ya en el quinto año, se planea la compra de una rompedora de fardos, un molino, un separador ciclónico, una lavadora y una secadora (además de 4 alimentadores automáticos y una cintra transportadora) con el objetivo de aumentar la capacidad de planta a 5927 toneladas por año (trabajando a doble turno). También se compra un nuevo furgón y un nuevo auto elevador (que como se verá en el apartado 5.8. “Logística” de este mismo capítulo, serán necesarios). En el Anexo V: “Layout para año 2019” se presenta la distribución en planta de los equipos.

Algo importante que debe tenerse en cuenta son las depreciaciones de las máquinas. Estos valores deben incluirse en los flujos de fondo del proyecto, ya que actúan como ahorro fiscal, disminuyendo el valor pagado en cada año de Impuesto a las Ganancias.

Para las depreciaciones, en nuestro país se toman las reglas de depreciación lineal (una misma depreciación constante en cada año, hasta agotar el valor residual de cada equipo).

$$Depreciación = \frac{Valor\ de\ compra}{Vida\ útil}$$

Las vidas útiles se tomaron de 10 años para maquinarias e instrumentos de laboratorio, 5 años para rodados y 5 años para computadoras. Con estos datos se confeccionó la Tabla 5.5: “Depreciación de maquinarias”.

Depreciación de maquinarias								
	Valor de compra	VU (años)	2015	2016	2017	2018	2019	Valor residual
Rompedora de fardos; 500 kg/h; 30 kW	\$ 200.000	10	\$ 20.000	\$ 20.000	\$ 40.000	\$ 40.000	\$ 60.000	\$ 420.000
Cinta transportadora	\$ 60.000	10	\$ 6.000	\$ 6.000	\$ 9.000	\$ 9.000	\$ 12.000	\$ 78.000
Molino de plástico; 1000 kg/h; 30 kW	\$ 133.000	10	\$ 13.300	\$ 13.300	\$ 13.300	\$ 13.300	\$ 26.600	\$ 186.200
Separador ciclónico de plásticos y metal; 500 kg/h; 5,5 kW	\$ 66.000	10	\$ 6.600	\$ 6.600	\$ 13.200	\$ 13.200	\$ 19.800	\$ 138.600
Lavadora de agua a fricción; 500 kg/h; 37 kW	\$ 94.000	10	\$ 9.400	\$ 9.400	\$ 18.800	\$ 18.800	\$ 28.200	\$ 197.400
Secadora de plásticos; 700 kg/h; 11 kW	\$ 67.000	10	\$ 6.700	\$ 6.700	\$ 13.400	\$ 13.400	\$ 20.100	\$ 140.700
Empaquetadora de pellets; 3000 kg/h; 1,5 kw	\$ 136.000	10	\$ 13.600	\$ 13.600	\$ 13.600	\$ 13.600	\$ 13.600	\$ 68.000
Alimentador automático; 500 kg/h; 5 kW	\$ 320.000	10	\$ 32.000	\$ 32.000	\$ 64.000	\$ 64.000	\$ 96.000	\$ 672.000
Computadoras	\$ 8.000	5	\$ 3.200	\$ 3.200	\$ 4.800	\$ 4.800	\$ 4.800	\$ 3.200
Instrumentos de laboratorio	\$ 15.000	10	\$ 1.500	\$ 1.500	\$ 1.500	\$ 1.500	\$ 1.500	\$ 7.500
Auto elevador; 3,60 m; 2000 kg	\$ 100.000	5	\$ 20.000	\$ 20.000	\$ 40.000	\$ 40.000	\$ 40.000	\$ 40.000
Furgón; capacidad 2 tn; 12 m3	\$ 230.000	5	\$ 46.000	\$ 46.000	\$ 46.000	\$ 46.000	\$ 92.000	\$ 184.000
<b>Total</b>			<b>\$ 178.300</b>	<b>\$ 178.300</b>	<b>\$ 277.600</b>	<b>\$ 277.600</b>	<b>\$ 414.600</b>	<b>\$ 2.135.600</b>

**Tabla 5.5: Depreciación de maquinarias**

El valor residual de cada máquina se sumará en una cuenta especial al finalizar los 5 años de horizonte de evaluación del proyecto. El motivo es que estos activos todavía se encuentran funcionando, con capacidad de producir y por lo tanto forman parte del activo del inversionista al término de la evaluación del proyecto.

La Tabla 5.6: “Dimensiones de las maquinarias”, presenta las medidas de largo, ancho y alto de cada equipo, junto con su peso. Estos datos son importantes de considerar para el diseño de los Layouts de la planta en cada año del proyecto.

Dimensiones de las maquinarias					
Máquina	Largo (mm)	Ancho (mm)	Alto (mm)	Superficie (m2)	Peso (kg)
Rompedora de fardos; 500 kg/h; 30 kW	2300	1200	1600	2,76	1300
Cinta transportadora	4000	600	1000	2,4	350
Molino de plástico; 1000 kg/h; 30 kW	1850	1550	2100	2,8675	2000
Separador ciclónico de plásticos y metal; 500 kg/h; 5,5 kW	1200	950	1800	1,14	50
Lavadora de agua a fricción; 500 kg/h; 37 kW	3600	1600	1500	5,76	2500
Secadora de plásticos; 700 kg/h; 11 kW	2500	900	1600	2,25	900
Empaquetadora de pellets; 3000 kg/h; 1,5 kW	3000	1280	2500	3,84	500
Alimentador automático; 500 kg/h; 5 kW	800	600	1500	0,48	300
Computadoras (incluido el mueble donde se coloque)	1000	600	1200	0,6	30
Instrumentos de laboratorio (mueble donde se coloquen)	1500	600	1200	0,9	30
Auto elevador; 3,60 m; 2000 kg	2480	1250	2000	3,1	400
Furgón; capacidad 2 tn; 12 m3	6140	2070	2650	12,7098	4500

**Tabla 5.6: Dimensiones de las maquinarias**

## 5.2. Materia prima e insumos

La materia prima del proyecto es el residuo plástico PET, tal como se encuentra en los basureros y que es generado por los hogares. Se elige inicialmente no reciclar el scrap industrial, ya que al producirse en menores cantidades que el plástico postconsumo, implica mayores esfuerzos logísticos para su recolección, viajando por diferentes industrias.

En ciudades desarrolladas, donde existen programas de separación en el origen, se puede obtener con relativa facilidad el residuo plástico domiciliario al encontrarse éste en bolsas diferentes a los demás residuos. En la Ciudad de Córdoba, son las empresas Cotreco y Lusa las que se encargan de realizar la recolección diferenciada (aunque de momento sólo alcanza un 34% de los barrios de la ciudad), y luego estos residuos se venden a la empresa Crese, quienes los separa por material, los compacta y los comercializa a las recicladoras. Además, se lo puede obtener si se lo compra a diferentes cooperativas, las que a su vez obtienen estos residuos a través de recuperadores o cartoneros de manera informal.

Si bien el PET sólido tiene una densidad de  $1380 \text{ kg/m}^3$ , los residuos de PET (formados principalmente por botellas, bidones y otros envases) tienen una densidad aparente de  $25 \text{ kg/m}^3$ . En general, las empresas o cooperativas que venden estos residuos se encargan primeramente de compactarlo, de manera de disminuir su volumen y facilitar su transporte (tal como hace la empresa Crese). Los residuos compactados de PET tienen una densidad aparente de  $125 \text{ kg/m}^3$  en promedio y se venden enfardados, listos para ser colocados en camiones.

Actualmente, el precio de compra de los residuos de PET post consumo es de \$4500 para la tonelada de PET cristal, \$2900 para la tonelada de PET celeste y \$2750 para la tonelada de PET verde, siendo estos precios **sin IVA**. (ARPET, 2014). Sin embargo, muchas cooperativas venden los residuos en fardos con varios colores de PET mezclados, de modo que la tarea de separarlos recae en el reciclador. En estos casos, suelen vender su producto a un precio más bajo.

Precio por Tn de residuo (sin IVA)	
PET cristal	\$ 4.500
PET celeste	\$ 2.900
PET verde	\$ 2.750

**Tabla 5.7: Precio de materia prima**

En los residuos urbanos los colores de PET que más abundan son el cristal y el verde, por lo tanto, estos son los que más se van a comprar.

A partir de la Tabla 5.4: “Cantidad de maquinarias disponibles” (donde se muestran las cantidades de residuos PET que se debe reciclar en cada año), se puede determinar el costo para obtener la materia prima al precio presentado anteriormente.

El mix productivo se define en 50% de PET cristal y 50% de PET verde, basándose en el criterio de que esta es aproximadamente la proporción en que se encuentran en los residuos post-consumo las botellas color cristal y las verdes.

Compra de residuos PET en los próximos 5 años (tn)					
	2015	2016	2017	2018	2019
Total	987,84	1975,68	3951,36	3951,36	5927,04
PET Cristal	493,92	987,84	1975,68	1975,68	2963,52
PET Verde	493,92	987,84	1975,68	1975,68	2963,52
Costo	\$ 3.580.920	\$ 7.161.840	\$ 14.323.680	\$ 14.323.680	\$ 21.485.520

**Tabla 5.8: Compra de residuos PET en los próximos 5 años (tn)**

### 5.3.Producto

El producto a vender son escamas de RPET cristal y verde, listas para que otras empresas puedan utilizarlo como materia prima.

Si bien los plásticos vírgenes se comercializan en forma de pellets (pequeños cilindros de 2 o 3 mm de alto e igual diámetro) que cuentan con la ventaja de ocupar menos espacio y facilitar su transporte, las empresas recicladoras en general venden su producto en forma de escamas (que son el simple resultado del proceso de molienda de los residuos plásticos). De lo contrario implicaría realizar inversiones mucho más grandes (se necesita una máquina extrusora y una

pelletizadora, que son sumamente costosas), mantener gastos energéticos mayores y requerimientos de mayores controles de calidad.

En la Tabla 5.9 se presentan las densidades del PET en distintos estados. El concepto de densidad aparente se utiliza para acumulaciones de materiales granulares: al haber intersticios de aire entre sus granos, se consideran dichos espacios vacíos de material, por lo que la densidad de la acumulación será menor que la del mismo material en estado sólido (*Shackelford, 2008*).

Densidad del PET sólido	1380 kg/m <sup>3</sup>
Densidad aparente del PET en pellets	850 kg/m <sup>3</sup>
Densidad aparente del PET en escamas	350 kg/m <sup>3</sup>
Densidad del PET en residuos compactados	125 kg/m <sup>3</sup>
Densidad del PET en residuos sin compactar	25 kg/m <sup>3</sup>

**Tabla 5.9: Densidades del PET en distintas presentaciones**

El producto que se vende es RPET en forma de escamas, por lo que su densidad (aparente) es de 350 kg/m<sup>3</sup>. Esto debe ser tenido en cuenta para diseñar el packaging.

Para el empaquetamiento, la mayoría de las empresas utilizan bolsones de rafia (big bags), aunque algunos pequeños productores comercializan su producto en volúmenes más pequeños, vendiéndolos en sacos de arpillera.

A continuación se analizan las 2 formas de packaging, para determinar cuál es la más conveniente.

### 5.3.1. Alternativa 1: Sacos y pallets

En sacos con dimensiones de 50 cm de ancho, 20 cm de largo y 60 cm de altura. Si se analiza un saco lleno, el mismo se asemeja a un cilindro, con sección elíptica de diámetros 50 cm y 20 cm y altura 60 cm. La superficie de una elipse se obtiene de multiplicar los radios entre sí, por el número  $\pi$ . Por lo tanto, el volumen total que tendrán estos sacos es:

Dimensiones de los sacos	
Diám. 1 (d1)	0,50 m
Diam. 2 (d2)	0,20 m
Altura (h)	0,60 m
Volumen (m3)	0,04712389
Peso (kg)	16,49336143

Tabla 5.10: Dimensiones de los sacos

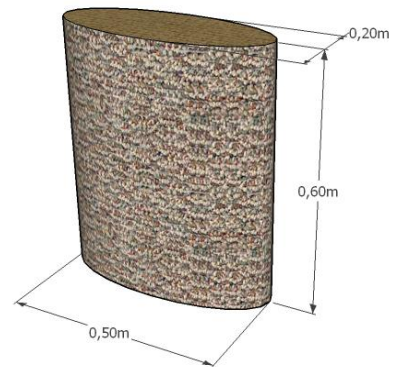


Figura 5.2: Saco

$$volumen = superficie * altura$$

$$volumen = \frac{(\pi * d_1 * d_2)}{4} * h$$

$$volumen = \frac{(3.1416 * 0.50 \text{ m} * 0.20 \text{ m})}{4} * 0.60 \text{ m}$$

$$volumen = 0.04712 \text{ m}^3$$

Dado que la densidad aparente de las escamas de PET es de  $350 \text{ kg/m}^3$ , podemos obtener el peso de cada saco:

$$peso = densidad * volumen$$

$$peso = 350 \text{ kg/m}^3 * 0.04712 \text{ m}^3$$

$$peso = 16.49 \text{ kg}$$

Se debe considerar que para cerrar la bolsa debe dejarse un pequeño espacio sin llenar. Por lo tanto, es conveniente llenarla sólo con 15 kg de material (además este es un número redondo).

Para almacenar los sacos, se pueden utilizar pallets, cuyas dimensiones estandarizadas son de 1 x 1,2 m. Si se ubican 4 sacos sobre el pallet, que alcanzan para cubrir completamente su superficie, luego se colocan otros 4 sacos sobre los mismos, y se repite este proceso hasta haber acomodado 5 capas, se obtiene una disposición final como la de la Figura 5.3. El peso total de cada pallet con todos los sacos encima es:

$$5 \frac{\text{capas}}{\text{pallet}} * 4 \frac{\text{sacos}}{\text{capa}} * 15 \frac{\text{kg}}{\text{saco}} = 300 \frac{\text{kg}}{\text{pallet}}$$



**Figura 5.3: Disposición de sacos en los pallets**

Cabe destacar que este valor es técnicamente factible, pues un pallet común suele tener una capacidad para 800 o 1000 kg. Si bien se podrían colocar más sacos por pallet hasta alcanzar la capacidad total de los mismos, el autor considera que al hacer esto, el pallet perdería estabilidad (pues las pilas de bolsas llegarían a alturas superiores a un metro) y esto es riesgoso, pues se pueden desarmar y romper algunos sacos. Además, el simple hecho de colocar tantos sacos apilados unos sobre otros, puede hacer que los sacos que estén más abajo se rompan y pierdan material.

En la Tabla 5.11: “Precios y capacidades de pallets y sacos”, se presentan precios a los que pueden comprarse tanto los pallets como los sacos. Para los pallets, se consideró la compra de pallets usados, que son más baratos aunque resisten menos carga.

Pallets		Sacos	
Capacidad	300 kg	Capacidad	15 kg
Precio	\$ 35	Precio	\$ 0,33

Tabla 5.11: Precios y capacidades de pallets y sacos

Con estos valores, y recordando la Tabla 5.4: “Cantidad de maquinarias disponibles” (donde se presentan las cantidades a procesar por cada año), se calcula el costo anual de pallets y sacos.

Compra de pallets y sacos					
	2015	2016	2017	2018	2019
Ventas (tn)	938,448	1876,896	3753,792	3753,792	5630,688
Cantidad de sacos	62563,2	125126,4	250252,8	250252,8	375379,2
Cantidad de pallets	3128,16	6256,32	12512,64	12512,64	18768,96
Costo de sacos	\$ 20.645,86	\$ 41.291,71	\$ 82.583,42	\$ 82.583,42	\$ 123.875,14
Costo de pallets	\$ 109.486	\$ 218.971	\$ 437.942	\$ 437.942	\$ 656.914
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 130.131</b>	<b>\$ 260.263</b>	<b>\$ 520.526</b>	<b>\$ 520.526</b>	<b>\$ 780.789</b>

Tabla 5.12: Compra de pallets y sacos

En la Tabla 5.12, para las ventas se considera una pérdida de material del 5%, que deviene de los procesos de separación de impurezas y otros tipos de plásticos, como las tapitas de las botellas (Moro, Miguel Ángel, 2014). Por lo tanto, para el primer año por ejemplo, si bien la capacidad es de 987 toneladas, se pueden vender  $987 \times 0.95 = 938$  toneladas de RPET.

### 5.3.2. Alternativa 2: Bolsones de rafia

El segundo método que se pensó para comercializar el producto terminado es utilizando bolsones de rafia, conocidos como “big bags”. Los big bags tienen generalmente capacidad para 2000 kg, y sus dimensiones más estandarizadas son de 90 cm x 90 cm de sección, por 100 cm de alto. Dado que el bolsón lleno se asemeja a un cubo, multiplicando estos valores se obtiene el volumen, el cual se afecta por la densidad del PET en escamas ( $350 \text{ kg/m}^3$ ) para obtener el peso que albergará cada uno.





**Figura 5.4: Bolsón de rafia**

Dimensiones de bolsones	
Largo (l)	0,90 m
Ancho (a)	0,90 m
Alto (h)	1,00 m
Volumen (m <sup>3</sup> )	0,81
Peso (kg)	283,5

**Tabla 5.13: Dimensiones de los bolsones**

Se considera que los bolsones se llenan sólo hasta alcanzar los 250 kg, para que quede un espacio libre en el extremo superior y evitar que el material se escape durante la manipulación de los bolsones.

Se puede establecer una política de recuperación de los big bags con cada cliente. Es decir, para cada cliente, se establece un número fijo de bolsones según sus requisitos. Cada vez que el cliente solicite un nuevo envío de producto, se le puede pedir que devuelva el big bag usados anteriormente. De este modo, se puede ahorrar mucho dinero en compra de bolsones para cada lote de producción.

Una manera de determinar la cantidad de big bags que se tendrá en circulación, es primero considerar cuantos bolsones hacen falta para la cantidad de producto terminado que se guarde en stock. El autor considera que con 5 días de stock de producto terminado se puede generar un almacén de precaución. Por lo tanto, para cada año del proyecto, se considerará el stock de producto terminado, cuantos bolsones de 250 kg se necesita para mantenerlo, y a esta cifra se la multiplicará por 10 como factor de seguridad. Además, se incluye también en este factor de seguridad los bolsones que probablemente habrá que recomprar (pues pueden ir rompiéndose con su uso en el tiempo).

El precio al que se pueden comprar estos bolsones es de \$35 cada uno, por lo tanto, recordando nuevamente la Tabla 5.4: “Cantidad de maquinarias disponibles” (con 5% de pérdida de material procesado), y sabiendo que cada bolsón contendrá 250 kg, se puede determinar el costo de comprar los bolsones. Este se muestra en la Tabla 5.14: “Compra de bolsones de rafia”.

Compra de bolsones					
	2015	2016	2017	2018	2019
Producción diaria (kg)	3920	7840	15680	15680	23520
Almacén (kg)	19600	39200	78400	78400	117600
Cantidad de bolsones	784	1568	3136	3136	4704
<b>Costo de bolsones</b>	<b>\$ 27.440</b>	<b>\$ 54.880</b>	<b>\$ 109.760</b>	<b>\$ 109.760</b>	<b>\$ 164.640</b>

**Tabla 5.14: Compra de bolsones de rafia**

Comparando los costos de ambas opciones, vemos que la compra de bolsones es mucho más barata que los sacos con pallets. Por lo tanto, se opta por la compra de big bags, que además cuenta con las siguientes ventajas:

- Al llenar bolsones de 250 kg cada uno, implica que el operario que se encargue de su almacenamiento sólo tiene que realizar un movimiento o traslado cada un largo tiempo (cada 30 minutos en los primeros 2 años, cuando la capacidad es de 500 kg/h). Esto implica que el operario puede estar más libre y realizar otras tareas mientras espera a que se llene el bolsón.
- El operario no tiene necesidad de trabajar fuera del auto elevador, pues le alcanza con simplemente enganchar las palas del mismo en las manijas superiores del bolsón para trasladarlo. En cambio, si se utilizan los sacos de 15 kg, el operario tiene que realizar esfuerzos repetitivos, que posiblemente causen lesiones a largo plazo.
- Si se sutiliza la alternativa de los sacos de 15 kg, al apilarlos sobre los pallets, se deben envolver con cintas para darle estabilidad. El costo de estas cintas no está contemplado en el estudio, pero ciertamente encarecerían bastante los packagings.

#### 5.4. Consumo de energía y agua

Otro análisis que debe hacerse con las maquinarias es el análisis de consumo energético. Tomando las tarifas aplicadas por la empresa proveedora de energía en nuestro país, y

conociendo la potencia eléctrica consumida por cada máquina, se puede determinar el gasto que se realizará cada año para mantener la producción activa.

En nuestra provincia, la principal proveedora de energía eléctrica es la empresa EPEC (Empresa Provincial de Energía de Córdoba). La Tabla 5.15: “Tarifa de consumo eléctrico de EPEC”, muestra las tarifas de EPEC (libres de IVA) aplicadas a grandes consumos, tanto por kW de potencia demandada (un gasto mensual que se toma en función de la potencia máxima demandada) como por kWh de energía consumida (*EPEC, Tarifa N° 3, 2014*). La definición de los horarios surge de las “Condiciones adicionales del suministro eléctrico” (*EPEC, 2014*).

Tarifa de consumo eléctrico de EPEC						
	Demanda < 300 kW			Demanda > 300 kW		
Potencia demandada	Horario de punta (18 a 23 hs)	Horario fuera de punta (23 a 18 hs)		Horario de punta (18 a 23 hs)	Horario fuera de punta (23 a 18 hs)	
Por cada kW (costo mensual)	\$ 45,4008	\$ 34,3178		\$ 45,4008	\$ 34,3178	
Energía Consumida	Horario de pico (18 a 23 hs)	Horario de valle (23 a 05 hs)	Horario de horas restante (de 05 a 18 hs)	Horario de pico (18 a 23 hs)	Horario de valle (23 a 05 hs)	Horario de horas restante (de 05 a 18 hs)
Por cada kWh (con subsidio)	\$ 0,12398	\$ 0,08759	\$ 0,10077	\$ 0,15782	\$ 0,12143	\$ 0,13461

**Tabla 5.15: Tarifa de consumo eléctrico de EPEC**

La factura que se paga a la empresa EPEC es tanto por potencia demandada como por energía consumida. El primer concepto se refiere a la potencia o “cantidad de energía demandada por segundo”, y está dado por la suma individual de las potencias de cada una de las máquinas que estén encendidas simultáneamente (se mide en kW). El segundo concepto, resulta de mantener aplicada una potencia a lo largo de un tiempo determinado, y precisamente mide cuanta energía se consumió a lo largo de dicho tiempo (la unidad de medición es el kWh).

Lo primero que se debe determinar es cuanto es la demanda total de potencia de la planta. Para ello, se considera que todas las máquinas se encuentran funcionando al mismo tiempo, por lo que deben sumarse sus demandas independientes. Recordar que desde 2017 se posee más de una máquina de cada tipo, así que si ambas trabajan en paralelo, sus potencias también deben

sumarse. Las demandas se muestran en la Tabla 5.16: “Demanda de potencia”. La conclusión de esta tabla, es que desde 2015 a 2018, la potencia demandada es menor a 300 kW y por ende se aplican las tarifas correspondientes de la Tabla 5.15; sólo en el año 2019 la potencia llega a valer más de 300 kW, por lo que se aplican las tarifas más caras de la Tabla 5.15.

Demanda de potencia (kW)						
Máquina	kW Unitario	2015	2016	2017	2018	2019
Rompedora de fardos	30	30	30	60	60	90
Cinta transportadora	2	4	4	6	6	8
Molino de plástico	30	30	30	30	30	60
Separador ciclónico de plásticos y metal	5,5	5,5	5,5	11	11	16,5
Lavadora de plásticos	37	37	37	74	74	111
Secadora de plásticos	11	11	11	22	22	33
Empaquetadora de pellets	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Alimentador automático	5	20	20	40	40	60
Computadoras	0,5	1	1	1,5	1,5	1,5
<b>Total</b>		<b>140</b>	<b>140</b>	<b>246</b>	<b>246</b>	<b>381,5</b>

Tabla 5.16: Demanda de potencia

Lo siguiente a considerar es la cantidad de horas que cada máquina permanecerá encendida. Este valor, al multiplicarse por su potencia, dará la energía consumida por cada maquinaria.

En este apartado cabe hacer una aclaración: para producir con las maquinarias, teniendo en cuenta que cada una tiene diferente capacidad (kg/h), se podría elegir entre 2 caminos:

- Hacer que todas las máquinas funcionen al ritmo de la más lenta, es decir, al ritmo del cuello de botella. Esto implica que todas las máquinas permanecerán encendidas el 100% del tiempo. A esta modalidad se la conoce como “DBR” (Drum, Buffer, Rope; en español, Tambor, Colchón, Cuerda).
- Hacer que aquellas máquinas que posean una capacidad mayor a la siguiente, terminen antes su producción y por lo tanto permanezcan apagadas el resto del tiempo. Esto tiene la ventaja de que disminuiría el consumo energético, pero crearía grandes cantidades innecesarias de stock de producto en proceso.

Siguiendo la Teoría de las Limitaciones (Theory of Constraints, TOC) y su consecuente Tecnología de Producción Optimizada (Optimized Production Technology, OPT), se ha tomado la primera modalidad, primero porque disminuye el stock de producto en proceso, y segundo porque producir con todas las máquinas a la misma capacidad que el cuello de botella permite que toda la planta funcione a un mismo ritmo, sin que ninguna pueda adelantarse. No tiene ninguna utilidad que las demás máquinas funcionen a una velocidad superior, pues sólo son los recursos cuello de botella los que definen la facturación que en última instancia tendrá la empresa.

Precisamente, como explica el libro “Dirección de Operaciones - Aspectos tácticos y operativos en la producción y los servicios” (*Machuca J., 1995*), un sistema de producción que tiene en cuenta las limitaciones impuestas por los cuellos de botellas y que incorpora todas las reglas de la OPT es el DBR (Drum, Buffer, Rope; en español, Tambor, Colchón, Cuerda):

**Tambor (Drum):** es la máquina que marca el ritmo de producción, es decir, el cuello de botella. La máquina (o las máquinas) que tenga la menor capacidad productiva será la que dicte a velocidad a la cual se debe producir.

**Colchón (Buffer):** el colchón o buffer de tiempo representa la holgura que posee el sistema productivo para sobreponerse a diversas demoras. Por ejemplo, si una máquina cuello de botella (o una máquina que se encuentre antes que ella en el proceso) sufre una avería y deja de producir por una hora, será tiempo que pierde todo el sistema en su conjunto, pues la capacidad no utilizada del cuello de botella no se puede recuperar.

Por lo tanto, sabiendo que estos acontecimientos ocurren de manera aleatoria y no se pueden predecir, se toma un colchón de tiempo (o de producto en proceso), que permite que si el cuello de botella deja de producir, no se comprometa la entrega de algún pedido de producto. Para ello, deben considerarse las capacidades productivas de los recursos no cuello de botellas y realizar un cálculo con bases estadísticas.

**Cuerda (Rope):** la cuerda es el elemento (o sistema) que hace imposible que los recursos o máquinas más rápidas funcionen a una velocidad superior a la del cuello de botella. En este caso, la cuerda es representada por el flujo de entrada de material al sistema. Si el flujo entrante de materia prima es igual a la capacidad productiva de la máquina cuello de botella, se vuelve imposible para cualquier otra máquina terminar su producción antes que esta. De este modo, se obliga a que todos los recursos se utilicen a la misma capacidad.

Retomando, se presenta en la Tabla 5.17: “Estimación de horas de uso de maquinarias” la cantidad de horas de uso que se le dará a cada máquina (o mejor dicho, a cada proceso, ya que en los últimos años se tendrán más de una unidad de algunas máquinas), considerando que se utilicen bajo el sistema de producción DBR.

Estimación de horas de uso de maquinarias					
Máquina	2015 (horas)	2016 (horas)	2017 (horas)	2018 (horas)	2019 (horas)
Rompedora de fardos	2.016	4.032	8.064	8.064	12.096
Cinta transportadora	4.032	8.064	12.096	12.096	16.128
Molino de plástico	2.016	4.032	4.032	4.032	8.064
Separador ciclónico de plásticos y metal	2.016	4.032	8.064	8.064	12.096
Lavadora de plásticos	2.016	4.032	8.064	8.064	12.096
Secadora de plásticos	2.016	4.032	8.064	8.064	12.096
Empaquetadora de pellets	2.016	4.032	4.032	4.032	4.032
Alimentador automático	8.064	16.128	32.256	32.256	48.384
Computadoras	4.032	8.064	12.096	12.096	12.096

Tabla 5.17: Estimación de horas de uso de maquinarias

Con los usos de cada máquina ya determinados, basta con multiplicar cada uno por su respectiva potencia para obtener el consumo energético de cada una, y sumándolos, se obtiene el consumo total. A este consumo se le aplica su tarifa correspondiente según corresponda a una potencia demandada menor o mayor a 300 kW (ver Tabla 5.16), y se obtiene el costo total a pagar por energía eléctrica. Para la realización de estos cálculos, conviene recordar que los turnos de trabajo planeados son de 6 a 14 hs y de 14 a 22 hs; y que en el primer año se trabaja a un solo

turno de producción. El costo por kW demandado se obtiene multiplicando los valores de la Tabla 5.16 por su respectiva tarifa.

Para cargar estos valores al flujo de fondo, se decidió tomar la porción de energía que consumen las computadoras y diferenciarla como “costo indirecto”, mientras que a la energía consumida por el resto de las maquinarias se la toma como “costo directo”.

Estimación de Uso de Energía (Consumo Anual en kWh)						
Máquina	Potencia (kW)	2015 (kWh)	2016 (kWh)	2017 (kWh)	2018 (kWh)	2019 (kWh)
Rompedora de fardos	30	60.480	120.960	241.920	241.920	362.880
Cinta transportadora	2	8.064	16.128	24.192	24.192	32.256
Molino de plástico	30	60.480	120.960	120.960	120.960	241.920
Separador ciclónico de plásticos y metal	5,5	11.088	22.176	44.352	44.352	66.528
Lavadora de plásticos	37	74.592	149.184	298.368	298.368	447.552
Secadora de plásticos	11	22.176	44.352	88.704	88.704	133.056
Empaquetadora de pellets	1,5	3.024	6.048	6.048	6.048	6.048
Alimentador automático	5	40.320	80.640	161.280	161.280	241.920
Computadoras	0,5	2.016	4.032	6.048	6.048	6.048
<b>CONSUMO ANUAL DE ENERGÍA (KWh)</b>		<b>282.240</b>	<b>564.480</b>	<b>991.872</b>	<b>991.872</b>	<b>1.538.208</b>
Costo por kW demandados		\$ 57.654	\$ 62.309	\$ 109.485	\$ 109.485	\$ 169.791
Costo por kWh consumidos		\$ 28.441	\$ 60.158	\$ 105.706	\$ 105.706	\$ 215.984
<b>Total</b>		<b>\$ 86.095</b>	<b>\$ 122.467</b>	<b>\$ 215.192</b>	<b>\$ 215.192</b>	<b>\$ 385.775</b>
Subtotal a costo productivo		\$ 67.031	\$ 95.349	\$ 161.394	\$ 161.394	\$ 293.250
Subtotal a costo indirecto		\$ 615	\$ 875	\$ 1.312	\$ 1.312	\$ 1.517

Tabla 5.18: Estimación de uso de energía

La única máquina que consume agua es la lavadora de plásticos a fricción. Si bien tiene una entrada de agua detallada en sus especificaciones, no se puede tomar este valor para determinar el costo mensual en concepto de gasto de agua. Esto se debe a que el agua, una vez que ingresa a la lavadora, recircula dentro de la misma durante varios ciclos hasta que eventualmente es desechada y cambiada por agua limpia.

Para determinar el consumo de agua el autor se basa en que, en promedio, una planta recicladora de PET consume unos 47.3 galones de agua por cada 1000 libras de material procesado (*Plastics Division of the American Chemistry Council, 2010*); consumo que, como se dijo antes, se produce exclusivamente en el proceso de lavado de los residuos post-consumo. Por lo tanto, el consumo de agua expresado en metros cúbicos por tonelada es:

$$\frac{47.3 \text{ galón}}{1000 \text{ libras}} = \frac{47.3 * 3.785 \text{ litros}}{1000 * 0.4536 \text{ kg}} = 0.3947 \frac{\text{litro}}{\text{kg}} = 394.7 \frac{\text{litro}}{\text{tn}} = 0.3947 \frac{\text{m}^3}{\text{tn}}$$

Es decir, que según este informe, una planta promedio de reciclado de PET consume aproximadamente 0.3947 m<sup>3</sup> de agua por cada tonelada de material procesado. Multiplicando este valor por la producción estimada de los próximos 5 años, se determinan los consumos de agua.

Consumo de agua					
Tasa de consumo promedio:					0,3947 m3/tn
	2015	2016	2017	2018	2019
Producción (tn)	988 tn	1976 tn	3951 tn	3951 tn	5927 tn
Anual (m3)	390 m3	780 m3	1560 m3	1560 m3	2339 m3
Mensual (m3)	32 m3	65 m3	130 m3	130 m3	195 m3

**Tabla 5.19: Consumo de agua**

En la Ciudad de Córdoba, el agua de compra se la empresa Aguas Cordobesas. Según su tarifa, el costo que se debe pagar por mes se determina de la siguiente manera:

$$\text{Monto a pagar} = (\text{Costo fijo} + \text{Consumo} * \text{Costo variable unitario}) * \text{Tasa}$$

Para empresas que consumen agua como parte de su proceso productivo, el costo fijo es de \$45 y el costo variable unitario es de \$2,5196 por metro cúbico consumido (sin IVA). La tasa es un coeficiente zonal, que para el caso de una Malvinas Argentinas será de 5,4229. La Tabla 5.20: “Costo del consumo de agua” muestra los costos del agua a utilizar en cada año del proyecto.



Consumo de agua					
Tasa de consumo promedio:			0,3947 m3/tn		
	2015	2016	2017	2018	2019
Producción (tn)	988 tn	1976 tn	3951 tn	3951 tn	5927 tn
Anual (m3)	390 m3	780 m3	1560 m3	1560 m3	2339 m3
Mensual (m3)	32 m3	65 m3	130 m3	130 m3	195 m3
Mensual (\$)	\$ 688	\$ 1.132	\$ 2.020	\$ 2.020	\$ 2.908
Anual (\$)	\$ 8.256	\$ 13.583	\$ 24.238	\$ 24.238	\$ 34.893

Tabla 5.20: Costo del consumo de agua

Otro aspecto a considerar respecto a las maquinarias, es que se deben realizar gastos e inversiones en mantenimiento, para prevenir (o solventar en lo posible) posibles paradas de planta. Ya se dijo anteriormente que en el caso de los recursos cuellos de botella es importante llevar un correcto mantenimiento, pues si estos se averían y dejan de producir, todo el sistema en conjunto perderá su capacidad productiva. Por ello, es necesario contar con repuestos suficientes para todas estas máquinas, con el fin de responder ante cualquier emergencia, y de ser posible, adelantarse a ellas.

Para el primer año, se considera la compra de herramientas necesarias para las tareas de mantenimiento, como llaves, destornilladores, tornillos, lijas, sierras etc. Sin entrar en detalle, se considera que el costo de todos los equipos iniciales sea de \$20.000.

En los siguientes años, se considera un gasto en mantenimiento igual al 10% del valor de compra de las máquinas que a ese momento se posean, en concepto de compra de repuestos.

Gastos en mantenimiento (compra de repuestos y herramientas)					
2014	2015	2016	2017	2018	2019
\$ 20.000	\$ 143.700	\$ 143.700	\$ 232.200	\$ 232.200	\$ 346.200

Tabla 5.21: Gastos en mantenimiento

## 5.5.Mano de obra

A continuación se presentarán y describirán todos los puestos que deberán cubrirse para que la empresa pueda desarrollar normalmente sus actividades:

**Operarios separadores:** se ubicarán a ambos lados de las cintas transportadoras de clasificación y su función será separar de las botellas las tapitas de PEAD y otros elementos como piedras o piezas metálicas que pueden estar mezcladas. Para determinar la cantidad de operarios se realizó el siguiente cálculo, basado en la capacidad productiva inicial de 500 kg/h (para los siguientes años, basta con agregar más operarios, proporcionalmente a los aumentos de capacidad productiva).

Operarios separadores de tapas: con una capacidad de 500 kg/h se tiene:

$$Capacidad = 500 \frac{kg}{h} = \frac{500000 g}{3600 s} = 138.89 \frac{g}{s}$$

Por lo tanto, si por cada segundo pasan 138.89 gramos de botellas por la cinta transportadora, en un lapso de 10 segundos pasarán 1388.9 gramos. Una botella de PET de medio litro (con tapa incluida) pesa alrededor de 25 gramos, mientras que una botella de litro y medio (con tapa incluida) pesa alrededor de 55 gramos. En los residuos urbanos se pueden encontrar los distintos tamaños de botellas en proporciones iguales, por lo tanto, para simplificar, tomaremos un peso promedio de 40 gramos por botella. Esto quiere decir que en un lapso de 10 segundos, pasarán por la cinta transportadora un total de 34.7 botellas.

$$\frac{1388.9 \frac{gramos}{10 segundos}}{40 \frac{gramos}{botella}} = 34.7 \frac{botellas}{10 segundos}$$

Dado que las tapas de PEAD pesan aproximadamente 2.5 gramos, tendremos que el 6.25% del peso de una botella lo representa su tapa de material PEAD. Sin embargo, no todas las

botellas que se recolectan de la basura tienen su tapa puesta (muchas veces, una persona común tira a la basura la botella sin la tapa). Se sabe que, en un fardo de botellas comprimidas, el 3% del peso total corresponde al PEAD de las tapas (Moro, Miguel Ángel, 2014). Con este dato, podremos estimar la cantidad de botellas que llegarán con sus tapas puestas.

Si todas las botellas llegan con sus tapas puestas, el 6.25% del peso de un fardo debiera corresponder al PEAD, y en las 34.7 botellas que se mencionan antes que pasan cada 10 segundos, todas tendrían sus tapas. Sin embargo, siendo que sólo el 3% del peso de un fardo corresponde a PEAD, en 10 segundos, la cantidad de botellas que pasan con sus tapas puestas son:

$$\frac{3\% * 34.7 \text{ botellas}}{6.25 \%} = 16.6 \text{ botellas}$$

Es decir, en un lapso de 10 segundos, pasan 16.6 botellas con sus tapitas. Si se considera que en 10 segundos un operario puede quitar 4 tapas de botellas (resultado al que llegó el autor luego de varias experimentaciones), se obtiene que 4 operarios sean suficientes para quitar todas las tapas. Sin embargo, se contrataría un quinto operario que cumpla con las siguientes funciones:

- Suplantar a cualquier operario que necesite un descanso o ir al baño. Además, si trabaja junto con los demás operarios, se trabajará un 25% más rápido (serán 5 en lugar de 4 operarios), lo cual permitirá que se puedan tomar descansos para almorzar o sin afectar la producción el día.
- Remover barros en el fondo de la cisterna de la lavadora

Operarios separadores de piedras, metales y otros elementos: Según Miguel Ángel Moro, Presidente de la Asociación Civil sin fines de lucro ECO Raíces (Tucumán), en un fardo de botellas comprimidas, el 2% del peso total corresponde a los elementos extraños. El porcentaje equivale a dos tercios del porcentaje de PEAD. Sin embargo, estos elementos son más fáciles de separar que las tapas (que exigen girar las roscas para poder quitarlas), por lo que el autor estima

que con sólo 2 operarios encargados de esta tarea será suficiente. Una vez al día, el quinto operario de los separadores de tapas ayudará a deshacerse de los recipientes con estos materiales.

**Operarios de auto elevador:** Se encargarán de 2 tareas: por un lado, recibir los fardos de materia prima y cargarlos en la primera máquina del proceso (la rompedora de fardos); por el otro, transportarán los bolsones de producto terminado hasta la zona de almacenamiento y los cargarán en los camiones de los clientes.

Inicialmente, la capacidad de la planta es de 500 kg/h. Si los bolsones de producto terminado se cargan hasta los 250 kg, significa que la operación de trasladarlos hasta la zona de almacenamiento sucede sólo una vez cada 30 minutos. Similarmente, si cada camión que ingresa a la planta con materia prima trae un fardo de 1000 kg, entonces la operación de descarga del camión y carga a la rompedora de fardos ocurre cada una hora. Como ambas tareas ocurren muy aisladas en el tiempo, se decide que un mismo operario realice todas las tareas con un solo auto elevador.

Para el segundo año, la capacidad se mantiene en 500 kg/h, sólo que ahora se trabaja con un turno a la tarde. Por lo tanto, para trasladar los bolsones de producto terminado en el segundo turno de producción, se utiliza un segundo operario.

Para el tercer y cuarto año, la capacidad se duplica a 1000 kg/h. El autor considera que las tareas ya no son factibles de realizar por un mismo operario (ahora los bolsones se llenan cada 15 minutos). Será necesario trabajar con 4 operarios, dos por la mañana y dos por la tarde.

En el quinto año, dado que la capacidad aumenta a 1500 kg/h, los bolsones de producto terminado se llenan cada 10 minutos, y los camiones con materia prima comienzan a llegar con más frecuencia. Además, la materia prima se debe cargar a 3 rompedoras de fardos. Sin embargo, se considera que con los 4 operarios definidos anteriormente será suficiente todavía para trabajar.

**Camionero:** para determinar la cantidad de camioneros necesarios, se realizan las siguientes consideraciones:

1. Si bien el furgón tiene una capacidad de 2 toneladas, por el tamaño que ocupa un fardo de 1000 kg de botellas comprimidas (un cubo de 2 metros de lado, 8 m<sup>3</sup>) sólo puede transportar un fardo.
2. El tiempo de viaje desde Malvinas Argentinas hasta el Centro Verde de Crese es de aproximadamente 20 minutos. Sumando la ida y vuelta, y los tiempos de carga y descarga de los fardos de materia prima, se tomará que cada viaje tiene una duración total de 1 hora.

Con estas consideraciones, el número de viajes que deben realizarse por día se obtiene dividiendo la cantidad de material a procesar diariamente por la cantidad de material que se puede traer por viaje (1000 kg).

Según lo explicado en la Tabla 5.4: “Cantidad de maquinarias disponibles”, las cantidades a producir por día son: 4000 kg en 2015, 8000 kg en 2016, 16000 kg en 2017 y 2018, y 24000 kg en 2019. Entonces, se determina la cantidad de viajes al día a realizar por cada camión como en la Tabla 4.22.

Año	Viajes al día
2015	4
2016	8
2017	16
2018	16
2019	24

**Tabla 5.22: Cantidad de viajes por día que realizan los camiones**

Como cada viaje dura una hora, durante los 2 primeros años es suficiente con tener un solo camionero que trabaje 8 horas al día. En el tercer y cuarto año, se debe trabajar con 2 camioneros, que utilicen el mismo camión, pero uno en el turno mañana y otro en el turno tarde. Para el quinto año, se agrega un segundo camión y un nuevo camionero, para que trabaje también en el turno de la mañana.

**Técnicos maquinistas:** los técnicos trabajan en un taller, donde disponen de todas las herramientas que necesitan para realizar reparaciones. Este taller también dispone de los repuestos necesarios para las máquinas.

Se debe incorporar un primer técnico maquinista en el primer año, que se encargue de todas las actividades de mantenimiento, tanto preventivo como correctivo. A partir del 2do año, se incorpora un segundo maquinista, para que ocupe el turno de la tarde.

En el 3er y 4to año, se piensa trabajar con 2 técnicos por turno (4 en total), ya que la cantidad de maquinarias ha sido casi duplicada, y se requiere un mayor esfuerzo de mantenimiento.

En el 5to año se incorpora un quinto maquinista que trabaje durante el turno de la mañana y que se dedique exclusivamente al mantenimiento predictivo. Esto se debe a que para este momento, la cantidad de maquinarias en la planta se ha casi triplicado respecto al primer año, y por lo tanto es recomendable prestar más atención al mantenimiento de las mismas, para evitar posibles fallas.

**Jefes de producción:** cuenta con una computadora en la oficina de administración y trabaja con el gerente. Durante el primer año hay un solo jefe de producción, pero desde el segundo año en adelante, se considera contar con un segundo jefe, que realice las mismas tareas pero durante el turno tarde. Las tareas que debe realizar son, detalladamente:

- controlar las cantidades producidas en cada día
- controlar el trabajo de los operarios de separación
- verificar que no haya problemas en las máquinas o comunicarle las fallas a los técnicos mecánicos
- encargarse de las pruebas de control de calidad
- ayudar a los operarios que manejen los autos elevadores siempre que sea necesario
- durante el 1er y 2do año, se encargará de las tareas de mantenimiento predictivo

**Jefe de mantenimiento:** este cargo aparece en el 3er año, luego de haber duplicado la capacidad de la planta y la cantidad de maquinarias. Cuenta con una computadora en el taller de

mantenimiento y está en contacto directo con los técnicos. Desde este modo, puede realizar planes de mantenimiento predictivo, los cuales comunicará tanto al gerente, como a los técnicos maquinistas. Las tareas que realiza son, detalladamente:

- controlar la cantidad de repuestos en almacén
- hacer estadísticas sobre fallos de máquinas, para lograr un mantenimiento predictivo
- servir de nexo entre los técnicos y la gerencia
- armar presupuestos para la compra de repuestos

**Gerente:** realiza todos los contactos necesarios con las empresas proveedoras, tanto de materia prima como de maquinarias y repuestos, y se encarga también de contactar a los clientes. También se encarga de los recursos humanos, hacer entrevistas y contrataciones. Tiene una comunicación fluida con los jefes de producción y mantenimiento y toma decisiones respecto al futuro de la empresa. Dispone de computadora propia en la oficina de administración.

En la Tabla 5.23: “Balance de personal”, se muestra año a año la cantidad total de empleados y su respectivo sueldo. Estos sueldos llevan cargados un 23% extra en concepto de cargas sociales, las cuales se componen de la siguiente manera:

- Un 10,17% en concepto de jubilación
- 1,5% con destino al Instituto Nacional de Servicios Sociales para Jubilados y Pensionados (INSSJP)
- 0,89% al fondo de empleo
- 0,5% para la Administración Nacional del Seguro de Salud (ANSSAL)
- 4,44% en concepto de asignaciones familiares, y
- 6% para cubrir obra social.

Este porcentaje se calcula sobre el sueldo bruto de cada empleado (que no se muestra en la Tabla 5.23). El sueldo neto, es decir aquel que le queda en mano al empleado luego de los

descuentos de ley (11% de jubilación, 3% INSSJP y 3% de obra social; tampoco se muestra en la Tabla 5.23) es un 83% del sueldo bruto. (*Augmenta Consulting, 2013*).

		Balance de personal					
		2014	2015	2016	2017	2018	2019
Operarios separadores	Cantidad	0	7	14	28	28	42
	Sueldo mensual	\$ 10.400	\$ 10.400	\$ 10.400	\$ 10.400	\$ 10.400	\$ 10.400
Operarios de auto elevador	Cantidad		1	2	4	4	4
	Sueldo mensual	\$ 10.400	\$ 10.400	\$ 10.400	\$ 10.400	\$ 10.400	\$ 10.400
Camioneros	Cantidad	0	1	1	2	2	3
	Sueldo mensual	\$ 11.700	\$ 11.700	\$ 11.700	\$ 11.700	\$ 11.700	\$ 11.700
Técnicos maquinistas	Cantidad	0	1	2	4	4	5
	Sueldo mensual	\$ 13.000	\$ 13.000	\$ 13.000	\$ 13.000	\$ 13.000	\$ 13.000
Jefes de producción	Cantidad	0	1	2	2	2	2
	Sueldo mensual	\$ 19.500	\$ 19.500	\$ 19.500	\$ 19.500	\$ 19.500	\$ 19.500
Jefe de mantenimiento	Cantidad	0	0	0	1	1	1
	Sueldo mensual	\$ 19.500	\$ 19.500	\$ 19.500	\$ 19.500	\$ 19.500	\$ 19.500
Gerente	Cantidad	0	1	1	1	1	1
	Sueldo mensual	\$ 26.000	\$ 26.000	\$ 26.000	\$ 26.000	\$ 26.000	\$ 26.000
<b>Subtotal MO de transformación (\$/mes)</b>		\$ -	\$ 107.900	\$ 204.100	\$ 408.200	\$ 408.200	\$ 578.500
<b>Subtotal MO de administración (\$/mes)</b>		\$ -	\$ 45.500	\$ 65.000	\$ 84.500	\$ 84.500	\$ 84.500
<b>Subtotal MO de transformación (\$/año)</b>		\$ -	\$ 1.294.800	\$ 2.449.200	\$ 4.898.400	\$ 4.898.400	\$ 6.942.000
<b>Subtotal MO de administración (\$/año)</b>		\$ -	\$ 546.000	\$ 780.000	\$ 1.014.000	\$ 1.014.000	\$ 1.014.000
<b>Total MO (\$/año)</b>		\$ -	\$ 1.840.800	\$ 3.229.200	\$ 5.912.400	\$ 5.912.400	\$ 7.956.000

Tabla 5.23: Balance de personal

Con el fin de cargar el costo de mano de obra al flujo de fondos, se considera como MO de transformación a los operarios (tanto separadores como de auto elevador), a los camioneros y a los técnicos maquinistas. La MO de administración la conforman los jefes de producción, de mantenimiento y el gerente.

En el Anexo II se presenta un organigrama tentativo, considerando los puestos mencionados en la Tabla 5.23: “Balance de personal”.



## 5.6. Dimensiones de fábrica

Para la determinación del tamaño de planta, se realizó un layout (distribución en planta), teniendo en cuenta todos los lugares necesarios para almacenar los fardos de materia prima, los bolsones de producto terminado, la oficina de administración, el taller de mantenimiento, un garaje para guardar los furgones y una zona de carga y descarga de material. Debido al tamaño que ocupan, estos layouts se encuentran en los Anexos III, IV y V. En los layouts se marcan con un trazo cortado de color rojo, el flujo de material dentro de la planta.

A modo de resumen, durante el primer y segundo año se necesitará un espacio de aproximadamente 800 m<sup>2</sup> para la realización de las actividades. A partir del tercer año, dado que comienza la compra de nuevas maquinarias, se planea trasladarse a una nueva planta de mayor tamaño. Se optó por un tamaño de planta de 2000 m<sup>2</sup>, que si bien son muy espaciosos en primera instancia (principalmente en el almacén de stock), permiten lugar a la futura expansión que se realizará en el 5to al comprar más maquinarias.

El traslado de una planta a otra entre el segundo y el tercer año implica un costo y esfuerzo logístico, pues hay que transportar todas las maquinarias y volver a instalarlas y realizar pruebas de funcionamiento.

En la Tabla 5.24: “Tamaño de planta en los próximos 5 años y costo de alquiler” se presentan tabulados los costos de alquiler para un galpón del tamaño deseado en el Parque Industrial de Malvinas Argentinas:

Tamaño de planta en los próximos 5 años (m <sup>2</sup> ) y costo de alquiler					
	2015	2016	2017	2018	2019
Superficie	800	800	2000	2000	2000
Mensual	\$ 14.000	\$ 14.000	\$ 40.000	\$ 40.000	\$ 40.000
Anual	\$ 168.000	\$ 168.000	\$ 480.000	\$ 480.000	\$ 480.000

Tabla 5.24: Tamaño de planta en los próximos 5 años y costo de alquiler

## 5.7.Localización

El lugar previamente definido para la instalación de esta planta es la Ciudad de Malvinas Argentinas. Esto se debe a un acuerdo existente entre el actual intendente de dicha localidad y el gerente interesado en invertir en este proyecto.

La Ciudad de Malvinas Argentinas se encuentra a 14 km al este del centro de la Ciudad de Córdoba y permite un rápido acceso a la Av. Circunvalación a través de la Av. Las Malvinas. También permite viajar por la Av. Ricardo Balbín, la cual es rápida y se acerca hasta 15 cuadras al Centro Verde de Crese, significando que se ubica en el punto (fuera de Av. Circunvalación) que más rápido acceso permite al Centro Verde de Crese.

Dado que el proyecto exige realizar viajes y transportes tanto al centro de la Ciudad de Córdoba (para recolectar materia prima en Crese) como a la zona sur de la Av. Circunvalación (para retirar residuos de otros recolectores), el autor considera que la ubicación es adecuada. De cualquier modo, no hay que olvidar que el objeto de este estudio es verificar si es factible o no iniciar la planta de reciclado de botellas de PET en Malvinas Argentinas, por el convenio existente con el intendente de dicha Ciudad, que planea generar mano de obra para sus habitantes y comprar residuos de manera informal a recolectores locales.

En la Figura 5.5: “Ubicación del parque industrial de Malvinas Argentinas y del Centro Verde de Crese” se presentan marcados en un plano de la Ciudad de Córdoba la ubicación del Parque Industrial Malvinas Argentinas y la ubicación del Centro Verde de Crese, presentando también el camino más corto que los une, viajando por la Av. Ricardo Balbín (marcado en azul).

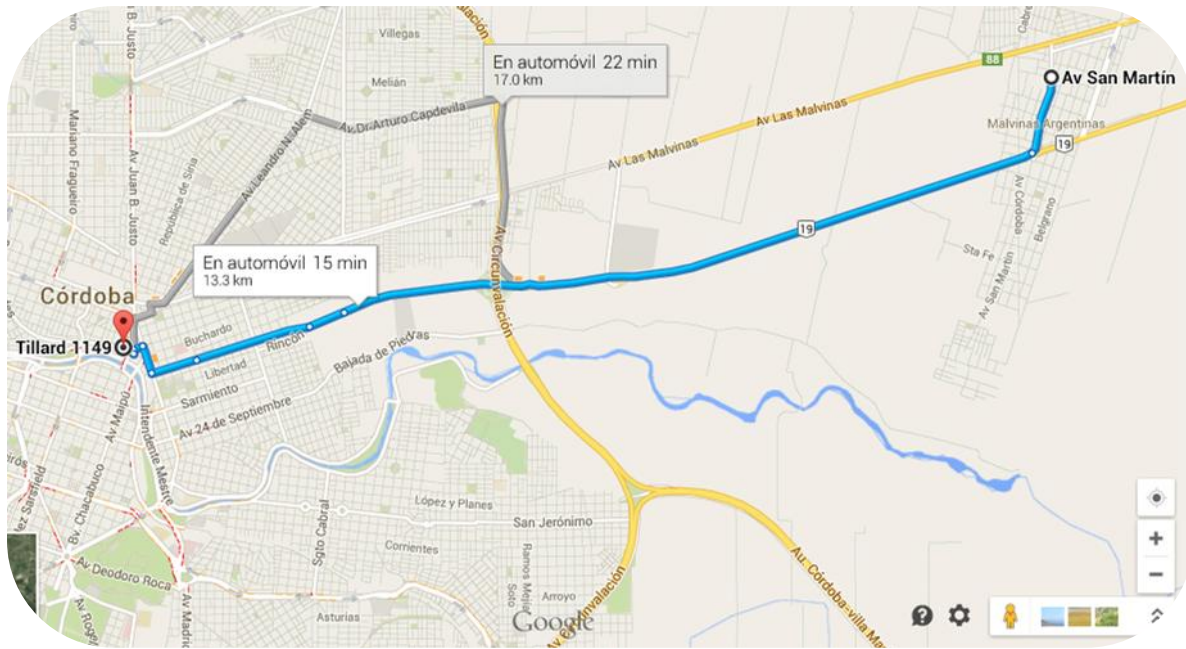


Figura 5.5: Ubicación del parque industrial de Malvinas Argentinas y del Centro Verde de Cresce

## 5.8. Logística

Se determinará a continuación el costo anual en concepto de transporte. Se parte de que el precio del diesel la Ciudad de Córdoba, a agosto de 2014, es de \$13,50 el litro. Un furgón, manejando por ruta o por Av. Circunvalación, puede tener un rendimiento de 10 kilómetros recorridos por litro de diesel. Por lo tanto, podemos aproximar un costo por kilómetro de la siguiente manera:

$$\text{Costo por km} = \frac{13.50 \frac{\$}{\text{lt}}}{10 \frac{\text{km}}{\text{lt}}} = 1.35 \frac{\$}{\text{km}}$$

Los caminos a recorrer para la recolección de materia prima son, principalmente:

- Desde el Parque Industrial de Malvinas Argentinas hasta el Centro Verde de Crese, ubicado en Tillars y Bv. Los Andes (barrio Independencia). El recorrido es de 14 km aproximadamente (28 km entre ida y vuelta).
- Desde el Parque Industrial de Malvinas Argentinas hasta el Fenix Reciclados, ubicado en Av. Circunvalación, entre las rutas que van a Carlos Paz y Alta Gracia. El recorrido es de 28 km aproximadamente (56 km entre ida y vuelta)
- Desde el Parque Industrial de Malvinas Argentinas hasta un lugar que esta Ciudad decida destinar a la separación de sus propios residuos. Dado que la distancia a recorrer sería mínima y que los residuos que ofrecen son muy pocos en comparación a los que ofrecen Crese y Fenix Reciclados, no se lo considerará en este análisis.

Dado que se realizarán viajes a ambas empresas para comprar materia prima, consideraremos una distancia promedio de cada viaje (ida y vuelta) de 42 km. Así, usando la cantidad de viajes necesarios por día que se determinó en la Tabla 5.22: “Cantidad de viajes por día que realizan los camiones”, se puede determinar la cantidad de viajes que se deben realizar por año (trabajando 21 días al mes, 12 meses al año) y multiplicar este valor por la distancia promedio de cada viaje. Luego, se multiplica la distancia total recorrida por año por el costo por kilómetro, y se obtiene una estimación del costo anual por transporte.

Furgon 2 tn	Recorrido ida y vuelta (km)		42	
	Viajes al día	Viajes al año	Km al año	Costo al año
2015	4	1008	42336	\$ 57.154
2016	8	2016	84672	\$ 114.307
2017	16	4032	169344	\$ 228.614
2018	16	4032	169344	\$ 228.614
2019	24	6048	254016	\$ 342.922

**Tabla 5.25: Costo anual por transporte**

Otro gasto logístico que tendrá que tenerse en cuenta, es que a principios de 2017 (tercer año del proyecto) se tiene pensado trasladar la planta a un lugar más grande, de manera de tener lugar para las nuevas maquinarias que se comprarán. Esto obviamente exige un costo logístico que se

estima en \$150.000, que bien podría pagarse a una empresa como Cargo para que realice en una semana el traslado de las máquinas.

La seguridad es muy importante en una empresa, ya que el robo de una máquina o rodado implica la pérdida de un activo de gran valor. Se planea contratar a la empresa Visor Seguridad SRL, para que envíe un guardia que se encargue de la vigilancia. A febrero de 2014, el precio de la hora de vigilancia de esta empresa era de \$38 la hora.

Se planea que durante el primer año del proyecto, se contraten 16 horas de seguridad de lunes a viernes y 24 horas sábados y domingo (es decir, sólo cuando hay gente dentro de la empresa no se considera necesario la presencia de un guardia), dando un total de 128 horas a la semana. Para el resto de los años, se contratará seguridad para 8 horas de lunes a viernes y 24 horas sábados y domingos (de lunes a viernes, el guardia vendría sólo durante la noche), teniendo de este modo 88 horas a la semana. Como cada año tiene 52 semanas, se multiplica este valor por la cantidad de horas de seguridad semanales y se obtienen las horas de seguridad que se contratarán por año. Multiplicando las horas contratadas anualmente por su precio, se obtiene el gasto anual en seguridad.

Gastos en seguridad					
	2015	2016	2017	2018	2019
Horas semana	128	88	88	88	88
Costo hora	\$ 38,00	\$ 38,00	\$ 38,00	\$ 38,00	\$ 38,00
<b>Total</b>	<b>\$ 253.623</b>	<b>\$ 174.366</b>	<b>\$ 174.366</b>	<b>\$ 174.366</b>	<b>\$ 174.366</b>

**Tabla 5.26: Gastos en seguridad**

Para determinar los gastos de oficina (papel, tinta de impresora, lapiceras, café, etc.) se consideró un gasto de \$2000 al año por cada jefe o gerente. Esto se presenta en la Tabla 5.27: “Gastos de oficina”.

Gastos de oficina					
2014	2015	2016	2017	2018	2019
\$ -	\$ 4.000	\$ 6.000	\$ 8.000	\$ 8.000	\$ 8.000

**Tabla 5.27: Gastos de oficina**

## 5.9. Ingresos proyectados

En la Tabla 5.28 se presentan las ventas esperadas para los primeros 5 años del proyecto. Para la venta, recordar que se considera una pérdida de material del 5%, que deviene de los procesos de separación de impurezas y otros tipos de plásticos, como las tapitas de las botellas (Moro, Miguel Ángel, 2014). Por lo tanto, para el primer año por ejemplo, si bien la capacidad es de 987 toneladas, sólo se pueden vender  $987 \times 0.95 = 938$  toneladas de RPET. Para hacer el mix productivo, se considera que las cantidades a procesar y vender de PET cristal y PET verde son iguales (es decir, la producción total se divide mitad y mitad entre ambos productos) ya que, las proporciones son muy similares en los residuos.

Ventas esperadas de escamas de RPET en los próximos 5 años (tn)					
	2015	2016	2017	2018	2019
Producción	987,8	1975,7	3951,4	3951,4	5927,0
<b>Venta</b>	<b>938,4</b>	<b>1876,9</b>	<b>3753,8</b>	<b>3753,8</b>	<b>5630,7</b>
RPET Cristal	469,2	938,4	1876,9	1876,9	2815,3
RPET Verde	469,2	938,4	1876,9	1876,9	2815,3

Tabla 5.28: Ventas esperadas de escamas de RPET en los próximos 5 años (tn)

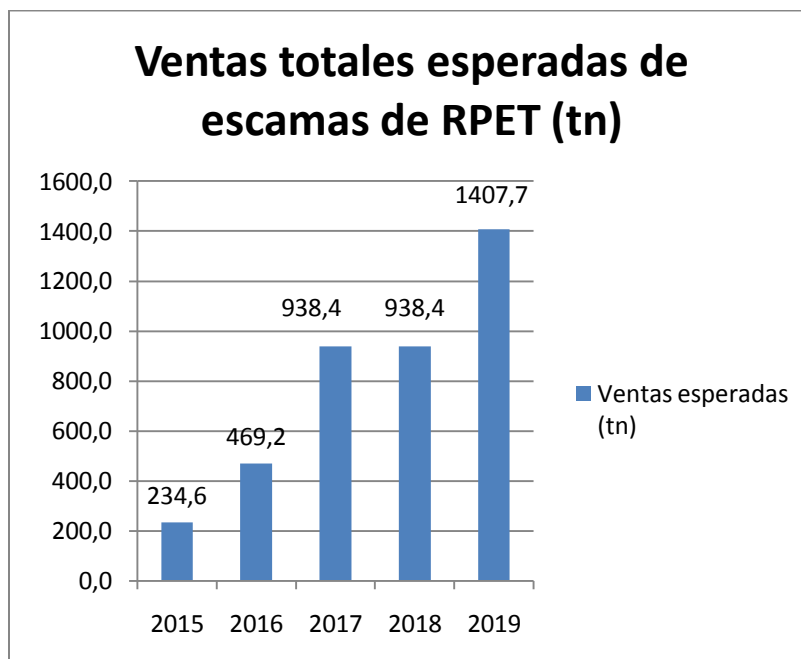
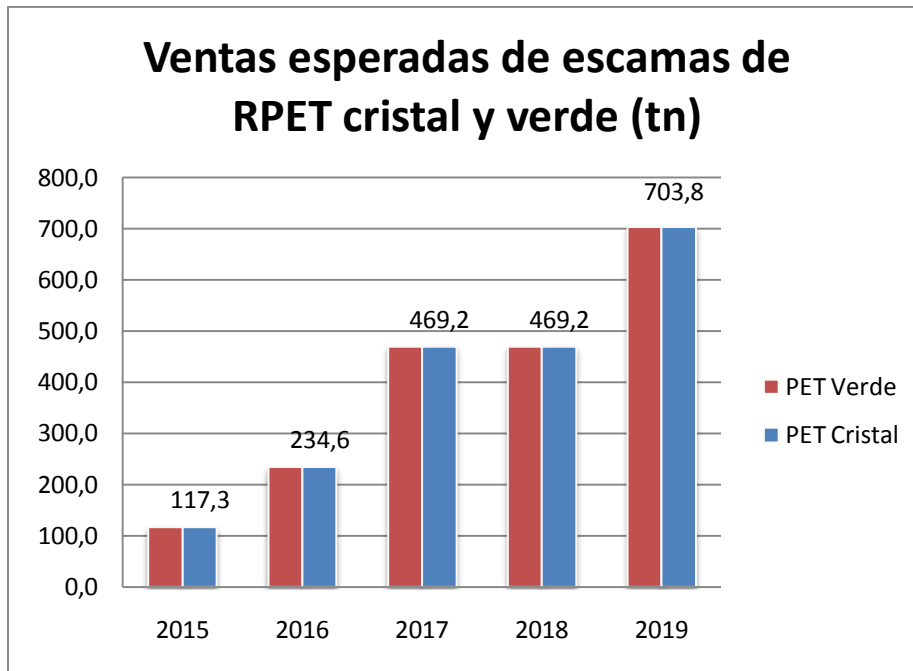


Gráfico 5.1: Ventas totales esperadas de escamas de RPET (tn)



**Gráfico 5.2: Ventas esperadas de escamas de RPET cristal y verde (tn)**

Multiplicando las cantidades vendidas de RPET por su respectivo precio (definido en el Capítulo 4: “Estudio de mercado”, apartado 2: “Estudio de precios de venta”) se obtienen los ingresos proyectados para los primeros 5 años del proyecto, como se ve en la Tabla 5.29: “Ingresos esperados por ventas de escamas de RPET en los próximos 5 años (\$)”.

Ingresos esperados por ventas de escamas de RPET en los próximos 5 años (\$)					
	2015	2016	2017	2018	2019
Total	\$ 5.865.300	\$ 11.730.600	\$ 23.461.200	\$ 23.461.200	\$ 35.191.800
RPET Cristal	\$ 3.284.568	\$ 6.569.136	\$ 13.138.272	\$ 13.138.272	\$ 19.707.408
RPET Verde	\$ 2.580.732	\$ 5.161.464	\$ 10.322.928	\$ 10.322.928	\$ 15.484.392

**Tabla 5.29: Ingresos esperados por ventas de escamas de RPET en los próximos 5 años (\$)**

Del 5% de scrap que genera el proceso, un 3% son residuos plásticos de otro tipo (el otro 2% son piedras, partículas metálicas o restos alimenticios). Específicamente, son las tapas de las botellas, que están hechas de PEAD y pueden venderse a un precio de \$2600 (**sin incluir IVA**)

por tonelada a otros recicladores (Moro, Miguel Ángel, 2014). En la Tabla 5.30 se muestra el resultado de las ventas esperadas de scrap (tapitas) para los próximos 5 años.

Ventas esperadas de scrap y sus ingresos en los próximos 5 años					
	2015	2016	2017	2018	2019
Ventas (tn)	29,64	59,27	118,54	118,54	177,81
Ingresos	\$ 77.051,52	\$ 154.103,04	\$ 308.206,08	\$ 308.206,08	\$ 462.309,12

Tabla 5.30: Ventas esperadas de scrap y sus ingresos en los próximos 5 años

Los ingresos totales que surgen de las ventas de escamas de RPET y tapas de PEAD son los presentados en la Tabla 5.31:

Ingresos totales esperados en los próximos 5 años					
	2015	2016	2017	2018	2019
\$	5.942.352	\$ 11.884.703	\$ 23.769.406	\$ 23.769.406	\$ 35.654.109

Tabla 5.31: Ingresos totales esperados en los próximos 5 años



Gráfico 5.3: Ingresos totales esperados en los próximos 5 años



## Capítulo 6: Estudio legal

A marzo de 2014, no existe ninguna legislación que abarque de manera particular a las empresas recicladoras de plástico en la República Argentina. En varios países de Europa se suelen dar incentivos a empresas vinculadas al reciclado, como por ejemplo, el pago de una menor tasa de impuesto a las ganancias, o tarifas selectivas en los servicios de electricidad, agua y gas.

Se puede especular que en un futuro quizá haya incentivos impositivos a las empresas que deseen integrarse en el rubro, ya que de lo contrario, el mismo se vuelve muy difícil para los recicladores pequeños. Lograr que una planta recicladora de PET sea eficiente económicamente implica que debe procesar una gran tasa de material, y esto significa que se deben realizar grandes inversiones iniciales en maquinaria que no cualquiera puede realizar. Empresas más pequeñas se verán obligadas a vender a precios más altos, con las dificultades que eso implica.

Lo que si debe considerarse es la normativa vinculada a higiene y seguridad en el trabajo y a cuestiones ambientales en general. Estas normativas aplican tanto a nivel provincial como a nivel nacional.

La Ley 24051 de Residuos peligrosos, exige inscribirse en el Registro Nacional de Generadores y Operadores de Residuos Peligrosos. Esto se hace mediante declaración jurada incluyendo: datos identificatorios, domicilio real, características de los residuos, métodos y lugar de tratamiento, cantidad anual estimada de residuos, descripción de procesos generadores de residuos, listado de sustancias peligrosas utilizadas, método de evaluación de características de los residuos, procedimiento de extracción de muestras, método de análisis de lixiviado y, listado del personal expuesto.

Se debe presentar un manifiesto incluyendo: la naturaleza y cantidad de los residuos generados, su origen, transferencia del generador al transportista, y de éste a la planta de tratamiento o disposición final, así como los procesos de tratamiento y eliminación a los que fueren sometidos. Si vamos a ser transportistas de los residuos peligrosos, hay que hacer una declaración ante el Registro Nacional de Generadores y Operadores de Residuos Peligrosos similar a la mostrada en el párrafo anterior, cuando nos inscribimos como generadores.

De la Ley 19587 de higiene y seguridad en el trabajo, se destacan a continuación algunos aspectos importantes:

Los principales riesgos detectados para los operarios del proyecto son:

- En los operarios separadores: cortes en las manos mientras se manipulan las botellas para quitarles las tapas. A veces hay elementos metálicos entre las botellas, que pueden ser cortantes.
- En los operarios trabajadores: al final de la jornada, los operarios separadores deben levantar y transportar los tachos con otros materiales (piedras u partículas metálicas) y con tapitas de PEAD. Pueden sufrir lesiones en la espalda si no toman una postura correcta.
- En los operarios que manejen los autos elevadores, existe peligro de que algún big bag se rompa o descosa (por antigüedad por ejemplo) y las escamas de PET caigan sobre él, pudiéndolo dañar.
- En los técnicos maquinistas, existe peligro de corte en las manos siempre que se manipulen piezas de máquina. Además, si se debe manipular un motor pesado, durante su traslado existe riesgo de lesiones en la espalda si no se adopta una posición correcta.

Por lo tanto, la acción preventiva consiste en comprar guantes de trabajo, arneses y cascos protectores y repartirlos a los trabajadores. Así mismo, se deben colocar carteles con indicaciones de usar los elementos de seguridad, para que los operarios siempre tengan presente que deben llevarlos puestos. Los elementos de seguridad se distribuirían de la siguiente manera:

- Guantes de trabajo, en el taller de mantenimiento y en las cintas transportadoras donde se realiza la separación de piedras u elementos metálicos.
- Arnese, en las cintas transportadoras donde se realiza la separación de piedras u elementos metálicos (se utilizan al levantar los tachos al final de la jornada).
- Cascos protectores, en las zonas de carga y descarga de material.

Otro aspecto que la ley exige es que se deben realizar exámenes médicos pre-ocupacionales y exámenes periódicos. Se debe disponer de un botiquín de primeros auxilios en la planta. Con el tiempo se deben realizar estadísticas sobre los accidentes y enfermedades de trabajo que ocurran en la empresa, con el fin de estudiar sus causas determinantes y modos de prevención.

Poner extintores de fuego (hacer cálculo de carga de fuego) del tipo 6<sup>a</sup>, tal como se muestra por el cálculo de la carga de fuego (*Decreto 351, 1979*). La empresa trabaja con PET, que tiene un poder calorífico de 23.5 MJ/kg (*Johnson, M., 2010*). Siguiendo el procedimiento del Decreto 351, la carga de fuego del área de almacén de producto terminado es:

$$C = \frac{M * q}{S * q_{madera}}$$

Siendo “M” la masa total de material almacenado y “q” el poder calorífico del mismo (23.5 MJ/kg), “S” la superficie del área destinada a almacenamiento y “q<sub>madera</sub>” el poder calorífico de la madera, que vale 18.41 MJ/kg (*Decreto 351, 1979*). En la siguiente Tabla se calcula la carga de fuego para cada año del proyecto.

Carga de fuego					
	2015	2016	2017	2018	2019
M (kg)	20.000	40.000	80.000	80.000	120.000
S (m <sup>2</sup> )	350	350	1.100	1.100	1.100
C (kg/m <sup>2</sup> )	73	146	93	93	139

Tabla 6.1: Carga de fuego

En el Anexo I del Decreto 2131, Reglamentario de la Ley Provincial 7374, se detallan los proyectos sujetos obligatoriamente a presentación de Estudio de Impacto Ambiental. El punto 16 afectaría a este proyecto, pues indica: “Instalaciones de tratamiento y destino final de residuos domiciliarios o asimilables, que pudiesen receptor residuos de más de 100.000 habitantes ó 40.000 tn/año de residuos equivalentes.”, condición que se cumple al estar recibiendo residuos de más de 100.000 habitantes. Es decir, que se hace obligatorio llevar a cabo un Estudio de Impacto Ambiental, con los costos que ello conlleva.

## Capítulo 7: Consideraciones ambientales

El reciclado de plásticos permite la obtención de productos o de materia prima plástica sin la necesidad de utilizar petróleo o gas natural, las principales fuentes de energía de la actualidad. A continuación se presenta el ahorro que se genera por cada 1000 toneladas de plástico reciclado (CAIRPLAS, 2012).

- Ahorro energía: 4.200.000 kWh = 361 TEP (Tonelada Equivalente de Petróleo)
- Ahorro materia prima fósil: 1.300.000 m<sup>3</sup> gas natural
- Reducir emisiones de GEI (Gases de Efecto Invernadero) en 0.126 MTCE (Millones de Toneladas de Carbono Equivalente)
- Efectivamente reducir en 1000 tn de residuos

La Tabla 7.1: “Impacto ambiental” muestra los recursos que la empresa ahorraría anualmente.

Impacto ambiental					
	2015	2016	2017	2018	2019
Material procesado	988 tn	1976 tn	3951 tn	3951 tn	5927 tn
Ahorro energético	357 TEP	714 TEP	1.427 TEP	1.427 TEP	2.141 TEP
Ahorro de gas natural	1.284.192 m <sup>3</sup>	2.568.384 m <sup>3</sup>	5.136.768 m <sup>3</sup>	5.136.768 m <sup>3</sup>	7.705.152 m <sup>3</sup>
Reducción emisiones GEI	0,124 MTCE	0,249 MTCE	0,498 MTCE	0,498 MTCE	0,747 MTCE
Reducción de residuos	988 tn	1.976 tn	3.951 tn	3.951 tn	5.927 tn

Tabla 7.1: Impacto ambiental

Para sustentar los datos anteriores, se muestran estadísticas de Argentina en cada rubro:

- Al año 2012, Argentina tiene una matriz energética capaz de brindar una energía total de 79.666.000 TEP. (Instituto Argentino del Petróleo y del Gas, IAPG, 2013).
- En el año 2013, Argentina consumió 42.900.000.000 m<sup>3</sup> de gas natural. (Instituto Argentino del Petróleo y del Gas, IAPG, 2014).

- En el año 2012, Argentina emitió 85 MTCE de GEI. (*Consejo Empresario Argentino para el Desarrollo Sostenible, CEADS, 2012*).
- En 2010, Argentina generó 13.150.000 tn de residuos. (*Cámara Argentina de la Construcción, 2010*).

También hay impactos a nivel macroeconómico que se deben considerar (*CAIRPLAS, 2012*):

- Si la totalidad del PET reciclado por la planta se vendiera dentro del mercado Argentino, se produciría un ahorro de 1800 USD por tonelada (precio internacional del PET virgen), en concepto de sustitución de importaciones.
- Visto de otro modo, si la totalidad del PET reciclado se exportara, se generaría para el país un aumento de exportaciones en 723 USD por tonelada de RPET. Claro está que realizar esto impediría la sustitución de importaciones mencionada en el párrafo anterior.

Además, no debe olvidarse el impacto social que conlleva iniciar una nueva empresa en el país, generando mano de obra. La mano de obra generada no sólo es aquella que corresponde a los operarios y administrativos de la empresa (resumida en la Tabla 7.2), sino también la que las empresas recolectoras y diferenciadoras de basura deben generar para lograr un aumento en su propia capacidad y así poder abastecer al proyecto.

Lo dicho anteriormente se muestra en la Tabla 7.2: “Impacto social y económico”.

Impacto social y económico					
	2015	2016	2017	2018	2019
<b>Material vendido</b>	<b>938 tn</b>	<b>1877 tn</b>	<b>3754 tn</b>	<b>3754 tn</b>	<b>5631 tn</b>
<b>Ahorro de importaciones</b>	USD 1.689.206	USD 3.378.413	USD 6.756.826	USD 6.756.826	USD 10.135.238
<b>Aumento de exportaciones</b>	USD 678.498	USD 1.356.996	USD 2.713.992	USD 2.713.992	USD 4.070.987
<b>Generación de mano de obra</b>	12 empleados	22 empleados	42 empleados	42 empleados	58 empleados

Tabla 7.2: Impacto social y económico

## **Capítulo 8: Estudio financiero**

### **8.1.TAR del proyecto**

Para determinar la TAR (Tasa Activa de Retorno) exigida al proyecto se utilizará la siguiente fórmula, sin incluir el Riesgo País:

$$\text{TAR} = \text{CO} + \text{PR}$$

El Costo de Oportunidad (CO) es la tasa de interés de plazo fijo que ofrece el Banco de la Nación Argentina (BNA), siendo esta de 17% (*BNA, 2014*). Para definir el Premio por Riesgo (PR) se considera que al haber una inflación cercana al 28% anual en Argentina, la rentabilidad mínima que se puede exigir al capital de una inversión es ese valor. Por lo tanto:

$$\text{TAR} = 17 \% + \text{PR} = 28\%$$

De ahí surge que el premio por riesgo considerado (implícito en la rentabilidad exigida) es de un 11%.

### **8.2.Flujo de fondos, VAN y TIR**

Considerando todos los costos estudiados en el Capítulo 4: “Estudio de mercado” y Capítulo 5: “Estudio Técnico”, se confeccionó la Tabla 8.1: “Flujo de fondos del proyecto”, con un horizonte de evaluación de 5 años. Se considera inicialmente que el capital aportado para la inversión inicial es 100% propio, sin pedir préstamos al banco. Más adelante se realizará un estudio de apalancamiento financiero donde se tomen en cuenta estas opciones y sus efectos.

Se considera como inversión en capital de trabajo la compra de materia prima suficiente para abastecer a la producción durante los 3 primeros meses del proyecto.

Rubros	Estado de Resultados							
	2014	2015	2016	2017	2018	2019		
<b>Beneficios afectados por impuesto a utilidades</b>								
Ingresos por venta o por servicio		\$ 5.942.352	\$ 11.884.703	\$ 23.769.406	\$ 23.769.406	\$ 35.654.109		
Ingresos por subproducto y o venta de desechos		\$ 77.052	\$ 154.103	\$ 308.206	\$ 308.206	\$ 462.309		
Venta de Activos								
Total de Beneficios afectados por impuesto = B		<b>\$ 6.019.403</b>	<b>\$ 12.038.806</b>	<b>\$ 24.077.612</b>	<b>\$ 24.077.612</b>	<b>\$ 36.116.418</b>		
<b>Gastos deducibles de impuesto a utilidades</b>								
Costos de materia prima e insumos		\$ -3.666.074	\$ -7.332.147	\$ -14.664.294	\$ -14.664.294	\$ -21.996.442		
Costos de transformación		\$ -1.513.787	\$ -2.701.832	\$ -5.316.232	\$ -5.316.232	\$ -7.616.343		
Costos de administración y ventas		\$ -546.615	\$ -780.875	\$ -1.015.312	\$ -1.015.312	\$ -1.015.517		
Otros Gastos		\$ -425.623	\$ -348.366	\$ -812.366	\$ -662.366	\$ -662.366		
Depreciaciones (Líneas de Producción)		\$ -178.300	\$ -178.300	\$ -277.600	\$ -277.600	\$ -414.600		
IVA		\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0		
Depreciaciones obra físicas								
Amortizaciones								
Intereses de Deuda por Financiamiento		\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0		
Valor de Libro de Activos vendidos								
Total de Gastos deducibles de impuesto = G		<b>\$ -6.330.398</b>	<b>\$ -11.341.520</b>	<b>\$ -22.085.804</b>	<b>\$ -21.935.804</b>	<b>\$ -31.705.266</b>		
Ual = Utilidad antes de impuestos = B - G		\$ -310.995	\$ 697.286	\$ 1.991.808	\$ 2.141.808	\$ 4.411.152		
IU = Impuesto a las utilidades = Ual x T (alícuota imp.a utilidades)		\$ 108.848	\$ -244.050	\$ -697.133	\$ -749.633	\$ -1.543.903		
Udl=Utilidades después de impuestos = Ual - IU		<b>\$ -202.147</b>	<b>\$ 453.236</b>	<b>\$ 1.294.675</b>	<b>\$ 1.392.175</b>	<b>\$ 2.867.249</b>		
<b>Flujo de Fondos</b>								
Udl		\$ -202.147	\$ 453.236	\$ 1.294.675	\$ 1.392.175	\$ 2.867.249		
(-) Inversión activos fijos: Máquinas		\$ -1.457.000	\$ 0	\$ 0	\$ -885.000	\$ -1.140.000		
(-) Inversión Activos Intangibles		\$ -366.450						
(-) Inversión Capital de Trabajo		\$ -895.230				\$ 895.230		
(+) Capital Recibido por Financiamiento		\$ 0						
(-) Amortización de Deuda		\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0		
(+) Ingresos No Afectos a Impuestos								
(-) Egresos no deducibles de impuestos								
(+) Valor Residual de activos fijos						\$ 2.135.600		
(+) Depreciaciones		\$ 178.300	\$ 178.300	\$ 277.600	\$ 277.600	\$ 414.600		
(+) Amortizaciones Activos intangibles								
<b>FNI = Flujo Fondos</b>		<b>\$ -2.718.680</b>	<b>\$ -23.847</b>	<b>\$ 631.536</b>	<b>\$ 687.275</b>	<b>\$ 5.172.679</b>		
CO	17,00%	Actualización FF	\$ -2.718.680	\$ -18.630	\$ 385.459	\$ 327.718	\$ 622.040	\$ 1.505.448
PR	11,00%	VAN	\$ 103.355					
TAR	28,00%	TIR	29,15%					

Tabla 8.1: Flujo de fondos del proyecto

Dado que la TIR de 29,15% es superior a la TAR de 28% (o dado que la VAN de \$103.355 es positiva) se cumple el criterio que dice que el proyecto es rentable. Sin embargo, es conveniente analizar otros aspectos financieros, como los análisis a la sensibilidad y al apalancamiento financiero.

Como aclaración, en los flujos de fondos el autor decidió no considerar el efecto de la inflación, pues está ya está considerada con el premio por riesgo adoptado.

### 8.3. Período de recuero de capital

Período de Recuero de Capital						
Período	2014	2015	2016	2017	2018	2019
FF	\$ -2.718.680	\$ -23.847	\$ 631.536	\$ 687.275	\$ 1.669.775	\$ 5.172.679
Renta		\$ 792.590	\$ 1.030.610	\$ 1.146.955	\$ 1.280.967	\$ 1.167.616
Amortización		\$ -816.437	\$ -399.074	\$ -459.679	\$ 388.808	\$ 4.005.063
Saldo	\$ 2.718.680	\$ 3.535.117	\$ 3.934.192	\$ 4.393.871	\$ 4.005.063	\$ -0
Recuero de Capital	\$ -2.718.680	\$ -2.742.527	\$ -2.110.991	\$ -1.423.715	\$ 246.060	\$ 5.418.739

Tabla 8.2: Período de recuero de capital

La Tabla 8.2: “Período de recuero de capital”, muestra que el ente encargado del proyecto recuperará su capital durante el transcurso del cuarto año. Luego, hasta el final del quinto año, cobraría su renta hipotética, hasta llegar a una ganancia de \$5.418.739. Esta ganancia es hipotética, porque está basada en que al final del 5to año se liquide completamente la planta, lo cual no se planea hacer.

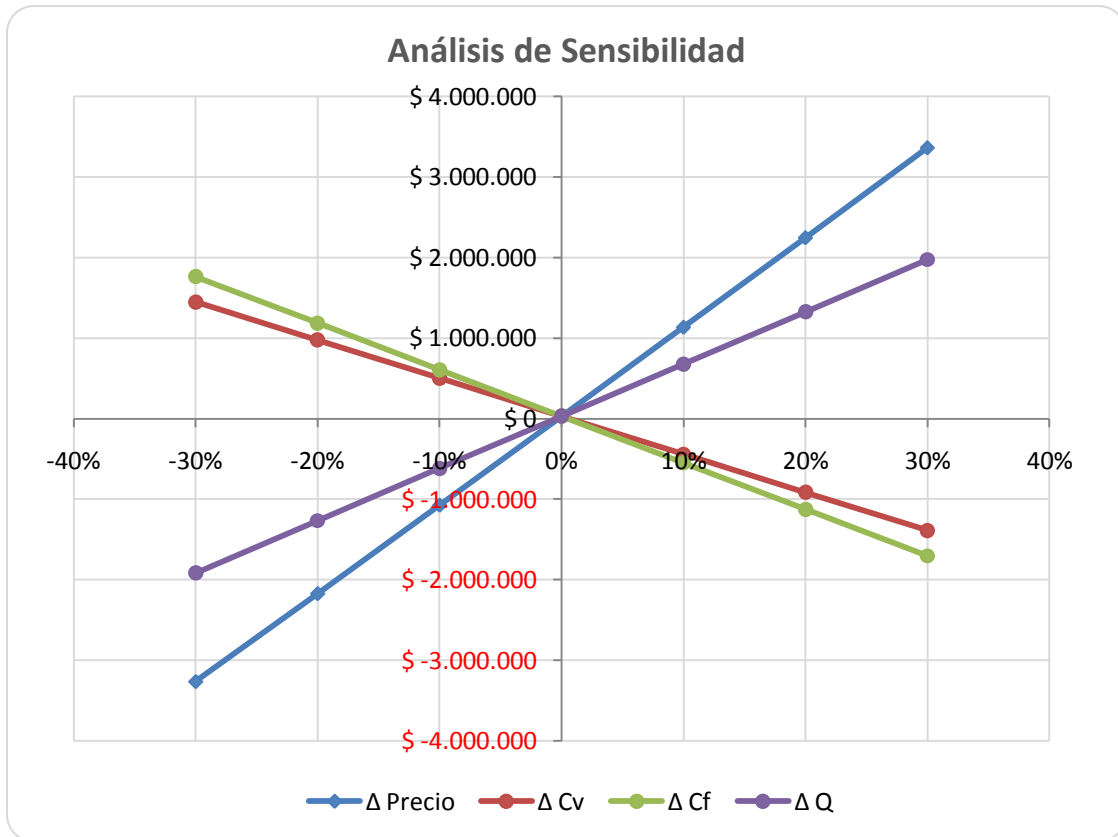
### 8.4. Análisis de sensibilidad

En la Tabla 8.3: “Análisis de sensibilidad”, se analiza cómo influyen las variables más importantes del proyecto, haciéndolas variar y observando cómo se modifica la VAN en cada caso. Cabe aclarar que el Análisis de Sensibilidad es realizado considerando que sólo cambia una variable a la vez, manteniéndose las demás constantes.

ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD DE LA VAN				
$\Delta \% (X)$	VAN ( $\Delta$ Precio)	VAN ( $\Delta$ CVu)	VAN ( $\Delta$ CF)	VAN ( $\Delta$ Q)
-30,00%	\$ -8.434.399	\$ 5.551.085	\$ 2.899.320	\$ -3.096.603
-20,00%	\$ -5.602.796	\$ 3.735.175	\$ 1.967.331	\$ -2.029.950
-10,00%	\$ -2.756.878	\$ 1.919.265	\$ 1.035.343	\$ -963.298
0,00%	\$ 103.355	\$ 103.355	\$ 103.355	\$ 103.355
10,00%	\$ 2.977.903	\$ -1.712.556	\$ -828.634	\$ 1.170.007
20,00%	\$ 5.866.766	\$ -3.528.466	\$ -1.760.622	\$ 2.236.659
30,00%	\$ 8.769.944	\$ -5.344.376	\$ -2.692.611	\$ 3.303.312

Tabla 8.3: Análisis de sensibilidad





**Gráfico 8.1: Análisis de sensibilidad**

Del análisis de sensibilidad surge que la variable que más se debe cuidar es el precio, luego las cantidades vendidas, luego los costos fijos y por último los costos variables. Como se ve en el gráfico anterior, mientras más influyente sea una variable al proyecto, mayor será la pendiente de su recta al graficar como hace variar la VAN.

### 8.5. Apalancamiento financiero

Hasta ahora sólo se ha analizado el proyecto bajo el supuesto de que la totalidad de la inversión inicial provenga de capital propio. Sin embargo, una parte muy importante de la evaluación de proyectos es estudiar cómo influye la toma de préstamos en la TIR. El concepto general, dice que es más rentable realizar una inversión con capital externo siempre que la tasa de

interés no supere un cierto límite. Esto es porque significaría que el interés que exige el banco es menor que el interés que exigiría el inversionista.

Como se dijo al comienzo de este estudio de factibilidad en el Capítulo 3: “Ente que abordará el proyecto”, actualmente el BNA otorga créditos a PyMES de hasta un 100% de la totalidad de la inversión (variable según el monto total de la misma y del destino que se le prevea), con plazos de devolución de hasta 10 años y con tasas nominales anuales (TNA) de 17.5% para los 3 primeros años (a partir del cuarto año la tasa toma el valor de la tasa BADLAR Total, calculada por el BNA, sumándole un 3%). Para la inversión en capital de trabajo, el BNA tomará una TNA del 23%. El régimen de amortización será con el sistema alemán (amortizaciones iguales). (*BNA, 2014*).

Para el siguiente estudio, consideraremos que el plazo sea de sólo 5 años, para así poder pagar el crédito dentro del horizonte de evaluación.

La TNA del cuarto y quinto año depende de una tasa llamada “BADLAR Total”, que se calcula como el promedio de las tasas BADLAR Privada y BADLAR Pública. Las tasas BADLAR (Buenos Aires Deposits of Large Amount Rate) son calculadas por el BCRA en base a una muestra de tasas de interés de entidades de Capital Federal y Gran Buenos Aires. La tasa BADLAR Pública lo hace tomando intereses de entidades públicas, mientras que la tasa BADLAR Privada lo hace tomando intereses de entidades privadas.

En el Anexo VI se encuentran tabulados valores históricos de la tasa BADLAR Total de los últimos años.

Se considerará que la tasa se mantendrá constante en los próximos años, algo acorde al supuesto de no tomar la inflación del país en los flujos de fondos. Por lo tanto, la tasa nominal anual (TNA) para el cuarto y quinto año será de 27,38%.

Las tasas nominales anuales (TNA) se deben transformar en tasas efectivas anuales (TEA), que son las que se utilizarán para determinar los pagos de intereses. Para ello, tomamos el siguiente procedimiento:

$$TEM = TNA * \frac{30}{365}$$
$$TEA = (1 + TEM)^{12} - 1$$

Siendo “TEM” la tasa efectiva mensual. Aplicando este procedimiento a las TNA provistas, se calcularon las TEA y se las tabularon en la Tabla 8.4: “Tasas Efectivas Anuales del BNA”.

Inversion (primeros 3 años)	TNA	17,5%	TEM	1,44%	TEA	18,69%
Inversion (año 4)	TNA	27,4%	TEM	2,25%	TEA	30,61%
Inversion (año 5)	TNA	27,4%	TEM	2,25%	TEA	30,61%
Capital de trabajo	TNA	23,0%	TEM	1,89%	TEA	25,20%

Tabla 8.4: Tasas Efectivas Anuales del BNA

En la Tabla 8.5: “Flujo de fondos de la deuda”, se desarrolla un ejemplo de cálculo para un porcentaje de capital propio (k) del 0%, es decir que el 100% del capital invertido en el primer año es proporcionado por el BNA.

Flujo de fondos de la deuda						
Inversiones en activos (1)						
Capital propio (k)	0%	n	5	i4	30,61%	
		i1; i2; i3	18,69%	i5	30,61%	
		2014	2015	2016	2017	2018
		2019				
Capital recibido	\$	1.823.450				
Pagos	Interés		\$ -340.864	\$ -272.691	\$ -204.518	\$ -223.273
	Amortización		\$ -364.690	\$ -364.690	\$ -364.690	\$ -364.690
Saldo	\$	1.823.450	\$ 1.458.760	\$ 1.094.070	\$ 729.380	\$ 364.690
Flujo de Fondos de Deuda	\$	1.823.450	\$ -705.554	\$ -637.381	\$ -569.208	\$ -587.963
						\$ -476.326
Inversión en capital de trabajo (2)						
					i	25,20%
		2014	2015	2016	2017	2018
		2019				
Capital recibido	\$	895.230				
Pagos	Interés		\$ -225.586	\$ -180.469	\$ -135.352	\$ -90.234
	Amortización		\$ -179.046	\$ -179.046	\$ -179.046	\$ -179.046
Saldo	\$	895.230	\$ 716.184	\$ 537.138	\$ 358.092	\$ 179.046
Flujo de Fondos de Deuda	\$	895.230	\$ -404.632	\$ -359.515	\$ -314.398	\$ -269.280
						\$ -224.163
Inversión total (3) = (1) + (2)						
		2014	2015	2016	2017	2018
		2019				
Capital recibido	\$	2.718.680	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Pagos	Interés	\$ -	\$ -566.450	\$ -453.160	\$ -339.870	\$ -313.507
	Amortización	\$ -	\$ -543.736	\$ -543.736	\$ -543.736	\$ -543.736
Saldo	\$	2.718.680	\$ 2.174.944	\$ 1.631.208	\$ 1.087.472	\$ 543.736
Flujo de Fondos de Deuda	\$	2.718.680	\$ -1.110.186	\$ -996.896	\$ -883.606	\$ -857.243
						\$ -700.490

Tabla 8.5: Flujo de fondos de la deuda

La TIR que se obtiene al tomar un préstamo del BNA por un valor equivalente al 100% de la inversión inicial (capital propio = 0%) es de 52,21%, muy superior a la TIR sin financiamiento de 29,15%. Esto muestra el efecto positivo que genera realizar la inversión con capital externo (como se mencionó, siempre que este sea con una tasa de interés menor a un cierto límite).

A continuación determinaremos la TNA máxima que se puede aceptar. Como el BNA exige diferentes TNA para sus préstamos (la que vale por los primeros 3 años, las que valen a partir del 3er año y la que afecta a la inversión en capital de trabajo), simplemente analizaremos cual es la TNA máxima que podemos aceptar para los primeros 3 años. Para ello, se mostrará en la Tabla 8.6: “Análisis de sensibilidad de la TIR al apalancamiento financiero”, como varía la TIR del proyecto según se tomen diferentes porcentajes de capital propio a diferentes TNA.

Análisis de sensibilidad de la TIR al apalancamiento financiero									
TIR	29,15%	TNA							
		10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%
Capital propio (k)	0%	59,66%	49,90%	41,42%	33,92%	27,23%	21,18%	15,67%	10,61%
	10%	50,87%	44,59%	38,61%	32,95%	27,58%	22,50%	17,69%	13,14%
	20%	45,42%	40,98%	36,55%	32,18%	27,88%	23,66%	19,53%	15,53%
	30%	41,56%	38,29%	34,96%	31,56%	28,12%	24,67%	21,20%	17,75%
	40%	38,62%	36,20%	33,67%	31,04%	28,34%	25,55%	22,71%	19,82%
	50%	36,29%	34,50%	32,60%	30,61%	28,52%	26,34%	24,07%	21,72%
	60%	34,37%	33,08%	31,70%	30,24%	28,68%	27,03%	25,30%	23,48%
	70%	32,77%	31,88%	30,93%	29,91%	28,82%	27,65%	26,41%	25,09%
	80%	31,39%	30,85%	30,26%	29,63%	28,94%	28,21%	27,41%	26,56%
	90%	30,20%	29,95%	29,67%	29,38%	29,05%	28,70%	28,32%	27,91%
100%	29,15%	29,15%	29,15%	29,15%	29,15%	29,15%	29,15%	29,15%	

Tabla 8.6: Análisis de sensibilidad de la TIR al apalancamiento financiero

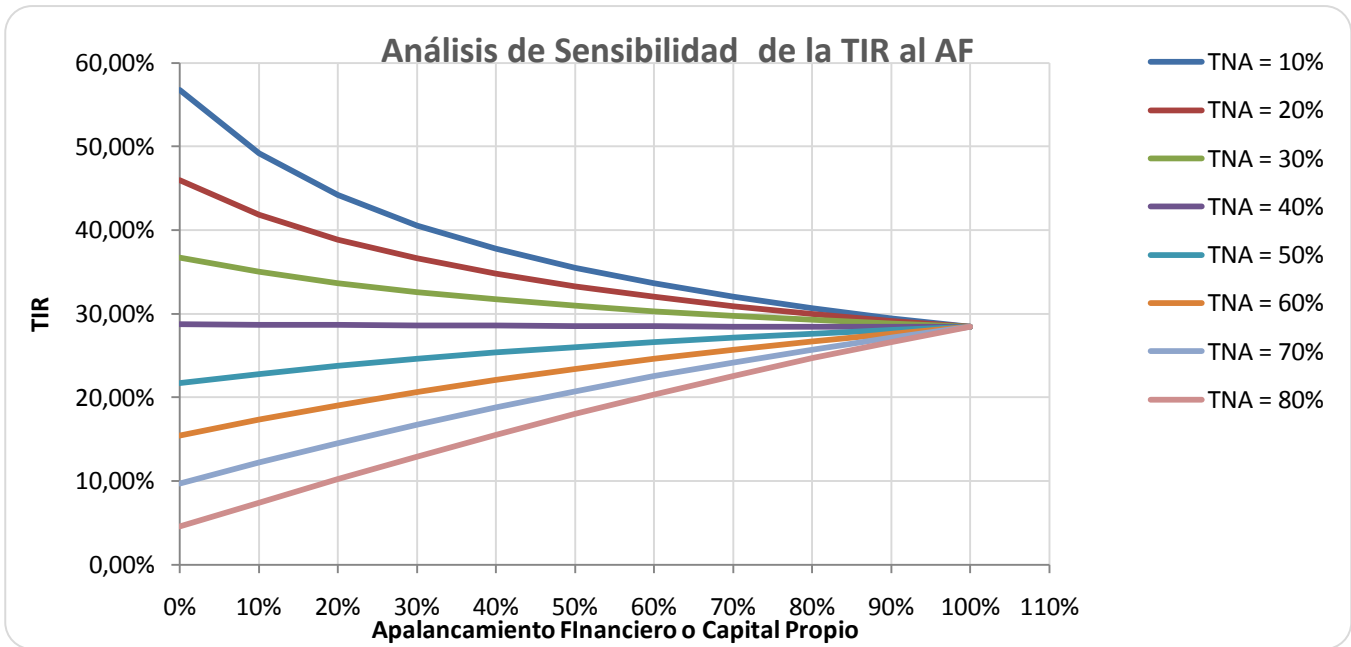


Gráfico 8.2: Análisis de sensibilidad de la TIR al apalancamiento financiero

De la tabla y gráfico anterior, se deduce que entre las TNA de 40% y 50% se encuentra una TNA que lograría el efecto de que la TIR no se modifique al tomar préstamos mayores. Por lo tanto, esa es la máxima TNA que se puede aceptar del BNA para los primeros 3 años. Tomar préstamos con una TNA mayor implicaría un efecto de desapalancamiento financiero, es decir que disminuirían la TIR del proyecto y lo harían menos rentable.

Esta TNA fue calculada por método de prueba y error en 47% y es la máxima que se puede aceptar del BNA al tomar préstamos. Equivale a una TEA del 55,05%, conforme al procedimiento explicado anteriormente.

$$TEM = TNA * \frac{30}{365} = 47\% * \frac{30}{365} = 3,86 \%$$

$$TEA = (1 + TEM)^{12} - 1 = (1 + 3,86\%)^{12} - 1 = 57,54 \%$$

## Capítulo 9: Estructura de división del trabajo (EDT)

En el Cuadro 9.1: “Estructura de División del Trabajo”, se muestran las diferentes tareas que conllevan la puesta en marcha del proyecto, sus interrelaciones, responsables y costos. Luego presentamos una Curva S donde se ve como se desenvuelven los costos de la puesta en marcha a lo largo del tiempo. Todos los costos fueron calculados como una fracción de los sueldos de cada responsable, en función de la duración de cada tarea a la que están asignados.

El Diagrama de Gantt está dividido en dos partes: primero presentamos sólo los datos numéricos correspondientes a la EDT, y luego presentamos sólo las barras donde se muestra gráficamente el tiempo y las interrelaciones de cada tarea.

El costo total de la puesta en marcha del proyecto es de aproximadamente \$ 366.450. Este costo se había cargado anteriormente en el Flujo de fondos del Estudio Financiero, dentro de la cuenta “Inversión Activos Intangibles”, si bien parte de estos \$366.450 corresponden a activos tangibles (baños, paredes de Durlock, instalación contra incendio y materia prima del primer día).

Para determinar los costos, se tuvo en cuenta que:

- El gerente cuesta un total de \$26.000 al mes. Si se trabajan 21 días al mes, su costo es de \$1238,10 por día, y si se trabajan 8 horas al día, \$154,76 por hora.
- El jefe de producción cuesta un total de \$19.500 al mes. Si se trabajan 21 días al mes, su costo es de \$928,57 por día, y si se trabajan 8 horas al día, \$116,07 por hora.
- El precio del metro cuadrado de pared de Durlock es \$90. En base a esto, se midieron todas las paredes internas, se estimó una altura de 4 metros, obteniéndose un total de 197 m<sup>2</sup>. Multiplicando por el precio del Durlock, se tiene que las paredes internas costarán \$18.000 en total.
- El precio de los elementos del baño (un inodoro, dos lavamanos y dos mingitorios) sumados son de \$3000.
- Se estima un costo de \$100.000 en concepto de sistema de detección de incendios.

	Nombre	Duración	Inicio	Terminado	Predecesores	Costo	Nombres del Recurso
1	<b>☐ Puesta en marcha del proyecto</b>	92 days?	<b>01/09/14 08:00</b>	<b>06/01/15 17:00</b>		\$366449,36	
2	Inscripción como comerciante en el Registro Público de Comercio	20 days	01/09/14 08:00	26/09/14 17:00		\$24761,60	Gerente
3	Pedido del préstamo al Banco	20 days	29/09/14 08:00	24/10/14 17:00	2	\$24761,60	Gerente
4	<b>☐ Adquisición del galpón</b>	8 days?	<b>20/10/14 08:00</b>	<b>29/10/14 17:00</b>		\$9904,64	
5	Pactar reunión con el encargado del parque industrial	5 days?	20/10/14 08:00	24/10/14 17:00	3FF	\$6190,40	Gerente
6	Confirmar alquiler y firmar contrato	3 days?	27/10/14 08:00	29/10/14 17:00	5	\$3714,24	Gerente
7	<b>☐ Instalar infraestructura</b>	15 days?	<b>30/10/14 08:00</b>	<b>19/11/14 17:00</b>		\$45761,60	
8	Remodelar paredes internas	10 days?	30/10/14 08:00	12/11/14 17:00	4	\$27285,60	Jefe de Producción;Durlock
9	Verificar funcionamiento de instalaciones de agua y luz	5 days?	06/11/14 08:00	12/11/14 17:00	8FF	\$4642,80	Jefe de Producción
10	<b>☐ Colocar baños</b>	10 days	<b>06/11/14 08:00</b>	<b>19/11/14 17:00</b>		\$13833,20	
11	Compra de elementos	5 days	06/11/14 08:00	12/11/14 17:00	12SF	\$9190,40	Gerente;Baños
12	Instalación	5 days	13/11/14 08:00	19/11/14 17:00	9	\$4642,80	Jefe de Producción
13	<b>☐ Adquirir, ubicar e instalar máquinas y herramientas</b>	25 days?	<b>30/10/14 08:00</b>	<b>03/12/14 17:00</b>		\$166546,80	
14	Contactar proveedores	10 days	30/10/14 08:00	12/11/14 17:00	6	\$12380,80	Gerente
15	Efectuar compras	5 days	13/11/14 08:00	19/11/14 17:00	14	\$10833,20	Gerente;Jefe de Producción
16	Recepción y ubicación de máquinas	5 days?	20/11/14 08:00	26/11/14 17:00	15	\$6190,40	Gerente
17	Realizar conexiones eléctricas y de agua	5 days	27/11/14 08:00	03/12/14 17:00	9;16	\$4642,80	Jefe de Producción
18	Colocar dispositivos contra incendios	10 days	13/11/14 08:00	26/11/14 17:00	9	\$100000,00	
19	Comprar equipos para control de calidad y mantenimiento	15 days?	30/10/14 08:00	19/11/14 17:00	6	\$32499,60	Gerente;Jefe de Producción
20	<b>☐ Búsqueda de recursos humanos</b>	28 days	<b>20/11/14 08:00</b>	<b>29/12/14 17:00</b>		\$56023,12	
21	Publicar avisos de búsqueda	20 days	20/11/14 08:00	17/12/14 17:00	7	\$43332,80	Gerente;Jefe de Producción
22	Realizar entrevistas	5 days	18/12/14 08:00	24/12/14 17:00	21	\$6190,40	Gerente
23	Efectuar contratos	3 days	25/12/14 08:00	29/12/14 17:00	22	\$6499,92	Gerente;Jefe de Producción
24	<b>☐ Pactar con clientes</b>	15 days	<b>20/11/14 08:00</b>	<b>10/12/14 17:00</b>		\$18571,20	
25	Búsqueda de empresas dispuestas a comprar escamas de RPET	10 days	20/11/14 08:00	03/12/14 17:00	15	\$12380,80	Gerente
26	Pactar precios y cantidades con cada cliente	5 days	04/12/14 08:00	10/12/14 17:00	25	\$6190,40	Gerente
27	<b>☐ Pactar con proveedores de materia prima</b>	18 days?	<b>04/12/14 08:00</b>	<b>29/12/14 17:00</b>		\$14547,44	
28	Verificar disponibilidades de residuos postconsumo a proveedores	5 days	04/12/14 08:00	10/12/14 17:00	13	\$6190,40	Gerente
29	Fijar precios y cantidades con cada proveedor	3 days	11/12/14 08:00	15/12/14 17:00	28	\$3714,24	Gerente
30	Realizar compra de inversión en capital del trabajo	3 days	16/12/14 08:00	18/12/14 17:00	29	\$3714,24	Gerente
31	Recepción y acopio de la materia prima del primer día	1 day?	29/12/14 08:00	29/12/14 17:00	23FF;30	\$928,56	Jefe de Producción
32	<b>☐ Puesta a punto</b>	6 days?	<b>30/12/14 08:00</b>	<b>06/01/15 17:00</b>		\$5571,36	
33	Calibrar máquinas y proceso	1 day?	30/12/14 08:00	30/12/14 17:00	31	\$928,56	Jefe de Producción
34	Realizar primeros controles de calidad	5 days	31/12/14 08:00	06/01/15 17:00	33	\$4642,80	Jefe de Producción

**Cuadro 9.1: Estructura de División del Trabajo**

Entonces, con la Estructura del Trabajo propuesta, se pueden comenzar todas las operaciones el primer día de septiembre de 2014 y tener la planta lista para producir para el 6 de enero de 2015, a un costo de \$366.450.

## 9.1. Diagrama de Gantt

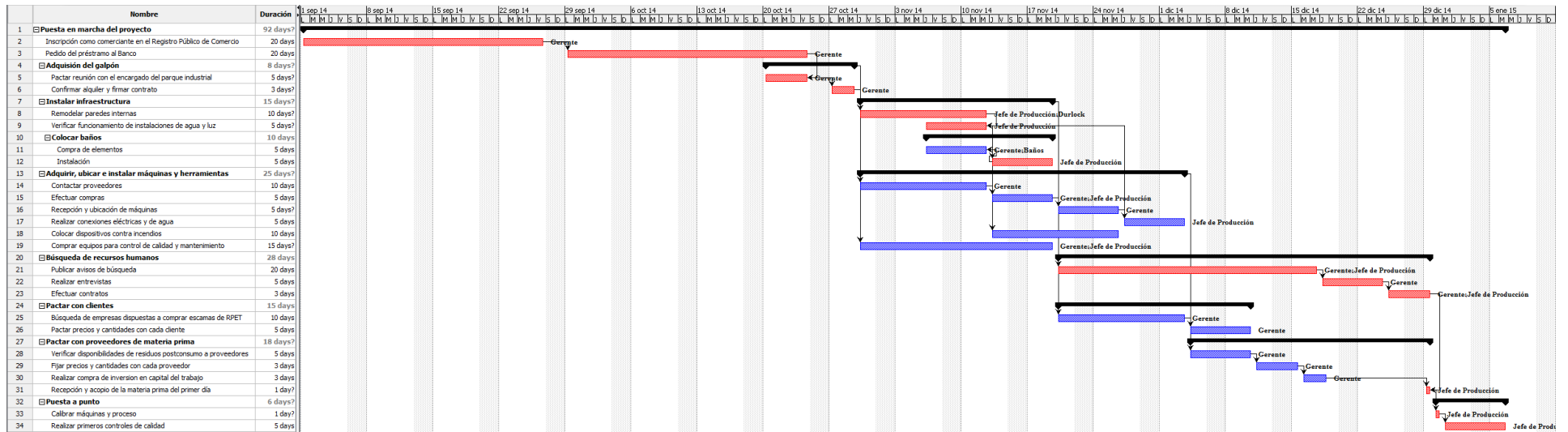
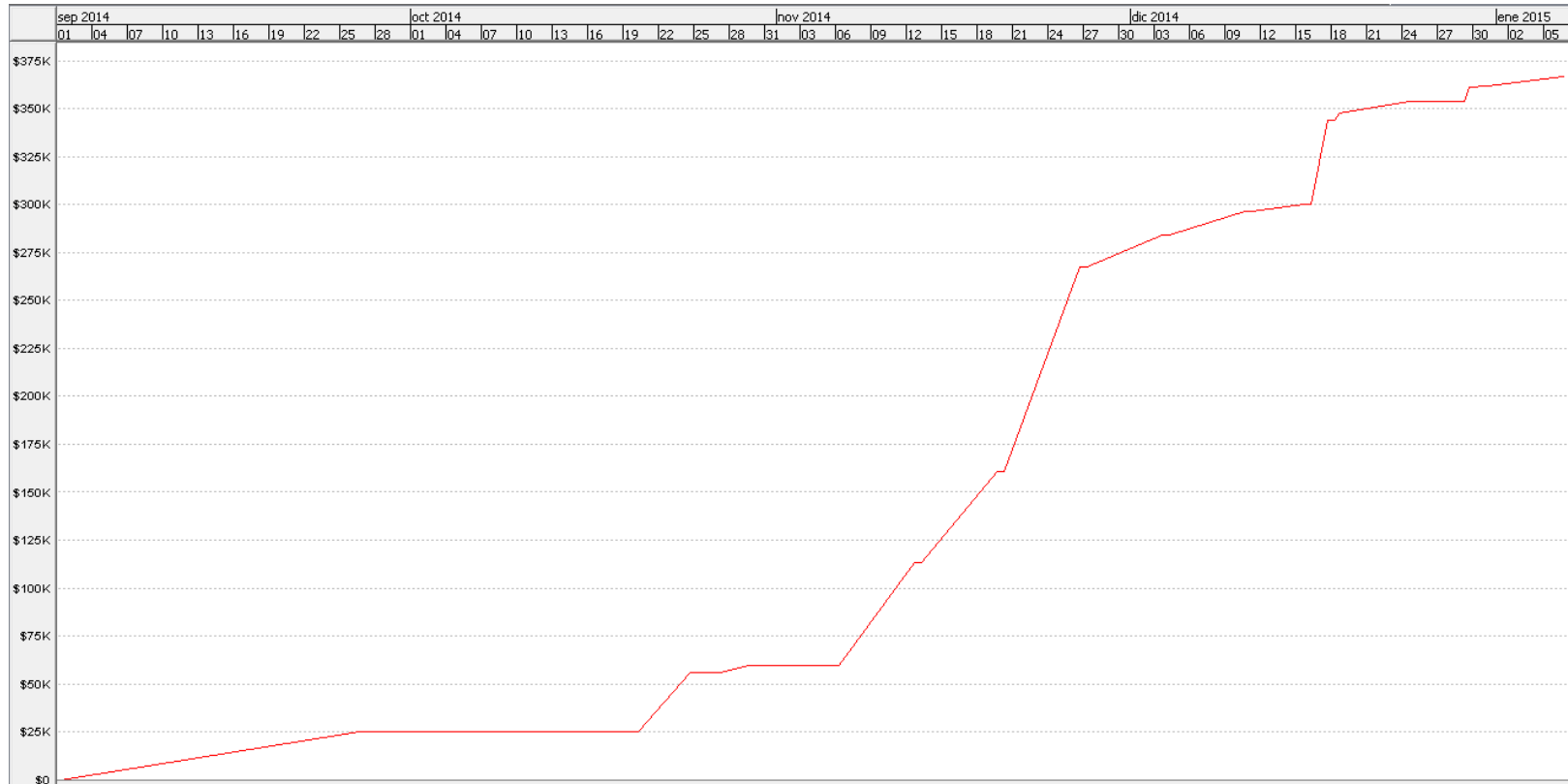


Gráfico 9.1: Diagrama de Gantt



## 9.2. Curva S de costos



**Gráfico 9.2: Curva S de costos**

La curva del Gráfico 9.2: “Curva S de costos” se muestra como una curva típica, pues se logra realizar aproximadamente tres cuartos (3/4) de los gastos totales para el segundo tercio del tiempo.

## **Capítulo 10: Conclusiones**

Después de haber finalizado este análisis, la conclusión a la que ha llegado el autor es que el proyecto es perfectamente viable, tanto desde el punto de vista de mercado, técnico, legal, ambiental y financiero. El único impedimento sería la cantidad de materia prima (residuos) que la empresa puede comprar a Crese, que es el principal proveedor. Actualmente Crese puede proveer residuos para cubrir hasta la capacidad del segundo año del proyecto, pero como se plantea lograr capacidades más altas, será necesario que las empresas Cotreco y Lusa amplíen su circuito de recolección diferenciada. Desde el punto de vista teórico, en Córdoba hay suficientes residuos para proveer al proyecto.

Iniciar una planta de reciclado de PET no sólo genera rentabilidad, sino también mano de obra, ahorro de recursos no renovables (petróleo y gas natural), materia prima para las empresas transformadoras de plástico, sustituye la importación, puede exportarse para mejorar la balanza comercial del país, entre otras ventajas.

Existe la posibilidad de que el gobierno tome medidas en un mediano plazo para incentivar las inversiones en el negocio del reciclado de materiales, lo cual a su vez haría más rentable el proyecto estudiado. Se considera que esto es posible, ya que en otros países si se aplican este tipo de normativas.

La economía de escala afecta fuertemente a esta industria. El autor realizó otros análisis por separado, obteniendo que si la inversión inicial fuese de \$1.700.000 (para obtener una capacidad de 250 kg/h en el primer año, la mitad de lo planteado en este análisis de factibilidad), los precios de venta de la tonelada de RPET cristal y verde debiera ser de al menos \$8300 y \$6500 (respectivamente) para que la TIR sea mayor a 28% (estos precios son un 18% más alto que los planteados en este estudio). Si en lugar de eso la inversión fuese de \$1.300.000 (para obtener una capacidad de 125 kg/h en el primer año, un cuarto de lo planteado) los precios de venta debieran ser de \$10700 y \$8700 la tonelada para RPET cristal y verde (precios 53% más altos). Por lo tanto, es muy importante comenzar con una inversión fuerte, que permita mantener precios bajos y así poder competir a nivel internacional si es necesario.

## Bibliografía

ARGUETA, A. A., 2006. “Proyecto de Inversión en una Planta Recicladora de PET en el Estado de Puebla”. Universidad de las Américas Puebla. México. Disponible en: <[http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/mepi/argueta\\_a\\_a/portada.html](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/mepi/argueta_a_a/portada.html)>, Consultado el 13 de agosto de 2014.

ARLIE, J.P., 1990. “Commodity Thermoplastics”. Editions Technip. París.

ARPET, 2012. Movimiento histórico del PET en Argentina. Disponible en: <[http://www.arpet.org/s\\_movimiento\\_historico\\_PET.html](http://www.arpet.org/s_movimiento_historico_PET.html)>, Consultado el 21 de julio de 2014.

ARPET, 2014. Cotización mensual de envases PET posconsumo. Disponible en: <<http://www.arpet.org/>>, Consultado el 13 de agosto de 2014.

ARPET. Reciclaje de plásticos. Disponible en: <[www.arpet.org/docs/Reciclaje-de-plasticos.doc](http://www.arpet.org/docs/Reciclaje-de-plasticos.doc)>, Consultado el 24 de julio de 2014.

AUGMENTA CONSULTING, 2013. Como determinar el costo de un empleado de una PYME de manera fácil y rápida. Disponible en: <<http://augmentaconsulting.blogspot.com.ar/2013/08/como-determinar-el-costo-de-un-empleado.html>>, Consultado el 7 de agosto de 2014.

BANCO DE LA NACIÓN ARGENTINA, BNA, 2014. Líneas de crédito para asistencia a las PYME. Disponible en: <[http://www.bna.com.ar/pymes/py\\_creditos.asp](http://www.bna.com.ar/pymes/py_creditos.asp)>, Consultado el 17 de julio de 2014.

BANCO CENTRAL DE LA REPÚBLICA ARGENTINA, BCRA, 2013. Tasas de interés por depósitos. Disponible en: <<http://www.bcra.gov.ar/pdfs/estadistica/pashis.xls>>, Consultado el 13 de agosto de 2014.

BOWERMAN B. L., O’CONNELL R. T. y KOEHLER A. B., 2007. “Pronósticos, Series de Tiempo y Regresión”. Thomson. México.

CAIRPLAS, 2012. CAIRPLAS en Argenplás 2012. Disponible en: <<http://www.cairplas.org.ar/Presentacion%20general%20reciclado%20ARGENPLAS%20junio%202012%20WEB.pdf>>, Consultado el 21 de julio de 2014.

CÁMARA ARGENTINA DE LA CONSTRUCCIÓN, 2010. Residuos sólidos urbanos Argentina. Tratamiento y disposición final. Situación actual y alternativas futuras. Disponible en:

<<http://www.igc.org.ar/megaciudad/N3/Residuos%20Solidos%20Urbanos%20CAMARCO.pdf>>, Consultado el 12 de agosto de 2014.

CENTRO ESPAÑOL DE PLÁSTICOS (CEP), 1991. “Los plásticos: materiales de nuestro tiempo”. Primera edición. Barcelona, España.

CENTRO EXPERIMENTAL DE LA VIVIENDA ECONÓMICA (CEVE), 2003. Elementos constructivos con PET reciclado. Disponible en <[http://www.ceve.org.ar/pdf/final\\_2004/2Gaggino.pdf](http://www.ceve.org.ar/pdf/final_2004/2Gaggino.pdf)>, Consultado el 23 de julio de 2014.

COMISIÓN INTERDISCIPLINARIA DE MEDIO AMBIENTE (CIMA), 2012. Ley de Presupuestos Mínimos para la Gestión de Residuos de Envases. Disponible en: <<http://www.cima.org.ar/cimawebnueva/proyecto%20AUREA.htm>>, Consultado el 24 de Julio de 2014.

CONSEJO EMPRESARIO ARGENTINO PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE (CEADS), 2012. Escenarios de Emisión de Gases Efecto Invernadero. Disponible en: <<http://www.ceads.org.ar/downloads/Escenarios.EGEI%20Arg.%202012.pdf>>, Consultado el 12 de agosto de 2014.

DAGANZO, C., 2005. “Logistics Systems Analysis”. Cuarta edición. Estados Unidos. Springer.

DECRETO 351, 1979. Reglamentario de la Ley 19587 de Higiene y Seguridad en el Trabajo. Buenos Aires.

DECRETO 2131, 2000. Reglamentario del Cap. IX “Del Impacto Ambiental” de la Ley 7343. Córdoba.

DÍA A DÍA, 2012. Así será la recolección diferenciada de Lusa y Cotreco. Disponible en: <<http://www.diaadia.com.ar/cordoba/asi-sera-recoleccion-diferenciada-lusa-cotreco>>, Consultado el 23 de julio de 2014.

ECOPLAS, 2011. “Manual de valorización de los residuos plásticos”. Quinta edición. Disponible en: <<http://ecoplas.org.ar/pdf/11.pdf>>, Consultado el 24 de julio de 2014.

ECOPLAS, 2013. Perfiles de transformadores. Disponible en: <[http://ecoplas.org.ar/cadena\\_productiva/perfiles\\_transformadores.php](http://ecoplas.org.ar/cadena_productiva/perfiles_transformadores.php)>, Consultado el 21 de julio de 2014.

ECOPLAS. Plásticos y tipos de plásticos. Disponible en: <[http://ecoplas.org.ar/plasticos\\_y\\_medioambiente/tipos\\_plasticos.php](http://ecoplas.org.ar/plasticos_y_medioambiente/tipos_plasticos.php)>, Consultado el 12 de agosto de 2014.

EMPRESA PROVINCIAL DE ENERGÍA DE CÓRDOBA (EPEC), 2014. Tarifa N° 3 – Grandes consumos. Con subsidio el estado nacional. Disponible en: <[http://www.epec.com.ar/docs/cuadro-tarifario/tarifa\\_n3.pdf](http://www.epec.com.ar/docs/cuadro-tarifario/tarifa_n3.pdf)>, Consultado el 7 de agosto de 2014.

EMPRESA PROVINCIAL DE ENERGÍA DE CÓRDOBA (EPEC), 2014. Condiciones adicionales del suministro eléctrico. Disponible en: <[http://www.epec.com.ar/docs/cuadro-tarifario/cond\\_adicion.pdf](http://www.epec.com.ar/docs/cuadro-tarifario/cond_adicion.pdf)>, Consultado el 7 de agosto de 2014.

ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION, 2005. “Historical Natural Gas Annual”. Disponible en: <[http://www.eia.gov/pub/oil\\_gas/natural\\_gas/data\\_publications/historical\\_natural\\_gas\\_annual/current/pdf/table\\_01.pdf](http://www.eia.gov/pub/oil_gas/natural_gas/data_publications/historical_natural_gas_annual/current/pdf/table_01.pdf)>, Consultado el 12 de agosto de 2014.

ÉNFAISIS PACKAGING, 2011. Cabelma abrirá la primera planta de reciclado de botellas PET. Disponible en: <<http://www.packaging.enfasis.com/notas/18454-cabelma-abrira-la-primera-planta-reciclado-botellas-pet->>, Consultado el 21 de julio de 2014.

EXPANSION, 2012. ¿Viene otra gran recesión? Europa se la juega en Irán. Disponible en: <<http://www.expansion.com/accesible/2012/01/25/economia/1327494953.html>>, Consultado el 12 de agosto de 2014.

FRAUNHOFFER IVV, 2004. Guidance and criteria for safe recycling of post consumer polyethylene thereftalate (PET) into new food packaging applications. Disponible en: <[http://www.ivv.fraunhofer.de/content/dam/ivv/de/documents/GF/Guidance\\_and\\_Criteria\\_for\\_Safe\\_Recycling.pdf](http://www.ivv.fraunhofer.de/content/dam/ivv/de/documents/GF/Guidance_and_Criteria_for_Safe_Recycling.pdf)>, Consultado el 21 de julio de 2014.

GALARA, I., PONTELLI, D. y GANGI, S., 2011. “Mantenimiento industrial”. Segunda edición. Córdoba, Argentina. Universitas.

INSTITUTO ARGENTINO DEL PETRÓLEO Y DEL GAS (IAPG), 2013. Matriz Energética - Oferta interna de Energia Primaria - en miles de TEP. Disponible en: <<http://www.iapg.org.ar/estadisticasnew/matrizpais.htm>>, Consultado el 12 de agosto de 2014.

INSTITUTO ARGENTINO DEL PETRÓLEO Y DEL GAS (IAPG), 2014. Consumo de gas.. Disponible en: <<http://www.iapg.org.ar/estadisticasnew/consumogaspais2.htm>>, Consultado el 12 de agosto de 2014.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y CENSOS (INDEC), 2010. Censo 2010. Disponible en: <<http://www.censo2010.indec.gov.ar/>>, Consultado el 23 de julio de 2014.

INFONEGOCIOS, 2009. Pritty preparada para recibir los envases PET. Disponible en: <<http://www.infonegocios.tv/nota.asp?nrc=14186&nprt=1>>, Consultado el 23 de julio de 2014.

ISO 15270:2008. Plastics - Guidelines for the recovery and recycling of plastics waste.

JOHNSON, M. y DERRICK, S., 2010. Pyrolysis: A method for Mixed Polymer Recycling. Western Michigan University. Estados Unidos. Disponible en: <<http://wmich.edu/mfe/mrc/greenmanufacturing/pdf/GMI%20Pyrolysis%20of%20Mixed%20Polymers%20Review.pdf>>, Consultado el 13 de agosto de 2014.

LA NACIÓN, 2012. La industria del PET busca producir más con base en el reciclaje. Disponible en: <<http://www.lanacion.com.ar/1539536-la-industria-del-pet-busca-producir-mas-con-base-en-el-reciclaje>>, Consultado el 21 de julio de 2014.

LEY NACIONAL 19587, 1972. Ley de higiene y seguridad en el trabajo. Boletín Oficial. Buenos Aires.

LEY NACIONAL 24051, 1992. Ley de residuos peligrosos. Boletín Oficial. Buenos Aires.

LEY PROVINCIAL 7343, 1985. Principios Rectores para la Preservación, Conservación, Defensa y Mejoramiento del Ambiente. Boletín Oficial. Córdoba.

LOS ANDES, 2012. Una planta de reciclado transformará botellas en dólares en Las Heras. Disponible en: <<http://archivo.losandes.com.ar/notas/2012/11/20/planta-reciclado-transformara-botellas-dolares-heras-681045.asp>>, Consultado el 23 de julio de 2014.

MACHUCA, J., 1995. "Dirección de operaciones. Aspectos tácticos y operativos en la producción y los servicios." Primera edición. España. McGraw-Hill.

MINTZBERG, H., 1984. "Diseño de organizaciones eficientes". Segunda edición. McGill University.

MORO, M., 2014. Presidente de la Asociación Civil sin fines de lucro ECO Raíces de Tucumán. Conversaciones personales sostenidas por correo electrónico, el 26 de febrero de 2014.

PLASTICS DIVISION OF THE AMERICAN CHEMISTRY COUNCIL, 2010. Life Cycle Inventory Of 100% Postconsumer HDPE And PET Recycled Resin from Postconsumer Containers and Packaging. Disponible en: <<http://www.container-recycling.org/assets/pdfs/plastic/LCA-RecycledPlastics2010.pdf>>, Consultado el 7 de agosto de 2014.

PLASTIVIDA ARGENTINA, 2007. Gestión de los residuos plásticos domiciliarios en la Argentina, Estados Unidos y Europa. Disponible en: <<http://eventos.senado.gov.ar:88/8770.pdf>>, Consultado el 22 de julio de 2014.

PORTFOLIO PERSONAL, 2014. BADLAR TNA. Disponible en: <[https://www.portfoliopersonal.com/tasa\\_interes/hbadlar.asp](https://www.portfoliopersonal.com/tasa_interes/hbadlar.asp)>, Consultado el 10 de Marzo de 2014.

RAMOS CARPIO, M.A. y DE MARIA RUIZ, M.R., 1988. "Ingeniería de los materiales plásticos". S.A. Ediciones Diaz de Santos. Madrid.

RECYCLERS WORLD. PET Recycling Exchange Listings. Disponible en: <<http://www.recycle.net/Plastic/PET/xv100100.html>>, Consultado el 22 de julio de 2014.

REVISTA PETROQUÍMICA, 2012. Crece la demanda de residuos plásticos entre las industrias de reciclado. Disponible en: <<http://revistapetroquimica.com/crece-la-demanda-de-residuos-plasticos-entre-las-industrias-de-reciclado/>>, Consultado el 16 de julio de 2014.

REVISTA PETROQUÍMICA, 2013. Aumentan la producción de resinas de PET en el país. Disponible en: <<http://revistapetroquimica.com/aumentan-la-produccion-de-resinas-de-pet-en-el-pais/>>, Consultado el 17 de julio de 2014.

REVISTA DEF, 2013. La próxima revolución industrial. Disponible en: <<http://www.defonline.com.ar/?p=10992>>, Consultado el 21 de julio de 2014.

SAPAG CHAIN, N. y SAPAG CHAIN, R., 2008. "Preparación y evaluación de proyectos". Quinta edición. México. McGraw-Hill Interamericana.

SCHEIRS, J. y PRIDDY J., 2003. "Modern Styrenic Polymers". Wiley. Estados Unidos.

SHACKELFORD, J., 2008. "Introducción a la ciencia de los materiales para ingenieros". Sexta edición. España. Pearson Alhambra.

SOCIETY OF THE PLASTICS INDUSTRY (SPI), 1988. SPI Resin Identification Code - Guide to Correct Use. Disponible en: <<http://www.plasticsindustry.org/AboutPlastics/content.cfm?ItemNumber=823&navItemNumber=2144>>, Consultado el 17 de julio de 2014.

THE GUARDIAN, 2011. Japan streets ahead in global plastic recycling race. Disponible en: <<http://www.theguardian.com/environment/2011/dec/29/japan-leads-field-plastic-recycling>>, Consultado el 21 de julio de 2014.

TITOW, W., 1984. "PVC Technology". Elsevier Applied Science Publishers. Londres.

VÁZQUEZ, J., 1997. "Costos". Segunda edición. Buenos Aires, Argentina. Aguilar

VAN DER VEGT, A.K.y GOVAERT, L.E., 2005. "Polymeren". Holanda. VSSD.

## Anexo I: Pronóstico de reciclado de PET hasta el año 2019

A continuación se realiza un pronóstico sobre las cantidades de PET que se reciclarán en Argentina en los próximos años, hasta llegar a 2019. Los datos recolectados van desde 1997 hasta 2011, por lo tanto, será necesario realizar 8 pronósticos. Para ello, se utilizó el software Minitab, que permite pronosticar series de tiempo utilizando modelos ARIMA.

Como aclaración principal, diremos que estos pronósticos no son muy confiables, por el hecho de que los modelos ARIMA requieren tener al menos 50 datos en la serie de tiempo para realizar buenos pronósticos y en el caso planteado sólo se poseen 15 datos. Sin embargo, el motivo de realizar estos pronósticos es simplemente para tener una orientación de cómo puede ser la evolución del mercado de PET reciclado en la Argentina. Viendo como suben los valores año tras año, y viendo cómo crece también el consumo de PET en el país (algo que necesariamente lleva a que también se reciclará más material) es evidente que las cantidades de PET reciclado en los próximos años tenderán a crecer en el país.

Para el caso que se plantea, se hizo necesario realizar 2 diferenciaciones a la serie antes de poder modelarla, ya que no era estacionaria.

Utilizando un modelo MA(1) sin constante en la serie ya estacionaria, se realizaron pronósticos obteniéndose los siguientes resultados:

Estimados finales de los parámetros

Tipo	Coef	SE Coef	T	P
MA 1	-0,9300	0,2030	-4,58	0,001

Diferenciación: 2 Diferencias regulares

Número de observaciones: Serie original 15, después de diferenciar 13

Residuos: SC = 103828792 (se excluyeron pronósticos retrospectivos)

MC = 8652399 GL = 12

Estadística Chi-cuadrada modificada de Box-Pierce (Ljung-Box)

Desfase	12	24	36	48
Chi-cuadrada	6,3	*	*	*
GL	11	*	*	*
Valor P	0,852	*	*	*



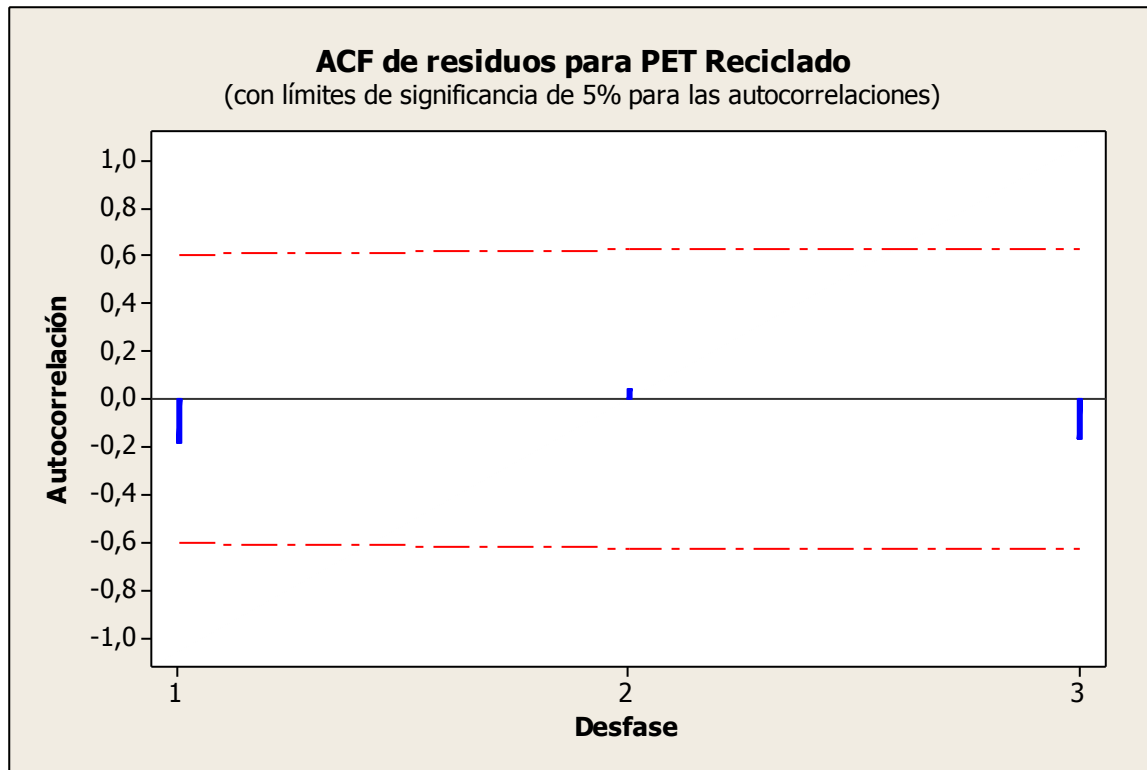


Gráfico I.1: FAC de los residuos

Esto nos dice que el coeficiente  $\theta$  para pronosticar es significativo, ya que el p valor es muy pequeño ( $p\text{-valor} < 0,05$ ) y es igual a  $-0,93$ . Viendo la FAC de los residuos podemos decir que se trata de un ruido blanco, lo que significa que los errores son puramente aleatorios y por lo tanto son independientes. El p-valor de la prueba de Box – Pierce es alto por lo cual no se rechaza  $H_0$  y los errores tendrán media 0. Por lo tanto si los reemplazamos en la fórmula del modelo ARiMA(0,1,1) nos queda:

$$(1 - B)^2 * z_t = a_t - \theta_1 * a_{t-1}$$

$$(1 - 2B + B^2) * z_t = a_t - \theta_1 * a_{t-1}$$

$$z_t - 2 * z_{t-1} + z_{t-2} = a_t - \theta_1 * a_{t-1}$$

$$z_t = 2 * z_{t-1} - z_{t-2} + a_t - \theta_1 * a_{t-1}$$

Siendo “ $z_t$ ” el pronóstico de PET reciclado en Argentina para el año “ $t$ ”.

Los pronósticos que Minitab generó por medio de esta fórmula se muestran en la Tabla I.1: “Pronósticos para PET reciclado en Argentina hasta 2019”.

Año de pronóstico	PET Reciclado (tn)
2012	82.931
2013	90.863
2014	98.794
2015	106.726
2016	114.657
2017	122.588
2018	130.520
2019	138.451

**Tabla I.1: Pronósticos para PET reciclado en Argentina hasta 2019**

Estos valores se han cargado en la tabla Tabla 4.1: “Consumo, producción y reciclado de plásticos y PET en Argentina”.

Anexo II: Organigrama para la empresa (válido a partir del quinto año)

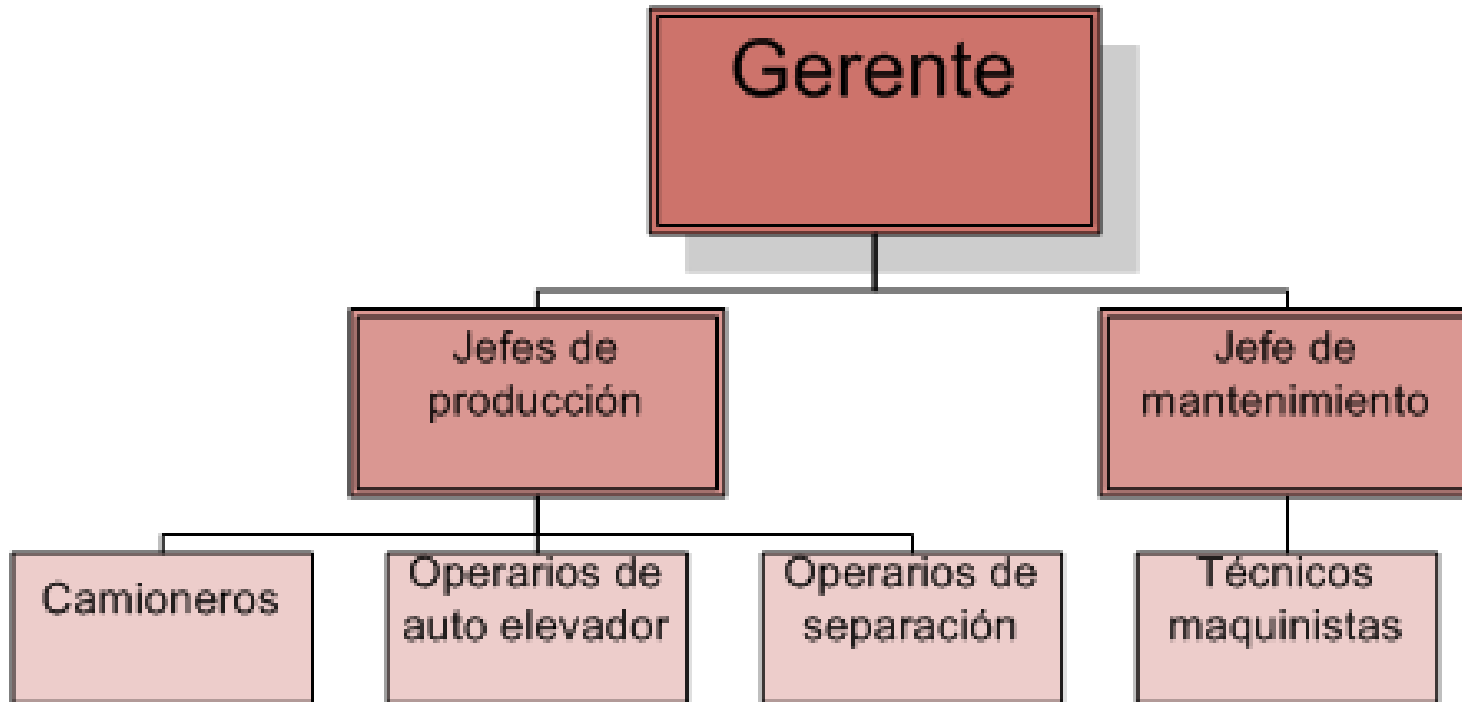


Figura II.1: Organigrama de la empresa

# Anexo III: Layout para años 2015 y 2016

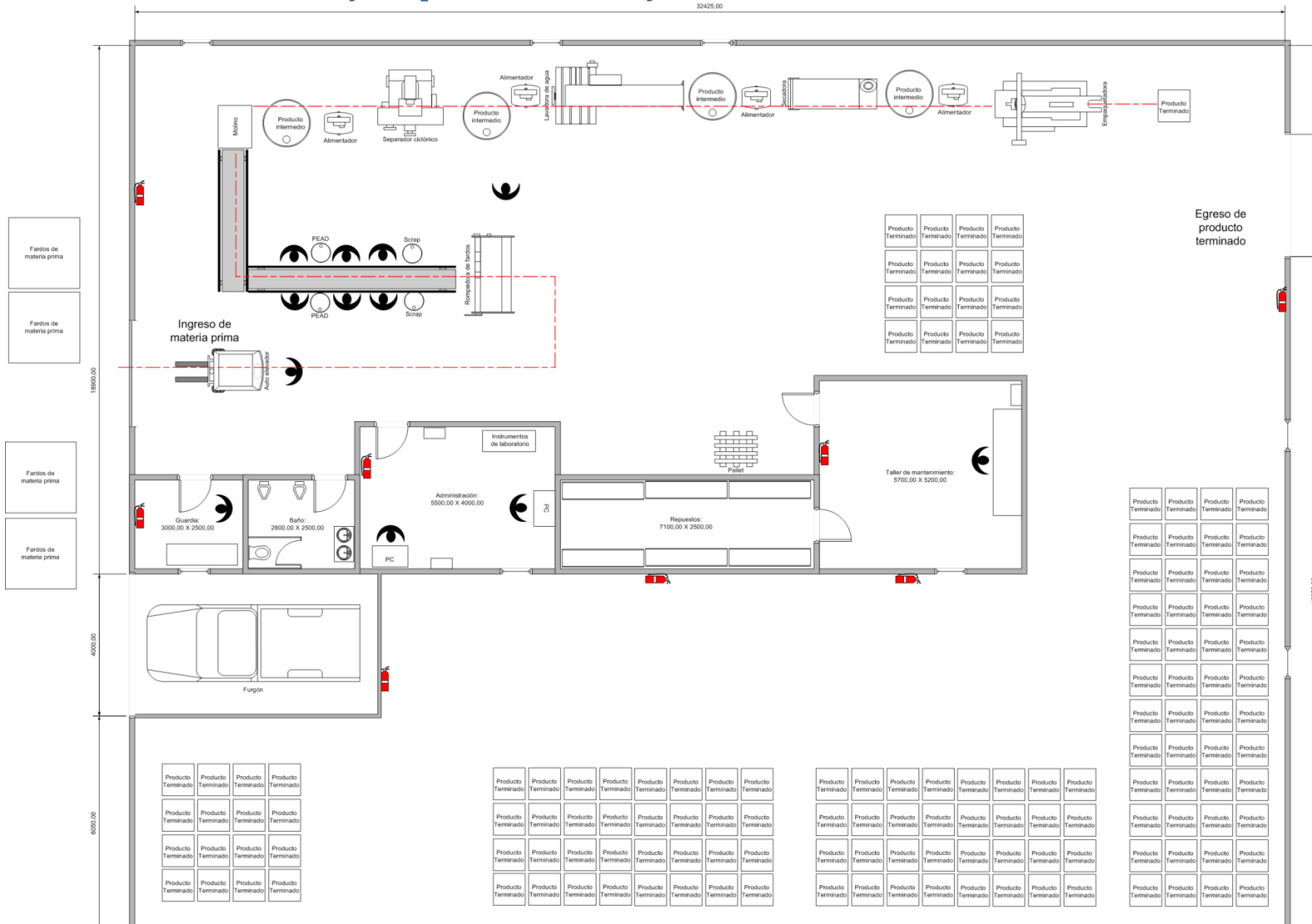


Figura III.1: Layout para años 2015 y 2016

# Anexo IV: Layout para años 2017 y 2018

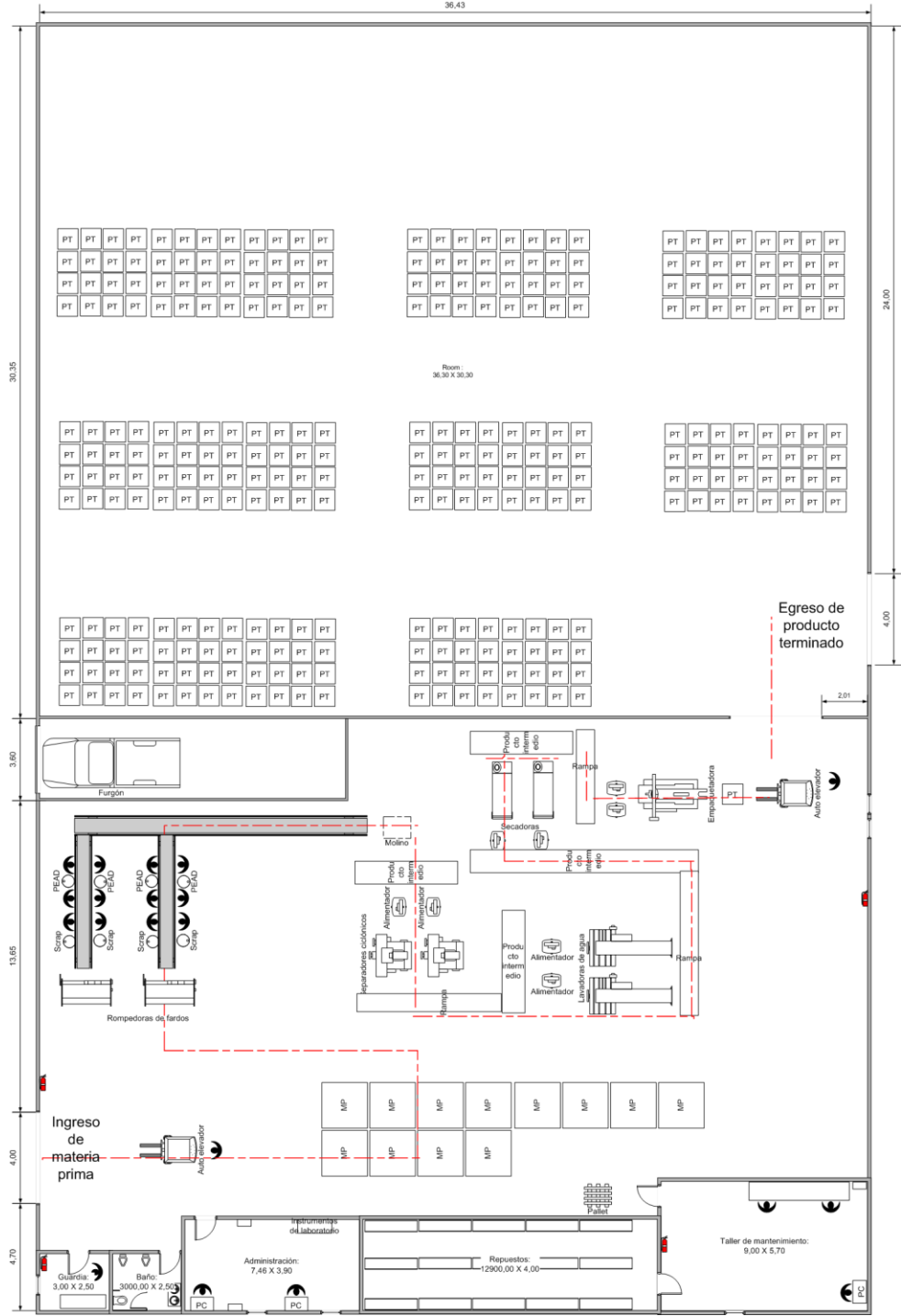


Figura IV.1: Layout para años 2017 y 2018

# Anexo V: Layout para año 2019

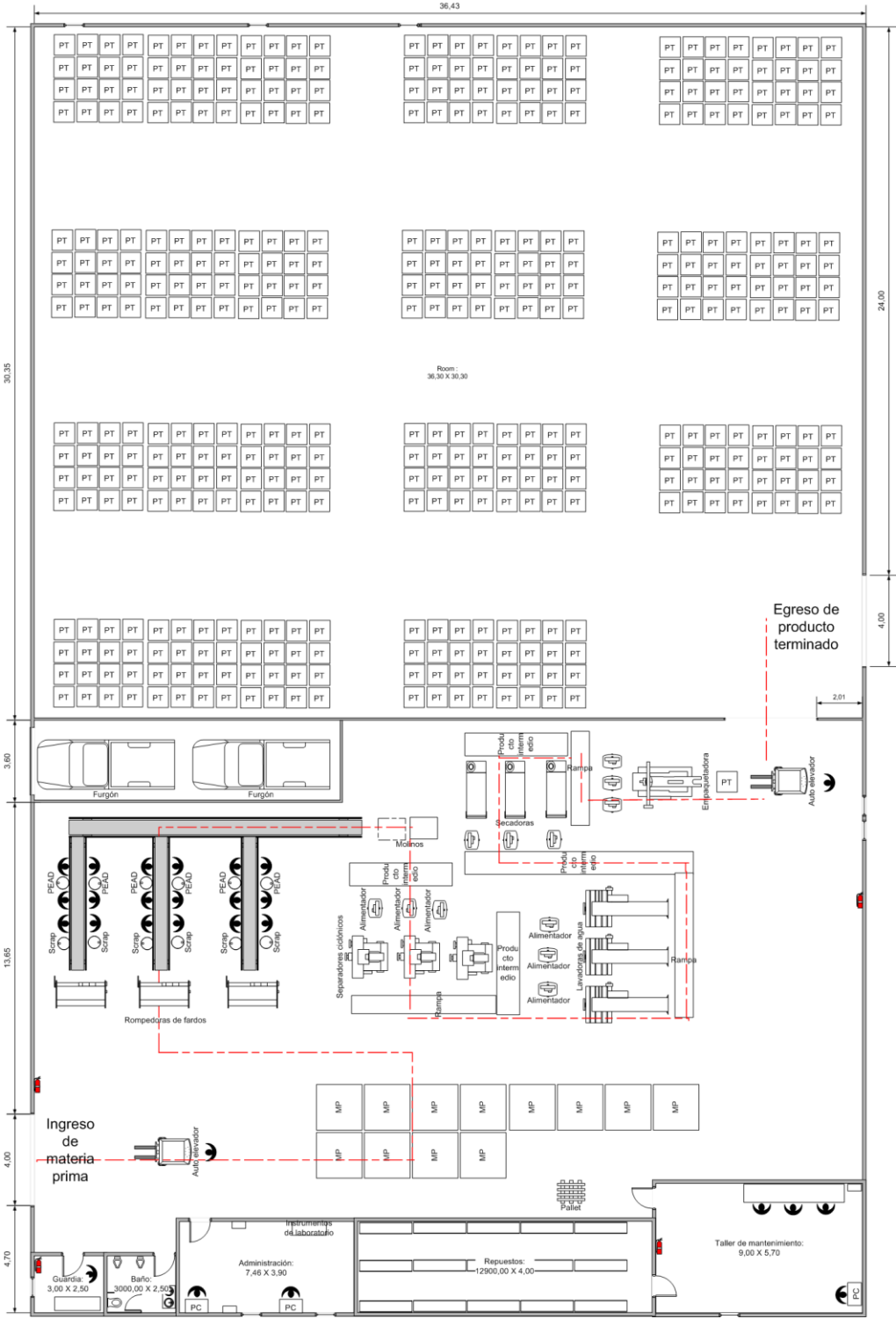


Figura V.1: Layout para año 2019

## Anexo VI: Tasas BADLAR Total desde el año 2000

2000	Enero	8,21	2003	Enero	16,37	2006	Enero	5,77	2009	Enero	13,92	2012	Enero	11,64
	Febrero	8,77		Febrero	17,45		Febrero	5,74		Febrero	11,36		Febrero	11,39
	Marzo	7,48		Marzo	20,91		Marzo	5,89		Marzo	11,50		Marzo	10,83
	Abril	7,53		Abril	18,93		Abril	6,71		Abril	11,96		Abril	11,24
	Mayo	8,61		Mayo	11,32		Mayo	6,61		Mayo	11,73		Mayo	11,01
	Junio	8,01		Junio	9,29		Junio	6,64		Junio	11,94		Junio	11,01
	Julio	7,43		Julio	4,54		Julio	6,89		Julio	11,98		Julio	11,64
	Agosto	7,34		Agosto	3,24		Agosto	6,98		Agosto	11,72		Agosto	10,68
	Septiembre	8,09		Septiembre	3,41		Septiembre	6,76		Septiembre	11,16		Septiembre	11,03
	Octubre	9,09		Octubre	3,53		Octubre	6,46		Octubre	11,08		Octubre	12,23
	Noviembre	11,64		Noviembre	3,45		Noviembre	6,77		Noviembre	10,36		Noviembre	11,25
	Diciembre	14,26		Diciembre	2,82		Diciembre	6,19		Diciembre	9,52		Diciembre	13,16
2001	Enero	9,05	2004	Enero	1,93	2007	Enero	7,49	2010	Enero	9,50	2013	Enero	12,26
	Febrero	6,51		Febrero	1,64		Febrero	6,99		Febrero	9,21		Febrero	12,23
	Marzo	13,93		Marzo	1,58		Marzo	7,22		Marzo	9,00		Marzo	12,83
	Abril	16,66		Abril	1,52		Abril	6,99		Abril	8,86		Abril	14,20
	Mayo	15,90		Mayo	2,15		Mayo	6,97		Mayo	8,65		Mayo	14,72
	Junio	12,25		Junio	2,14		Junio	6,73		Junio	8,82		Junio	15,04
	Julio	27,98		Julio	2,21		Julio	7,41		Julio	9,11		Julio	15,16
	Agosto	31,90		Agosto	2,61		Agosto	8,75		Agosto	9,17		Agosto	14,55
	Septiembre	26,18		Septiembre	2,79		Septiembre	10,25		Septiembre	9,08		Septiembre	14,81
	Octubre	26,20		Octubre	2,97		Octubre	10,30		Octubre	9,28		Octubre	16,70
	Noviembre	41,77		Noviembre	2,86		Noviembre	9,08		Noviembre	8,97		Noviembre	14,68
	Diciembre	8,28		Diciembre	2,89		Diciembre	10,17		Diciembre	9,68		Diciembre	17,45
2002	Enero	6,63	2005	Enero	2,71	2008	Enero	8,45	2011	Enero	9,65	2014	Enero	19,00
	Febrero	8,98		Febrero	2,57		Febrero	7,76		Febrero	9,18		Febrero	26,00
	Marzo	12,93		Marzo	2,63		Marzo	7,87		Marzo	9,18		Marzo	24,44
	Abril	51,28		Abril	3,07		Abril	7,82		Abril	9,10			
	Mayo	76,22		Mayo	3,65		Mayo	9,82		Mayo	9,53			
	Junio	85,24		Junio	3,90		Junio	13,41		Junio	9,46			
	Julio	86,48		Julio	4,44		Julio	11,95		Julio	9,34			
	Agosto	70,62		Agosto	4,11		Agosto	9,48		Agosto	9,75			
	Septiembre	45,89		Septiembre	4,19		Septiembre	10,40		Septiembre	10,20			
	Octubre	33,65		Octubre	4,36		Octubre	11,65		Octubre	12,25			
	Noviembre	17,32		Noviembre	4,59		Noviembre	16,10		Noviembre	13,43			
	Diciembre	21,14		Diciembre	5,04		Diciembre	15,71		Diciembre	14,61			

Tabla VI.1: Tasas BADLAR desde el año 2000

Las tasas BADLAR Total hasta Diciembre de 2013 fueron extraídas de la página de internet del Banco Central de la República Argentina (*BCRA, 2014*), las tasas del año 2014 se tomaron Portfolio Personal (*Portfolio Personal, 2014*).