



Trabajo Final:

# Diseño Técnico y Evaluación Económica de una Planta Productora de Escamas de Tereftalato de Polietileno

Departamento de Ingeniería Industrial

Facultad de Ingeniería

Universidad Nacional de Mar del Plata

Mar del Plata

Diciembre de 2012

Festta, Juan Ignacio

Palermo, Nicolás Agustín



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

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

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



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

# Diseño Técnico y Evaluación Económica de una Planta Productora de Escamas de Tereftalato de Polietileno

Evaluadores:

Ing. Esteban, Alejandra

Ing. Gadaleta, Liliana

Mg. Ing. Zarate, Claudia

Director:

Ing. Carrizo, Guillermo Adrián.

Co-director:

Mg. Ing. Onaine, Adolfo E.

Autores

Festta, Juan Ignacio

Palermo, Nicolás Agustín.

## ÍNDICE

<b>ÍNDICE.....</b>	<b>II</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS.....</b>	<b>IV</b>
<b>ÍNDICE DE GRÁFICOS.....</b>	<b>V</b>
<b>TABLA DE SIGLAS.....</b>	<b>VI</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>VII</b>
<b>INTRODUCCION.....</b>	<b>1</b>
<b>HIPÓTESIS DEL TRABAJO.....</b>	<b>3</b>
<b>ANÁLISIS DEL CONTEXTO SOCIO-ECONOMICO.....</b>	<b>4</b>
<b>LA REPUBLICA ARGENTINA.....</b>	<b>4</b>
<i>Contexto demográfico.....</i>	<i>4</i>
<i>Contexto político.....</i>	<i>4</i>
<i>Contexto socio-económico.....</i>	<i>5</i>
<i>La industria nacional en el año 2012.....</i>	<i>5</i>
<i>La industria y el proteccionismo nacional.....</i>	<i>7</i>
<i>El Plan Estratégico Industrial 2020.....</i>	<i>8</i>
<i>Los desafíos que debe enfrentar el sector productivo.....</i>	<i>8</i>
<b>EL PARTIDO DE GENERAL PUEYRREDON.....</b>	<b>9</b>
<i>Localización y datos sociodemográficos.....</i>	<i>9</i>
<i>La actividad económica.....</i>	<i>11</i>
<i>Promoción Industrial.....</i>	<i>12</i>
<b>ESTUDIO DE MERCADO.....</b>	<b>13</b>
<b>DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO.....</b>	<b>13</b>
<i>Tereftalato de polietileno (PET).....</i>	<i>13</i>
<i>PET Reciclado.....</i>	<i>14</i>
<i>Escamas de PET reciclados.....</i>	<i>15</i>
<b>DEMANDA.....</b>	<b>16</b>
<b>OFERTA.....</b>	<b>19</b>
<b>PRECIO.....</b>	<b>20</b>
<b>PROVEEDORES DE MATERIAS PRIMAS.....</b>	<b>21</b>
<i>Instalación de Recuperación de Materiales.....</i>	<i>21</i>
<b>PRECIO DE LAS MATERIAS PRIMAS.....</b>	<b>22</b>
<b>ESTUDIO TÉCNICO DE LA PLANTA DE RECICLADO.....</b>	<b>24</b>
<i>Proceso de reciclado de PET.....</i>	<i>24</i>
<b>PROCESOS INVOLUCRADOS EN EL RECICLADO MECÁNICO.....</b>	<b>25</b>
<i>Molienda.....</i>	<i>25</i>
<i>Detección de metales.....</i>	<i>26</i>
<i>Desgarramiento de fardos.....</i>	<i>26</i>
<i>Transporte del material.....</i>	<i>26</i>
<b>ANÁLISIS DE LAS ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS EXISTENTES.....</b>	<b>27</b>
<i>Separación.....</i>	<i>27</i>

<i>Lavado</i> .....	29
<i>Secado</i> .....	31
DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN DE LA PLANTA.....	32
<i>Gráfica de flujo del proceso de escamado de PET</i> .....	35
<i>Descripción del proceso</i> .....	37
<i>Especificación de los equipos</i> .....	41
<i>Especificación de las materias primas</i> .....	43
<i>Especificación de embalaje</i> .....	43
DISTRIBUCIÓN DE PLANTA.....	44
LOCALIZACIÓN DE PLANTA.....	47
<i>Descripción de alternativas</i> .....	47
ORGANIZACIÓN DEL RECURSO HUMANO Y ORGANIGRAMA GENERAL.....	49
<i>Organigrama</i> .....	49
<i>Plantilla de recursos humanos</i> .....	53
ANÁLISIS DE LAS ALTERNATIVAS DE PROVEEDORES.....	54
<b>EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL PROYECTO</b> .....	<b>59</b>
ESTIMACIÓN DE LA INVERSIÓN FIJA.....	59
CÁLCULO DE COSTOS DE PRODUCCIÓN.....	61
<i>Costos Variables</i> .....	61
<i>Costos Fijos</i> .....	63
CAPITAL DE TRABAJO.....	65
INVERSIÓN FIJA TOTAL.....	65
INGRESOS POR VENTAS.....	66
CUADRO DE FUENTES Y USOS DE FONDOS PARA EL PROYECTO SIN FINANCIACIÓN.....	67
FLUJO DE CAJA FINANCIADO.....	68
TIEMPO DE REPAGO.....	69
ANÁLISIS DE EQUILIBRIO.....	71
ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD.....	73
<b>CONCLUSIÓN</b> .....	<b>75</b>
<b>BIBLIOGRAFIA</b> .....	<b>76</b>
<b>ANEXOS</b> .....	<b>79</b>
ANEXO I – RECUPERACIÓN DE PET EN LA IRM-MGP.....	79
ANEXO II – REQUERIMIENTO DE ALMACÉN DE MATERIA PRIMA.....	80
ANEXO III – DISTRIBUCIÓN EN PLANTA.....	81
ANEXO IV – DIMENSIONAMIENTO DE LOS CENTROS DE ACTIVIDADES.....	86
ANEXO V – MATRIZ DE LOCALIZACIÓN.....	90
ANEXO VI – ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS DE PROVEEDORES.....	91
ANEXO VII – CÁLCULO DEL CONSUMO DE GASOIL.....	98
ANEXO VIII – REQUISITOS PARA ACCEDER A LA LÍNEA DE FINANCIACIÓN “FUERZA PARQUES”.....	99
ANEXO IX – CÁLCULOS PARA LA EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL PROYECTO.....	100

## **ÍNDICE DE TABLAS**

Porcentaje de la población según grupos de edades. Año 2010.....	10
Producto Bruto Geográfico del Partido de General Pueyrredon según sector de actividad. Año 2011.....	12
Especificaciones de escamas de PET.....	15
Índice internacional del precio del PET en escamas y pelletizado.....	20
Generación de RSU per cápita según el rango poblacional en Argentina.....	21
Estimación de la cantidad de PET cada 480 t de residuos recuperados en la IRM.....	22
Precio de venta de PET en octubre de 2012.....	22
Precio de comercialización del PET recuperado.....	23
Poder calorífico de materiales combustibles.....	25
Densidad de los polímeros encontrados en botellas.....	29
Características de los equipos y maquinas para el movimiento de materiales de la planta de escamado de PET.....	41
Área y valor total de los equipos y maquinas de la planta de escamado de PET.....	42
Energía eléctrica, agua y gasoil requerido para la planta de escamado de PET.....	42
Consumo de los servicios de la planta de escamado de PET.....	43
Precio y cantidad de materias primas para la planta de escamado de PET.....	43
Características Big Bags.....	43
Área de los centros de servicio de la planta de escamado de PET.....	46
Características relevantes de las alternativas A, B y C.....	48
Tareas de la mano de obra de los operarios en la planta de escamado de PET.....	52
Plantilla de personal y remuneraciones para la organización del proyecto.....	53
Número de habitantes de las ciudades relevadas.....	55
Estimación del PET generado en las IRM seleccionadas.....	55
Cantidad de camiones semanales disponibles para el transporte de PET.....	56
Precio del PET de las IRM relevadas.....	56
Información de las alternativas de proveedores para la planta de escamado de PET.....	57
Jerarquización de las alternativas propuestas.....	58
Cálculo de la inversión fija de la planta de escamado de PET.....	60
Costo anual de PET para la planta del proyecto.....	61
Costos anuales de personal del proyecto.....	62
Costos variables y fijos de la planta de escamado de PET.....	65
Cantidad de escamas de PET generadas por la planta de PET.....	66
Precio de venta e ingresos por ventas de la planta de escamado de PET.....	66
Cuadro de Fuentes y Usos de fondos para el proyecto sin financiación.....	67
Cuadro de Fuentes y Usos de fondos para el proyecto con financiación.....	68
Flujo de caja acumulado del proyecto.....	69
Carta de producción para múltiples productos para la planta escamadora de PET.....	71
Estimación de la composición de los residuos descargados en la IRM.....	79
Códigos de cercanía para el diagrama de relación de actividades.....	81
Hoja de trabajo de la planta de escamado de PET.....	83

Matriz de ponderación para la toma de decisión de localización de la planta de escamado de PET.....	90
Cuantificación de las preferencias para la selección de alternativas.....	91
Matriz de comparaciones pareadas con respecto al criterio de precio cristal.....	92
Matriz de comparaciones pareadas con respecto al criterio de precio cristal resuelta.....	93
Vector de suma ponderada del precio PET cristal.....	94
Vector resultante de la multiplicación del vector de sumas ponderadas y el valor de prioridad para el criterio precio PET cristal.....	94
Valores del índice de consistencia según el número de alternativas.....	95
Matriz de comparaciones pareadas para los nueve criterios de selección de proveedores de PET.....	96
Matriz de comparaciones pareadas resulta referidas a los nueve criterios de selección.....	96
Prioridades relativas de cada alternativa de proveedores de PET.....	97
Matriz de prioridades de las alternativas de proveedores de PET.....	97
Tasas para el calculo del Costo de Capital Propio.....	100

## **ÍNDICE DE GRÁFICOS**

Estimador Mensual Industrial.....	7
Evolución de la población del partido de General Pueyrredon, en número de habitantes.....	10
Identificación del tereftalato de polietileno.....	13
Evolución del reciclado del PET en Argentina.....	18
Gráfico de flujo del proceso de escamado de PET.....	36
Diagrama de flujo de la planta de escamado de PET.....	45
Organigrama de la planta de elaboración de escamas de PET.....	49
Tiempo de repago.....	70
Carta de producción para PET cristal, verde y celeste.....	72
Composición de los costos del proyecto.....	73
Análisis de sensibilidad de dos parámetros.....	74
Diagrama de relación de actividades de la planta de escamado e PET.....	82
Diagrama adimensional de bloques y análisis de flujo de la planta de escamado de PET.....	84
Plano de la planta de escamado de PET.....	85

## **TABLA DE SIGLAS**

BCA: Basureros a Cielo Abierto  
CDF: Centro de Disposición Final  
CPPC: Costo Promedio Ponderado del Capital  
EMI: Estimador Mensual Industrial  
EnOSUr: Ente Municipal de Obras y Servicios Urbanos  
GIRSU: Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos  
IA: Índice Aleatorio  
IC: Índice de Consistencia  
INDEC: Instituto Nacional De Estadísticas y Censos  
IRM: Instalación de Recuperación de Materiales  
MGP: Municipalidad del General Pueyrredon  
PAJ: Proceso Analítico de Jerarquías  
PBG: Producto Bruto Geográfico  
PBI: Producción Bruta Interna  
PET: Tereftalato de PoliEtileno  
PISo: Plan de Inclusión Social  
PP: PoliPropileno  
ppm: partes por millón  
PVC: Policloruro de Vinilo  
PyMEs: Pequeñas y Medianas Empresas  
RC: Relación de Consistencia  
RSU: Residuo Sólido Urbano  
TIR; Tasa Interna de Retorno  
VA: Valor Agregado  
VP: Valor Presente

## **RESUMEN**

El proyecto plantea el diseño técnico y la evaluación económica de una planta productora de escamas de PET la cual utiliza como materia prima materiales recuperados. El trabajo está dividido en cuatro capítulos: Un análisis del contexto donde se describe las características demográficas, políticas y socioeconómicas de la Republica Argentina y del Partido de General Pueyrredón haciendo hincapié en el aspecto económico e industrial. El estudio de mercado, el cual describe el producto que la planta produce, determina la oferta, demanda y el precio de las escamas de PET, describe los proveedores, la cantidad y el precio de las materias primas disponibles. El estudio técnico de la planta, donde se describe el proceso de reciclado, se elige la alternativa tecnológica entre las existentes para dicho proceso, se determina la capacidad de producción de la planta, los recursos necesarios para la producción, la distribución de la planta y finaliza con un análisis de alternativas de proveedor. El cuarto capítulo es el estudio económico en el cual se realiza un estudio de la factibilidad económica del proyecto determinando la inversión total, TIR del proyecto (con y sin financiación), y el tiempo de repago. Este ultimo capitulo permite concluir que el proyecto descripto es viable económicamente.

PET, escamas, reciclar, General Pueyrredon

## **INTRODUCCION**

El sistema económico mundial basado en la máxima producción, el consumo, la explotación ilimitada de recursos, la generación indiscriminada de residuos y el beneficio como único criterio es insostenible en el largo plazo. Un planeta limitado no puede suministrar indefinidamente los recursos que ésta explotación exigiría. El desarrollo sostenible asegura las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para enfrentarse a sus propias necesidades (Comisión Mundial sobre Ambiente y Desarrollo, 1987)

Algunas características que debe reunir un desarrollo para que lo podamos considerar sostenible son:

- Promover al máximo el reciclado y la reutilización.
- Poner su confianza en el desarrollo e implantación de tecnologías limpias (Tecnun, 2012).

De acuerdo a la definición de la Real Academia Española, reciclar es someter un material usado a un proceso para que se pueda volver a utilizar.

Por lo tanto, el reciclado es propicio para el desarrollo sostenible ya que promueve el ahorro de energía que requiere la fabricación de materiales vírgenes, reduce los impactos de dicha actividad y ayuda a conservar los recursos naturales, garantizar la disminución del volumen de residuos que hay que eliminar y proteger el medio ambiente (Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial, 2007).

Entendemos por Residuo Sólido Urbano (RSU) a cualquier producto, materia o sustancia, resultante de la actividad humana o de la naturaleza, que ya no tiene función para la actividad que lo generó. En Argentina, los RSU son habitualmente vertidos en Basureros a Cielo Abierto (BCA). Los BCA producen acciones nocivas sobre el ambiente y la economía; contaminan los suelos, los recursos hídricos y la atmosfera,

generan impactos sobre la flora, la fauna y la sobre la salud pública por transmisión de enfermedades, así como también generan costos sociales y económicos (ECOPLAS S.A., 2007)

A partir de los años 90, con la inserción del concepto de desarrollo sostenible ha crecido la conciencia sobre la necesidad de revertir esta situación y consecuentemente se han desarrollado planes de gestión de residuos en distintas localidades. El sistema de gestión de RSU en el partido de General Pueyrredon es uno de ellos.

La Gestión Integral de Residuos Solidos Urbanos (GIRSU) es un sistema de manejo de RSU que tiene como objetivo principal la reducción de los residuos enviados a disposición final (Guerrero, S. 2012).

A partir del año 2004, la Municipalidad del General Pueyrredon (MGP) diseña e implementa un sistema GIRSU para promover la inclusión de los recuperadores que recolectaban materiales en el basural a cielo abierto (sección rural – parcelas 335 q y 335 t) en nuevos esquemas de trabajo que no comprometan su salud y seguridad. La inauguración y operación del Centro de Disposición Final (CDF) en mayo de 2012 coincide con el inicio del plan de separación diferenciada impulsado por la MGP, para que los vecinos se comprometan a no enviar al CDF materiales que podrían ser recuperados en la planta destinada a tal fin, de manera de alargar la vida útil del predio. La MGP junto a la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación han desarrollado un plan de comunicación destinado a concientizar y sensibilizar a la población. De esta manera, la población participa activamente del sistema, separando en origen los residuos orgánicos en bolsas negras por un lado y los residuos inorgánicos reciclables en bolsas verdes (González Trigo, M, D. 2012).

Paralelamente a estas actividades, la MGP y la Secretaria de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación financiaron la obra de reacondicionamiento y mejora de la Instalación de Recuperación de Materiales (IRM) inaugurada en agosto de 2012. Esta planta es operada por la Cooperativa CURA y supervisada por el Ente Municipal de Obras y Servicios Urbanos (EnOSUr). En la planta se recupera papel,

plástico, metal, textiles y vidrio, los cuales son comercializados a industrias que aplican procesos de reciclado u otro proceso que genere valor.

A partir del año 2011 se crea el Plan de Inclusión Social (PISO). Este plan surge por pedido expreso del Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento para el financiamiento de los proyectos del CDF y la IRM incluidos en el GIRSU. El PISO cuenta con una serie de iniciativas que buscan reinsertar en la sociedad grupos de recuperadores que se encuentren trabajando en el basural a cielo abierto. La primera de estas iniciativas es la creación de una planta que procese envases de Tereftalato de polietileno (más conocido por sus siglas en inglés PET, *PolyEthylene Terephthalate*) post consumo para generar escamas de este material.

## **HIPÓTESIS DEL TRABAJO**

La instalación de una planta para la fabricación de escamas de PET, a partir de los materiales recuperados por la IRM del MGP, en la ciudad de Mar del Plata, es factible técnica y económicamente.

## **ANALISIS DEL CONTEXTO SOCIO-ECONOMICO**

### **LA REPUBLICA ARGENTINA**

#### **Contexto demográfico**

El último censo nacional realizado por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INDEC) en Noviembre de 2010 indica que el tamaño de la población Argentina es de 40.518.952 personas. La esperanza de vida al nacer para un argentino promedio es de 73,77 años, siendo de 77,54 para las mujeres y 70,04 años para los hombres. El índice de renovación de la población es del 2,5, esto indica que el país se encuentra en un potencial crecimiento poblacional.

La población Argentina, hablando en términos económico-demográficos, es una sociedad polarizada y desigual. En el año 2007 el 10% de la población que menos ingresos percibieron, tuvo una renta 30 veces inferior al 10% de la población de mayores ingresos. Esta última franja, es propietaria del 34,4% de la riqueza, mientras la primera apenas alcanza el 1,2% del total.

En el año 2012, la canasta básica alimentaria es de 1992 pesos y el 8,2% de la población se ubica por debajo de la línea de la pobreza.

La tasa de desempleo es del 7,4% considerando un 32,8% de empleo no registrado. Si bien, el crecimiento económico del país ha generado empleos, las oportunidades laborales son aprovechadas mayoritariamente por personas con mayor nivel de educación, es decir, quienes han alcanzado el nivel de secundaria completa o superior. Sólo el 45,3% de los adultos mayores a 25 años finalizaron los estudios secundarios y de ellos, un 11,1% obtuvo un título terciario o secundario, mientras que el 20,1% no finalizó los estudios primarios. Un dato importante para destacar es que la tasa de alfabetización del país es la más alta de Latinoamérica después de Chile, con el 98,9 % de la población.

### Contexto político

Hacia fines del año 2001, Argentina atraviesa una de las peores crisis de su historia. La crisis socio económica y el consecuente default de la deuda externa conducen al derrocamiento del gobierno constitucional y a la devaluación de la moneda local (el Peso Argentino) tras el fracaso de la convertibilidad, el modelo económico establecido en la década de los 90, con la paridad uno a uno del peso respecto del dólar (Svampa, M. 2005).

Los índices de pobreza y desempleo superaron niveles nunca alcanzados en la historia del país. En diciembre del 2001, la deuda externa supera los 190.000 millones de dólares, el 52,3% de la población se encontraba por debajo de la línea de la pobreza y la tasa de desempleo es del 24,7 % (INDEC, 2011).

Tras el llamado a elecciones del año 2003, asume un nuevo gobierno que hasta el año 2012 se mantiene en el poder ejecutivo.

### Contexto socio-económico

En el año 2003 comienza un período en el cual las variables macroeconómicas crecen a través de un modelo económico de fuerte contenido agro exportador, con algunos rasgos industrialistas y con alta regresividad social. En este contexto, la industria Argentina cobra protagonismo en el desarrollo económico. Las empresas locales se recuperan sustituyendo importaciones (Bustos Yañez, M, S. 2012).

Durante el período 2003-2005, las empresas que cuentan con más posibilidades de introducirse al sistema económico son aquellas que poseen mayor capacidad productiva y un buen nivel de actualización tecnológica. Esto les permite reducir los costos de producción y ofrecer productos a menor precio a un mercado interno con un poder adquisitivo reducido, producto de la devaluación de la moneda. Desde 2005 en adelante, las circunstancias económicas posibilitaron que se sumen al mercado un mayor número de Pequeñas y Medianas Empresas (PyMEs).

## La industria nacional en el año 2012

En el año 2011, el Producto Bruto Interno (PBI) duplica a la del año 2003. Los pilares fundamentales para la recuperación de la industria nacional durante este período son: la inversión; la utilización de la capacidad ociosa instalada; el aumento de la masa laboral contratada y su productividad; y las medidas nacionales tendientes a monitorear las importaciones y promover las exportaciones. Durante estos ocho años surgen 140 mil empresas, de las cuales, 14 mil son grandes empresas industriales (Naumann, W. Gammacurta, G. 2011).

Las PyMEs nacionales son las protagonistas de la reindustrialización. Generan el 75% del empleo registrado y representan más del 90% de las empresas del país. La actividad manufacturera aporta en 2012 más de un 1,2 millón de puestos de trabajo registrados.

En este contexto también se fortaleció el comercio exterior. Según datos relevados del INDEC, alrededor de 2.400 nuevas PyMEs exportadoras, triplican en valor agregado a la producción de las grandes empresas. El sector PyMEs industrial demuestra un elevado dinamismo y representó en 2011 un 55% del PBI industrial nacional.

El Estimador Mensual Industrial (EMI), elaborado por el INDEC, mide el desempeño del sector manufacturero. Refleja la evolución de la producción industrial en términos de volumen físico en períodos mensuales y se calcula con información proporcionada por empresas líderes, cámaras empresarias y organismos públicos que informan sobre productos e insumos representativos. El índice fue recalculado en el censo económico del año 2006, es por eso que utiliza el desempeño del sector manufacturero de dicho año como base para el cálculo de los anteriores y posteriores años y adopta el valor base 100. Es importante destacar que el EMI para el año 2012 se calcula con el promedio del primer cuatrimestre de dicho año.

Durante el año 2011, el EMI acumuló un incremento del 8,6% respecto del año anterior. Once de los doce grandes rubros de actividad industrial presentaron un avance. El crecimiento de las industrias referidas al caucho y plástico fue del 6,4%. El

único sector que exhibe una contracción de la producción es petróleo con un -4,5%. En el Gráfico 1 se observa la evolución del EMI (representado en el eje de ordenadas) en el período comprendido entre el año 2003 y 2012.

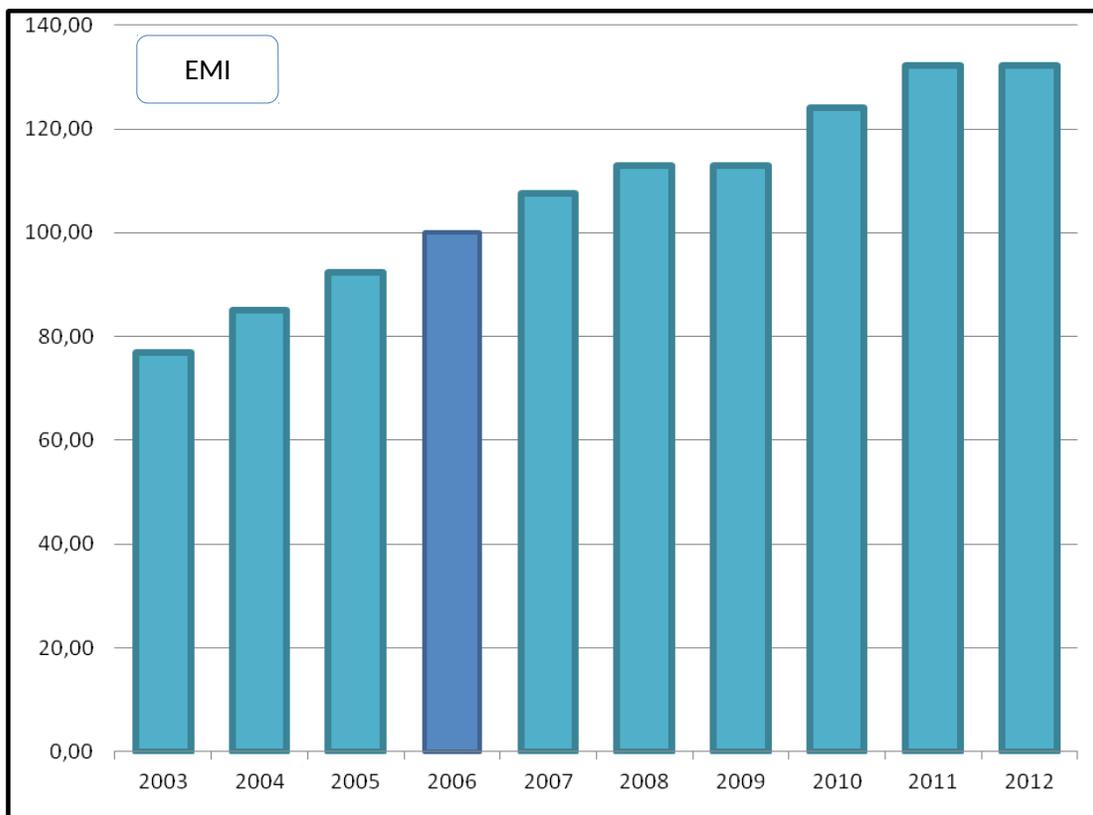


Gráfico 1: Estimador Mensual Industrial

Fuente: INDEC, 2012

### La industria y el proteccionismo nacional

En el período que va desde el 2009 hasta el 2012, Argentina reforzó su sistema de control de las importaciones para más de 1.300 artículos de consumo con el fin de evitar perjuicios a su industria (Casa Rosada, 2012).

En oposición a las medidas proteccionistas, desde algunos sectores como la Cámara de Importadores, se considera que esta medida restringe las importaciones para compensar los problemas de balanza comercial y fiscales que afronta el país. En este contexto la balanza comercial argentina registra en el primer semestre del año

2012 un superávit de 5.786 millones de dólares, lo que representa un descenso del 21% respecto del mismo período del año 2011.

La categoría de importaciones que más disminuye es la de bienes de capital, que incluyen máquinas, computadoras portátiles, camiones y grupos electrógenos, necesarios para el desarrollo industrial del país. El rubro de bienes de consumo desciende el 15%, el de piezas y accesorios para bienes de capital el 17% y el de bienes de capital, el 20% (Bermúdez, I. 2012).

### El Plan Estratégico Industrial 2020

En Octubre de 2011 se presenta el Plan Estratégico Industrial 2020 que propone crear un millón de puestos de trabajo, al incrementar el gasto del 24% del PBI al 28% en inversiones, y sustituir el 45% de las importaciones, en proyección a dicho año. Además, el plan propone duplicar el PBI industrial, de 700 mil millones, llegar en 2020 a 1.400 mil millones de dólares (Casa Rosada, 2012).

El plan destaca especialmente la necesidad de un Estado que planifique estratégicamente la política industrial, el sostenimiento de un mercado interno pujante y el agregado de valor en origen a las materias primas naturales.

### Los desafíos que debe enfrentar el sector productivo

Si bien las proyecciones para la industria nacional son positivas, los empresarios advierten que han comenzado a poner mayor atención en algunos aspectos que tiempo atrás pasaban inadvertidos. Entre ellos, la necesidad de realizar inversiones, ya sea en ampliaciones de plantas o bien en adquisiciones de nuevos bienes de capital que le permitan poder incrementar la capacidad productiva, ya que el uso de la capacidad instalada en diversos casos alcanza los niveles límites (Naumann, W. Gammacurta, G. 2011).

Mientras los empresarios plantean que se les sigue dificultando el acceso a la financiación, desde el Ministerio de Industria se multiplican las líneas de créditos para dar respuesta a esta demanda. En el horizonte también aparece como preocupación el aumento de costos y la pérdida de competitividad del tipo de cambio real.

Los desafíos del 2012 en adelante para que las empresas consoliden el crecimiento de los últimos años y se transformen en un desarrollo sostenible a largo plazo están atados a tres ejes fundamentales. En primer lugar, es prioritario brindar la seguridad al sector empresario, manteniendo las políticas orientadas al desarrollo industrial y a la administración y regulación del comercio exterior. En segundo lugar, es necesario fomentar las inversiones con estímulos brindados a través créditos blandos a largo plazo para la ampliación y modernización tecnológica. Finalmente, a través de educación y capacitaciones, se debe generar profesionales y mano de obra calificada. Asegurar estos puntos, permite continuar con un escenario favorable para lograr el desarrollo del mercado interno, la sustitución de importaciones y dar el salto cualitativo necesario para poder exportar productos con mayor valor agregado.

## **EL PARTIDO DE GENERAL PUEYRREDON**

### **Localización y datos sociodemográficos**

El partido de General Pueyrredon se encuentra sobre el Mar Argentino, en la Zona Sudeste de la provincia de Buenos Aires y limita con los partidos de Mar Chiquita, General Alvarado y Balcarce. La superficie del partido alcanza los 1.465,67 km<sup>2</sup> de los cuales 174,41 km<sup>2</sup> forman la superficie urbanizada (Municipalidad de General Pueyrredon, 2012).

La cabecera del partido es la ciudad de Mar del Plata, ubicada sobre la costa Atlántica a 404 km de la Capital Federal. Le sigue en importancia la ciudad de Batán, ubicada al suroeste de la ciudad cabecera del partido. Su distancia a Buenos Aires y el Gran Buenos Aires, y la autopista (autovía 2) que los comunica, hace de Mar del Plata un polo de crecimiento de potencial importancia para la República Argentina.

En el año 2012, habitan de forma permanente 705.000 personas en el Partido de Gral. Pueyrredon (densidad 480,9 hab/km<sup>2</sup>). Desde que Mar del Plata es fundada, la población se caracteriza por una fuerte influencia de las migraciones internas y externas. Desde 1895, comienza un incremento poblacional en verano, no sólo de veraneantes sino de población con intenciones de trabajar.

En el Gráfico 2 se observa el crecimiento poblacional del partido desde 1881 hasta 2012.

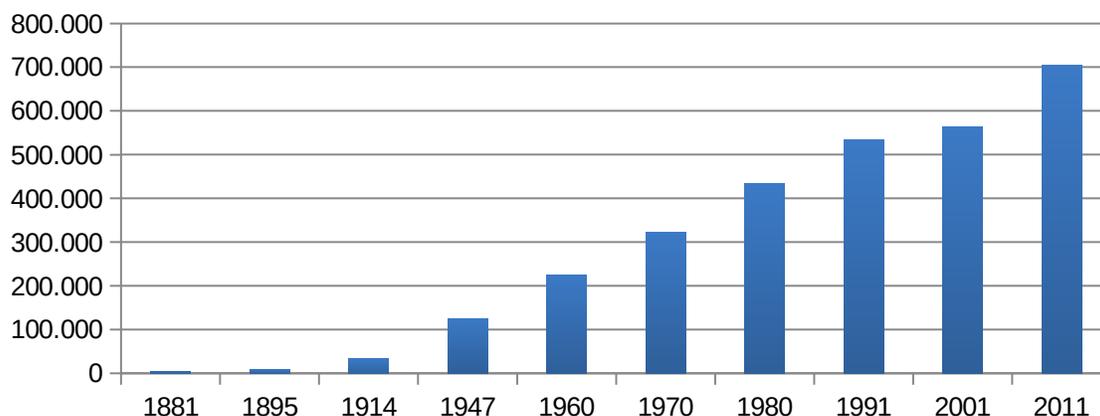


Gráfico 2: Evolución de la población del partido de General Pueyrredon, en número de habitantes

Fuente: Municipalidad del Partido de General Pueyrredon, Junio de 2012.

En el año 2010 nacen en el partido 10.057 habitantes y fallecen 6.358, lo que indica un potencial crecimiento poblacional. En la Tabla 1 se observa cómo está integrada la población del partido en 2011, según grupos basados en las edades.

Tabla 1: Porcentaje de la población según grupos de edades. Año 2010

Jóvenes	20 - 39	28,5
Adultos	40 - 69	32,1
Adultos Mayores	70 o mas	10,1

Con respecto a la educación en el Partido de General Pueyrredon, concurren a establecimientos educativos 155.547 estudiantes. La máxima deserción educacional ocurre entre la escuela primaria y la escuela secundaria, donde por año abandonan sus estudios un promedio de 40.240 estudiantes.

Luego de la crisis de diciembre de 2002, el 43% de la población del partido se encuentra por debajo de la línea de la pobreza. El último censo poblacional, en el año 2010, indica un índice de pobreza del 9,6%.

La tasa de desocupación es del 16,8% en 2003 y del 8,9% en 2011. En el primer trimestre del año 2012 la tasa de desocupación es del 8,1%.

### La actividad económica

Mar del Plata posee el principal puerto pesquero del país. En consecuencia la actividad primaria principal del partido es la pesca, con una producción dirigida en su mayoría al sector externo y un Producto Bruto Geográfico (PBG) que representa aproximadamente el 70% del sector. También se destaca la agricultura por el importante cinturón frutihortícola que rodea a la ciudad (una franja de aproximadamente 25 km de extensión). Tanto por la superficie cultivada, la diversidad y calidad de los productos como por rendimientos obtenidos, el cinturón hortícola constituye uno de los principales centros de producción del país (Municipalidad de General Pueyrredon, 2012).

En el año 2012 la ciudad de Mar del Plata es visitada por dos millones de turistas, por lo cual se desarrolla una importante infraestructura de servicios, en torno a la hotelería, gastronomía, espectáculos, entretenimientos, organización de eventos, así como el mercado inmobiliario.

En el sector industrial, las actividades que tienen una mayor preponderancia son las de elaboración de productos alimenticios y bebidas, el sector textil y la metalmecánica.

El partido de General Pueyrredon cuenta con el parque industrial General Manuel Salvio, de 310 hectáreas de extensión. En el mismo funcionan 61 establecimientos que desarrollan actividades en el sector alimenticio, metalúrgico, construcción, y químico-farmacéutico, entre otros. Está ubicado en el km 6,5 de la Ruta Provincial N° 88, a 9 km de la ciudad de Mar del Plata, constituyendo un punto neurálgico para el asentamiento y desarrollo de empresas industriales. Su ubicación permite una conexión directa con otras localidades y terminales de transporte como trenes, rutas provinciales, el aeropuerto internacional y el puerto de ultramar de la ciudad.

Durante el período 2007 - 2011 se desarrolló un proyecto de ampliación del parque industrial de 100 hectáreas, en una primera etapa. Con esta medida se espera generar una inversión del sector privado en equipamiento y bienes de capital de 300 millones de pesos. Además, la ampliación busca incrementar la mano de obra del parque, que pasaría de 4000 a 7500 puestos de trabajo.

En la Tabla 2 se observa que el PBG del partido en 2011 fue de 21 mil millones de pesos; representa aproximadamente el 0,77% del PBI nacional. En la misma se puede observar el PBG de cada sector de actividad, y el sector secundario desglosado en tres actividades: la Industrial, Electricidad, Gas y Agua, y la Construcción.

Tabla 2: Producto Bruto Geográfico del Partido de General Pueyrredon según sector de actividad. Año 2011.

Sector de Actividad	(Valor Bruto de Producción)	Consumo Intermedio	Valor Agregado (VA)	% del VA por Sector
PBG	11.035.367	4.998.416	6.035.743	100,00%
SECTOR PRIMARIO	1.075.308	483.044	592.264	9,80%
SECTOR SECUNDARIO	3.800.415	2.214.598	1.585.818	26,3%
<b>Industrial</b>	<b>2.954.415</b>	<b>1.815.318</b>	<b>1.138.721</b>	<b>18,90%</b>
Electricidad, Gas y Agua	222.529	126.169	96.359	1,60%
Construcción	623.847	273.110	350.737	5,80%
SECTOR TERCIARIO	6.159.644	2.300.775	3.857.662	63,90%

Fuente: Municipalidad del Partido de General Pueyrredon, 2012

### Promoción Industrial

El Estado Municipal busca fortalecer la actividad económica del municipio y la región a través de distintas estrategias. En este contexto se enmarcan las iniciativas de formación técnica y capacitación profesional (Rodríguez, R. 2012).

Para atraer a nuevas industrias con el objetivo de que se localicen en las zonas industriales del Partido, se desarrollan exposiciones que muestran la producción local. En el mismo sentido, se enmarca la política de otorgamiento de facilidades impositivas y crediticias para la generación de oportunidades competitivas y rentables.

Existen programas de asistencia financiera para microempresas que provienen de organismos provinciales y nacionales como lo es el financiamiento de actividades

productivas para la Micro, Pequeña y Mediana Empresa. Este es desarrollado por la Subsecretaría de la Pequeña y Mediana Empresa y Desarrollo Regional del Banco de la Nación Argentina que financia con condiciones especiales de tasa bonificada.

## **ESTUDIO DE MERCADO**

### **Descripción del Producto**

#### **Tereftalato de polietileno (PET)**

El Tereftalato de polietileno o polietileno Tereftalato (más conocido por sus siglas en inglés PET, *PolyEthylene Terephthalate*) es un plástico de alta calidad que se identifica con el número uno, o las siglas PET, rodeado por tres flechas en el fondo de los envases como se muestra en el Gráfico 3 (Aimplast, 2008).



Gráfico 3: Identificación del tereftalato de polietileno

Fuente: AIMPLAST. (2008)

Las propiedades físicas de este material y su capacidad para cumplir diversas especificaciones técnicas han sido las razones por las cuales ha alcanzado un desarrollo relevante en la producción de fibras textiles y en la producción de una gran diversidad de envases.

El PET es un material caracterizado por su gran ligereza y resistencia mecánica a la compresión y a las caídas, alto grado de transparencia y brillo, que conserva el sabor y el aroma de los alimentos y que es reciclable 100%.

Su empleo actual es muy diverso y su uso más conocido es como envase. Se emplea en bebidas carbónicas, aceite, aguas minerales, zumos, té y bebidas isotónicas, vinos y bebidas alcohólicas, salsas y otros alimentos, detergentes y productos de limpieza, productos cosméticos, productos químicos, lubricantes y productos para tratamientos agrícolas. En forma de film, se emplea en contenedores alimentarios, láminas, audio, video y fotografía, envases de medicamentos, embalajes especiales, aplicaciones eléctricas y electrónicas. Además, el PET se emplea en la

fabricación de fibras textiles, alfombras, tuberías, perfiles, piezas inyectadas y en los sectores de la construcción y automotriz.

### PET Reciclado

El PET reciclado se comercializa en pellets o simplemente en escamas. Las escamas resultantes del reciclado mecánico se pueden destinar en forma directa, sin necesidad de volver a hacer pellets, en la fabricación de productos por inyección o extrusión.

El pelletizado es el proceso que puede aplicarse a la escama para obtener pellets. Con un tiempo adecuado de permanencia, presión y temperaturas elevadas, se extrae en forma eficiente la contaminación (volátiles) de las escamas de PET y se reduce al mínimo la humedad residual y la pérdida de viscosidad intrínseca. En la extrusora el material de PET se plastifica y homogeniza y después pasa por un filtro fino donde se separan de la masa de PET la contaminación sólida residual incluyendo las partículas más finas. El resultado es un gránulo o pellet amorfo muy limpio y puro. Por último estos gránulos se seleccionan por tamaño y se cristalizan para que puedan ser utilizados para fabricar productos de alta calidad (Tadahiko, W. 2007).

El PET reciclado presenta una multitud de aplicaciones, lo que hace que aumente la demanda de este producto en el mercado. La forma más usual es la producción de fibras de aplicación en el sector textil. También es frecuente su utilización en la fabricación de láminas para blíster y cajas, bases y soportes para alfombras, flejes y rellenos para productos voluminosos, y monofilamentos para la confección de escobas y cepillos.

En cuanto a los envases de alimentos, su aplicación se reduce a la fabricación de envases multicapa, formados por la superposición de tres capas: la primera con PET virgen, la segunda con PET reciclado como relleno, y una tercera que completa el molde con PET virgen. Para la utilización de PET reciclado en envases alimenticios es necesario reciclar los envases post mediante procesos químicos.

El reciclado de PET se facilita con el empleo de envases transparentes, ya que sin pigmentos tiene mayor valor y mayor variedad de usos en el mercado.

En la Tabla 3 se muestran las especificaciones de los productos elaborados por el mayor productor de PET reciclado en Argentina. Las especificaciones se refieren al porcentaje de humedad y partes por millón (ppm) de polipropileno suelto y adherido a la escama. Esta empresa comercializa escamas de PET reciclado, de entre 8 y 10 mm, en bolsones de 1 m<sup>3</sup>, conteniendo 500 kg de producto terminado (ECOPLAS S.A. 2007).

Tabla 3: Especificaciones de escamas de PET

Producto	Humedad (%)	Etiqueta suelta (ppm)	Etiqueta pegada (ppm)
Cristal	< 2	< 20	< 5
Verde/Celeste	< 2	< 20	< 5
Cristal	< 3	< 20	< 5
Verde/Celeste	< 3	< 20	< 5
Cristal	< 5	< 150	< 100
Verde/Celeste	< 5	< 150	< 100

Fuente: Ecoplas Argentina, 2007

### Escamas de PET reciclados

El producto resultante de este proyecto serán escamas plásticas recicladas, que se comercializan a otras empresas como materia prima para la fabricación de fibras, que se utilizan en la confección de alfombras, cuerdas, cepillos y escobas, telas para prendas de vestir como el “polar”, calzados, camisetas (ECOPLAS S.A. 2007).

Las escamas tienen entre 8 y 12 mm, en colores verde, celeste y cristalino (sin precisar un tono).

Los envases de PET post consumo pasan por un proceso de clasificación, asegurando la correcta separación de materiales y colores. A través de un proceso mecánico (métodos físicos de purificación y separación) se generan escamas de PET. El proceso mencionado genera mermas en el producto del 8% (Gazzolli, D. 2012).

Las escamas de PET pueden ser extrudidas y granuladas en forma de pellets o utilizadas directamente en procesos de extrusión e inyección.

El producto obtenido presenta propiedades inferiores al PET virgen y la imposibilidad de ser utilizado nuevamente en envases que estén en contacto con alimentos por el grado de contaminación que presenta.

El producto obtenido se envasa en bolsones tipo Big Bags. Los Big-Bags o bolsones de polipropileno se refieren a envases flexibles con gran capacidad de almacenamiento. Estos contenedores son fabricados con tejidos de polipropileno de alta resistencia y diseñado para contener cargas de hasta 1500 kg (Miguel, B. 2012).

## **Demanda**

Se estima que sólo el 20% del volumen de PET que se utiliza en el mundo se recicla o reutiliza, el resto se dispone en rellenos sanitarios y basureros a cielo abierto. En el año 2012, Japón, que es el país más avanzado en el campo del reciclado, registra una tasa de reciclaje de botellas de PET de 77,9% según datos del Consejo de Reciclaje de botellas de PET local. Por otra parte, Europa tiene cifras consolidadas de 48,3%, de acuerdo con la Asociación Europea de Reciclaje de Contenedores de PET, y Estados Unidos de 28%, según la Asociación de Resinas de PET local. Brasil es el líder Sudamericano con una tasa de 55,6%, seguido por Argentina con 31%, según reportes de la Asociación Brasileña de la Industria del PET (SEMARNAT. 2008).

El mundo consume aproximadamente 15 millones de toneladas anuales de PET y el crecimiento del consumo anual es del 6%. China e India, debido a su gran crecimiento poblacional impulsan la mayor parte de la demanda de PET en el mundo. La demanda asiática de PET en 2010 es de casi 4,7 millones de toneladas (Tamborrel, G. 2012).

Europa demanda 3,7 millones de toneladas al año según las cifras de 2010, impulsado principalmente por Rusia, seguido por Alemania, Francia, España y Reino Unido. EEUU, Canadá y México consumen alrededor de 3,1 millones de toneladas al año. América del Sur registra un consumo de 2 millones de toneladas. El Oriente medio y África, son las regiones de mayor crecimiento en consumo después de Asia, registran en el período 2000 - 2009, un consumo promedio de 1,2 millones de toneladas por año.

La industria textil es el principal destino del PET reciclado. China importa más 700 mil toneladas al año (250 mil toneladas de Estados Unidos y 150 mil de la Unión Europea), principalmente para el desarrollo de fibras textiles.

La calidad final del PET reciclado resulta fundamental para su posterior aplicación y determinación del precio de venta. Los parámetros que determinan la calidad del producto son el porcentaje de humedad, las ppm de PoliPropileno (PP) y la contaminación que se determina según las ppm de Policloruro de Vinilo (PVC) contenido. Menos de 200 ppm (0,2 %) de PVC y 1% de humedad proporcionan un producto de buena calidad final (Bermúdez, A. 2012).

Se destaca el importante crecimiento del consumo del PET en todo el mundo. Un crecimiento anual del 6% permite detectar un potencial mercado con destino del PET reciclado.

Existen tres grandes mercados potenciales para comercializar este producto. El mercado asiático (China) adquiere grandes volúmenes sin mayores exigencias de calidad en contraposición al mercado europeo que es más exigente en esos términos. En el año 2012 este país importa desde fardos de PET recuperado hasta PET reciclado de buena calidad.

En el Gráfico 4, se puede observar que la demanda de PET en Argentina es de 240.000 toneladas al año, de los cuales 170.000 toneladas se destinan a la fabricación de envases alimenticios. El 30% restante, se emplea en la industria para la fabricación de fibras textiles, envases de medicamentos, monofilamentos para escobas, entre otras aplicaciones.

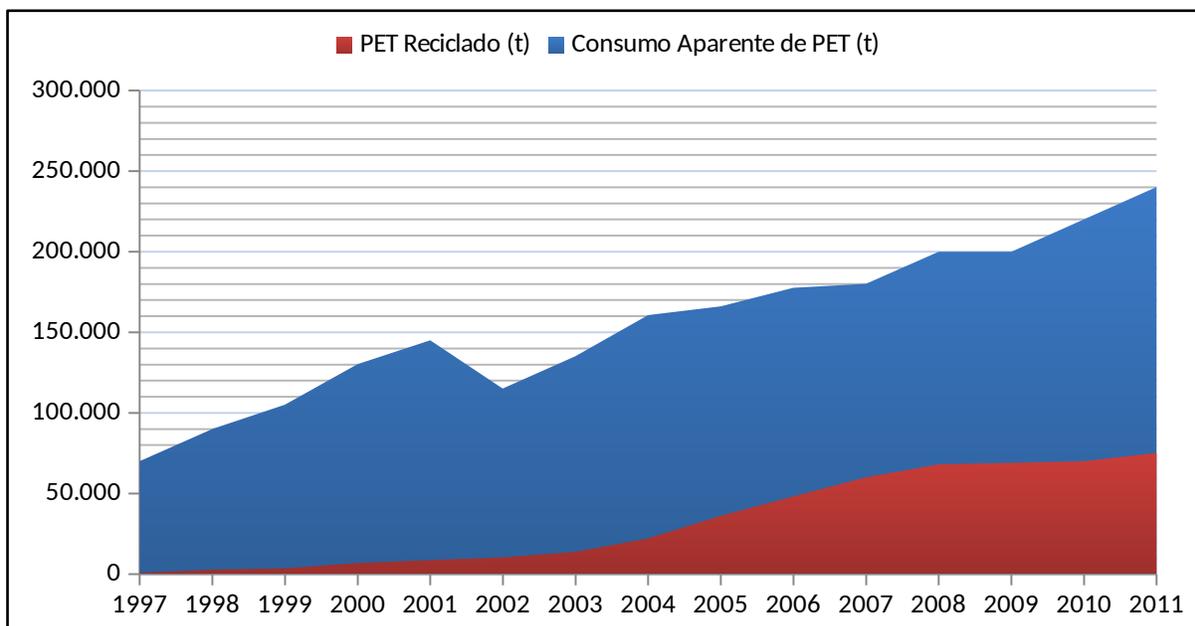


Gráfico 4: Evolución del reciclado del PET en Argentina

Fuente: Asociación Civil Argentina Pro Reciclado del PET, 2011

Alrededor de 8.000 toneladas anuales, que representa el 9% de la producción de PET reciclado en Argentina, tienen como destino a la industria nacional. Los demandantes de este producto son las industrias textiles, plásticas y químicas. Las empresas textiles desarrollan fibras sintéticas para la confección de paños de polar. La principal aplicación en Argentina es la elaboración de monofilamentos para la fabricación de artículos de limpieza como escobas y cepillos. Otras aplicaciones son la elaboración de resinas insaturadas, el termoformado para desarrollo de placas y laminas y en menor proporción, la fabricación de envases plásticos. El 91% restante de la producción nacional se exporta al sudeste asiático y tienen como principal destino el mercado Chino.

En Argentina cada vez son más las empresas que sustituyen resinas de PET virgen e incorporan a sus procesos el material reciclado, esto en parte puede explicarse porque representa una considerable reducción de costos de materia prima y además las organizaciones pueden incluir en sus misiones el concepto de responsabilidad ambiental.

## **Oferta**

El mayor costo del petróleo y del gas natural ha provocado un aumento del precio de la materia prima de origen plástico, lo que ha impulsado positivamente la rentabilidad de la industria del reciclado. Otro de los factores que contribuye al desarrollo del reciclado del PET es la variedad de aplicaciones existentes en la industria (Ortega Leyva, M, N. 2011).

La actividad de reciclado de PET en Argentina comenzó en 1997. En un principio se utilizó PET post-industrial, y luego progresivamente se fue incorporando botellas post-consumo recuperadas de Residuos Sólidos Urbanos. El Gráfico 4 se muestra la evolución de la actividad de reciclado en Argentina. Se observa que en 2011 se reciclaron 75.000 toneladas de PET.

La principal empresa de producción de escamas de PET en Argentina (20.000 toneladas al año) fue fundada en octubre de 2005 en Sarandí, Provincia de Buenos Aires.

En febrero de 2011 se inaugura en Pacheco, Partido de Tigre, la primera fábrica de reciclado de PET en Argentina que elabora sus productos para producir botellas plásticas para bebidas. La empresa elabora 14.000 toneladas de PET reciclado de alta calidad al año y es la única que produce escamas de PET aptas para elaboración de productos alimenticios en el país. Se pronostica que para el año 2015 aumentará la capacidad de la planta para producir 28.000 toneladas en 2015 (Barna, A. 2012).

En Argentina, el principal problema que limita el crecimiento de la producción de PET reciclado radica en la recuperación de los envases post consumo. Sin embargo, son cada vez más los municipios que implementan un sistema integral de residuos sólidos urbanos como política de desarrollo sustentable, que generan la materia prima para la industria del reciclado. Por otra parte, han surgido fuentes de financiamiento que brindan créditos blandos para promover el desarrollo de proyectos sustentables.

## **PRECIO**

No existe un precio único de mercado para la escamas de PET. El precio se determina teniendo en cuenta diversas variables entre las que se encuentran la calidad del material (limpieza, contaminación y humedad), el volumen de producción (a mayor volumen de venta, mayor precio), regularidad con la que se puede suministrar (a mayor regularidad, mejor precio) y ubicación (costo del transporte) (Plastic News. 2012).

El PET virgen y el PET reciclado se comportan como bienes sustitutos, es decir que cuando el precio del PET virgen disminuye, el precio del PET post consumo también baja. Se estima que el valor del PET reciclado se ubica entre el 60% y 80% (dependiendo de la calidad final) del precio de la resina virgen (Bermúdez, A. 2012).

Los foros internacionales donde productores y compradores ofrecen y buscan respectivamente este producto, permiten hacer una apreciación del precio al cual se comercializa el PET reciclado en los distintos mercados del mundo. En Argentina no es posible determinar con precisión el precio de este producto debido a que es una actividad reciente y sus principales actores no proporcionan datos al respecto.

Plastics News, con sede en Detroit, EEUU, cubre el negocio de la industria global de plásticos. La misma se centra en los desarrollos comerciales, financieros, legislativos y relacionados con el mercado en todo el mundo que afectan a fabricantes de productos plásticos y clientes. La misión de la publicación es informar mensualmente los precios internacionales como se muestra la Tabla 4.

Tabla 4: Índice internacional del precio del PET en escamas y pelletizado.

PET	Precio (Min - Max)	
	Escamas	Pellets
Claro reciclado	1,2345 - 1,4991	1,5872 - 1,7636
Verde/Celeste reciclado	0,9700 - 1,1464	1,1904 - 1,3668

Fuente: Plastics News. Mayo de 2012.

## **Proveedores de Materias Primas**

### **Instalación de Recuperación de Materiales**

Las materias primas a utilizar en el proyecto se obtienen de los materiales recuperados por la Instalación de Recuperación de Materiales (IRM) del Partido de General Pueyrredon.

El municipio en enero de 2006, inicia las obras para la construcción de la IRM ubicada en la zona de disposición de residuos del municipio, Av. Antártida Argentina al 9000: sección rural, parcela 335 bc del Partido de General Pueyrredon. Esta comienza a operar en el año 2009 con una capacidad máxima de 200 t de Residuos Sólidos Urbanos (RSU) por día (González Trigo, M, D. 2012).

En el año 2011, la MGP junto con la Secretaria de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación impulsan reformas en las instalaciones, debido a serios inconvenientes técnicos en la operación. En agosto del 2012 la IRM se reinaugura y desde esta fecha la instalación cuenta con una capacidad máxima de 480 t de RSU por día.

Para estimar el volumen de RSU generados diariamente por el partido se considera el número de habitantes y la generación per cápita que se muestra en la Tabla 5. El partido de General Pueyrredon genera en promedio 750 t de RSU diarios.

Tabla 5: Generación de RSU per cápita según el rango poblacional en Argentina

<b>Rangos poblacionales</b>	<b>Generación per cápita (kg/hab.día)</b>
menos de 9.999 hab	0,78
desde 10.000 hasta 19.999	0,83
desde 20.000 hasta 49.999	0,76
desde 50.00 hasta 99.999	0,89
desde 100.000 hasta 199.999	0,97
desde 200.000 hasta 499.999	0,74
desde 500.000 hasta 999.999	1,07
más de 1.000.000 de hab	1,3

Fuente: Instituto Argentino de Normalización y Certificación. 2010

La composición de los residuos recibidos en la planta depende de los residuos generados por los habitantes del partido.

La IRM recupera 2.227,5 kg de PET cada 100 t de RSU (Ver anexo I). El PET se clasifica en cuatro categorías: cristal, verde, celeste y aceite. Como no existen diferencias considerables entre el PET celeste y el verde referido a valores de mercado en el Partido de General Pueyrredon o al proceso productivo, en este proyecto se analizan de manera conjunta en una nueva categoría denominada Color. En la Tabla 6 se presenta una estimación del PET recuperado cada 480 t de RSU en la IRM, clasificado en los tres grupos mencionados.

Tabla 6: Estimación de la cantidad de PET cada 480 t de residuos recuperados en la IRM.

COMPONENTE	kg/día
PET Cristal	6.415,20
PET Color	3.207,64
PET Aceite	1.069,20
<b>Total</b>	<b>10.692,05</b>

Fuente: EnOSUr, 2012

## Precio de las Materias Primas

La Cooperativa CURA comercializa de forma mayorista el PET recuperado por la IRM con la empresa que ofrezca el mayor precio de venta. En octubre de 2012 los precios de venta del PET recuperado por la IRM se muestran en la Tabla 7.

Tabla 7: Precio de venta de PET en octubre de 2012

COMPONENTE	PRECIO (\$/kg)
PET Cristal	\$ 1,75
PET Color	\$ 1,20
PET Aceite	-

Fuente: Cooperativa CURA, Octubre de 2012

Una importante empresa de reciclado de PET radicada en Pacheco - GBA, pretende adquirir la totalidad del PET recuperado en la IRM. Esta empresa ofrece el mejor precio mayorista del mercado, pero es la cooperativa quien se hace cargo del costo del transporte. La planta del proyecto comprará el kg de PET enfardado al mejor precio del mercado como se muestra en la Tabla 8 dejando el costo del flete a cargo del proveedor.

Tabla 8: Precio de comercialización del PET recuperado

COMPONENTE	PRECIO (\$/kg)
PET Cristal	\$ 2,30
PET Color	\$ 1,80
PET Aceite	\$ 0,80

Fuente: Cabelma S.A. Octubre de 2012

## **ESTUDIO TÉCNICO DE LA PLANTA DE RECICLADO**

### Proceso de reciclado de PET

Existen tres formas diferentes de reciclar los envases post consumo de PET: someterlos a un reciclado mecánico, a un reciclado químico o a un reciclado energético, empleándolos como fuente de energía. (Revista Iberoamericana de Polímeros, Agosto de 2012).

#### **Reciclado Mecánico**

La técnica más utilizada es el reciclado mecánico. El proceso de reciclado mecánico cuenta con tres etapas principales:

- Molienda
- Separación
- Lavado y Secado del material.

Las escamas resultantes de este proceso se pueden destinar en forma directa en la fabricación de productos por inyección o extrusión, sin necesidad de volver a hacer pellets.

#### **Reciclado Químico**

El reciclado químico consiste en aplicar procesos mediante los cuales las moléculas de los polímeros son craqueadas dando origen nuevamente a materia prima básica que puede ser utilizada para fabricar nuevos plásticos. Algunos métodos de reciclado químico, como la pirolisis, ofrecen la ventaja de no tener que separar tipos de resina plástica reduciendo los costos de recolección y clasificación, dando origen a productos finales de muy buena calidad. Los principales procesos químicos existentes son la metanólisis, hidrólisis, glicolisis y pirolisis.

## Reciclado Energético

El PET es un polímero formado sólo por átomos de carbono, oxígeno e hidrógeno, que al ser quemado produce dióxido de carbono y agua ( $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ ) con desprendimiento de energía. De esta manera es posible aprovechar este material como combustible en los casos donde por costos de acopio y transporte sea inviable algún otro procedimiento de reciclado. Algunas aplicaciones posibles del PET como combustible son la calefacción de hogares o escuelas u otros usos en la industria como por ejemplo para la fabricación de ladrillos.

En la Tabla 9 se muestra el poder calorífico del PET y otros materiales combustibles. Como se puede observar, con un gramo de combustión de PET se puede obtener hasta 6.300 calorías.

Tabla 9: Poder calorífico de materiales combustibles

Poder Calorífico	
Material Combustible	kcal/kg
Naftas	9.500 - 11.000
Gas Metano	7.500
Carbón	6.400
<b>PET</b>	<b>6.300</b>
Alcohol	5.000
Leña	2.500 - 4.000

Fuente: Instituto Politécnico Nacional, México D.F. 2010

Se selecciona entre el método de reciclado mecánico y el químico, el primero, ya que es menos complejo que el reciclado químico y además, las escamas producidas tienen como destino la industria no alimenticia. Se descarta la opción del reciclado energético debido a que el fin del proyecto es la elaboración de escamas y la utilización

del reciclado energético se utiliza en última instancia, cuando el reciclado mecánico y químico no son factibles.

## **Procesos involucrados en el reciclado mecánico**

### **Molienda**

La molienda facilita la descontaminación del material al lavar el interior del recipiente plástico y permite aplicar posteriormente procesos de separación. Además define la forma en que será comercializado el producto para facilitar su aplicación al cliente.

Los fabricantes de PET reciclado utilizan molinos a cuchillas. Estos poseen una rejilla que permite filtrar las escamas hasta el tamaño deseado. El tamaño del triturado idóneo para su comercialización se sitúa entre 8 y 12 mm. Algunos fabricantes recomiendan utilizar dos molinos en la línea. El primero permite obtener una escama de tamaño mayor a la obtenida al final de la línea, ya que esto optimiza el lavado (Aimplast, 2012).

La calidad de las cuchillas del molino, el mantenimiento de las mismas con un adecuado afilado y el recambio periódico son factores críticos, ya que inciden directamente en la capacidad del proceso, en la pérdida de material y la calidad del producto final.

### **Detección de metales**

La presencia de metales en la alimentación daña las cuchillas del molino así como también afecta de manera negativa a la calidad del producto debido al paso indeseado de virutas metálicas a la salida del proceso. Por estos motivos se coloca un detector de metales previo a la boca del molino. (KIE, 2012)

### **Desgarramiento de fardos**

La materia prima se recibe en fardos por cuestiones de transporte, lo cual implica que para procesar el plástico se debe descomprimir el material y separar las

botellas. Los desgarradores atrapan los fardos desgarrando las botellas para facilitar el proceso. (Hengli & Co., 2012)

### Transporte del material

Los fardos se transportan mediante autoelevadores o zorras. Las botellas se transportan de un proceso a otro mediante cintas transportadoras y tornillos helicoidales, mientras que las escamas se pueden transportar utilizando bombas, túneles de viento y tornillos al igual que las botellas.

### **Análisis de las alternativas tecnológicas existentes**

Las alternativas tecnológicas que se analizan son aplicables a los procesos utilizados en líneas de reciclado mecánico.

### Separación

La finalidad es obtener PET de la pureza requerida. La materia prima a procesar contiene diferentes tipos de plásticos. En Argentina las botellas de bebidas carbonatadas y de agua mineral se fabrican de PET (95%), las etiquetas y tapas son de PP y/o PEAD. se mencionan los métodos existentes y aplicables en la industria (Bermúdez, A., 2012).

### **Métodos para eliminar etiqueta y tapa de las botellas**

Existen dos alternativas, la primera consiste en colocar una cinta transportadora y un grupo de operarios ubicados en los laterales de la misma retiran las etiquetas y tapas manualmente. Este método es factible cuando se requiere procesar volúmenes bajos y no se justifica la inversión en equipos automatizados.

La segunda alternativa consiste en colocar un equipo removedor de tapas y etiquetas. Estos equipos poseen un depósito cilíndrico por donde pasan las botellas y un eje en el interior del mismo gira a altas revoluciones. Sobre las paredes del cilindro y el eje se colocan dispositivos de fricción en forma de serrucho. Estos dispositivos rasgan las botellas y quitan las etiquetas y tapas (Aimplast. 2012).

Para el presente proyecto se utiliza la segunda alternativa debido a que el volumen de producción es alto.

## **Métodos para la separación de plásticos**

### ***Método manual***

Se coloca al costado de una cinta transportadora un grupo de operarios que controlan el material de los envases plásticos y separan aquellos que no se ajustan a las especificaciones del proceso. Este método se utiliza cuando el material ha sido clasificado previamente y los operarios cumplen una función de inspección sobre la materia prima que se procesa.

### ***Métodos ópticos (espectroscópicos)***

Este método es útil para la separación de botellas de diferentes materiales plásticos. Se basan en la diferente respuesta que tienen los plásticos a la radiación electromagnética en función de su estructura química. Son técnicas de respuesta muy rápida por lo que se han podido aplicar en separaciones en tiempo real y de manera automatizada. Estos métodos son muy efectivos para separar grandes volúmenes de botellas pero tienen la desventaja de ser muy costosos.

### ***Métodos Físicos***

Se analizan el hidrociclón, la separación triboeléctrica y la separación por diferencia de densidades. Estos métodos se utilizan para separar escamas de diferentes materiales plásticos.

#### *Hidrociclón*

Se basa en un flujo de agua y de partículas plásticas lanzado de forma tangencial hacia la parte superior de un cono. La fuerza centrífuga concentra a las partículas más pesadas hacia el exterior, cayendo por la parte inferior por donde son recogidas, mientras que las partículas más ligeras se desplazan hacia la parte superior.

#### *Separación triboeléctrica*

Está basada en la diferencia de carga electrostática de pequeñas partículas de los polímeros. Esta diferencia es provocada por la fricción en la pared de un remolino de aire donde se proyectan en un campo electrostático generado entre dos placas, a las que se aplica un potencial eléctrico.

*Método de flotación - hundimiento*

Los distintos plásticos contenidos en las botellas de alimentación, presentan una diferencia en sus densidades que puede ser utilizada para separarlos por flotación en soluciones de diferentes densidades como se observa en la Tabla 10.

El método consiste en trocear la mezcla de plásticos e introducirla en una solución de agua. De esta manera quedan en la superficie del líquido aquellos plásticos de densidad menor a la del agua hundiéndose los de densidad mayor.

Tabla 10: Densidad de los polímeros encontrados en botellas.

Polímero	Identificación	Densidad (g/cm <sup>3</sup> )
Polipropileno	PP	0,9
Polietileno Baja/Alta densidad	PEBD/PEAD	0,91 - 0,94
Tereftalato de etileno	PET	1,35
Cloruro de vinilo	PVC	1,35 - 1,45

Fuente: Libro; "Principales polímeros comerciales", Universidad politécnica de Valencia, 2006.

Este método es utilizado principalmente para separar el PET de PP y PE. En la superficie de la pileta de agua se ubican molinos en serie que extraen las escamas de PP y PE. Las escamas de PET que se encuentran en el fondo de la pileta son recogidas por una bomba hasta la base de un transporte helicoidal que los eleva al siguiente proceso.

No es posible separar mediante este método las escamas de PVC y PET, ya que la densidad de estos productos es similar.

El método que se utiliza en el presente proyecto es el de separación mediante flotación hundimiento debido a que presenta menor complejidad que los anteriores y las materias primas a procesar no poseen PVC ya que han sido clasificadas previamente.

Se utiliza el método manual como inspección de las botellas de alimentación al primer molino con la finalidad de evitar que se procese un material indeseado que no hubiese sido separado en la clasificación de la planta de recuperación de materiales.

### Lavado

El lavado es un proceso determinante en la calidad final del producto. El mismo se puede aplicar a las botellas previamente a ser trituradas y/o posteriormente a las escamas. Es importante destacar que un mayor tamaño de la escama optimiza el rendimiento del lavado (Aimplast, 2008).

Mediante el lavado se pretende eliminar contaminantes orgánicos, tierra, restos de etiqueta y pegamento.

Se entiende por lavado en frío, medio y caliente al lavado utilizando agua a temperatura ambiente, 40°C y entre 70°C a 90°C respectivamente.

Se puede utilizar agua fría con tensoactivos o agua fría con soda caustica diluida y/o vapor para obtener un lavado a una mayor temperatura. La soda caustica diluida en agua hasta en un 3% peso en volumen genera una escama limpia y libre de bacterias. Esto permite obtener un producto apto para la fabricación de envases multicapas, aunque es necesario aplicar un tratamiento posterior al efluente. Existen lavadoras con quemadores o resistencias eléctricas que elevan la temperatura del fluido de lavado (Hengli & Co, 2012).

Es conveniente aplicar el proceso de separación por flotación después del lavado, en primer lugar para optimizar el rendimiento de la separación y en segundo lugar porque permite limpiar la escama de tensoactivos y/o soda caustica arrastrados del proceso.

Los equipos para el lavado más utilizados en la industria son: equipos de fricción, centrifugación y el ciclón.

Los equipos de fricción utilizan el movimiento giratorio de paletas ubicadas en el depósito que permiten que las escamas friccionen entre si optimizando el lavado. Algunos de estos equipos cuentan además con chorros de agua a presión. Existen equipos que trabajan a temperatura controlada o utilizando vapor para optimizar el rendimiento de los tensoactivos.

Los equipos centrífugos utilizan el movimiento rotatorio del depósito, que mediante fuerza centrífuga arrastran el agua de lavado hacia afuera del recipiente. Tienen como principal ventaja que permiten obtener el producto con bajo contenido de humedad a la salida del mismo.

Los ciclones utilizan remolinos de aire para separar polvo y tierra de las escamas. Este proceso no elimina contaminantes orgánicos, ni el pegamento adherido a la superficie de la escama por lo que se considera como equipamiento complementario a los equipos centrífugos o fricción. (Ecoplast, 2011)

Para el presente proyecto se utilizan tres procesos de lavado. El primero, consiste de un lavado con agua fría a los envases para remover tierra y restos orgánicos. Luego de la primera molienda se aplica un lavado en frío por fricción y luego de la segunda molienda, una lavadora con quemador diesel efectúa el lavado en caliente.

### Secado

Posterior al ciclo de lavado es necesario aplicar una operación de secado para eliminar el remanente de humedad del material.

Pueden utilizarse secadores centrífugos que constan de un tambor de acero inoxidable especialmente diseñado para extraer la humedad por las paredes externas del equipo. El principio de funcionamiento se basa en el movimiento giratorio de un eje que cuenta con paletas encargadas de arrastrar la escama para que mediante fuerza centrífuga se logre desprender de la humedad contenida en su superficie.

Existen secadores de aire que hacen circular aire caliente o frío entre el material molido y permiten eliminar humedad hasta límites permisibles.

Los sistemas de secado mencionados permiten obtener escamas con una humedad de entre 3% y 1%. La humedad remanente se encuentra ocluida en los poros de la escama y no es posible extraerla con estos métodos.

### **Línea de secado por aire caliente**

Para obtener escamas de PET con bajas concentraciones de humedad (menos de 1%) se utilizan líneas de secado por aire caliente. El aire es precalentado mediante el empleo de resistencias eléctricas hasta alcanzar una temperatura entre 165 y 175°C. Este aire seco es usado como gas de arrastre para eliminar la humedad superficial y la humedad interna en los poros de la escama que irá migrando hacia la superficie de la escama.

### **Determinación de la capacidad de producción de la planta**

Existen tres potenciales mercados para comercializar el PET reciclado, Europa, Asia y el mercado interno. El mercado del sudeste Asiático está impulsando la demanda del consumo de este producto incorporando el mismo a procesos de la industria textil. El objetivo del proyecto es comercializar el producto en ese destino, debido a que es un mercado menos exigente que el europeo en términos de calidad. China demandó 700.000 toneladas de PET reciclado en 2010 y se espera que demande un 6% más en el año 2015. Esta expansión demandará 42.000 toneladas de PET reciclado, del cual se cubre aproximadamente el 6% con una producción de 2.600 toneladas anuales.

En 2011 el mercado Argentino demanda 8.000 toneladas de PET reciclado. La industria no alimenticia que demanda 70.000 toneladas de PET virgen podría incorporar el PET reciclado en sus procesos. Para posicionarse en dicho mercado es necesario incentivar al sector de la industria del plástico a que incorpore este producto en sus procesos mediante un plan de marketing que genere la demanda. Sin embargo el mercado Asiático representa un mercado más atractivo debido a la demanda en

constante expansión. El proyecto apunta a comercializar sus productos únicamente en el mercado Asiático.

El tamaño de una organización puede definirse a través de su capacidad instalada. La capacidad es la cantidad de producto o servicio que puede ser obtenido en una determinada unidad productiva durante un cierto tiempo, generalmente se expresa en unidades de producción por año. (Domínguez Machuca y otros, 1995).

Para determinar el tamaño de la nueva unidad de producción se consideran seis factores principales: el tipo de proceso de manufactura, la demanda, la disponibilidad de materias primas, la tecnología, los equipos y el financiamiento.

Para el caso del proyecto se necesita un proceso de manufactura en línea debido a que la producción requiere una serie de componentes discretos donde el producto pase de una estación de trabajo a otra a un ritmo controlado siguiendo la secuencia requerida para la fabricación del mismo.

La producción en línea es una disposición de los lugares de trabajo en la que las operaciones que van sucediendo están localizadas en continuidad inmediata. El material circula continuamente y a una velocidad uniforme por una serie de operaciones balanceadas permitiendo la ejecución total y simultánea hasta su terminación.

En lo referente a la tecnología y los equipos, estos están relacionados directamente con la disponibilidad de capital. Por ejemplo, si se requiere tecnología de punta, la inversión es mayor. En particular, la tecnología requerida para procesar los envases post consumo de aceite es la más costosa (Barna, A. 2012). Considerando que este material representa solo el 10% del resto de las materias primas, se decide no procesar este tipo de envases.

En relación a disponibilidad de materias primas, el proyecto está limitado, en un principio, por la recuperación de PET de la IRM del Partido de General Pueyrredon. Dicha planta recupera en promedio, 2 t de PET diarios por cada 100 t de RSU en los meses de marzo a diciembre. En los dos meses restantes, se triplica el recupero de PET ya que la composición de los RSU varía debido al aumento el consumo de

bebidas, tanto por parte de los marplatenses como por los 700.000 turistas que visitan la ciudad (EnOSUr, 2012).

Otro factor a considerar es el rendimiento en la recuperación de la IRM. La misma posee desde la reinauguración una capacidad mayor que asciende a 480 toneladas por día y por lo tanto requiere de un mayor número de recuperadores para operarla. Estos no poseen la experiencia previa de trabajar de forma organizada en una planta y además, registran un alto índice de ausentismo. Por estos motivos se estima que el rendimiento de la IRM será del 75%.

La cantidad promedio de materia prima a procesar por día es de 9,6 t. Considerando que la IRM opera 300 días al año, la cantidad promedio de materia prima anual es de 2.880 t.

En caso de que se produzca un incremento en el recupero, se deberá considerar trabajar horas extra o invertir en maquinarias para incrementar la capacidad en el mediano y largo plazo, pero este análisis no será incluido en el presente proyecto.

La planta se diseña para operar un turno de 8 horas diarias de manera continua. Los operarios toman descansos (incluidos los 30 minutos de almuerzo) realizando relevos para no interrumpir el proceso, es por ello que no se descuentan dicho tiempo para el cálculo de minutos efectivos de producción. Además consideramos que la planta trabajará con el 90% de eficiencia ya que no es realista esperar una eficiencia del 100%. El cálculo de tasa de planta incluye este rendimiento con el objetivo de sobredimensionar la capacidad de los equipos de producción y evitar cuellos de botella que limiten la capacidad productiva de la planta. (Meyers, F. E, y Stephens, M., 2005).

Definimos tasa de planta como la tasa a la que deben fluir las operaciones o procesos con el fin de cumplir una meta de producción. Por lo tanto la tasa de planta resulta de 0,06 minutos por kg de materia prima, en este proyecto, kg de PET recuperado. Esto nos dice que la línea debe poseer una capacidad para procesar 16,66

kg de materia prima por minuto, que equivale a 1.000 kg por hora. No obstante el cuello de botella de la línea debe estar por encima de dicho valor.

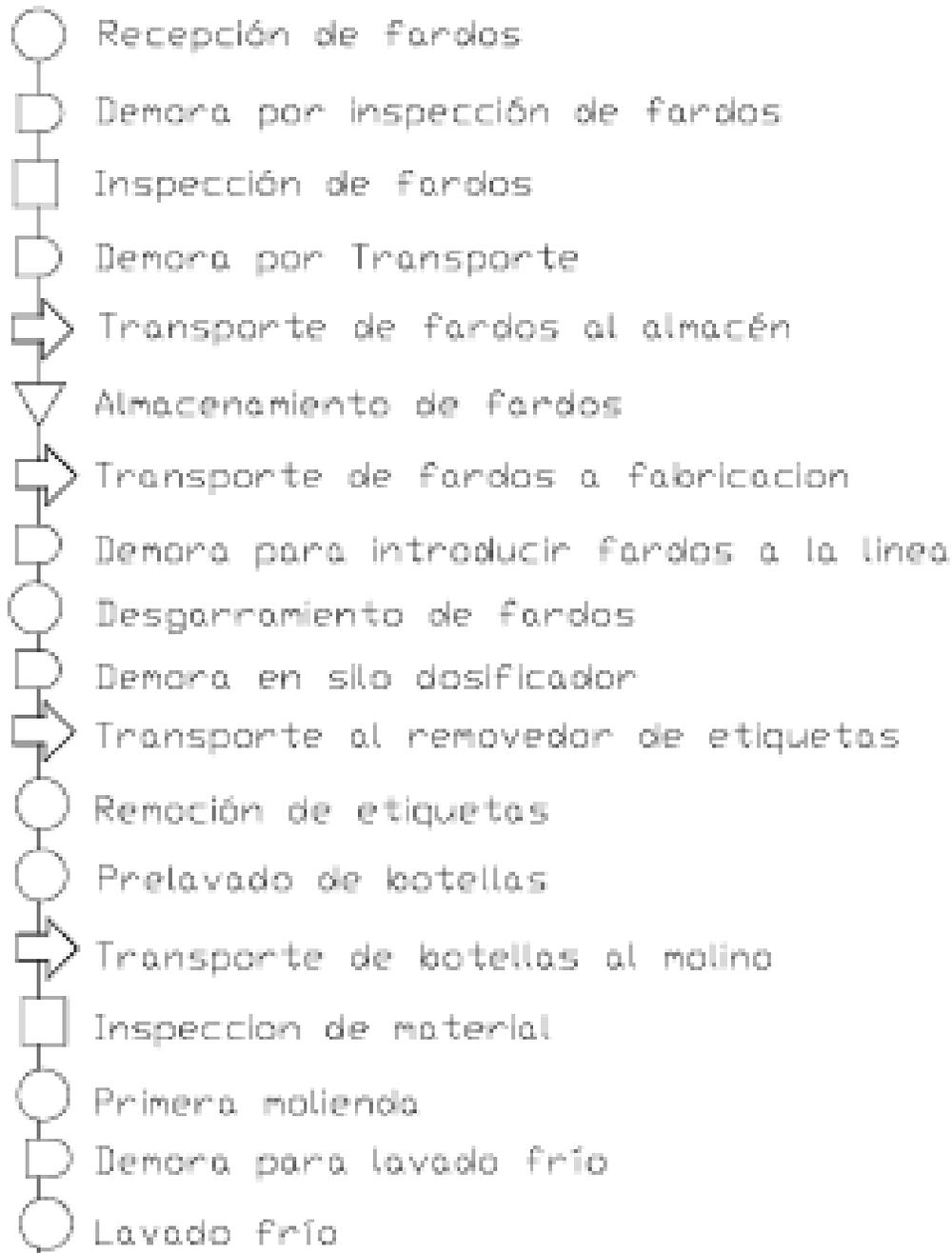
Se requiere diariamente un turno de 4 horas para realizar tareas de mantenimiento de las instalaciones y limpieza general. Esto implica que la planta podría operar como máximo en dos turnos de 8 horas.

De esta manera la planta funciona en doble jornada durante los meses de enero y febrero. Se utiliza la máxima capacidad instalada para procesar una mayor cantidad de materia prima debido al incremento del recupero de la planta de separación diferenciada en dicho período.

Sin embargo, si se utiliza la máxima capacidad no es posible procesar la totalidad de las materias primas, lo cual implica establecer una política de inventario para que se procesen en turnos extra en los meses de menor generación de residuos de PET. Se determina que se requieren 25 turnos de ocho horas adicionales para completar el procesamiento del stock de materias primas. En el anexo II se detallan los requerimientos del almacén de materias primas.

#### Gráfica de flujo del proceso de escamado de PET

El Gráfico 5 es el gráfico de flujo del proceso de escamado de PET.



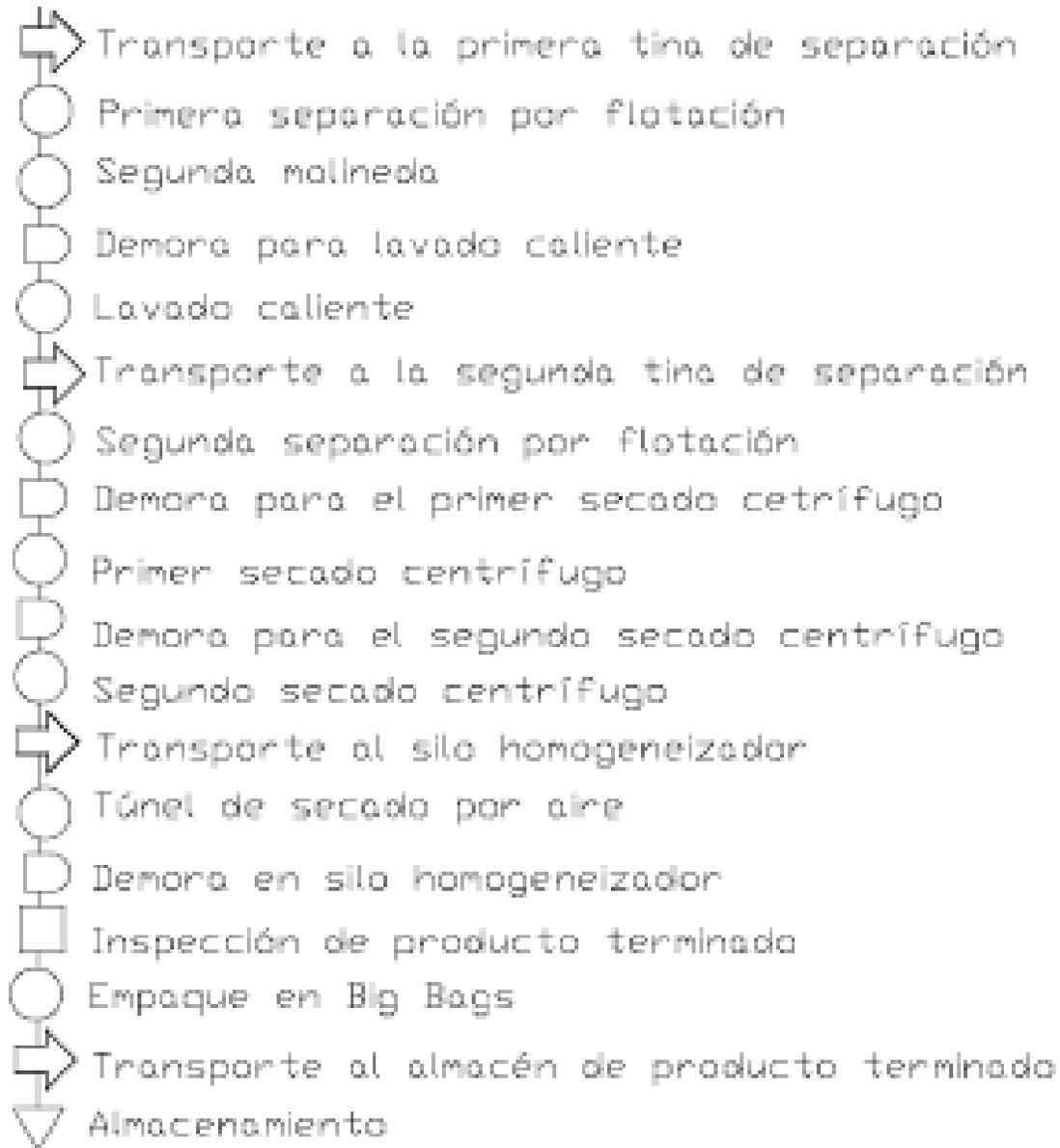


Grafico 5: Gráfico de flujo del proceso de escamado de PET

Fuente: elaboración propia

TOTAL ETAPAS: 36

**RESUMEN**

 Operaciones: 14

 Transportes: 8

 Inspecciones: 3

 Demoras: 9

 Almacenamientos: 2



### Descripción del proceso

1. Recepción de fardos: Los fardos se descargan del camión en autoelevador o zorra.
2. Demora por inspección de materia prima: los fardos esperan para la inspección.
3. Inspección de materia prima: El encargado del área de recepción inspecciona la materia prima, debe controlar su peso y las especificaciones acordadas con el proveedor.
4. Demora para el transporte: Los fardos esperan para ser trasladados al almacén de materias primas.
5. Transporte de fardos al almacén: Se trasladan los fardos hasta el almacén de materias primas con zorra o autoelevador.
6. Almacenamiento: Los fardos se ubican en el almacén por color en hileras dobles y se apilan de a cuatro unidades.
7. Transporte a fabricación: De la misma manera que se transporta al almacén, se trasladan los fardos hasta la primera operación de la línea. El autoelevador dispone los fardos para alimentar al desgarrador de fardos.
8. Demora para introducir fardos en la línea: los fardos aguardan en filas hasta ingresar al desgarrador de fardos. Un operario regula la alimentación de los mismos.
9. Desgarramiento de fardos: El desgarrador contiene unos rodillos metálicos dispuestos paralelamente que atrapan el fardo y separa las botellas. Las mismas caen hacia la parte inferior donde un silo dosificador alimenta el tornillo helicoidal.

10. Demora en silo dosificador: Las botellas caen a un silo que posee una boca de alimentación al tornillo que transporta las botellas a la siguiente operación.
11. Transporte al removedor de etiquetas: Un tornillo helicoidal transporta las botellas hacia la remoción de etiquetas.
12. Remoción de etiquetas: Las botellas pasan a través del tambor de este equipo que quita hasta el 70 % de las etiquetas y un 50 % de la tapas de los envases.
13. Pre-Lavado de botellas: Las botellas caen por gravedad a un depósito previo a ingresar al equipo de lavado. El equipo consta de un tambor con un eje con palas intercambiables que agita las botellas. Con esta operación se pretende remover tierra, polvo y restos orgánicos de las botellas.
14. Transporte al molino: Las botellas son trasladadas por medio de una cinta transportadora hacia el tornillo alimentador del molino.
15. Inspección de material: En la cinta hay un detector de metales para evitar que un material de este tipo ingrese al molino y dañe las cuchillas, así como también, evitar que pase viruta metálica a las posteriores etapas del proceso. Al costado de la línea cuatro operarios realizan una inspección del material, eliminando las botellas que tuvieran distinto color o fuesen de un material no apropiado para el proceso.
16. Primera molienda: los envases ingresan a la cinta que alimenta el molino a cuchillas que tritura el material. La primera molienda produce escamas de 25 mm, lo que significa un tamaño mayor al de la escama requerida a la salida de la línea. Esto tiene como objetivo optimizar el lavado de la siguiente operación.
17. Demora para lavado frío: las escamas que produce la primera molienda caen por gravedad a un recipiente que regula la alimentación al siguiente proceso.

18. Lavado frío: Este lavado tiene como objetivo limpiar las escamas de las impurezas contenidas en el interior del envase que no pudieron ser eliminadas en el primer lavado. La lavadora seleccionada consta de un tubo de acero inoxidable agujerado con malla 1/8 pulgadas que gira a 1750 rpm y tiene una entrada de agua de fricción de 3/4 pulgadas.
19. Transporte a la primera tina de separación: Las escamas son conducidas a la primera tina de separación mediante un transportador helicoidal.
20. Primera separación por flotación: Las escamas ingresan a la pileta y la pendiente del fondo conjuntamente con la corriente de agua transporta las mismas hasta el otro extremo de la tina, donde son aspiradas por una bomba que las conduce a un transportador helicoidal hasta la segunda etapa de molienda. Los trozos del material de las tapas y etiquetas flotan en la superficie del líquido y son removidas por unos rodillos dispuestos en serie perpendicularmente a lo largo de la pileta.
21. Segunda molienda: un tornillo helicoidal alimenta el segundo molino que produce escamas más pequeñas, de entre 8 y 12 mm. El molino seleccionado consta de cuchillas móviles y fijas, de corte tipo tijera, reduciendo la formación de polvo y el desgaste de las cuchillas. Totalmente en acero laminado
22. Demora para lavado caliente: las escamas que produce la molienda caen por gravedad a un recipiente que regula la alimentación al lavado caliente.
23. Lavado caliente: Este lavado caliente tiene como objetivo un lavado definitivo de las escamas. Permite eliminar las impurezas que pudiesen haber quedado de los lavados anteriores y el pegamento adherido a la escama. La lavadora posee un tambor con un agitador que remueve las escamas con agua a temperatura controlada a 90°C. El agua caliente se obtiene por acción de un quemador diesel.
24. Transporte a segunda tina de separación: Las escamas son conducidas a la segunda tina de separación mediante un transportador helicoidal.

25. Segunda separación por flotación: El proceso de separación se repite con el objetivo de eliminar restos de plástico no deseado que no pudieran haber sido eliminados en las operaciones de separación previas.
26. Demora para el primer secado centrífugo: Debido a que el secado opera en ciclos, el material se acumula en un recipiente para ingresar a la secadora centrífuga.
27. Primer secado centrífugo: Las escamas pasan por dos secadoras centrifugas con el objetivo de optimizar el secado. Previamente a ingresar a la operación, las escamas reposan en tanques que poseen válvulas que dosifican el proceso. La secadora consta de un tubo en acero inoxidable agujerado con malla 1/8 pulgadas; Revoluciones del eje: 1600 rpm; Rodamientos externos para trabajo con agua; Salida para agua 3/4 pulgadas.
28. Demora para el segundo secado centrífugo: El material se acumula en un recipiente para ingresar a la segunda secadora centrífuga.
29. Segundo secado centrífugo: Las escamas pasan por el segundo secador centrífugo.
30. Transporte a silo homogeneizador: Las escamas son transportadas a un silo mediante un túnel de viento.
31. Túnel de secado por aire: Las escamas caen a un túnel de viento caliente provocado por un ventilador que posee una rejilla de resistencias, las cuales son las encargadas de elevar la temperatura del aire. El túnel transporta las escamas a un silo que las almacena.
32. Demora en silo homogeneizador: Las escamas ya secas y listas esperan para ser empacadas.
33. Inspección del producto terminado: Del silo se toman muestras del producto que se analizan en el laboratorio. Este proceso se utiliza para comprobar la calidad del producto final y ajustar el proceso en caso de desviaciones.

34. Empaque en Big Bags: El silo posee una válvula on-off que es la encargada de llenar los big bags. Un operario controla el empaque.

35. Transporte al almacén de producto terminado: Un operario traslada los big bags hasta el almacén de producto terminado, mediante una zorra.

36. Almacenamiento: Los Big bags se depositan en el almacén de producto terminado.

### Especificación de los equipos

En la Tabla 11 se detalla el proveedor, la capacidad de producción, dimensiones y precio de mercado de los equipos y maquinarias para el movimiento de materiales necesarios para la operación de la planta del proyecto.

Tabla 11: Características de los equipos y maquinas para el movimiento de materiales de la planta de escamado de PET

Equipos y maquinas para movimiento de materiales	Proveedor	Capacidad (kg/h)	Longitud (m)	Ancho (m)	Precio unitario (US\$)
Desgarrador de fardos	Hengli & Co.	2000	2,5	1,6	7.500
Tornillo transportador botellas RTK-5	KIE	1200	3	0,5	10.500
Equipo para separación de etiquetas SBJ30/1500	Hengli & Co.	1500	3	2	12.500
Lavadora de botellas PLK-3000	KIE	1200	2	0,5	10.000
Correa de alimentación ESK-8 con detector de metales	KIE	1200	4	0,78	9.900
Correa de alimentación al molino EAK6	KIE	1200	3	0,58	10.200
Molino MAK-800P55	KIE	1200	0,8	0,55	30.000
Lavadora LIK-2500	KIE	1200	2,5	0,6	10.000
Tornillo transportador RTK-3	KIE	1200	3	0,5	5.000
Tanque de separación TSK-6	KIE	1200	3	1	21.000
Molino MAK-800P (remolienda)	KIE	1200	0,8	0,45	18.000
Lavadora Hot-Wash	Hengli & Co.	1500	1,5	1,5	15.000
Secadora LIK-2500	KIE	1500	2,5	0,6	11.000
Sistema de secado por aire caliente y silo dosificador	Hengli & Co.	2000	4	1,5	6.200
Rectifica cuchillas molino RFK-800	KIE	-	1,5	1	2.700
Autoelevador	Union.Bull	-	-	-	23.868
Zorra	Union.Bull	-	-	-	2.250

Fuentes: Hengli & Co. KIE. Union.Bull, 2012



En la Tabla 12 se muestra el área y el precio total de los equipos y maquinarias para el movimiento de materiales necesarios para la operación de la planta del proyecto. Se requiere la instalación de todos los equipos con la excepción del autoelevador y la zorra.

Tabla 12: Área y valor total de los equipos y maquinarias de la planta de escamado de PET

Equipos y maquinarias para movimiento de materiales	Área (m <sup>2</sup> )	Número de equipos	Total Área (m <sup>2</sup> )	Precio total (US\$)
Desgarrador de fardos	4	1	4	7.500
Tornillo transportador botellas RTK-5	1,5	1	1,5	10.500
Equipo para separación de etiquetas SBJ30/1500	6	1	6	12.500
Lavadora de botellas PLK-3000	1	1	1	10.000
Correa de alimentación ESK-8 con detector de metales	3,12	1	3,12	9.900
Correa de alimentación al molino EAK6	1,74	1	1,74	10.200
Molino MAK-800P55	0,44	1	0,44	30.000
Lavadora LIK-2500	1,5	1	1,5	10.000
Tornillo transportador RTK-3	1,5	2	3	10.000
Tanque de separación TSK-6	3	2	6	42.000
Molino MAK-800P (remolienda)	0,36	1	0,36	18.000
Lavadora Hot-Wash	2,25	1	2,25	15.000
Secadora LIK-2500	1,5	2	3	22.000
Sistema de secado por aire caliente y silo dosificador	6	1	6	6.200
Rectifica cuchillas molino RFK-800	1,5	1	1,5	2.700
Autoelevador	-	1	-	23.868
Zorra	-	1	-	2.250

Fuente: elaboración propia

En la Tabla 13 se detalla la potencia instalada, litros de agua y de gasoil requeridos para el funcionamiento de la planta del proyecto.

Tabla 13: Energía eléctrica, agua y gasoil requerido para la planta de escamado de PET

Equipamiento	Potencia instalada (kW)	Agua (litros/kg de PT)	Gasoil (litros/h)
Línea KIA	225	3,5	-
Equipo para separación de etiquetas SBJ30/1500	37,5	-	-
Desgarrador de fardos Hengli & Co.	25,5	-	-
Lavadora Hot-Wash Hengli & Co.	7,5	1	1,27
Sistema de secado Hengli & Co.	29,5	-	
<b>TOTAL</b>	<b>325</b>	<b>4,5</b>	<b>1,27</b>

Fuente: Hengli & Co. KIE

El costo del agua corriente es de 0,22 US\$/m<sup>3</sup> (Negri, J. 2012). El gasoil tiene un valor de 1 US\$/l. El costo de la energía eléctrica está constituido por un valor fijo

mensual de US\$ 123,52 y un valor variable de 0,014 US\$/kw.h. El costo del consumo de los servicios se muestra en la Tabla 14.

Tabla 14: Consumo de los servicios de la planta de escamado de PET

Costos	Agua Corriente	Electricidad	Gasoil
Costo Unidad	0,22 US\$/m <sup>3</sup>	0,014	1 US\$/l
Consumo Total	11.923,20 m <sup>3</sup>	975.000,00 US\$/kw.h	3.810,00 l
Costo Fijo		US\$ 1482,331915	
Total	US\$ 2.623,10	US\$ 15.132,33	US\$ 3.810,00

Fuente: elaboración propia

### Especificación de las materias primas

En la Tabla 15 se especifica el precio y la cantidad de materias primas recuperadas por la IRM que adquiere la planta para la producción de escamas de PET.

Tabla 15: Precio y cantidad de materias primas para la planta de escamado de PET

	Precio (\$/kg)	Precio (US\$/kg)	%	MP promedio diaria (kg)	MP promedio diaria efectiva (kg)	MP promedio anual (kg)
Cristal	2,30	0,49	67%	8.576,00	6.432,00	1.929.600,00
Color	1,80	0,38	33%	4.224,00	3.168,00	950.400,00
Total			100%	12.800,00	9.600,00	2.880.000,00

Fuente: elaboración propia

### Especificación de embalaje

El embalaje se realiza a través bolsones Big Bags. Las características de los mismos se observan en la Tabla 16.

Tabla 16: Características Big Bags

Precio	10,64 US\$
Dimensiones	1m*1m*1,5m
Tapa	Si
Sistema de elevación	Cuatro estigas
Capacidad máxima	1500 kg

Fuente: Miguelez, B. 2012

La densidad aparente de las escamas de PET es de 0.85 g/cm<sup>3</sup> aproximadamente (Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de la Universidad de Valladolid. 2012.) lo que cada bolsón permite envasar 1.275 kg de este

producto. Por fines prácticos de comercialización cada bolsón almacena 1.250 kg de escamas por lo que se requieren 2.120 bolsones anuales.

### **Distribución de planta**

Los principales centros de actividad de la organización del proyecto son:

- Área de recepción.
- Almacén de materias primas.
- Línea de producción.
- Almacén de producto terminado.
- Área de envío.
- Laboratorio.
- Deposito de insumos, mantenimiento y limpieza.
- Comedor.
- Envasado.
- Oficina.
- Sanitarios y vestuarios.

Para la determinación de la distribución en planta se realiza el diagrama de la relación de actividades, la correspondiente hoja de trabajo, el diagrama adimensional de bloques y el análisis de flujo que se muestran en el anexo III.

El diagrama de flujo resultante se muestra en el Gráfico 6.

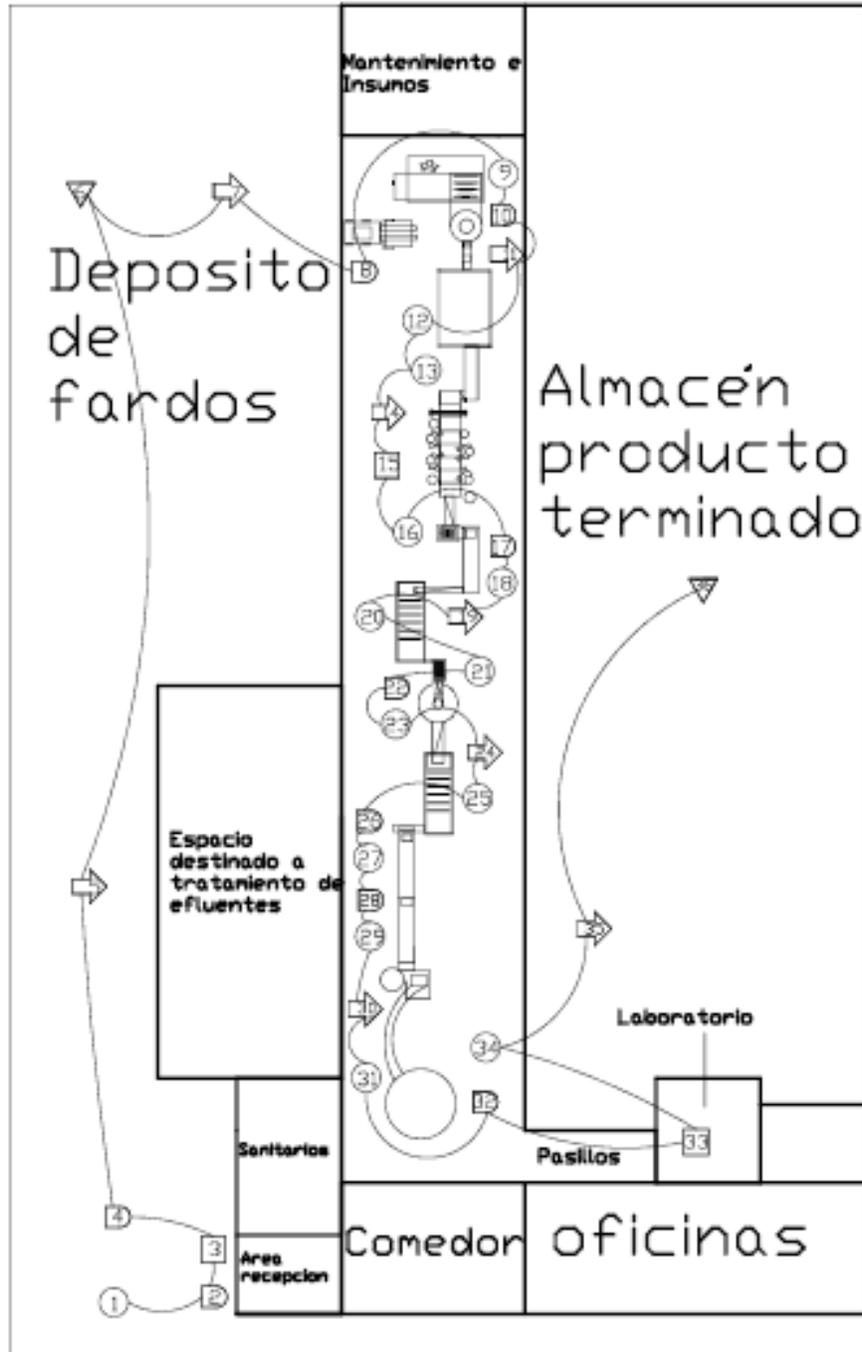


Gráfico 6: Diagrama de flujo de la planta de escamado de PET

Fuente: elaboración propia.

En la Tabla 17 se detallan las dimensiones del edificio requerido para la planta del proyecto y los cálculos del área requerida se muestra en el anexo IV.

Tabla 17: Área de los centros de servicio de la planta de escamado de PET

Centro de actividad	Área (m <sup>2</sup> )
<b>Área descubierta</b>	
Almacén de Materias Primas	385
Área tratamiento de efluentes	100
Área de carga y descarga de camiones	90
Estacionamiento	160
Maniobra camiones	450
<b>Total área descubierta</b>	<b>1.185</b>
<b>Área cubierta</b>	
Línea de producción	186
Oficinas	60
Sanitarios y vestuarios	25
Deposito de insumos, mantenimiento y limpieza	30
Comedor	30
Almacén de Producto Terminado	542
Área de envío	10
Área de recepción	10
Laboratorio	15
<b>Total área cubierta</b>	<b>908</b>
<b>Área total mínima</b>	<b>2.093</b>
Adquisición mínima terreno	2.900
Costo del m <sup>2</sup> (US\$)	2,5
<b>Costo Total</b>	<b>7.250,00</b>

Fuente: elaboración propia.

La nave industrial está diseñada con el sistema heavy stell frame. Esta nave está compuesta por un pórtico reticulado con una luz de 15 metros, vigas de perfiles Ulac de 180-80-4.75, cordones y diagonales con perfiles angulares de 1' 1/8" x 1/8", columnas del mismo perfil, techo con correas perfiles C140-50-20-1.6 con chapa cincalum T1O1 calibre 25. El cerramiento lateral es de hormigón de 0.20 m de espesor. El piso es de hormigón de 0.18 de espesor con acabado llaneado con cuarzo y cemento para que el hormigón no quede a la vista. El costo de construcción de la superficie cubierta es de 106,38 US\$/m<sup>2</sup> y de la descubierta es de 31,91 US\$/m<sup>2</sup> (Sequeira, V. 2012).

## **Localización de planta**

La Localización es el proceso de elegir el lugar geográfico en el que se ubicarán las instalaciones del sistema productivo (Domínguez Machuca, J. A y otros. 1995).

Para la localización de la planta del proyecto es fundamental la cercanía con la IRM para reducir el costo de transporte de los fardos de PET. Esto representa la ventaja competitiva que tiene el proyecto frente a empresas radicadas en el conurbano bonaerense que compiten al ofrecer el mejor precio del mercado. Por lo tanto, la cercanía a la IRM tiene el 35% del peso en la toma de la decisión de localización.

Es muy deseable que el terreno cuente con servicios de agua y cloacas, gas y electricidad. Por lo que la disponibilidad de servicios representa en su conjunto el 30% de la decisión de localización.

Otros factores relevantes a tener en cuenta son las políticas impositivas y el valor del terreno. Los cuales tienen un peso del 10% en la toma de decisión.

Por último, la posibilidad de expansión, la cercanía con el puerto de Mar del Plata y los accesos a rutas y autopistas del Partido son factores a considerar. Los mismos representan cada uno un 5% del peso en la toma de decisión de la localización.

Como la planta se proyecta instalar en el Partido de General Pueyrredon, no se tienen en cuenta factores como clima, marco jurídico, la calidad de vida, costos de la construcción y mano de obra capacitada ya que son comunes a todas las alternativas.

En este estudio se consideran tres localizaciones dentro del Partido.

### **Descripción de alternativas**

- Alternativa A: Parque Industrial Gral. Savio.
- Alternativa B: Zona IRM.
- Alternativa C: Zona industrial Mar del Plata.

En la Tabla 18 se observan los datos relevantes de las 3 alternativas planteadas.

Tabla 18: Características relevantes de las alternativas A, B y C

Características	Zona Parque Industrial Gral. Savio	Zona IRM	Zona Industrial Mar del Plata
Dirección	Km. 6,5 de la Ruta Provincial N° 88	Av. Antártida Argentina	Magnasco y Ayolas
Servicios de agua y cloacas	Si	No	Si
Servicios de gas	Si	No	Si
Servicios de electricidad	Si	Si	Si
Distancia a la IRM (m <sup>2</sup> )	15,5	0	9,2
Distancia al puerto (km)	14,1	11,8	6,8
Distancia a vías de acceso (km)	0	10,8	2,1
Políticas impositivas	Derecho de Construcción, de Oficina y Habilitación.	-	-
	Tasas Municipales de Seguridad e Higiene y de Alumbrado, Barrido y Limpieza (7 años).		
	Impuesto Provincial sobre los Ingresos Brutos (7 años).		
	Impuesto Provinciales Inmobiliarios (7 años)		
Superficie total:	416 hectáreas	16.000 m <sup>2</sup>	29.700 m <sup>2</sup>
Superficie disponible:	106 hectáreas	16.000 m <sup>2</sup>	29.700 m <sup>2</sup>
Valor de terreno (US\$/m <sup>2</sup> )	2,5	15	20

Fuente: Consorcio de Administración Parque Industrial y Tecnológico General M. Savio. 2012

Por los resultados presentados en la matriz de ponderación (ver anexo V), la planta se instala en la alternativa A: Parque Industrial General Savio. Esto se debe a que esta alternativa presenta la mayor calificación en comparación a las otras dos alternativas.



## Organización del recurso humano y organigrama general

Para el proyecto se considera el organigrama, con cada una de las descripciones y las funciones a realizar en los puestos propuestos.

### Organigrama

En el Gráfico 7 se muestra el organigrama propuesto.

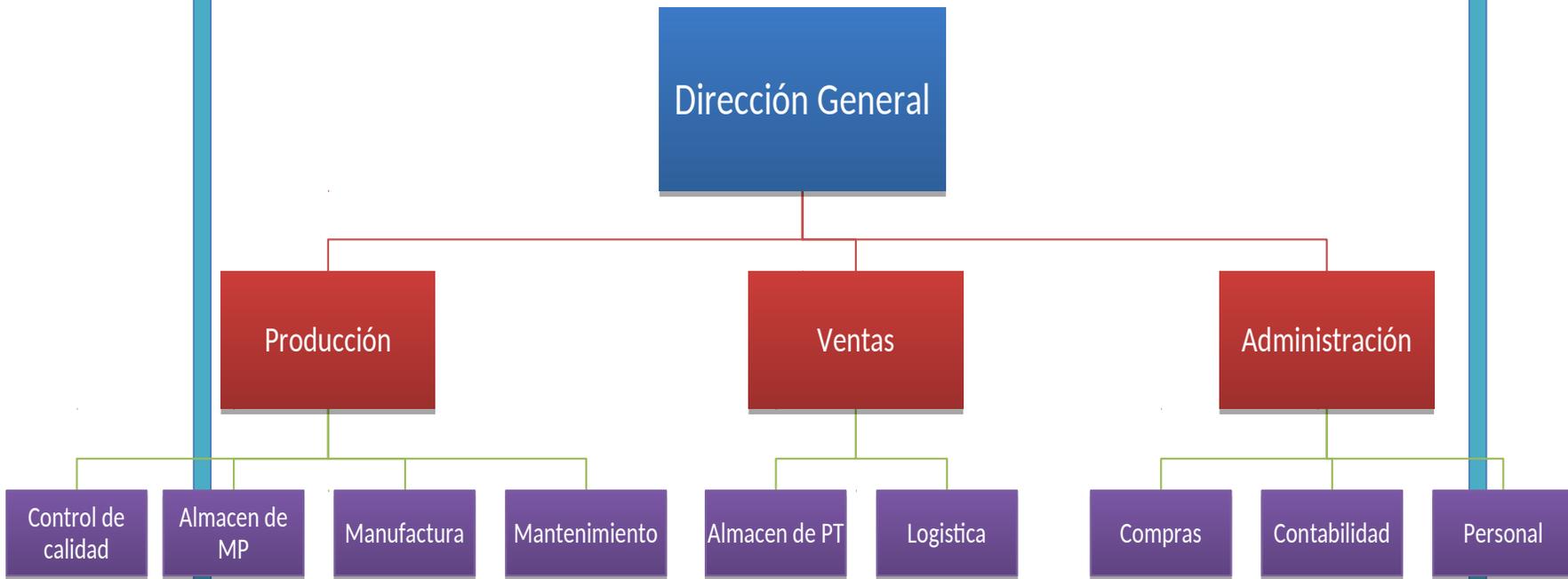


Gráfico 7: Organigrama de la planta de elaboración de escamas de PET

Fuente: Elaboración propia.

La Dirección General se encarga de coordinar, regular y supervisar las actividades entre las gerencias de producción, ventas y administración. También se encarga de establecer los objetivos de la empresa e informar a los socios de la empresa la situación de la misma. El director general es un ingeniero industrial con experiencia en el manejo de instalaciones industriales similares a la del proyecto.

Producción se encarga de coordinar, regular y supervisar las actividades entre los departamentos de control de calidad, almacén de materia prima, mantenimiento y el proceso de producción. Además informa a la dirección general del desempeño del área y acuerda las actividades entre producción con la gerencia de ventas y administración. El gerente de producción es un ingeniero industrial con experiencia en plantas industriales de manufactura en línea.

Ventas coordina, regula y supervisa las actividades entre los departamentos de almacén de producto terminado y logística, realiza los pronósticos de ventas e informes de ventas. Además informa a la dirección general del desempeño de la gerencia de ventas y acuerda las actividades entre su departamento con la gerencia de producción y administración. El gerente de ventas es un licenciado en administración.

Dentro del departamento de ventas desarrolla tareas un licenciado en marketing con conocimientos técnicos industriales el cual se ocupa de contactar y ofrecer a los potenciales compradores que la empresa determine, en el orden de prioridades por ella establecidos, cerrar las operaciones de venta a los precios y condiciones determinados por la empresa, registrar los formularios y procedimientos para registrar las operaciones de venta.

Administración coordina, regula y supervisa las actividades entre los departamentos de contabilidad, compras y personal. Informa a la gerencia general el desempeño de la gerencia de administración. Acuerda las actividades entre su departamento con la gerencia de producción y ventas. El gerente de administración es un licenciado en administración.

Control de Calidad se encarga de elaborar las pruebas de calidad a las muestras seleccionadas de la producción y verifica que se cumplan. Entrega reportes sobre los resultados de las pruebas al gerente de producción y acuerdan las actividades entre su departamento y los demás de la gerencia de producción. El personal que trabaja en el departamento de control de calidad son técnicos en control de calidad.

Almacenamiento realiza y actualiza los inventarios, ya sea el de materia prima o el de producto terminado. También se encarga de realizar reportes a las áreas correspondientes. El encargado de los almacenes es un técnico industrial con conocimientos en políticas y software de almacenamiento.

Manufactura se encarga de operar y supervisar las líneas de producción como así también elaborar reportes de producción a la gerencia de producción. El encargado de manufactura es un técnico con conocimientos en mantenimiento industrial, máquinas y herramientas, procesos industriales, control y automatización.

Mantenimiento asegura el funcionamiento de las líneas de producción, desarrolla programas de mantenimiento preventivo, es el encargado del depósito de suministros y de acordar las actividades entre su departamento y los demás de la empresa. El responsable del departamento de mantenimiento es un ingeniero electromecánico con conocimientos en mantenimiento industrial y procesos industriales.

Logística asegura la entrega del producto terminado a los clientes en tiempo y forma establecida. Entre sus tareas está la de entregar el listado de actividades a la gerencia de ventas, diseñar rutas que faciliten las entregas, y acordar y realizar las actividades establecidas entre su departamento y los demás de la empresa. El encargado de logística será un ingeniero industrial con una experiencia mínima de 1 año en un puesto similar.

Compras asegura la existencia de materia prima, energía e insumos, entrega reportes de compras a la gerencia, a los departamentos y a las gerencias correspondientes. También se encarga de acordar y realizar las actividades

establecidas entre su departamento y los demás de la empresa. El responsable de compras será un técnico administrativo con una experiencia mínima de 1 año en un puesto similar.

Contabilidad realiza la contabilidad de la empresa, amortizaciones, cobranzas, apoyar a la gerencia de administración y acuerda las actividades entre su departamento con los demás de la empresa. El responsable de contabilidad es un licenciado en contabilidad.

Personal es el encargado de reclutar al personal idóneo para cada puesto, evaluar el desempeño del personal, llevar el control del presentismo y liquidar los sueldos. Esta área distribuye políticas y procedimientos de recursos humanos, a todos los empleados, mediante boletines, reuniones o contactos personales. El encargado de personal es un licenciado en recursos humanos.

Los operarios de la planta pertenecen al gremio Unión Obrera y Empleados Plásticos (UOyEP). La UOyEP establece que el sueldo básico para un operario es de 5,49 US\$/h (Unión Obrera y Empleados Plásticos. 2012).

En la Tabla 19 se muestran las tareas que realiza la mano de obra y el número de operarios que desempeñan la función.

Tabla 19: Tareas de la mano de obra de los operarios en la planta de escamado de PET

Tareas	Personal
Manejo de autolevador. Traslado de fardos del almacén a la línea. Alimentación al primer proceso	1
Recepción de insumos y materias primas. Almacenamiento y control de stock del almacén de materias primas	1
Limpieza y ayuda en tareas de planta	2
Limpieza general de oficinas, sanitarios y comedor.	1
Técnicos de mantenimiento	3
Operador del desgarrador de fardos.	1
Operarios de inspección de la línea	4
Operario para empaque y almacén de producto terminado. Manejo de zorra	1
Envíos de producto y control de stock de almacén de producto.	1

Fuente: elaboración propia

Plantilla de recursos humanos

En la Tabla 20 se muestra el personal requerido para la organización del proyecto. Se detallan los salarios que perciben de acuerdo a valores del mercado en puestos similares considerando aguinaldos y cargas sociales (37%).

Tabla 20: Plantilla de personal y remuneraciones para la organización del proyecto.

Puesto	Remuneración (US\$)
Director General	5.829,79
Gerente de producción	4.080,85
Gerente de ventas	4.080,85
Gerente de administración	4.080,85
Laboratorista	2.331,91
Técnico en mantenimiento industrial (2)	2.331,91
Almacenista	2.331,91
Responsable de contabilidad	2.331,91
Encargado de compras	2.331,91
Auxiliar de logística	2.331,91
Encargado de manufacturas	2.331,91
Encargado de personal	2.331,91
Vendedor	2.331,91
Operador (15)	1.906,65

Fuente: elaboración propia.

## **Análisis de las Alternativas de Proveedores**

La planta industrial del proyecto es abastecida íntegramente por la IRM del Partido de General Pueyrredon. Por este motivo se realiza un análisis de alternativas de proveedores de materias primas en el caso de que la IRM cese su funcionamiento por períodos prolongados.

Para el análisis se toman ocho instalaciones que recuperen materiales ubicadas en distintos puntos del país que se listan a continuación.

- La Plata
- Zarate /Campana
- Santa Fe
- Posadas
- Córdoba Capital
- Trelew
- Bariloche
- Formosa

Los factores para el estudio de la alternativa de proveedores son:

- Volumen recuperado de PET (cristal, verde y celeste).
- Precio de venta del PET.
- Distancia desde la IRM a la ciudad de Mar del Plata.
- Variación del precio de venta de los distintos materiales en el tiempo.
- Calidad del PET suministrados.

Para la estimación del volumen de PET generado en cada instalación se considera el número de habitantes de las ciudades que se muestra en la Tabla 21, la generación per cápita según el rango poblacional que se muestra en la Tabla 5 y el porcentaje de PET recuperado en los RSU que se muestra en la Tabla 6 (2,23%).

Tabla 21: Número de habitantes de las ciudades relevadas

Ciudad	Habitantes
La Plata	694.253
Zarate/ Campana	111.597
Santa Fe	521.000
Posadas	343.417
Córdoba Capital	1.329.604
Trelew	99.201
Bariloche	108.250
Formosa	198.074

Fuente: INDEC, 2010

En la Tabla 22 se puede apreciar la cantidad de PET recuperado por día de cada IRM. Además en la misma tabla se presenta el PET recuperado en las tres categorías: cristal, verde y celeste.

Tabla 22: Estimación del PET generado en las IRM seleccionadas

Ciudad	Habitantes	Generación de residuos (kg)	PET generado (kg)	PET recuperado por semana		
				PET cristal (kg)	PET verde (kg)	PET celeste (kg)
La Plata	694.253	742.850,71	16.565,57	42.597,22	28.398,03	11.832,60
Zarate/ Campana	111.597	108.249,09	2.413,95	6.207,32	4.138,20	1.724,26
Santa Fe	521.000	557.470,00	12.431,58	31.966,95	21.311,21	8.879,74
Posadas	343.417	254.128,58	5.667,07	14.572,47	9.714,94	4.047,92
Córdoba Capital	1.329.604	1.728.485,20	38.545,22	99.116,37	66.077,31	27.532,42
Trelew	99.201	88.288,89	1.968,84	5.062,74	3.375,15	1.406,32
Bariloche	108.250	105.002,50	2.341,56	6.021,15	4.014,08	1.672,55
Formosa	198.074	192.131,78	4.284,54	11.017,40	7.344,90	3.060,40

Fuente: elaboración propia

Por otro lado, un camión semirremolque puede transportar un número máximo de 66 fardos. Cada fardo pesa 240 kg por lo que en un viaje en un camión semirremolque se transportan 15.800 kg de PET (Scoordina. 2012).

En la Tabla 23 se observa el número de viajes semanales que se podrán realizar de acuerdo al volumen generado por cada IRM.

Tabla 23: Cantidad de camiones semanales disponibles para el transporte de PET

Ciudad	N° camiones semana (kg PET/ capacidad camión)
Zarate/ Campana	0,7620
Posadas	1,7888
Trelew	0,6215
Bariloche	0,7391
La Plata	5,2290
Santa Fe	3,9241
Formosa	1,3524
Córdoba Capital	12,1671

Fuente: elaboración propia

El precio de venta del PET clasificado por color se muestra en la Tabla 24.

Tabla 24: Precio del PET de las IRM relevadas

IRM	Precio PET (\$)		
	PET cristal	PET verde	PET celeste
La Plata	1,7	1,5	1,5
Zarate/ Campana	1,1	0,8	0,8
Santa Fe	2,5	2,2	2,2
Posadas	1,2	0,9	0,9
Córdoba Capital	1,5	1,3	1,3
Trelew	1,75	1,45	1,45
Bariloche	1,5	1,3	1,3
Formosa	1,3	1	1

Fuente: Secretaria de Ambiente de la Nación.

La información para la selección de la alternativa de proveedores se muestra en la Tabla 25.

Tabla 25: Información de las alternativas de proveedores para la planta de escamado de PET

Ciudades	Precio Cristal	Precio Verde	Precio Celeste	Disponibilidad diaria Cristal	Disponibilidad diaria Verde	Disponibilidad diaria Celeste	Distancia	Estabilidad Comercial	Calidad del material
Zarate/ Campana	1,1	0,8	0,8	806,45	336,02	67,21	494	ALTA	ALTA
La Plata	1,7	1,5	1,5	5.534,21	2.305,94	461,20	363	BAJA	ALTA
Bariloche	1,5	1,3	1,3	782,27	325,95	65,19	1.416	BAJA	ALTA
Formosa	1,3	1	1	1.431,38	596,41	119,29	1.695	MEDIA	ALTA
Santa Fe	2,5	2,2	2,2	4.153,13	1.730,49	346,11	879	MEDIA	BAJA
Córdoba Capital	1,5	1,3	1,3	12.877,16	5.365,52	1.073,14	1.071	MEDIA	BAJA
Trelew	1,75	1,45	1,45	657,75	274,06	54,81	1.293	MEDIA	BAJA
Posadas	1,2	0,9	0,9	1.893,25	788,86	157,78	1.434	ALTA	MEDIA

Fuente: elaboración propia

Para la toma de decisión se implementa un Proceso Analítico de Jerarquías (PAJ) desarrollado por Thomas L. Saaty. El mismo está diseñado para resolver problemas complejos que tienen criterios múltiples (Anderson, D, R. Sweeney, D, J., Williams, T, A. 2004. Taha H, A. 2004). El desarrollo de este criterio se encuentra en el anexo VI.

La Tabla 26 muestra la conclusión del análisis. Las alternativas se encuentran ordenadas según las prioridades globales obtenidas. De aquí se concluye que la mejor alternativa es La Plata, seguido por Zarate/Campana, Córdoba Capital, Santa Fe, Posadas, Formosa Bariloche y por ultimo Trelew.

Tabla 26: Jerarquización de las alternativas propuestas propuesta

Ciudad	Prioridad
La Plata	0,1983
Zarate/ Campana	0,1895
Córdoba Capital	0,1711
Santa Fe	0,1225
Posadas	0,1203
Formosa	0,0885
Bariloche	0,0553
Trelew	0,0545

Fuente: Elaboración propia

## **EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL PROYECTO**

### **Estimación de la Inversión fija**

El cálculo de la inversión fija de la planta se realiza por el método de factores (Rudd y Wattson. 1968). Para la estimación del costo de instalación de los equipos, los cuales son de ingeniería compleja, se considera el 37,5% del costo de los equipos a instalar. Para estimar las tuberías del proceso por las cuales circula únicamente agua, se considera un factor de 0,45. La instrumentación se estima con un factor de 0,125 debido a que el proceso requiere un control complejo y centralizado. El costo del edificio de fabricación es igual al costo de construcción. Al estar localizada la planta en el parque industrial no se consideran costos de plantas de servicio con la excepción de la planta de tratamiento de efluentes por lo que se estima con un factor de 0,025. Para la estimación de los factores de ingeniería y construcción se toma un valor de 0,425 debido a que la planta es de ingeniería compleja. Al ser una unidad comercial grande se toma un factor de tamaño de 0,025. El factor de contingencias es de 0,15.

El valor de los equipos principales que se muestran en la Tabla 12 sin instalar alcanza los US\$ 219.500.

El costo del terreno de la planta que se localiza en el Parque Industrial Gral. Savio es de US\$ 7.250 de acuerdo a los valores de la Tabla 17.

En la Tabla 27 se muestra el cálculo de la inversión fija. Para la confección de la misma se utiliza el costo de los equipos del proceso a instalar equivalente a US\$ 219.500. Al costo del equipo instalado se le suman los costos de los equipos que no requieren instalación (autoelevador y zorra) en US\$ 26.118.

Tabla 27: Cálculo de la inversión fija de la planta de escamado de PET

Ítem	Costo (US\$)
Costo del equipo instalado	327.930,50
Tubería de procesos	147.568,73
Instrumentación	40.991,31
Edificios de fabricación	122.351,06
Plantas de servicios	20.495,66
Conexiones entre unidades	0,00
<b>Inversión Fija Directa</b>	<b>659.337,26</b>
Ingeniería y construcción	280.218,33
Factores de tamaño	16.483,43
Contingencias	98.900,59
<b>Inversión Fija</b>	<b>1.054.939,61</b>
Costo del terreno	7.250,00
<b>Inversión Fija Total</b>	<b>1.062.189,61</b>

Fuente: elaboración propia.

Como todos los equipos se usan para los dos productos, la inversión fija prorrateada resulta proporcional a la producción de cada uno.

## **Cálculo de costos de producción**

### **Costos Variables**

#### **Materia prima**

En la Tabla 28 se muestran el costo anual de las materias primas para la elaboración de escamas de PET de acuerdo a la Tabla 15.

Tabla 28: Costo anual de PET para la planta del proyecto

PET	Costo MP (US\$)
Cristal	944.272,34
Color	363.982,98
Total	1.308.255,32

Fuente: elaboración propia

#### **Embalaje**

De acuerdo en lo visto en la sección especificaciones de embalaje de la pagina 47, el costo anual de los envases Big Bags es de US\$ 22.426,21.

#### **Exportaciones**

Se estima el costo de exportación de un contenedor de 40 pies de carga seca y vía marítima. El costo incluye; un porcentaje del valor del producto que se exporta, el costo del flete, seguro de exportación, gastos de trámites, verificaciones y controles necesarios para la exportación de mercancías y honorarios del agente de aduanas.

El costo total de exportación es de US\$ 2.400 por contenedor. Si bien, la capacidad máxima de carga del contenedor es de 28 t, por volumen, el contenedor puede almacenar 15 t de PET. El costo de exportación para un kg de producto es de US\$ 0.16. (Germinario, A. 2012).

El costo anual de las exportaciones es de US\$ 423.936

#### **Servicios**

De acuerdo a la Tabla 14, donde se especifica el costo y el consumo de los servicios de agua, electricidad y gasoil, el costo anual de los servicios es US\$ 21.565,44.

## Mano de obra

En la Tabla 29 se muestran los costos anuales del personal de la planta que se calculan con los datos de la Tabla 20.

Tabla 29: Costos anuales de personal del proyecto

Puesto	Costo Anual
Director General	75.787,23
Gerente de producción	53.051,06
Gerente de ventas	53.051,06
Gerente de administración	53.051,06
Laboratorista	30.314,89
Técnico en mantenimiento industrial	60.629,79
Almacenista	30.314,89
Responsable de contabilidad	30.314,89
Encargado de compras	30.314,89
Auxiliar de logística	30.314,89
Encargado de manufacturas	30.314,89
Encargado de personal	30.314,89
Vendedor	30.314,89
Operador de maquinas	366.904,95

Fuente: elaboración propia

El costo anual de la mano de obra directa es de US\$ 366.904,95.

## Laboratorio

Se estima como el 10% del costo de la mano de obra directa más los costos anuales del personal del área de control de calidad. El costo anual de laboratorio es US\$ 67.005,39

## Mantenimiento

Como el proceso es complejo, con corrosiones considerables, se estima como el 1% de la inversión fija y los costos del personal del área de mantenimiento. El costo anual de mantenimiento es US\$ 71.251,68.

## Supervisión

El costo de supervisión esta conformado por el costo del encargado del área de manufactura que se muestra en la Tabla 29 y resulta de US\$ 30.314,89.

## Costos Fijos

### **Ventas y Distribución**

Se estima como el 1% de las ventas totales y los gastos anuales del personal de los departamentos de ventas y de las áreas de logística y almacenes de PT y MP. El costo anual de ventas y distribución es US\$ 177.512,18

### **Administración y Dirección**

Se estima como el 1% del costo de la mano de obra más el costo de personal de la dirección general de la planta, los departamentos de producción, administración, y las áreas de compras y personal. El costo anual de administración y dirección es US\$ 276.503,09.

### **Costos de inversión:**

El método de depreciación es el de línea recta considerando al valor residual igual al 10% de la inversión fija (US\$ 105.493,96) y una vida útil de 10 años.

Impuestos: se considera como el 2 % de la inversión fija. El costo anual de impuestos es US\$ 21.243,79

Seguros: se considera como el 0,75 % de la inversión fija. El costo anual de seguros es US\$: 7.966,42

### **Financiación**

La línea de financiación que se opta para el proyecto es “Fuerza Parques” impulsado por la Subsecretaria de la Pequeña, Mediana y Microempresas dependiente del Ministerio de la Producción, Ciencia y Tecnología de la Provincia de Buenos Aires a través del Banco de la Provincia de Buenos Aires (.Ministerio de la Producción, Ciencia y Tecnología de la Provincia de Buenos Aires. 2012)

La línea Fuerza Parques está orientada a atender financieramente a las micro, pequeñas y medianas empresas que desarrollen actividad industrial, y que soliciten fondos para trasladarse a un parque o sector industrial o para ampliar su inversión en uno de ellos.

**Características:**

Tasa para el tomador: 11,20% TNAV. (vigente para Diciembre de 2012)

Montos: Hasta \$1.500.000 para personas físicas y hasta \$4.500.000 para personas jurídicas

Capital de trabajo:

- Hasta el 15 % del préstamo de inversión que le dio origen no pudiendo exceder \$600.000.
- El monto máximo por beneficiario, entre ambos destinos, no podrá exceder la suma de \$1.500.000 (Personas físicas), \$ 4.500.000 (Personas jurídicas)

Plazos de Inversión: 36,48 o 60 meses con hasta 12 meses de gracia para el pago del capital

Capital de trabajo: 12 meses con hasta 3 meses de gracia para el pago del capital

Sistema de amortización: alemán

Garantía: a satisfacción del Banco o con aval de FO.GA.BA. S.A.P.E.M

Requisitos para acceder (ver Anexo VIII)

**Investigación y Desarrollo**

En este proyecto no se tendrá en cuenta.

En la Tabla 30 se muestra el resumen de los costos variables y fijos del proyecto prorrateado por producto en función de las cantidades producidas de cada uno.

Tabla 30: Costos variables y fijos de la planta de escamado de PET

Ítem	Cristal	Color
<b>COSTOS VARIABLES</b>		
Materia Prima	944.272,34	363.982,98
Envases	15.025,56	7.400,65
Mano de Obra	245.826,31	121.078,63
Servicios	14.448,84	7.116,59
Laboratorio	44.893,61	22.111,78
Exportación	284.037,12	139.898,88
Regalías y patentes	0,00	0,00
Mantenimiento	47.738,63	23.513,06
Supervisión	20.310,98	10.003,91
<b>COSTOS TOTALES VARIABLES</b>	<b>1.616.553,40</b>	<b>695.106,48</b>
<b>COSTOS FIJOS</b>		
Ventas y Distribución	118.933,16	58.579,02
Administración y Dirección	185.257,07	91.246,02
Costos de inversión		
Depreciación	63.612,86	31.331,71
Impuestos	14.233,34	7.010,45
Seguros	5.337,50	2.628,92
Investigación y Desarrollo	0,00	0,00
<b>COSTOS TOTALES FIJOS</b>	<b>387.373,93</b>	<b>190.796,12</b>
<b>COSTOS TOTALES</b>	<b>2.003.927,33</b>	<b>885.902,60</b>

Fuente: elaboración propia

### **Capital de trabajo**

Se estima como los costos sin depreciación necesarios para la producción de 3 meses: US\$ 698.721,34.

### **Inversión fija total**

Es la correspondiente a la suma de la inversión fija y el costo del terreno: US\$ 1.062.189,61.

## **Ingresos por ventas**

La Tabla 31 muestra la cantidad de escamas de PET producidas anualmente por la planta del proyecto desglosado por el tipo de material.

Tabla 31: Cantidad de escamas de PET generadas por la planta de PET

Material	Materia Prima (kg)	Escamas de PET (kg)
Cristal	1.929.600,00	1.775.232,00
Color	950.400,00	874.368,00
<b>Total</b>	<b>2.880.000,00</b>	<b>2.649.600,00</b>

Fuente: elaboración propia.

En la Tabla 32 muestra el precio e ingresos por ventas. Se establece como precio de venta del producto, el promedio de los precios de mercado según la publicación de Plastic News en mayo de 2012 como se muestra en la pagina 20.

Tabla 32: Precio de venta e ingresos por ventas de la planta de escamado de PET

PET	Precio Escamas (US\$)			Ventas (US\$)
	Min	Max	Promedio	
Claro	1,2345	1,4991	1,3668	2.426.387,10
Color	0,9700	1,1464	1,0582	925.256,22
<b>TOTAL</b>				<b>3.351.643,32</b>

Fuente: elaboración propia.

### **Cuadro de Fuentes y Usos de fondos para el proyecto sin financiación**

En la Tabla 33 se muestra el cuadro de Fuentes y Usos de fondos para el proyecto sin financiación

Tabla 33: Cuadro de Fuentes y Usos de fondos para el proyecto sin financiación

Sin Financiación										
	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
<b>Fuentes</b>										
Capital propio	1.760.911,0									
Ingresos por ventas	3.351.643,3	3.351.643,3	3.351.643,3	3.351.643,3	3.351.643,3	3.351.643,3	3.351.643,3	3.351.643,3	3.351.643,3	3.351.643,3
<b>Total fuentes</b>	<b>5.112.554,3</b>	<b>3.351.643,3</b>								
<b>Usos</b>										
Inversión fija total	1.062.189,6									
Capital de trabajo	698.721,3									
Costo de producción	2.889.829,9	2.889.829,9	2.889.829,9	2.889.829,9	2.889.829,9	2.889.829,9	2.889.829,9	2.889.829,9	2.889.829,9	2.889.829,9
<b>Total usos</b>	<b>4.650.740,9</b>	<b>2.889.829,9</b>								
BNAI	461.813,4	461.813,4	461.813,4	461.813,4	461.813,4	461.813,4	461.813,4	461.813,4	461.813,4	461.813,4
BN	277.088,0	277.088,0	277.088,0	277.088,0	277.088,0	277.088,0	277.088,0	277.088,0	277.088,0	277.088,0
Depreciación	94.944,6	94.944,6	94.944,6	94.944,6	94.944,6	94.944,6	94.944,6	94.944,6	94.944,6	94.944,6
Flujo de caja	372.032,6	372.032,6	372.032,6	372.032,6	372.032,6	372.032,6	372.032,6	372.032,6	372.032,6	372.032,6
TIR del proyecto	19%									

Fuente: elaboración propia

La Tasa Interna de Retorno (TIR) es la tasa a la cual debería aplicarse anualmente el flujo de caja de tal manera que la inversión original sea reducida a cero durante la vida útil del proyecto. La TIR del proyecto es del 19%. Este porcentaje indica que el proyecto es rentable, ya que es mayor al Costo Promedio Ponderado del Capital (CPPC) igual a 10,93 (ver anexo IX).

## Flujo de Caja Financiado

En la Tabla 34 se muestra el flujo de caja financiado para el proyecto.

Tabla 34: Cuadro de Fuentes y Usos de fondos para el proyecto con financiación

AÑO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ingresos Anuales		3.351.643,32	3.351.643,32	3.351.643,32	3.351.643,32	3.351.643,32	3.351.643,32	3.351.643,32	3.351.643,32	3.351.643,32	3.351.643,32
Total a		3.351.643,32	3.351.643,32	3.351.643,32	3.351.643,32	3.351.643,32	3.351.643,32	3.351.643,32	3.351.643,32	3.351.643,32	3.351.643,32
Egresos anuales											
Costo de producción SD		2.794.885,37	2.794.885,37	2.794.885,37	2.794.885,37	2.794.885,37	2.794.885,37	2.794.885,37	2.794.885,37	2.794.885,37	2.794.885,37
Depreciación		94.944,57	94.944,57	94.944,57	94.944,57	94.944,57	94.944,57	94.944,57	94.944,57	94.944,57	94.944,57
Costo de Financiación (interés)		98.611,01	78.888,81	59.166,61	39.444,41	19.722,20	0				
Total b		2.988.440,94	2.968.718,74	2.948.996,54	2.929.274,34	2.909.552,13	2.889.829,93	2.889.829,93	2.889.829,93	2.889.829,93	2.889.829,93
a-b		363.202,37	382.924,57	402.646,78	422.368,98	442.091,18	461.813,38	461.813,38	461.813,38	461.813,38	461.813,38
Impuestos (40%)		145.280,95	153.169,83	161.058,71	168.947,59	176.836,47	184.725,35	184.725,35	184.725,35	184.725,35	184.725,35
BN		217.921,42	229.754,74	241.588,07	253.421,39	265.254,71	277.088,03	277.088,03	277.088,03	277.088,03	277.088,03
Depreciación		94.944,57	94.944,57	94.944,57	94.944,57	94.944,57	94.944,57	94.944,57	94.944,57	94.944,57	94.944,57
inversión fija	1.062.189,61										
Capital de trabajo	-698.721,34										
Préstamo	880.455,48										
amortización préstamo		-176.091,10	-176.091,10	-176.091,10	-176.091,10	-176.091,10					
Flujo de caja del proyecto	-880.455,48	136.774,89	148.608,21	160.441,54	172.274,86	184.108,18	372.032,60	372.032,60	372.032,60	372.032,60	372.032,60
TIR del inversionista	<b>24%</b>										

Fuente: elaboración propia.

La TIR del proyecto financiado con un 50% de financiación es del 24% (TIR del inversionista). Considerando un Costo de Capital Propio (Ke) de 15,7% (ver anexo IX) se concluye que el proyecto es rentable ya que es un valor inferior al de la TIR.

La manera de confirmar que el proyecto puede ser financiado es utilizando la relación de performance (Semyraz, D. 2006). Esta relación es igual a 15,61. Al ser mayor que 7 se concluye que el proyecto puede ser financiado un 50%.

### **Tiempo de repago**

Se define como el mínimo período de tiempo teóricamente necesario para recuperar la inversión original en forma de flujo de caja del proyecto (Peters, M.S. y Timmerhaus, K.D. 1980).

En la Tabla 35 se muestra los flujos de caja acumulados del proyecto sin financiación.

Tabla 35: Flujo de caja acumulado del proyecto

Año	Flujo de caja del proyecto
0	-949.445,65
1	-577.413,06
2	-205.380,46
3	166.652,14
4	538.684,73
5	910.717,33
6	1.282.749,92
7	1.654.782,52
8	2.026.815,11
9	2.398.847,71
10	2.770.880,31

Fuente: elaboración propia

El tiempo de repago del proyecto sin financiar es igual a 2,55 años y se puede observar en el Gráfico 8.

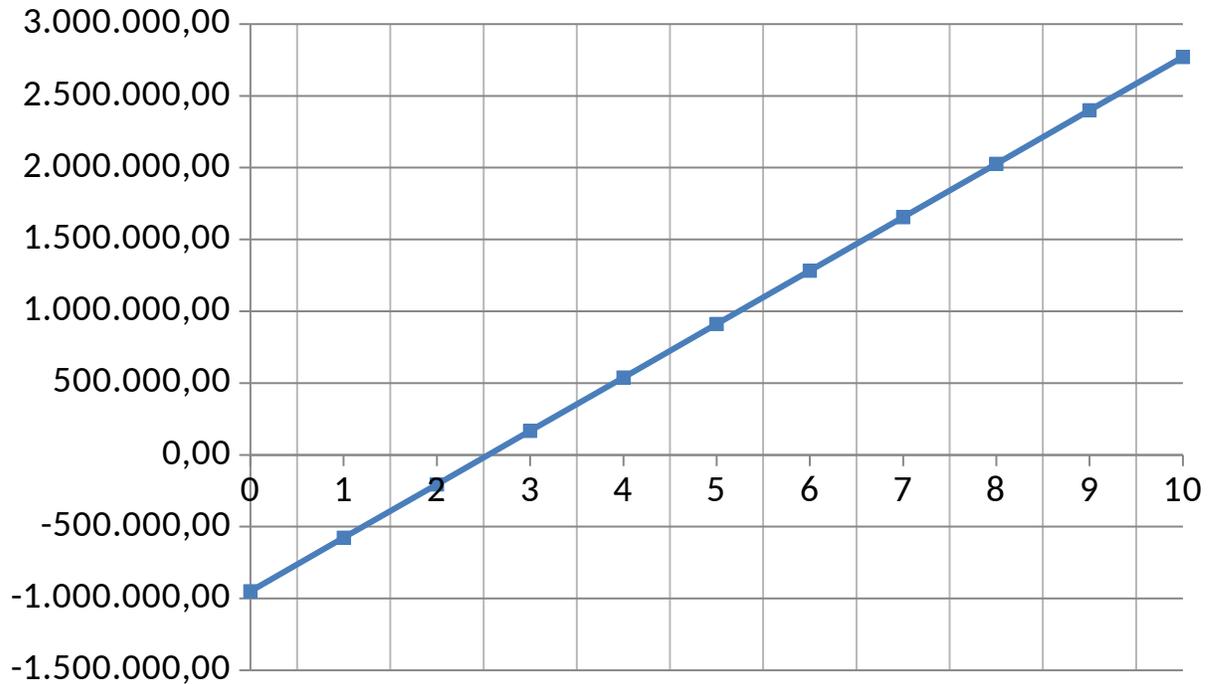


Gráfico 8: Tiempo de repago

Fuente: elaboración propia

## **Análisis de equilibrio**

Esta carta se construye mediante un gráfico donde los costos fijos se representan como pérdidas en el eje vertical y en el eje horizontal se muestran los ingresos por ventas. Cuando no existen ingresos por ventas, los costos fijos son los únicos costos asociados al producto. Al crecer la producción y las ventas, cada unidad vendida da una contribución para pagar los costos fijos. Cuando se han vendido suficientes unidades para pagar los costos fijos, se alcanza el punto de equilibrio y se obtienen beneficios por las contribuciones que corresponden a ventas posteriores. Cabe destacar que la pendiente de cada tramo representa la contribución marginal de cada producto.

Se muestra en la Tabla 36 los costos fijos totales, el número de unidades a vender, la contribución marginal y el precio de venta unitario de cada producto.

Tabla 36: Carta de producción para múltiples productos para la planta escamadora de PET

	Cristal		Color	
PV (US\$/u)	1,3668		1,0582	
CVU	0,9106		0,7950	
Contribución	0,4562		0,2632	
CF (US\$/Año)	387.373,93		190.796,12	
N (unidades/año)	1.775.232,00		874.368,00	
Ingresos por Venta/año	2.426.387,10		925.256,22	
Punto Inicial	0,00	-387.373,93	2.426.387,10	231.663,65
Punto final	2.426.387,10	422.459,77	3.351.643,32	461.813,38

Fuente: elaboración propia

En el Gráfico 9 se muestra la carta de producción para múltiples productos. De este análisis se desprende que el tramo con mayor pendiente perteneciente al producto escamas de PET cristal. Este producto es el proporciona mayores beneficios al proyecto por lo que la planta debe volcar sus esfuerzos en la producción del PET cristal.

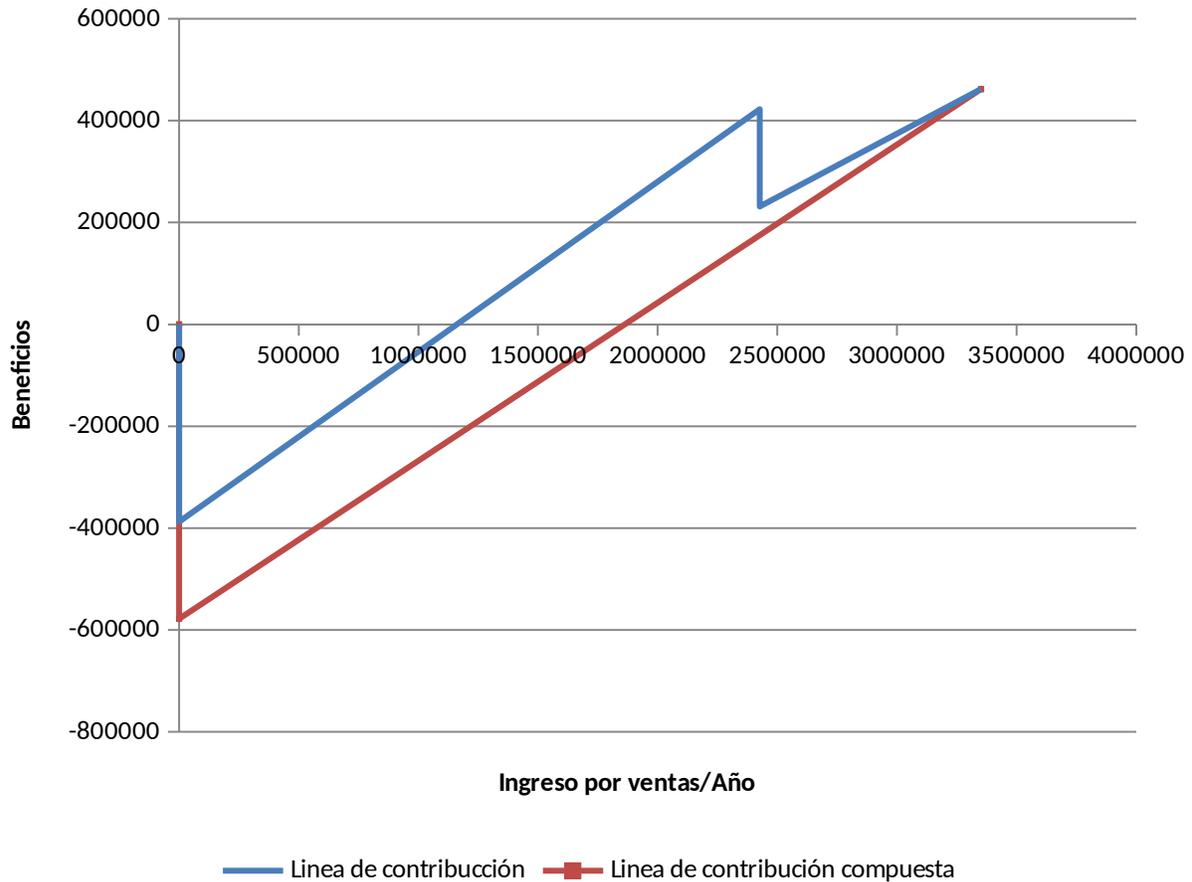


Gráfico 9: Carta de producción para PET cristal, verde y celeste.

Fuente: elaboración propia

## **Análisis de sensibilidad**

El propósito del análisis de sensibilidad es apoyar a quienes toman una decisión de inversión. Es una segunda estimación de una valorización económica donde se cuestionan los cálculos realizados, para determinar si estos representan adecuadamente las condiciones futuras que pudieran afectar la propuesta.

Para el análisis de sensibilidad se utiliza el método de isocuánticas. Para la elaboración del mismo se tiene en cuenta la composición de la estructura de costos mostrados en el Gráfico 10. Los costos más influyentes que se observan son: el costo de materia prima (45%), exportación (15%) y mano de obra (13%).

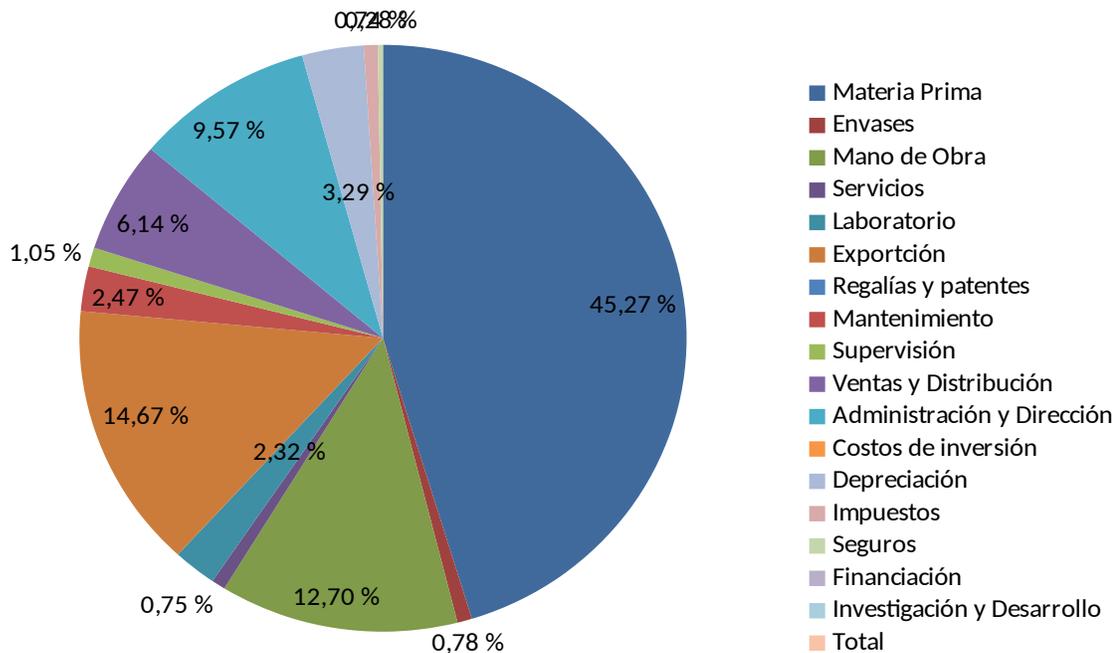


Gráfico 10: Composición de los costos del proyecto

Fuente: elaboración propia

Para el análisis se toman dos parámetros: el costo del PET cristal (materia prima) y el costo de la hora hombre (mano de obra). Se eligen estos parámetros ya que representan los mayores porcentajes dentro de la estructura de costos. Además es

factible que el costo del PET cristal fluctúe debido al comportamiento estacional del mismo y que los costos de mano de obra se incrementen.

En el Gráfico11 muestra la grafica del análisis de sensibilidad de los parámetros seleccionados. En el gráfico se representa sobre el eje de abscisas el costo del PET cristal y sobre el eje de ordenadas el costo de la hora hombre. La recta representa todos los puntos para los cuales el Valor Presente (VP) es nulo, lo cual indica que la zona ubicada por encima de la misma es la zona de rechazo donde el proyecto tiene  $VP < 0$  lo que indica que no es rentable.

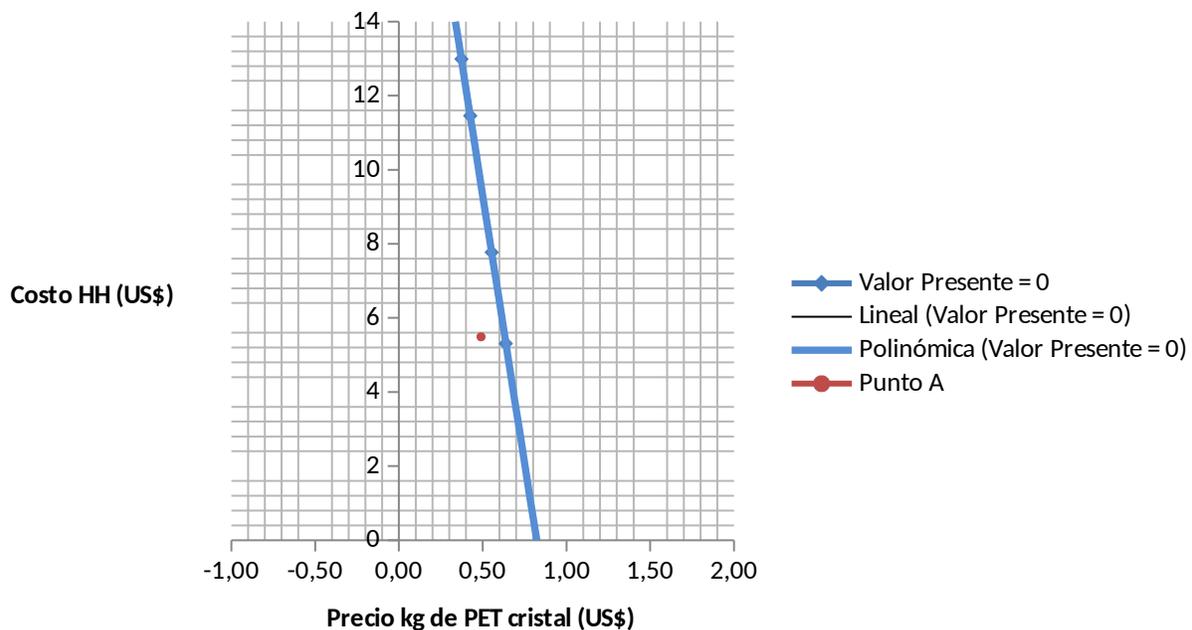


Gráfico 11: Análisis de sensibilidad de dos parámetros

Fuente: elaboración propia:

El punto A que se encuentra en la zona de aceptación, representa los costos de PET cristal y hora hombre del proyecto.

Si el valor del costo de la materia prima se mantiene constante, el costo de la hora hombre puede incrementarse hasta un 75% (US\$ 9,61) para mantenerse en la zona de aceptación. Por otra parte si el costo de la hora hombre se mantiene constante, el costo del PET cristal puede incrementarse hasta un 29% (US\$ 0,63) para

mantenerse dentro de la zona de aceptación. Se concluye que el costo de materia prima PET cristal es mas sensible a las variaciones que el costo de hora hombre.

## **CONCLUSIÓN**

El proyecto surge como consecuencia del análisis socio-político-económico actual de la municipalidad del Partido de General Pueyrredon. A partir del año 2004, la municipalidad diseña e implementa un sistema de GIRSU. El mismo se consolida con la implementación del plan de separación diferenciada en mayo de 2012 y la reinauguración de la IRM en Agosto del mismo año. El sistema tiene como objetivo la reducción de los residuos enviados a disposición final.

Consecuentemente con la implementación del sistema de GIRSU surge una oportunidad de negocios utilizando el material recuperado de la IRM como materia prima. El material seleccionado para reciclar es el PET.

Luego del estudio de mercado se concluye que el mercado del Sudeste Asiático demanda más de 700.000 toneladas de PET reciclado anualmente, que es un mercado en expansión y menos exigente en términos de calidad. Se estima un crecimiento anual del 6% de dicho mercado, del cual se abarca un 6% con una producción de 2.650 toneladas anuales de escamas de PET.

Se selecciona el reciclado mecánico para agregar valor al material recuperado y transformarlo en escamas que se pueden destinar en forma directa en la fabricación de productos por inyección o extrusión. Se determina el mejor arreglo físico de las instalaciones para la producción, estaciones de trabajo, ubicación de materiales y equipos para manejo de materiales.

Mediante la evaluación económica se determina que se requiere una inversión total de US\$ 1.062.189. Se concluye que el proyecto es rentable y que es posible financiar un 50% de la inversión con capital de terceros a una tasa de 11.2%. El tiempo de repago para el proyecto de 2,55 años. La TIR del inversionista es de 24% y resulta mayor a la TIR del proyecto que es del 19%. El valor presente del proyecto financiado es US\$ 439.167. El análisis de sensibilidad de dos parámetros determina que el costo

de la materia prima PET cristal es el parámetro mas sensible y representa el 45% del total de los costos.

## **BIBLIOGRAFIA**

Aimplast (2008). Situación actual y perspectivas del uso del PET reciclado, Diagnostico de los recicladores nacionales de PET. Documento Técnico, Diagnostico de los recicladores Nacionales de PET (Volumen 2). Disponible en: <http://www.aimplas.es/>

Anderson, D, R. Sweeney, D, J., Williams, T, A. 2004. "Introducción a los Modelos Cuantitativos para Administración". Grupo Editorial Iberoamericana.

Arandes J. M., Bilbao J. Lopez Valerio. D. (2004). Reciclado de residuos plásticos, Revista Iberoamericana de Polímeros (Volumen 5). <http://www.ehu.es/reviberpol/>.

Asociación Civil Argentina Pro Reciclado del PET. 2011. Reciclado del PET. Ciudad Autónoma de Buenos Aires. Argentina: ARPET. <http://www.arpet.org/> URL. 9 de junio.

Barna, A. 2012. Comunicación personal. Cabelma S.A. Pacheco, Partido de Tigre. Argentina, 2012

Bermúdez, A. 2012. Comunicación personal. Asociación Civil Argentina Pro Reciclado del PET. Ciudad Autónoma de Buenos Aires. Argentina.

Bermúdez, I. 23 de mayo de 2012. Caen las exportaciones y ponen más presión al dólar. Argentina. Diario Clarín. Disponible en: [http://www.ieco.clarin.com/economia/Caen-exportaciones-ponen-presion-dolar\\_0\\_705529480.html](http://www.ieco.clarin.com/economia/Caen-exportaciones-ponen-presion-dolar_0_705529480.html). 25 de mayo de 2012.

Bustos Yañez, M, S. (2012) Comunicación personal. Secretaria de Desarrollo Social MGP. Mar del Plata, Argentina.

Casa Rosada. 2012. Argentina. Disponible en: <http://casarosada.gov.ar/informacion/actividad-oficial>, 12 de junio.

Castillo, C. 24 de febrero de 2012. Producción en línea. San Francisco. Estados Unidos. Scrib. Disponible en: <http://es.scribd.com>

Comisión Mundial sobre Ambiente y Desarrollo. 1987. Comisión Brundtland

Consortio de Administración parque industrial y tecnológico General M. Savio. 2012. Tálamo diseños. Disponible en: <http://www.parqueindustrialmdp.com/index.php?option=objetivos>

Consortio de Administración Parque Industrial y Tecnológico General M. Savio. 2012. Beneficios. Partido de General Pueyrredon, Argentina. Disponible en: <http://www.parqueindustrialmdp.com>. junio 2012.

Cooperativa CURA. 2012. Comunicación personal. Mar del Plata. Argentina.

Domínguez Machuca y otros, J.A. 1995. Dirección de operaciones: aspectos estratégicos en la Producción y los Servicios. Capítulo 7. Editorial Mc Graw Hill.

EcoE3. 2012. Sistema de Reciclado de RSU. Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina. Disponible en: [www.ecoe3.com](http://www.ecoe3.com). 25 de mayo de 2012.

ECOPLAS S.A. 2007. PET. Argentina: Disponible en: <http://www.ecoe3.com/sistemas-de-reciclado-de-rsu.html>. 2 de junio.

- EnOSUr. 2012. Comunicación personal. Municipalidad de General Pueyrredon. Mar del Plata. Argentina.
- Escuela de Economía y Negocios internacionales, Universidad de Belgrano. 2004. ¿Cual es la tasa de corte en Argentina?. Argentina. Disponible en: <http://mba.americaeconomia.com>. Noviembre de 2012.
- Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de la Universidad de Valladolid.2012. Propiedades y características. Valladolid. España. Universidad de Valladolid. Disponible en: [http://www.eis.uva.es/~macromol/curso05-06/pet/propiedades\\_y\\_caracteristicas.htm](http://www.eis.uva.es/~macromol/curso05-06/pet/propiedades_y_caracteristicas.htm). 12 de junio de 2012.
- Gazzolli, D. 2012. Comunicación personal. Grupo Maraye. Mar del Plata. Argentina.
- Germinario, A. 2012. Comunicación personal. Estudiante de comercio exterior Instituto Bristol. Mar del Plata. Argentina.
- González Trigo, M, D. (2012) Comunicación personal. EnOSUr. Mar del Plata, Argentina.
- Guerrero, S, P. 2012. Comunicación personal. EnOSUr. Mar del Plata, Argentina.
- Hengli & Co. (2012).KIE. 2012. Listado de maquinarias. México. Hengli & Co. Disponible en: <http://www.henglico.com/maquina.php?Field1=maquinas&Field2=molino>. 30 de junio de 2012.
- INDEC. 2012. Argentina. Disponible en: <http://www.indec.gov.ar/>. Mayo de 2012.
- KIE. 2012. Maquinas para reciclaje de plástico. Sao Paulo, Brazil. KIE. Disponible en: <http://www.kie.com.br/>. 30 de junio de 2012.
- Mariano M. 2011. Secador de flakes de PET. Tecnología de los plásticos. Disponible en: <http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com.ar/2011/06/secador-de-flakes-de-pet.html>. 20 de junio de 2012.
- Meyers, F. E, y Stephens, M (2005). Diseño de instalaciones de manufactura y manejo de materiales. Editoria: Pearson Education.I.
- Migueluez, B.2012. Comunicación personal. Envases Migueluez. Otamendi, Argentina.
- Ministerio de la Producción, Ciencia y Tecnología. (2012). Fuerza Parques. Argentina. Disponible en: <http://www.fuerzaproductiva.mp.gba.gov.ar>. 20 de noviembre de 2012.
- Municipalidad de General Pueyrredon. 2010. Datos demográficos. Mar del Plata. Argentina: Municipalidad de General Pueyrredon. Disponible en: <http://www.mardelplata.gov.ar/>. 2 de junio de 2012.
- Municipalidad de General Pueyrredon. 2010. Mar del Plata, Argentina. Disponible en: <http://www.mardelplata.gov.ar/>. 12 de junio.
- Naumann, W. Gammacurta, G. Martes 6 de Septiembre de 2011. La industria nacional se prepara para afrontar los nuevos desafíos. Argentina. Diario Ámbito Financiero. Disponible en: <http://www.ambito.com/noticia.asp?id=600946>, 25 de mayo de 2012.
- Negri, J. 2012. Comunicación personal. Obras Sanitarias SE. Mar del Plata. Argentina.
- Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial. 2007. Guía para la gestión integral de los residuos sólidos urbanos. Viena, Austria. Disponible en:

[http://www.unido.org/fileadmin/user\\_media/Publications/Pub\\_free/Guia\\_para\\_la\\_gestion\\_integral\\_de\\_los\\_residuos\\_solidos\\_urbanos.pdf](http://www.unido.org/fileadmin/user_media/Publications/Pub_free/Guia_para_la_gestion_integral_de_los_residuos_solidos_urbanos.pdf). 25 de mayo de 2012.

Ortega Leyva, M, N. 2011. El reciclaje de PET está en su mejor momento. Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina. Disponible en: [http://www.plastico.com/tp/secciones/TP/ES/MAIN/IN/ARTICULOS/doc\\_84014\\_prnIN04.html?idDocumento=84014](http://www.plastico.com/tp/secciones/TP/ES/MAIN/IN/ARTICULOS/doc_84014_prnIN04.html?idDocumento=84014). 12 de junio de 2012.

Peters, M.S. y Timmerhaus, K.D. (1980). Diseño de plantas y su evaluación económica para ingenieros químicos. Mac Graw Hill

Plastics News. 2012. Resin pricing-Recycled Plastics. Estados Unidos. Disponible en: [www.plasticsnews.com](http://www.plasticsnews.com). 20 de octubre.

Rodríguez, R. 2012. Comunicación personal. Municipalidad de General Pueyrredon. Mar del Plata. Argentina.

Rudd y Wattson. 1968. Cálculo de Inversiones por factores.

Salgueiro J. (2012). Manual de valorización de los residuos plásticos. Cairplast. (Volumen 5).

Secretaria de Ambiente de la Nación. 2012. Generación Per Cápita y Total por Provincia y País. La Plata. Argentina. Disponible en: <http://www.ambiente.gob.ar/observatoriosu/grupo.asp?grupo=8075&subgrupo=8214&nota=8214>. 12 de junio de 2012.

SEMARNAT. 2008. Programa Nacional para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos 2009-2012. México. Disponible en: <http://www.semarnat.gob.mx/programas/Documents/PNPGIR.pdf>, Mayo de 2012

Semyraz, D. 2006. Preparación y evaluación de proyectos de inversión. Osmar D. Buyatti Librería Editorial

Sequeira, V. 2012. Comunicación personal. Pasalto S.A. Mar del Plata. Argentina

Svampa M. 2008 La sociedad excluyente, la argentina bajo el signo del neoliberalismo. Ed. Taurus. 2005.

Tadahiko W. (2007). El plástico y sus posibilidades de Reciclado. El reciclado del plástico. Capitulo 7 (pag 81-98). Jica. Disponible en: [http://www.fev.org.ar/descargas/Libro\\_El\\_Plastico\\_y\\_sus\\_posibilidades\\_de\\_reciclado.pdf](http://www.fev.org.ar/descargas/Libro_El_Plastico_y_sus_posibilidades_de_reciclado.pdf)

Taha H, A. 2004. "Investigación de Operaciones". Séptima edición. Person Prentice-Hall.

Tecnun. 2012. Desarrollo Sostenible. Navarra, España. Disponible en: <http://www.tecnun.es/asignaturas/Ecologia/Hipertexto/14PolEcSoc/140DesSost.htm>. 25 de mayo de 2012.

Tomborrel, G. 2010. El Problema Ambiental del PET. México. Sistemas Light. Disponible en: [http://www.elecologista.com.mx/index.php?option=com\\_content&view=article&id=108&Itemid=65](http://www.elecologista.com.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=108&Itemid=65). 9 de junio de 2012.

Unión Obrera y Empleados Plásticos. 2012. Escala Salarial. Argentina. Disponible en: <http://www.uoyep.org.ar>. Agosto de 2012.

## ANEXOS

### ANEXO I – Recuperación de PET en la IRM-MGP

Las características de los RSU se ven afectadas por el trabajo de los cartoneros que recorren la ciudad recolectando materiales. La mayor parte de los mismos se compone de papel, cartón y envases de vidrio pero también recogen metales y otros residuos. Es importante tener en cuenta que la actividad de estos recuperadores ha crecido notoriamente al implementar la recolección diferenciada en el Partido de Gral. Pueyrredon.

En la Tabla 37 se realiza una estimación de la composición de los residuos recuperados en la IRM. Para su confección se tiene en cuenta los registros cedidos por la Cooperativa CURA del año 2011. En primer lugar se calculó el porcentaje de cada material y su peso cada 100 toneladas de residuos recibidos en planta. En la última columna se estima la cantidad de materiales a recuperar, teniendo en cuenta la implementación de la recolección diferenciada (implantada en el año 2012, posterior a los registros disponibles). Se considera un incremento de la cantidad extraída de cada material en un 50%.

Tabla 37: Estimación de la composición de los residuos descargados en la IRM

RESIDUOS SÓLIDOS DOMICILIARIOS		COMPOSICIÓN RESIDUOS RECUPERADOS IRM			
		( año 2011 - cada 100 t recibidas)			
CATEGORIA	COMPONENTE	PORCENTAJE 2011	kg 2011	PORCENTAJE 2012 (+50%)	ESTIMADO 2012 (+50%)
Papel y cartón		1,89%	1.891,90	2,84%	2.837,86
Plásticos	PET	1,49%	1.485,00	2,23%	2.227,50
	PEAD	0,36%	359,1	0,54%	538,65
	PVC	NO RECUPERA	NO RECUPERA	NO RECUPERA	NO RECUPERA
	PEBD	NO RECUPERA	NO	NO RECUPERA	NO RECUPERA

			RECUPERA		
	PP	NO RECUPERA	NO RECUPERA	NO RECUPERA	NO RECUPERA
	PS	NO RECUPERA	NO RECUPERA	NO RECUPERA	NO RECUPERA
Vidrio		2,39%	2.393,00	3,59%	3.589,50
Metales		0,36%	357,16	0,54%	535,74
Textiles		0,08%	78,8	0,12%	118,2
<b>TOTAL</b>		<b>6,57%</b>	<b>6.564,95</b>	<b>10%</b>	<b>9.847,43</b>

Fuente: EnOSUr, 2012

## **ANEXO II – Requerimiento de almacén de materia prima**

Dado que en los meses de enero y febrero, equivalente a 50 días laborales, la IRM podrá abastecer a la planta de reciclado de 1.080 t de PET. Considerando un cuello de botella de 1200 kg/hora, la planta podrá procesar 864 t. Una vez finalizado el período enero-febrero, la planta cuenta con 216 t de PET en stock.

Esto implica que la planta necesita un espacio destinado a stock de materias primas que no pueden ser procesadas. Dicho espacio debe almacenar un total de 216 t.

Cada fardo de PET tiene en promedio un peso de 240 kg, un volumen de 1 m<sup>3</sup> y una superficie de apoyo de 1 m<sup>2</sup>. Los fardos se apilan de a 4 unidades, lo cual implica que en un área de 1m<sup>2</sup> se pueden almacenar 960 kg de materias primas.

Considerando un 20% de espacio para manejo de materiales como movimientos de auto elevadores y espacio entre fardos, más un área destinada a almacenar stock de seguridad (10 días de procesamiento), la superficie total del depósito de materias primas es de 360 m<sup>2</sup>.

Cabe destacar que el playón de almacenamiento debe ser de hormigón, para soportar el peso de los fardos y evitar desniveles en el suelo, lo cual implica complicaciones para el manejo de materiales.

Las materias primas pueden almacenarse a la intemperie, ya que el plástico resiste a las posibles inclemencias del tiempo, altas y bajas temperaturas, lluvias y heladas.

### **ANEXO III – Distribución en planta**

El diagrama de la relación de actividades muestra las relaciones de cada departamento, oficina o área de servicio, con cualquier otro departamento y área. Se usan códigos de cercanía para reflejar la importancia de cada relación mostrados en la Tabla 38.

Tabla 38: Códigos de cercanía para el diagrama de relación de actividades.

Código	Definición
A	Absolutamente necesario que estos dos departamentos estén uno junto al otro
E	Especialmente importante
I	Importante
O	Ordinariamente importante
U	Sin importancia
X	No deseable

Fuente: Meyers, F, E. 1995

El procedimiento para el diagrama de relación de actividades inicia listando todos los departamentos en una columna, en el lado izquierdo del formato. Se inicia con la línea 1 (almacén de materias primas) para establecer el código de relación para cada departamento de los que siguen. De este modo se completan uno por uno los restantes centros de actividad. En el Gráfico 12 se muestra el diagrama de la relación de actividades resultante.



La hoja de trabajo es una etapa intermedia entre el diagrama de relación de actividades y el diagrama adimensional de bloque. Esta muestra las mismas relaciones que el diagrama de relación de actividades facilitando la lectura de los datos para elaborar el diagrama de bloques. Para la confección de la hoja de trabajo se elabora una matriz donde las entradas horizontales son los centros de actividades y las entradas verticales son los códigos de relación. La hoja de trabajo se muestra en la Tabla 39.

Tabla 39: Hoja de trabajo de la planta de escamado de PET

Actividad	A	E	I	O	U	X
Almacén de materias primas	2; 10	9	4; 6; 11	3	5; 7; 8	
Almacén de producto terminado	8; 9; 11	10; 2	3; 5; 10	4	1; 6	
Área de envío	11; 7	1; 3; 8; 10	6; 2		4; 5	
Área de recepción	1	2; 3; 7; 8; 9	6		4; 5; 11	
Comedor		3	1; 2; 4; 7; 8; 9		5; 10; 11	
Deposito de insumos, mantenimiento y limpieza	2	8	4; 7		1; 3; 6; 9; 10; 11	
Envasado	2; 7; 11		6; 3	4	1; 5; 9; 10	
Laboratorio	8; 7	2	4; 3; 1	9	5; 6; 10	
Línea de producción	1; 5; 8	4; 7; 10; 11	9; 6			3
Oficina		4; 6; 9; 10	7; 8; 11	1		2
Sanitarios y vestuarios		2; 3	1; 5; 11; 6	8; 7	4; 9; 10	

Fuente: elaboración propia







En el Gráfico 14 se muestra el plano de la planta de escamado de PET de acuerdo al resultado obtenido en diagrama adimensional de bloques y a las áreas de cada centro de actividad mostradas en la Tabla 17.

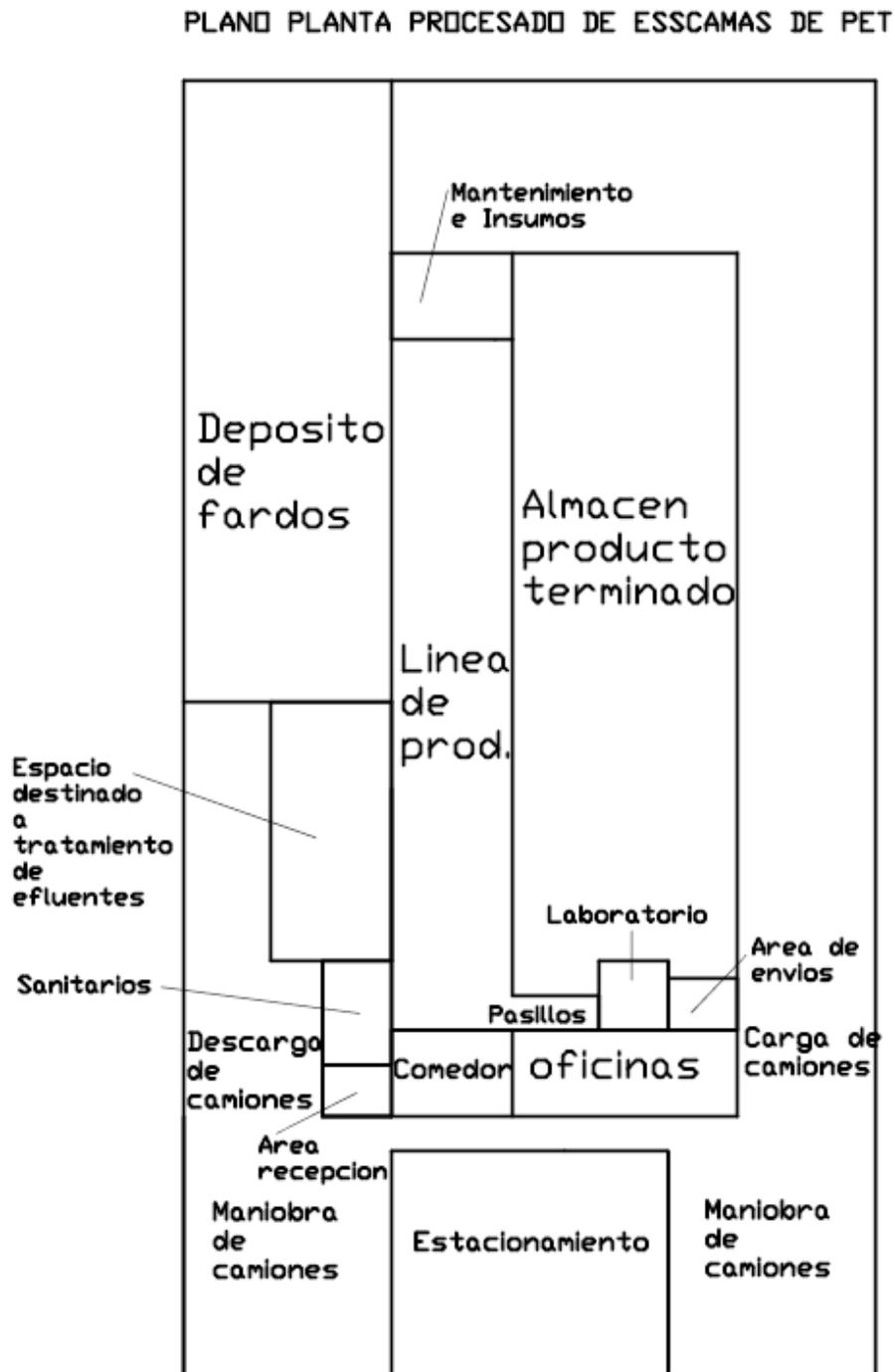


Gráfico 14: Plano de la planta de escamado de PET  
Fuente: Elaboración propia

## **ANEXO IV – Dimensionamiento de los centros de actividades**

### **Dimensionamiento del almacén de materias primas**

Durante los meses de Enero y Febrero (50 días laborales) la IRM podrá abastecer a la planta de reciclado de la siguiente cantidad de materias primas:

- $21.651,3 \text{ kg mp} * 50 \text{ días} = 1.082.565 \text{ kg mp} \approx \mathbf{1.082,5 \text{ toneladas}}$

Y la planta de reciclado procesará:

- $1200 \text{ kg mp/hora (cuello de botella)} * 0,9 = \mathbf{1.080 \text{ kg mp/hora reales}}$

En el total de período:

- $1080 \text{ kg mp reales / hora} * 16 \text{ horas (2 turnos)} * 50 \text{ días} = 864.000 \text{ kg mp reales} = \mathbf{864 \text{ toneladas}}$

Esto implica que la planta debe poseer un espacio destinado a stock de materias primas que no pueden ser procesadas. Dicho espacio debe almacenar un total de:

- $1.082,5 \text{ t mp} - 864 \text{ t mp} = \mathbf{218,5 \text{ toneladas mp}}$

Cada fardo tiene un peso aproximado de 240 kg, y sus dimensiones son las siguientes:

- $\text{Alto} = 1 \text{ m}$
- $\text{Largo} = 1 \text{ m}$
- $\text{Ancho} = 1 \text{ m}$
- $\text{Superficie de apoyo} = 1,2 \text{ m}^2$ .

Los fardos se apilan de a 4 unidades lo cual implica que en un área de  $1,2 \text{ m}^2$  se pueden almacenar 960 kg de materias primas.

- $\text{Área parcial: } 218,5 \text{ t} * 1,2 \text{ m}^2 / 0,96 \text{ t} = 273 \text{ m}^2 \text{ (área parcial)}$

Además hay que considerar los pasillos para el movimiento de materiales de los autolevadadores. Dichos pasillos deben tener como mínimo 2,5 metros de ancho. Si

consideramos un pasillo longitudinal de 62,5 m<sup>2</sup> y dos transversales de 50 m<sup>2</sup>, el área requerida para manejo de materiales sería de 112,5 m<sup>2</sup>.

- *Area total: 273 m<sup>2</sup> + 112,5 m<sup>2</sup> = 385,5 m<sup>2</sup>*

Cabe destacar que el playón de almacenamiento debe ser de hormigón, para soportar el peso de los fardos y evitar desniveles en el suelo, lo cual implicaría complicaciones para el manejo de materiales.

Las materias primas pueden almacenarse a la intemperie, ya que el plástico resiste a las posibles inclemencias del tiempo, altas y bajas temperaturas, lluvias y heladas.

### Dimensionamiento del almacén de producto terminado

Se establece como política de inventario de producto terminado, un mes de producción en período pico.

Esto significa que el almacén deberá tener espacio para almacenar el siguiente volumen de producto terminado;

- *Materia prima a procesar en un mes pico = 1080 kg mp reales / hora \* 16 horas (2 turnos) \* 25 días = 432.000 kg = 432 toneladas de materia prima*
- *Considerando que tiene una merma de proceso del 3%, más un 5% de tapas y etiquetas de PP, el producto obtenido es el siguiente;*

$$432.000 \text{ Kg} * [1 / (1 + 0,08)] = 400.000 \text{ kg} = 400 \text{ toneladas}$$

Las escamas se empaican en Big Bags de 1250 kg cada uno confeccionados por paños con costura lateral, desarrollados para optimizar el espacio, tanto del almacén como del contenedor o paqueteros donde fuese transportado. Cada Big Bag de 1 metros de largo, 1 metro de ancho y 1,5 metros de altura se trasladan por medio de autoelevadores o zorras.

Por lo tanto se requiere un área de almacén de producto terminado de;

- *Área parcial: 400 t \* 1,2 m<sup>2</sup> / 1,25 t = 384 m<sup>2</sup> (área parcial)*

Si además, consideramos un área para el manejo de materiales de la misma manera que lo hicimos para el almacén de materias primas, se requieren de 158 m<sup>2</sup> para pasillos y espacio entre bolsones Big Bags.

- *Area total:  $384 \text{ m}^2 + 158 \text{ m}^2 = 542 \text{ m}^2$*

### Dimensionamiento de áreas de envío y recepción

Los camiones con semirremolque y acoplados tienen 2,6 metros de ancho y como máximo 22 metros de largos. Esto implica que el área de carga y descarga posea estas medidas como mínimo. Para las maniobras de los camiones se requieren 15 metros del área de carga y descarga hasta la calle.

Las oficinas de envío y recepción requieren espacio para un escritorio, archivos para ordenes de compras o de venta, entre otra documentación. Se requiere 10 m<sup>2</sup> por personal que trabaje en dicha área. En dichos escritorios trabajaran los encargados de los almacenes de materias primas y producto terminado.

### Área de mantenimiento e insumos

Se requiere un área de 10 m<sup>2</sup> para suministros más un área destinada a cada trabajador de mantenimiento de 10 m<sup>2</sup>. Por turno trabajan 2 técnicos, lo cual el área de mantenimiento requiere 30 m<sup>2</sup> mínimo.

### Área de Oficinas y laboratorio

En la oficina se requiere espacio para tres secciones; ventas, administración y producción. Seis personas trabajaran en la oficina; el jefe de producción, el supervisor de mantenimiento, el encargado de logística, el vendedor, encargado de compras y el jefe de personal. Para cada uno corresponde un escritorio que requiere de 10 m<sup>2</sup>. Por lo tanto se requieren 60 m<sup>2</sup> para el espacio de oficinas.

En el laboratorio se llevan a cabo las actividades de calidad. Se requiere un espacio de 10 m<sup>2</sup> para el jefe de calidad más un espacio destinado a controles de muestras y otros procedimientos de 5 m<sup>2</sup>. Un total de 15 m<sup>2</sup> para esta área.

### Oficinas en planta alta. Contabilidad y Dirección

La oficina de la dirección, sala de reuniones y oficina del contador estarán en el segundo piso, planta alta de la oficina.

### Espacio destinado a tratamiento de efluentes líquidos

El tratamiento de aguas residuales queda excluido del presente proyecto, sin embargo es una actividad necesaria, exigida por la legislación de medio ambiente. Se reservan 100 m<sup>2</sup> para tratamiento de efluentes líquidos.

**ANEXO V – Matriz de localización**

En la Tabla 40 se muestra la matriz de ponderación para la toma de decisión de localización de la planta del proyecto.

Tabla 40: Matriz de ponderación para la toma de decisión de localización de la planta de escamado de PET

Factor de localización	Peso relativo asignado	Alternativas		
		A	B	C
Servicios de agua y cloacas	0,1	10	0	10
Servicios de gas	0,1	10	0	10
Servicios de electricidad	0,1	10	10	10
Cercanía con la IRM	0,35	4	10	6
Cercanía al puerto	0,05	3	6	7
Cercanía a vías de acceso	0,05	10	8	6
Políticas impositivas	0,1	10	5	5
Posibilidad de expansión	0,05	10	10	2
Costo de terreno	0,1	10	5	2
<b>Puntos Totales</b>		<b>7,75</b>	<b>7,2</b>	<b>6,85</b>

Fuente: elaboración propia.

## **ANEXO VI – Análisis de alternativas de proveedores**

El PAJ pide a quien toma las decisiones señalar una preferencia o prioridad con respecto a cada alternativa de decisión en términos de la medida en la que contribuya a cada criterio.

El conjunto de prioridades que es necesario determinar en el problema de la selección del proveedor de PET son:

1. Las prioridades de las ocho ciudades en términos de cada criterio.
2. Las prioridades de los nueve criterios en términos de la meta global.

En la 42 se muestra la matriz de comparaciones pareadas de las ocho ciudades con respecto al criterio de precio cristal. Se toma como ejemplo el criterio “precio cristal” para explicar el proceso de la selección de las alternativas.

Para la selección de las prioridades se toma en cuenta el criterio representado en la Tabla 41.

Tabla 41: Cuantificación de las preferencias para la selección de alternativas

Planteamiento verbal de la preferencia	Calificación
Extremadamente preferible	9
Entre muy fuertemente a extremadamente preferible	8
Muy fuertemente preferible	7
Entre fuertemente y muy fuertemente preferible	6
Fuertemente preferible	5
Entre moderadamente y fuertemente preferible	4
Moderadamente preferible	3

Entre igualmente y moderadamente preferible	2
Igualmente preferible	1

Fuente: Anderson, D, R. Sweeney, D, J., Williams, T, A. 2004. Taha H, A. 2004

Tabla 42: Matriz de comparaciones pareadas con respecto al criterio de precio cristal

Precio Cristal	La Plata	Zar./Camp	Santa Fe	Posadas	Córdoba Capital	Trelew	Bariloche	Formosa
La Plata	1,00	0,17	3,00	0,20	0,33	2,00	0,50	0,25
Zar./Camp	6,00	1,00	8,00	2,00	4,00	7,00	5,00	3,00
Santa Fe	0,33	0,11	1,00	0,14	0,20	0,50	0,25	0,17
Posadas	5,00	0,50	7,00	1,00	3,00	6,00	4,00	2,00
Córdoba Capital	3,00	0,25	5,00	0,33	1,00	4,00	3,00	0,50
Trelew	0,50	0,14	2,00	0,17	0,25	1,00	0,33	0,20
Bariloche	2,00	0,20	4,00	0,25	0,50	3,00	1,00	0,33
Formosa	4,00	0,33	6,00	0,50	2,00	5,00	3,00	1,00

Fuente: elaboración propia

Para sintetizar juicios se procede siguiendo tres pasos.

1. Sumar los valores en cada columna de la matriz de comparaciones pareadas.
2. Dividir cada elemento de tal matriz entre el total de su columna; a la matriz resultante se la denomina matriz de comparaciones pareadas normalizada.
3. Calcular el promedio de los elementos de cada renglón de la matriz normalizada; estos promedios proporcionan una estimación de las prioridades relativas de los elementos que se comparan.

En la Tabla 43 se muestra la matriz de comparaciones pareadas resuelta con respecto al criterio “precio cristal”. La última columna que muestra el promedio de las filas, conforma el vector de prioridades que muestra las probabilidades relativas de las ocho ciudades respecto al criterio “precio cristal”.

Tabla 43: Matriz de comparaciones pareadas con respecto al criterio de precio cristal resuelta

Precio Cristal	La Plata	Zar./Camp	Santa Fe	Posadas	Córdoba Capital	Trelew	Bariloche	Formosa	Promedio del renglón
La Plata	0,05	0,06	0,08	0,04	0,03	0,07	0,03	0,03	<b>0,05</b>
Zar./Camp	0,27	0,37	0,22	0,44	0,35	0,25	0,29	0,40	<b>0,32</b>
Santa Fe	0,02	0,04	0,03	0,03	0,02	0,02	0,01	0,02	<b>0,02</b>
Posadas	0,23	0,18	0,19	0,22	0,27	0,21	0,23	0,27	<b>0,23</b>
Córdoba Capital	0,14	0,09	0,14	0,07	0,09	0,14	0,18	0,07	<b>0,11</b>
Trelew	0,02	0,05	0,06	0,04	0,02	0,04	0,02	0,03	<b>0,03</b>
Bariloche	0,09	0,07	0,11	0,05	0,04	0,11	0,06	0,04	<b>0,07</b>
Formosa	0,18	0,12	0,17	0,11	0,18	0,18	0,18	0,13	<b>0,16</b>
TOTAL									<b>1,00</b>

Fuente: elaboración propia

Una consideración importante en términos de la calidad de la decisión final se refiere a la consistencia de los juicios que muestra el tomador de las decisiones en el transcurso de la serie de comparaciones pareadas. Se debe tener presente que la consistencia perfecta es muy difícil de lograr.

El PAJ proporciona una medida de la consistencia de los juicios en las comparaciones pareadas calculando la Relación de Consistencia (RC). Esta relación o cociente está diseñado de manera que los valores que exceden de 0.10 son señal de juicios inconsistentes, en estos casos el decisor deberá reconsiderar los valores asignados a sus comparaciones. Se considera que los valores de la relación de consistencia de 0.10 o menos son señal de un nivel razonable de consistencia en las comparaciones pareadas.

Para calcular la consistencia del análisis primero se multiplica cada valor de la primera columna de la matriz de comparaciones pareadas por la prioridad relativa del primer elemento que se considera y así sucesivamente con las otras prioridades. El vector suma ponderada del criterio precio PET cristal se muestra en la Tabla 44.

Tabla 44: Vector de suma ponderada del precio PET cristal

0,4004
2,7866
0,1922
1,9490
0,9689
0,2736
0,5979
1,3324

Fuente: elaboración propia

El segundo paso en el análisis se basa en dividir los elementos del vector de sumas ponderadas entre el correspondiente valor de prioridad. El resultado se observa en la Tabla 45.

Tabla 45: Vector resultante de la multiplicación del vector de sumas ponderadas y el valor de prioridad para el criterio precio PET cristal.

8,0714
8,5815
8,2016

8,6378
8,4896
8,0700
8,1914
8,5649

Fuente: elaboración propia

Se calcula el promedio de los valores obtenidos en el segundo paso. Este promedio se denota mediante  $\lambda_{\text{máx}}$ . El  $\lambda_{\text{máx}}$  del criterio precio PET cristal es 8,351. Con este valor se calcula el Índice de Consistencia (IC) que se define de la siguiente manera:  $(\lambda_{\text{máx}} - \text{n}^\circ \text{ de alternativa}) / (\text{n}^\circ \text{ de alternativa} - 1)$ . El IC del criterio precio PET cristal es: 0,0501

La RC es igual a IC dividido el Índice Aleatorio (IA) donde IA es el índice de consistencia de una matriz de comparaciones pareadas generada en forma aleatoria, depende del número de elementos que se comparan y asume los valores de la Tabla 46.

Tabla 46: Valores del índice de consistencia según el número de alternativas.

nº de alternativas	IA
3	0,58
4	0,9
5	1,12
6	1,24
7	1,32
8	1,41

Fuentes: Anderson, D, R. Sweeney, D, J., Williams, T, A. 2004. Taha H, A. 2004

El IA del criterio precio PET es 1,41.

El RC del criterio precio PET es 0,0355. Se considera aceptable una relación de consistencia de 0,10 o menor por lo que el juicios en las comparaciones pareadas para el criterio precio PET es consistente.

En la Tabla 47 se muestra la matriz de comparaciones pareadas para los nueve criterios seleccionados.

Tabla 47: Matriz de comparaciones pareadas para los nueve criterios de selección de proveedores de PET

CRITERIOS	Precio Cristal	Precio Verde	Precio Celeste	Disp. diaria Cristal	Disp. diaria Verde	Disp. diaria Celeste	Dist.	Estabilidad Comercial	Calidad del material
Precio Cristal	1	5	7	0,5	4	6	0,33	2	3
Precio Verde	0,2	1	3	0,17	0,5	2	0,14	0,25	0,33
Precio Celeste	0,14	0,33	1	0,13	0,25	0,5	0,11	0,17	0,2
Disp. diaria Cristal	2	6	8	1	5	7	0,5	3	4
Disp. diaria Verde	0,25	2	4	0,2	1	3	0,17	0,33	0,5
Disp. diaria Celeste	0,17	0,5	2	0,14	0,33	1	0,13	0,2	0,25
Distancia	3	7	9	2	6	8	1	4	5
Estabilidad Comercial	0,5	4	6	0,33	3	5	0,25	1	2
Calidad del material	0,33	3	5	0,25	2	4	0,2	0,5	1

Fuete: Elaboración propia

En la Tabla 48 se muestra la matriz resuelta de comparaciones pareadas. La última columna que muestra los promedios de cada fila representa el vector de prioridades para los nueve criterios.

Tabla 48: Matriz de comparaciones pareadas resulta referidas a los nueve criterios de selección

CRITERIOS	Precio Cristal	Precio Verde	Precio Celeste	Disp. diaria Cristal	Disp. diaria Verde	Disp. diaria Celeste	Dist.	Estabilidad Comercial	Calidad del material	Prom. del renglón
Precio Cristal	0,13	0,17	0,16	0,11	0,18	0,16	0,12	0,17	0,18	<b>0,15</b>
Precio Verde	0,03	0,03	0,07	0,04	0,02	0,05	0,05	0,02	0,02	<b>0,04</b>
Precio Celeste	0,02	0,01	0,02	0,03	0,01	0,01	0,04	0,01	0,01	<b>0,02</b>
Disp. diaria Cristal	0,26	0,21	0,18	0,21	0,23	0,19	0,18	0,26	0,25	<b>0,21</b>

Diseño Técnico y Evaluación Económica de una Planta Productora de Escamas de PET

Disp. diaria Verde	0,03	0,07	0,09	0,04	0,05	0,08	0,06	0,03	0,03	<b>0,06</b>
Disp. diaria Celeste	0,02	0,02	0,04	0,03	0,02	0,03	0,04	0,02	0,02	<b>0,03</b>
Distancia	0,4	0,24	0,2	0,42	0,27	0,22	0,35	0,35	0,31	<b>0,31</b>
Estabilidad Comercial	0,07	0,14	0,13	0,07	0,14	0,14	0,09	0,09	0,12	<b>0,11</b>
Calidad del material	0,04	0,1	0,11	0,05	0,09	0,11	0,07	0,04	0,06	<b>0,08</b>
TOTAL										<b>1</b>

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 49 se muestra el vector de prioridades relativas a cada alternativa.

Tabla 49: Prioridades relativas de cada alternativa de proveedores de PET.

	Precio Cristal	Precio Verde	Precio Celeste	Disp. diaria Cristal	Disp. diaria Verde	Disp. diaria Celeste	Dist.	Estabilidad Comercial	Calidad del material
La Plata	0,05	0,03	0,03	0,23	0,23	0,23	0,33	0,06	0,18
Zarate Campana	0,32	0,32	0,32	0,05	0,05	0,05	0,23	0,21	0,18
Santa Fe	0,02	0,02	0,02	0,16	0,16	0,16	0,16	0,11	0,13
Posadas	0,23	0,23	0,23	0,11	0,11	0,11	0,03	0,21	0,1
Córdoba Capital	0,11	0,11	0,11	0,33	0,33	0,33	0,11	0,11	0,06
Trelew	0,03	0,05	0,05	0,02	0,02	0,02	0,07	0,11	0,06
Bariloche	0,07	0,07	0,07	0,03	0,03	0,03	0,05	0,06	0,1
Formosa	0,16	0,16	0,16	0,07	0,07	0,07	0,02	0,11	0,18

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 50 se muestra la matriz de prioridades de las alternativas. La prioridad global para cada alternativa de decisión se obtiene sumando el producto de la prioridad del criterio por la prioridad de la alternativa de decisión con respecto a ese criterio.

Tabla 50: Matriz de prioridades de las alternativas de proveedores de PET

Ciudades	Precio Cristal	Precio Verde	Precio Celeste	Disp. diaria Cristal	Disp. diaria Verde	Disp. diaria Celeste	Dist.	Estabilidad Comercial	Calidad del material	Prioridad
Prio de La Plata	0,0075	0,0013	0,0007	0,0488	0,0128	0,0062	0,1003	0,0066	0,0142	0,1983
Prio de Zar./ Camp	0,0489	0,0127	0,0064	0,0107	0,0028	0,0014	0,0698	0,0227	0,0142	0,1895
Prio de Santa Fe	0,0035	0,0009	0,0005	0,0337	0,0088	0,0043	0,0481	0,0122	0,0105	0,1225
Prio de	0,034	0,0088	0,0045	0,0231	0,006	0,0029	0,0102	0,0227	0,008	0,1203

Diseño Técnico y Evaluación Económica de una Planta Productora de Escamas de PET

Posadas										
Prio de Córdoba Capital	0,0172	0,0045	0,0023	0,0702	0,0183	0,0089	0,033	0,0122	0,0046	0,1711
Prio de Trelew	0,0051	0,0019	0,001	0,0052	0,0014	0,0007	0,0225	0,0122	0,0046	0,0545
Prio de Bariloche	0,011	0,0029	0,0014	0,0073	0,0019	0,0009	0,0153	0,0066	0,008	0,0553
Prio de Formosa	0,0234	0,0061	0,0031	0,0158	0,0041	0,002	0,0076	0,0122	0,0142	0,0885

Fuente: elaboración propia.

## **ANEXO VII – Cálculo del consumo de gasoil**

Consumo de gasoil del quemador de la lavadora Hot-wash

El equipo trabaja a temperatura controlada 90° y utiliza 1200 litros de agua por hora. El proveedor no especifica cuál es el consumo de gasoil del quemador diesel lo cual implica que se realiza el cálculo aproximado del mismo.

Datos para el cálculo:

- Calor específico del agua:  $C_e = 1 \text{ cal}/(\text{g} \cdot ^\circ\text{C})$
- Poder calorífico del Gasoil: 10.800 kcal/kg
- Densidad del gasoil: 0.85 g/ml

Utilizamos la ecuación de cantidad de calor ( $Q = C_{e \text{ agua}} \times \text{masa}_{\text{agua}} \times (T_f - T_i)$ ) para determinar el calor que se requiere para elevar la temperatura de 1200 kg de agua de 20°C a 90 °C. (Se estima 20 °C temperatura ambiente).

Calor requerido de 84.000 Kcal. Se necesitan 7,77 kg de gasoil para proporcionar esa cantidad de calor.

Conociendo la densidad del combustible, determinamos que se requieren 9,14 litros de gasoil por hora.

## **ANEXO VIII – Requisitos para acceder a la línea de financiación “Fuerza Parques”**

- Ser una Pyme: Ser una Pyme: facturar menos de \$ 82,2 MM (industria y minería), \$37,7 MM (construcción) y \$ 14 MM (comercio). \$ 28,3 MM (servicios) y \$24,1 MM (agropecuario #).
- Estar radicada en la Provincia de Buenos Aires
- En caso de que la actividad principal se desarrolle fuera de la Provincia de Buenos Aires, la empresa podrá ser beneficiaria si los fondos provistos por el mismo se destinan, de manera comprobable, a un proyecto productivo a desarrollarse íntegramente en la Provincia de Buenos Aires.
- Tener situación impositiva y previsional regular (nacional y provincial) o dispuesta a regularizarse.
- Ser sujeto de crédito. No poseer inhabilitación de firma.
- Ser una empresa en marcha, en pleno funcionamiento y con proyección de futuro, o empresa nueva que demuestre acabado conocimiento de la actividad y solvencia económica.
- Las cooperativas deben tener matrícula con origen en la Provincia de Buenos Aires y tienen que estar en situación regular para el órgano competente en la Provincia de Buenos Aires.

## **ANEXO IX – Cálculos para la evaluación económica del proyecto**

### **Costo de capital propio (Ke)**

El modelo utilizado para medir el costo del capital propio es el CAPM (Capital Assets Pricing Model) que tiene en cuenta dos tipos de riesgos; el riesgo sistemático, que es el riesgo de analizar un proyecto en un país específico y el riesgo no sistemático; que es el riesgo propio del negocio, relacionado con las características específicas del sector.

Bajo el supuesto de que todas las empresas en el país afrontan el mismo riesgo, el Costo de Capital Propio es igual a:  $Ke = Tlr + \beta * (Rm - Tlr) + Prima\ Riesgo\ Pais$  (Escuela de Economía y Negocios internacionales, Universidad de Belgrano. 2004).

Donde:

- Ke es el costo de capital propio.
- Tlr es la tasa libre de riesgo (se considera el rendimiento de los bonos en dólares emitidos por EEUU a 10 años).
- Rm es el rendimiento del mercado Argentino.
- Prima Riesgo País es el índice de confianza inversora de Argentina.

La Tabla 51 muestra el valor de cada tasa para el cálculo del costo de capital.

Tabla 51: Tasas para el calculo del Costo de Capital Propio

Tasas	Valor
Beta sector manufacturero	0,75
Tasa libre de riesgo	1,57%
Rendimiento del mercado Argentino	7,70%

Prima riesgo país Argentina	9,50%
-----------------------------	-------

Fuente: Universidad de Belgrano, Argentina. 2004.

El Costo de Capital propio es igual a 15,7%.

### **Costo Promedio Ponderado del Capital (CPPC)**

A partir de la estructura financiera del proyecto se determina el CPPC mediante la formula:  $CPPC = \% \text{ Costo de Capital propio} * \text{costo capital propio} + \% \text{ deuda} * \text{Costo Capital Deuda}$

Considerando un 50% de financiación a una tasa de 11,2 %, el CPPC es de 10,93 %.