



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN INGENIERÍA
INGENIERÍA EN SISTEMAS – INNOVACIÓN Y ADMINISTRACIÓN
DE LA TECNOLOGÍA

PLAN DE NEGOCIOS PARA RECICLAJE DE PET

TESIS
QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE
MAESTRO EN INGENIERÍA

PRESENTA
ARTURO MEDINA CABRERA

TUTOR
DRA. NYDIA LARA ZAVALA
FACULTAD DE INGENIERÍA

MÉXICO, D. F. FEBRERO 2015



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

JURADO ASIGNADO

Presidente: Dr. José Fernando Barragán Aroche
Secretario: M. C. Víctor Manuel Morales Lechuga
Vocal: M. I. María Georgina Ortiz Gallardo
1er Suplente: M. C. Héctor Huerta Balderas
2do Suplente: Dra. Lara Zavala Nydia Guadalupe

Lugar donde se realizó la tesis

Facultad de Química de la Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México.

TUTOR DE TESIS
Dra. Nydia Lara Zavala

FIRMA

Dedicado a mi familia
En memoria de mi abuelo

Agradecimientos

A la Dra. Nydia Lara, por su valioso apoyo, esfuerzo y dedicación, quien además de brindarme un enfoque distinto para el análisis de los problemas, tuvo la paciencia para brindarme sus conocimientos y orientación para el desarrollo de este trabajo.

A mis maestros por la dedicación de transmitir sus conocimientos y experiencia a nosotros, los alumnos, con la mayor dedicación que les da su vocación de enseñar.

Al Mtro. Víctor Morales, al Mtro. Héctor Huerta y a la Mtra. Georgina Ortiz por su apoyo y contribuciones para mejorar la calidad de este trabajo, así como por transmitirme la importancia de continuar adquiriendo conocimientos para desarrollarme plenamente como gestor de tecnología.

Al Dr. Fernando Barragán por impulsar el crecimiento de la Ingeniería Química y de la Facultad de Química, teniendo siempre en cuenta el desarrollo de sus alumnos.

A Ernesto por sus contribuciones a este trabajo, por sus consejos y por su amistad.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la beca otorgada para la realización de mis estudios de maestría.

Índice general

| | |
|--|----|
| Índice general..... | 1 |
| Lista de figuras..... | 4 |
| Lista de tablas | 5 |
| 1. Introducción..... | 7 |
| 2. Antecedentes..... | 7 |
| 2.1. Origen del PET..... | 7 |
| 2.2. Identificación..... | 8 |
| 2.3. Características | 10 |
| 2.4. Aplicaciones..... | 11 |
| 2.5. El PET en México | 14 |
| 2.6. Aportación del PET al problema de contaminación..... | 16 |
| 3. Alternativas para enfrentar el problema del PET como desperdicio..... | 17 |
| 3.1. Acciones normativas | 17 |
| 3.2. El reciclaje como solución al problema | 18 |
| 4. Reciclaje de PET | 19 |
| 4.1. Reciclado Mecánico | 21 |
| 4.2. Reciclado Químico..... | 22 |
| 4.3. Reciclado Energético..... | 23 |
| 4.4. Reciclado Sanitario | 26 |
| 4.5. Selección del tipo de reciclaje para iniciar una empresa..... | 26 |
| 4.5.1 Ventajas del reciclado mecánico | 27 |
| 4.5.2 Usos de los productos del reciclaje mecánico | 27 |
| 4.5.3 Innovaciones que facilitan el reciclaje mecánico del PET | 32 |
| 5. Problemática | 33 |
| 6. Hipótesis | 33 |
| 7. Análisis competitivo del sector..... | 34 |
| 7.1. Competitividad de un sector..... | 34 |
| 7.2. Las fuerzas que le dan forma a la competencia..... | 35 |
| 7.2.1 Amenaza de nuevos entrantes..... | 35 |
| 7.2.2 Poder de negociación de los proveedores..... | 37 |
| 7.2.3 Poder de negociación de los compradores..... | 37 |
| 7.2.4 La amenaza de los sustitutos. | 38 |
| 7.2.5 La rivalidad entre competidores existentes. | 38 |
| 7.3. Factores que influyen en la competencia. | 39 |
| 7.3.1 Tasa de crecimiento del sector..... | 39 |
| 7.3.2 Tecnología en innovación..... | 39 |
| 7.3.3 Gobierno..... | 39 |
| 7.3.4 Productos y servicios complementarios. | 39 |
| 8. Plan de negocios para una planta de reciclaje de PET | 40 |
| 8.1. Definición del Proyecto..... | 40 |
| 8.1.1 Introducción..... | 40 |
| 8.1.2 Descripción del negocio | 40 |

| | | |
|--------|--|----|
| 8.1.3 | Historia de la empresa | 41 |
| 8.1.4 | Productos de PROPET | 41 |
| 8.2. | Misión y Visión del producto..... | 41 |
| 8.2.1 | Misión..... | 41 |
| 8.2.2 | Visión | 41 |
| 8.3. | Análisis de FODA | 41 |
| 8.3.1 | Fortalezas..... | 41 |
| 8.3.2 | Oportunidades..... | 42 |
| 8.3.3 | Debilidades | 42 |
| 8.3.4 | Amenazas | 43 |
| 8.4. | Descripción de la empresa..... | 44 |
| 8.4.1 | Objetivos estratégicos..... | 44 |
| 8.4.2 | Estrategias de entrada (Principales Clientes)..... | 45 |
| 8.4.3 | Estrategias de Crecimiento | 45 |
| 8.4.4 | Nuevos mercados..... | 45 |
| 8.4.5 | Nuevos productos | 45 |
| 8.5. | Estudio de mercado | 45 |
| 8.5.1 | Investigación de mercado | 45 |
| 8.5.2 | Segmentos del mercado..... | 46 |
| 8.6. | Estrategias de comercialización | 46 |
| 8.6.1 | Análisis de la competencia | 46 |
| 8.6.2 | Nuevos competidores | 47 |
| 8.6.3 | Productos sustitutos | 48 |
| 8.6.4 | Ventajas competitivas..... | 48 |
| 8.6.5 | Dinámica competitiva..... | 48 |
| 8.6.6 | Clientes, proveedores, distribuidores y alianzas..... | 49 |
| 8.6.7 | Análisis de precios..... | 50 |
| 8.6.8 | Canales de distribución y comercialización | 51 |
| 8.6.9 | Promoción y publicidad..... | 52 |
| 8.6.10 | Pronóstico de ventas | 52 |
| 8.7. | Estudio Técnico..... | 53 |
| 8.7.1 | Proceso y maquinaria | 54 |
| 8.8. | Estimación de costos de la planta piloto | 64 |
| 8.8.1 | Balance de materia de las operaciones unitarias..... | 64 |
| 8.8.2 | Balance de energía..... | 70 |
| 8.8.3 | Requerimiento de maquinaria y equipo..... | 70 |
| 8.8.4 | Localización | 72 |
| 8.8.5 | Organigrama | 72 |
| 8.8.6 | Descripción de puestos. | 73 |
| 8.9. | Estudio Financiero..... | 74 |
| 8.9.1 | Cálculos | 74 |
| 9. | Impacto de la innovación y la tecnología en la industria | 79 |
| 9.1. | Definición de Innovación | 79 |
| 9.2. | Tipos de innovación | 81 |
| 9.2.1 | Innovación incremental | 81 |
| 9.2.2 | Innovación radical | 82 |
| 9.2.3 | Innovación tecnológica..... | 82 |
| 9.3. | El proceso innovador..... | 82 |
| 9.3.1 | Modelo lineal..... | 83 |
| 9.3.2 | Modelo de Marquis..... | 83 |

| | | |
|-------|---|-----|
| 9.3.3 | Modelo de Kline | 85 |
| 9.4. | Roles de la innovación | 86 |
| 9.5. | Investigación y desarrollo tecnológico..... | 88 |
| 9.6. | Tecnología y ventaja competitiva | 91 |
| 9.7. | Gestión tecnológica | 92 |
| 9.7.1 | Modelo Nacional de Gestión de Tecnología e Innovación..... | 92 |
| 9.7.2 | Norma Mexicana del Sistema de Gestión de la Tecnología | 94 |
| 9.8. | Metodología de análisis del impacto de la innovación y la tecnología..... | 97 |
| 9.8.1 | Enfoque general (industria) | 97 |
| 9.8.2 | Enfoque particular (empresa) | 98 |
| 9.8.3 | Metodología de análisis del impacto de la tecnología en una empresa | 98 |
| 9.9. | Impacto de la innovación y la tecnología en la industria del PET. | 102 |
| 10. | Conclusiones | 103 |
| 11. | Bibliografía | 104 |

Lista de figuras

| | |
|--|----|
| Figura 1. Diagrama de flujo para la producción de PET | 12 |
| Figura 2. Participación por segmento de mercado..... | 14 |
| Figura 3. Ciclo de vida para los plásticos | 19 |
| Figura 4. Proceso de reciclaje completo del PET | 20 |
| Figura 5. Proceso del reciclaje mecánico..... | 21 |
| Figura 6. Proceso del reciclaje químico..... | 23 |
| Figura 7. Comparativa de poder calorífico del PET. | 24 |
| Figura 8. Proceso del reciclaje energético | 25 |
| Figura 9. Cadena de valor. | 51 |
| Figura 10. Reducción de tamaño (molido). | 55 |
| Figura 11. Cinta de transportación para clasificación y separación..... | 57 |
| Figura 12. Tambores con paletas para flotación. | 57 |
| Figura 13. Esquema y forma de un molino convencional para PET. | 58 |
| Figura 14. Hidrociclón para separación de diferentes materiales. | 59 |
| Figura 15. Secador centrifugador..... | 60 |
| Figura 16. Secador | 60 |
| Figura 17. Diagrama de flujo del proceso casi manual de reciclaje mecánico. | 62 |
| Figura 18. Diagrama de flujo del proceso avanzado de reciclaje mecánico. | 63 |
| Figura 19. Esquema de balance de materia global (1000 Kg). | 69 |
| Figura 20. Organigrama. | 72 |
| Figura 21. Modelo lineal para etapas de la innovación tecnológica. | 83 |
| Figura 22. Modelo de Marquis..... | 84 |
| Figura 23. Modelo de Kline. | 85 |
| Figura 24. Integración de la gestión tecnológica y la innovación dentro de la organización..... | 94 |
| Figura 25. Modelo del sistema de gestión de la tecnología (norma). | 95 |
| Figura 26. Enfoque global de las fuerzas competitivas y factores externos de una industria..... | 99 |

Lista de tablas

| | |
|---|----|
| Tabla 1. Características del PET..... | 10 |
| Tabla 2. Energía conservada al utilizar material reciclado comparada a la energía capturada..... | 24 |
| Tabla 3. Criterio de elección de tipo de reciclaje..... | 26 |
| Tabla 4. Características del PET y RPET..... | 29 |
| Tabla 5. Estimación de precio de venta..... | 51 |
| Tabla 6. Capacidad del sector Pronóstico de ventas..... | 53 |
| Tabla 7. Capacidad del sector Pronóstico de ventas..... | 53 |
| Tabla 8. Desetiquetado y destapado..... | 64 |
| Tabla 9. Reducción de tamaño..... | 65 |
| Tabla 10. Lavado..... | 65 |
| Tabla 11. Tratamiento de aguas..... | 66 |
| Tabla 12. Composición de lodos..... | 66 |
| Tabla 13. Enjuague..... | 67 |
| Tabla 14. Secado..... | 67 |
| Tabla 15. Balance másico global..... | 68 |
| Tabla 16. Generación de desperdicios por unidad de producto..... | 68 |
| Tabla 17. Balance global de energía..... | 70 |
| Tabla 18. Molino con rotor de cuchillas..... | 70 |
| Tabla 19. Lavadora..... | 71 |
| Tabla 20. Secador..... | 71 |
| Tabla 21. Estimación costo de equipo..... | 75 |
| Tabla 22. Costo de energía eléctrica (por tonelada)..... | 75 |
| Tabla 23. Costo de la energía requerida en el proceso..... | 75 |
| Tabla 24. Costo de mano de obra..... | 76 |
| Tabla 25. Estimación de costos por salarios..... | 76 |
| Tabla 26. Estimación inversión inicial..... | 77 |
| Tabla 27. Estimación costo de operación mensual..... | 77 |
| Tabla 28. Inversión total..... | 78 |
| Tabla 29. Estimación de utilidades..... | 78 |
| Tabla 30. Cálculo de la TIR..... | 78 |
| Tabla 31. Rasgos esenciales de la investigación básica, investigación aplicada y el desarrollo tecnológico..... | 89 |
| Tabla 32. Funciones de la gestión de tecnología de acuerdo al MNGT..... | 93 |

1. Introducción

A pesar de llevar como título “PLAN DE NEGOCIO PARA RECICLAJE DE PET”, es necesario aclarar que el objetivo del trabajo va más allá de la generación del propio plan de negocio para una planta de reciclaje. El propósito de este trabajo también es analizar la importancia y el impacto de la tecnología en un negocio, tomando como caso específico el reciclaje de PET.

El análisis requerido para establecer un plan de negocio, sirve como base para realizar el análisis de la importancia de la innovación y desarrollo tecnológico como habilitador en el ámbito de los negocios.

En este trabajo también se propone una metodología para ayudar a los involucrados en la toma de decisiones a identificar la importancia de la tecnología en el éxito de un negocio, es por esta razón que se parte un documento estratégico comúnmente utilizado como es el plan de negocios, para incorporar posteriormente el componente tecnológico y analizar el impacto de este último la creación de un negocio rentable.

2. Antecedentes

2.1. Origen del PET

El PET, cuyo nombre técnico es Polietileno Tereftalato, fue patentado como un polímero para fibra por J. R. Whinfield y J. T. Dickinson en 1941. Catorce años más tarde, en 1951, comenzó la producción comercial de fibra de poliéster. Desde entonces, hasta hoy en día, la fabricación de PET ha presentado un continuo desarrollo tecnológico, logrando un alto nivel de calidad y una diversificación en sus empleos.

La fórmula química del polietileno tereftalato o politereftalato de etileno, normalmente denominado ‘PET’, es la siguiente:



El PET es un plástico de alta calidad que se identifica con el número uno, o las siglas PET, o "PETE" en inglés, rodeado por tres flechas en el fondo de los envases fabricados con este material, según sistema de identificación de la Society of the Plastics Industry (SPI) (Berho & Pisoni). Se trata de un material caracterizado por su gran ligereza y resistencia mecánica a la compresión y a las caídas, alto grado de transparencia y brillo, conserva el sabor y aroma de los alimentos, es una barrera contra los gases, **reciclable al 100%** y con posibilidad de producir envases reutilizables. Estas ventajas han llevado a desplazar a otros materiales, como por ejemplo, el PVC o muchos recipientes de vidrio.

Por su precio y calidad el PET presenta una demanda creciente en todo el mundo. Su empleo actual es muy diverso. Como envase, quizás el uso más conocido, 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, blisters, films "High-Tech", embalajes especiales, aplicaciones eléctricas y electrónicas. Además, existe un amplio sector donde este material se emplea en la construcción de diversos elementos, como son, por ejemplo: fibra textil, alfombras, tuberías, perfiles, piezas inyectadas, construcción, automoción, etc.

La mayoría de los plásticos pueden categorizarse de manera amplia en dos grandes grupos: termoplásticos y termofijos. Existen grandes cantidades de tipos en cada una de las categorías. Los termoplásticos se ablandan cuando son calentados, por lo que pueden ser calentados y reutilizados; los termofijos no tienen esta propiedad, por lo que no pueden ser reciclados y no serán tema de este trabajo.

Una gran cantidad de termoplásticos pueden ser reciclados, lo que es conveniente porque provienen de un insumo relativamente caro. Los principales polímeros termoplásticos utilizados en el mundo para la aplicación de envases y embalajes se enlistan a continuación (Careaga, 1993):

1. Polietileno tereftalato (PET)
2. Polietileno de alta densidad (PEAD)
3. Policloruro de vinilo (PVC)
4. Polietileno de baja densidad (PEBD)
5. Polipropileno (PP)
6. Poliestireno (PS)

Con la finalidad de facilitar la recuperación de los distintos termoplásticos, se ha promovido un sistema de identificación, el cual ha sido de gran utilidad para clasificar los termoplásticos de acuerdo a su composición.

A continuación, mencionaré algunos detalles acerca del mecanismo más usado para identificar los diferentes termoplásticos.

2.2. Identificación

Para la identificación de los termoplásticos existe un sistema de codificación. Este sistema surgió en 1988, con el Instituto de las Botellas Plásticas de la Sociedad de la Industria de los Plásticos (SPI), quien propuso crear un sistema de codificación para simplificar la identificación de los materiales con los que se fabrican envases rígidos de plástico. El propósito de la codificación es auxiliar a empresas recicladoras en la selección de los plásticos, de acuerdo con el tipo de resina con que están fabricados. El sistema fue diseñado para ser usado voluntariamente por los productores de botellas y envases rígidos, de modo que el código quede aplicado ya sea durante el moldeo o posteriormente impreso por algún otro método, en la base del contenedor de plástico.

El sistema de codificación ha sido adoptado por gran cantidad de industrias, no sólo en EUA sino en el mundo entero, pues provee una marca de identificación consistente, que resuelve las necesidades de la industria recicladora, tal como fueron planteadas por las mismas empresas seleccionadoras y recicladoras. El sistema fue diseñado para dar también facilidades a las personas que seleccionan los

envases desechados, evitando complejidades que hubieran requerido una capacitación extensiva de los trabajadores y que hubieran podido conducir a confusiones o equivocaciones.

Dadas las condiciones actuales de los mercados de los materiales reciclables, es extremadamente importante que el sistema de codificación sea estandarizado por todos los países. El uso de sistemas de codificación distintos, utilizados por diversas industrias o países podría afectar significativamente el flujo del comercio internacional.

El sistema permite que el código sea detectado y leído fácilmente. La base del código es un símbolo de forma triangular, integrado por tres flechas, con un número específico en el centro para representar el material a partir del cual está hecha la botella. Los equivalentes numéricos de las resinas poliméricas son los siguientes:

1. PET (Polietilentereftalato) (PET)
2. PE-AD (Polietileno de Alta Densidad) (en inglés HDPE)
3. Vinilo, Poli-cloruro de Vinilo (PVC)
4. PE-PB Polietileno de Baja Densidad (LDPE)
5. PP. Polipropileno
6. PS. Poliestireno
7. Otros. Incluye las demás resinas y los materiales multicapa

En algunos estados y municipalidades se han impuesto prohibiciones al uso de determinados tipos de envases porque causan dificultades de reciclaje o disposición final. Entre éstos se encuentran envases no retornables, envases no reciclables, envases de poliestireno expandido y, aunque no son envases, hasta pañales desechables (Careaga, 1993).

En resumen, el SPI es un código de identificación mundial para los termoplásticos que los identifica con números del 1 al 7 dentro de un triángulo de flechas según su composición. En México está regulado por la norma NMX-E-232-SCFI-1999. (Secretaría del Medio Ambiente, 2001)

Dicha clasificación identifica al PET como un Poliéster Termoplástico con una baja velocidad de cristalización y que puede encontrarse en estado amorfo-transparente o cristalino; además, esta resina es aceptada por la Food and Drugs Administration (FDA).

En seguida se muestran los códigos de identificación y los diferentes tipos de termoplásticos a los que pertenecen.



PET Envases muy transparentes, delgados, verdes o cristal, punto al centro del fondo del envase: de refresco, aceite comestible, agua purificada, alimentos y aderezos, medicinas, agroquímicos, etc.



PEBD Principalmente usado para película y bolsas, de tipo transparente, aunque se puede pigmentar, de diversos calibres y también se usa para tubería y otros.



PEAD Envases opacos, gruesos, de diversos colores, rígidos, con una línea a lo largo y fondo del cuerpo: de cloro, suavizantes, leche, cubetas, envases alimentos, etc.



PP Plástico opaco, traslúcido o pigmentado, empleado para hacer película o bolsas, envases, jeringas, cordeles, rafia para costales y sacos, etc.



PVC Envases transparentes, semidelgados, con asa y una línea a lo largo y fondo del envase: de shampoo, agua purificada, etc. También usado para mangueras, juguetes, tapetes, etc.



PS Hay dos versiones, el expansible o espumado (unicel o nieve seca) y el Cristal, empleado para fabricar cajas, envases y vasos transparentes pero rígidos.

Existen diferentes grados de PET, los cuales se diferencian por su peso molecular y cristalinidad. Los que presentan menor peso molecular se denominan ‘grado fibra’; los de peso molecular medio, grado película y los de mayor peso molecular, se les denomina ‘grado ingeniería’ (ANIQ).

2.3.Características

La resina de PET se obtiene a partir de dos materias primas derivadas del petróleo; etileno y paraxileno. Los derivados de estos compuestos (respectivamente, etilenglicol y ácido tereftálico) son puestos a reaccionar a temperatura y presión elevadas para obtenerla en estado amorfo (APREPET).

En México se comenzó a utilizar para la fabricación de envases a mediados de la década de los ochenta y ha tenido gran aceptación por parte del consumidor así como del productor, por lo que su uso se ha incrementado de manera considerable año tras año.

La razón de que el PET sea un material tan popular para consumidores y productores, se debe en gran medida a sus características. A continuación se muestra la tabla 1, que presenta los valores de las principales características del PET, entre las cuales destacan su baja adsorción de agua y su gran resistencia mecánica.

* % a 23° C, 50% de humedad relativa y durante 24hrs

| PROPIEDAD | UNIDAD | VALOR |
|--------------------------------|-------------------|-------|
| Densidad | g/cm ³ | 1.34 |
| Adsorción de agua (*) | % | 0.16 |
| Contracción | % | - |
| Resistencia a la tensión | N/mm ² | 55 |
| Elongación en punta de ruptura | % | 300 |
| Temperatura de deflexión | | |
| 1.86 N/mm ² | °C | 70 |
| 0.45 N/mm ² | °C | 72 |
| Resistencia dieléctrica | KV/cm | 450 |

Tabla 1. Características del PET

2.4.Aplicaciones

Industria textil

La primera aplicación industrial del PET fue la textil, durante la Segunda Guerra Mundial, para reemplazar fibras naturales como el algodón o el lino. A diferencia de otras fibras sintéticas, al poliéster - nombre común con el que se denomina al PET de grado textil - se le reconocieron desde el primer momento unas excelentes cualidades para el proceso textil, entre las que cabe destacar su alta resistencia a la deformación y su estabilidad dimensional, además de otras propiedades como el fácil cuidado de la prenda tejida (lavado y secado rápidos sin apenas necesidad de planchado). Presenta también algunas limitaciones, tales como su difícil tintura, la formación de *pilling* (bolitas), la acumulación de electricidad estática y el tacto duro de los tejidos, problemas para los que ya se han desarrollado soluciones eficaces.

Ya sea como filamento continuo o como fibra cortada, el PET encabeza a los polímeros textiles. Se emplea para la producción de fibras de confección - es muy utilizado en mezclas de diversos porcentajes con el algodón - y para rellenos de edredones o almohadas. Además de manufacturarse con él tejidos industriales de sustentación para cauchos, lonas, bandas transportadoras y otros numerosos artículos.

Fabricación de film

El PET se utiliza también en gran cantidad para la fabricación de film: en la práctica, todas las películas fotográficas, de rayos X y de audio están hechas de PET.

Industria del embalaje

La producción a nivel comercial de la fibra de poliéster comenzó en 1955. A partir de ese año, ha presentado un continuo desarrollo y una creciente demanda a nivel mundial gracias a sus múltiples posibilidades de uso.

La primera comercialización del PET de grado botella se llevó a cabo en los EU, a partir de 1973, gracias a Nathaniel Wyeth (Massachusetts Institute of Technology, 1998) que fue quién maquinó cómo fabricarlas. En 1974 se comercializaron en Europa. Los primeros envases de PET aparecen en el mercado español a finales de 1980. Desde entonces el PET ha experimentado un gran crecimiento y una continua demanda, debida principalmente a que ofrece características favorables en cuanto a resistencia contra agentes químicos, gran transparencia, ligereza, menores costos de fabricación y comodidad en su manejo – lo cual conlleva un beneficio añadido para el consumidor final. (Escuela de Ingenierías Industriales, Universidad de Valladolid).

Aunque comúnmente se asocia con el embotellado de las bebidas gaseosas, el PET tiene infinidad de usos dentro del sector. Su más reciente y exitosa aplicación ha sido en el envasado de aguas minerales, habiendo acaparado prácticamente el mercado y sustituyendo al PVC.

También se ha comenzado a utilizar el PET para el envasado de productos farmacéuticos, de droguería o alimenticios como salsas, mermeladas o miel. Su próximo reto es el envasado de leche y, sobre todo, de cerveza, mercados donde ya se han emprendido pequeñas pero decididas aproximaciones.

Proceso de elaboración de envases para la industria embotelladora.

La resina se presenta en forma de pequeños cilindros o chips, los cuales, secos, se funden e inyectan a presión en máquinas de cavidades múltiples (16", 32", 64", etc.); de ahí se producen las *preformas*, que son recipientes aún no inflados y que solo presentan la boca del envase en forma definitiva.

Después, las preformas son sometidas a un proceso de calentamiento preciso y gradual. Posteriormente se colocan dentro de un molde y se les estira por medio de una varilla o pistón hasta alcanzar su tamaño definitivo, entonces se les infla con aire a presión hasta que toman la forma del molde y se forma el envase típico.

Gracias a este proceso, las moléculas se acomodan en forma de red; esta disposición da al material propiedades de alta resistencia mecánica y baja permeabilidad a gases y vapores. Son estas características las que lo han convertido en un material ideal para el empaque y embalaje de algunos productos, ya que no requieren de cuidados especiales para su distribución.

A continuación, en la figura 1, mediante un diagrama de flujo, se describe el proceso completo de producción de un envase de PET, considerando desde la materia prima hasta el producto terminado.

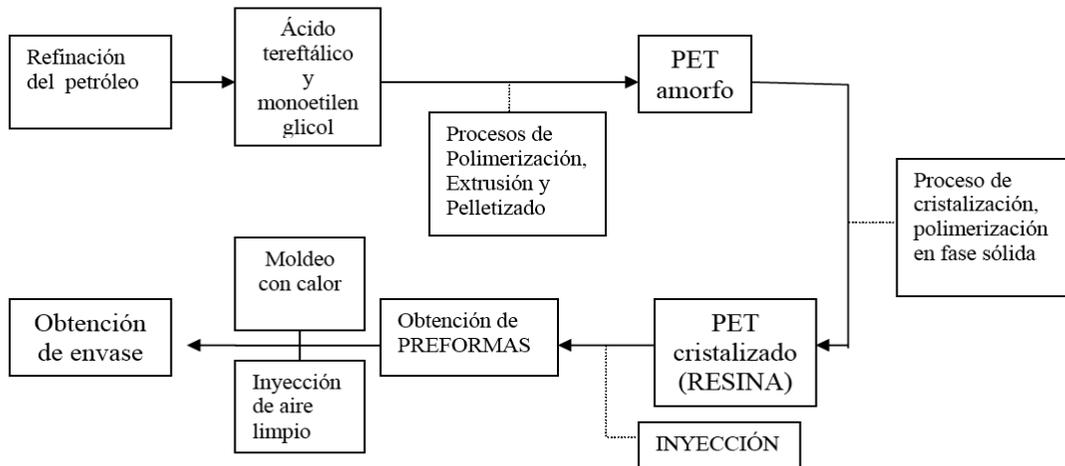


Figura 1. Diagrama de flujo para la producción de PET

Actualmente, el principal uso para la resina PET en México es la fabricación de envases para:

- Refrescos
- Agua purificada
- Aceite comestible

- Alimentos
- Medicinas
- Productos de limpieza
- Productos de aseo personal
- Cosméticos, entre otros.

Demanda para la fabricación de envases

La industria del empaque y embalaje es una de las más importantes en nuestro país. De hecho, se ha identificado que participa con el 1.16 por ciento del PIB y el 10.3 por ciento del PIB manufacturero. (Secretaría del Medio Ambiente, 2001).

Los materiales comúnmente utilizados para el empaque y embalaje a nivel nacional y de exportación son el vidrio, el metal, el papel, el cartón y el plástico. De éstos, el plástico ocupa un lugar importante dentro de la industria (844 mil toneladas anuales, 8.9 Kg/persona) (Secretaría del Medio Ambiente, 2001), ya que posee características muy particulares que favorecen el manejo y distribución de productos, además de alta resistencia a pesar de ser un material liviano.

El PET es uno de los materiales comúnmente utilizados en la industria embotelladora de bebidas y del embalaje por sus características muy particulares que favorecen la distribución, el almacenaje y la presentación de algunos productos. Derivado de los altos niveles de consumo de estos productos, se tiene también grandes cantidades de residuos.

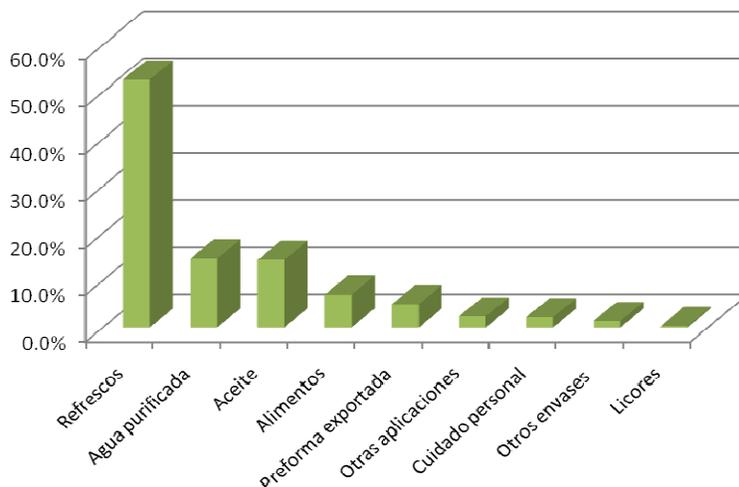
La Dirección General de Servicios Urbanos del Gobierno del Distrito Federal, reporta una disposición final de plásticos de 761.9 ton/día. Dentro de éstas, 14.1 toneladas pertenecen a envases hechos de PET.

En el año 2000 el consumo de PET a escala nacional fue de 467,100 toneladas. El crecimiento anual de la demanda de este material es de 13.1% (APREPET, Agosto 2001), (ver figura 2).

Como se observa en la tabla anterior, el porcentaje más alto corresponde al envasado de refresco, seguido de agua purificada y el de aceite comestible.

Según estimaciones de la Asociación para Promover el Reciclaje del PET, A.C. (APREPET) la demanda de PET para fabricación de envases, que existía en el año 2000 en el Distrito Federal era de 55,800 toneladas.

La composición del mercado de resina de PET en el año 2000 a escala nacional fue constituida de la siguiente manera (Secretaría del Medio Ambiente, 2001).



Fuente: APREPET

Figura 2. Participación por segmento de mercado.

Como se puede apreciar en la figura 2, la gama de productos que incluyen al PET es muy grande, y por consecuencia de los grandes niveles de consumo, la generación de residuos sólidos es considerable (Secretaría del Medio Ambiente, 2001).

2.5.El PET en México

Dentro de la petroquímica, la industria de resinas sintéticas es la que presenta una mayor relevancia. La producción nacional para plásticos se remonta escasamente a 57 años, la cual se ha caracterizado por su dinamismo en los últimos años. Además, la cadena productiva ha impactado a todos los sectores de la economía nacional, es decir nos encontramos ante una industria joven que ha evolucionado en forma acelerada y normalmente a índices superiores al mostrado por el Producto Interno Bruto Nacional (PIB) y al Manufacturero.

A principios de la década de los años 40, comenzó la comercialización de los plásticos y el conocimiento del desarrollo a nivel industrial que ha tenido este sector y la flexibilidad de sus productos les ha permitido aplicarse en mercados que antes eran cautivos de materiales como el hierro, cobre y acero. Desde 1960 la infraestructura y capacidad de las regiones económicamente poderosas, hicieron aumentar el sector, originando el crecimiento dinámico de resinas termoplásticas.

En 1988 el polietileno ocupó el primer lugar en la producción nacional. Su participación principal es en el mercado de envase y embalaje. Como ya se mencionó arriba, también se aplica en película encogible y estirable, empaque de alimentos y recubrimiento de latas, tubería a presión, bolsas grandes y películas.

El polipropileno junto con el polietileno son las dos olefinas o parafinas más importantes, tanto para su consumo como por sus propiedades y aplicaciones. El polietileno ocupa el cuarto lugar a nivel nacional, de acuerdo a su consumo, considerando al polietileno de alta y baja como un sólo polímero.

El mayor uso de este material se utilizaba en el sector de rafia para la elaboración de costales para azúcar, granos y otros productos alimenticios, en películas para botanas, chocolates, dulces, productos secos, carnes frías, etc. Debido a su gran demanda, la construcción de la primera planta de polietileno fue en 1989 y en 1992 se dio la comercialización formal en México.

Desde que fue patentado en 1941 como un polímero para fibras, el PET ha presentado un continuo desarrollo tecnológico. Su diversificación lo ha llevado a obtener un espectacular crecimiento a rango mundial, especialmente por sus grandes beneficios como empaque. En México se empezó a utilizar para este fin a mediados de la década de los ochenta. Mientras que en 1989 se consumían en el país 11 mil toneladas, la comercialización de éste hasta la fecha, es de casi 500 mil toneladas.

La producción de PET en México inició a principios de 1987. La demanda de polímeros ha aumentado considerablemente en los últimos años, provocando la disminución del costo de la materia prima. El consumo de polímeros ha aumentado considerablemente en los últimos años. Los factores que han favorecido el mercado de los polímeros son los precios de muchos materiales plásticos que son competitivos y a veces inferiores a los de productos naturales, aunado al hecho de que el petróleo ofrece una mayor disponibilidad de materiales sintéticos que otras fuentes naturales (Lille, 2008).

Actualmente, el PET es uno de los materiales más utilizados para el empaque y embalaje de diversos productos. Por las características de este plástico, los envases son ligeros, transparentes, brillantes y con alta resistencia a impactos, tienen cierre hermético, no alteran las propiedades del contenido y no son tóxicos (Sánchez y Pineda de las Infantas, 2003). Es por ello que el PET ha desplazado a otros materiales y tiene una demanda creciente en todo el mundo.

Para la industria de elaboración de refrescos y otras bebidas no alcohólicas, las botellas de PET se pueden dividir en retornables y no retornables.

RETORNABLES, que pueden utilizarse nuevamente después de su primer uso, mediante un sistema de limpieza y esterilización hasta 25 veces antes de que el producto pierda algunas propiedades (Secretaría del Medio Ambiente, 2001).

NO RETORNABLES, que después de su primer uso, son material de desecho.

México es un país con un alto consumo *per capita* de refrescos carbonatados y otros productos envasados en botella de PET. Durante 1998, según lo muestra el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, 1999), se consumieron 2'581,768 litros de refrescos embotellados en envase no retornable y las presentaciones más comunes fueron en volúmenes de 0.6, 1 y 2.5 litros.

También se consumieron 5'589,059 litros de agua purificada en envase no retornable en volúmenes de 0.5, 1 y 1.5 litros.

Para la producción de envases de refrescos y otras bebidas, además de otros productos, se requiere de una gran cantidad de insumo, tales como gas natural, energía eléctrica, derivados del petróleo y agua, por mencionar algunos (Secretaría del Medio Ambiente, 2001).

En el 2012, México ocupó el segundo lugar como consumidor a nivel mundial (sólo detrás de EU) de tereftalato de polietileno (PET). Cada mexicano consume y desecha 7.2 kilogramos de PET al año (aproximadamente 238 botellas de refresco de 1.5 litros), de acuerdo con el INEGI. Se estima que tan solo en la zona metropolitana se consumen diariamente 600 toneladas de PET: 66% son envases de refresco y 34%, botellas de agua y de aceite (Gutiérrez, Desorden plástico, 2012).

Como se puede apreciar, los desechos de PET representan un problema si no se reciclan, como trataremos de mostrarlo a continuación.

2.6. Aportación del PET al problema de contaminación

El problema de la contaminación del medio ambiente se ha agravado en años recientes debido al incremento de la generación de desperdicios. Sólo en México se producen ochenta y cinco mil toneladas diarias de basura. De esta, únicamente el 53% se recolecta y el resto se queda en tiraderos clandestinos, lo cual provoca un daño ambiental irreversible.

No obstante, los desperdicios ya no deben verse como un problema, sino como área de oportunidad para realizar un negocio muy rentable y benéfico para la sociedad.

Entre los materiales que forman parte de la basura de los tiraderos, se encuentra el PET (Polietilentereftalato) que se utiliza para envasar todo tipo de bebidas.

Como ya se dijo, el uso de este material ha venido en aumento desde hace un par de décadas, gracias a que tiene características físicas muy especiales como son, por ejemplo, alta resistencia mecánica, bajo peso, transparencia y brillo. Por esta razón y por su bajo costo el PET es el producto preferido por los fabricantes de bebidas para envasar sus productos.

El PET actualmente representa un problema como desperdicio tanto por el volumen que ocupa al ser dispuesto en los tiraderos como por su lenta degradación por el medio ambiente. De hecho, este material tarda en degradarse desde 100 años, si se encuentra expuesto al sol o hasta 1,000 años si es enterrado. Este último es el caso de la mayor parte de los desperdicios de PET que se encuentran en los tiraderos. Como ejemplo del problema que representa el PET en los tiraderos, podemos decir que si elimináramos todo el PET que existe en los tiraderos, estos reducirían su peso en 3% aproximadamente y su volumen disminuiría más de 8% aproximadamente.

Como se mencionó en el capítulo anterior, México ocupó el segundo lugar como consumidor a nivel mundial (sólo detrás de EU) de tereftalato de polietileno (PET) en el 2012 y tan sólo en la zona metropolitana se consumen diariamente 600 toneladas de PET. De esta cantidad de PET de desecho generada, actualmente el país reutiliza 422,000 toneladas de PET al año, lo que equivale a tan sólo 11% de las más de cuatro millones de toneladas de plástico que se generan a nivel nacional. Esta cifra es menor a la tasa de reciclaje en otros países como China (80%), Canadá (33%) y EU (29%). (Gutiérrez, Desorden plástico, 2012).

Para abastecer la demanda de botellas de PET en México, existen 5 plantas productivas y alrededor de 190 plantas embotelladoras, que atienden a casi un millón de puntos de venta.

Una vez que son consumidos, la mayoría de los envases de PET son dispuestos en rellenos sanitarios, cauces, calles o tiraderos clandestinos. Los residuos de PET representan entre el 2-5% del peso y 7-10% del volumen en los rellenos sanitarios, y entre 25 y 30% de los residuos sólidos municipales generados en el país (SEMARNAT, 2009).

El PET como problema en la vía pública

Por otra parte, además del problema que representa el PET en los tiraderos, existe el problema de su desperdicio en la vía pública.

Cada año el Sistema de Aguas de la Ciudad de México (SACM) desazolve 6,500 kilómetros de la red de tuberías en el Distrito Federal, que equivalen a un viaje desde México hasta Brasil. En promedio, 600 mil metros cúbicos de azolve (lodo y basura que se acumula, en este caso, en la red de drenaje) son retirados de las coladeras anualmente. Para que operen correctamente los 12,500 kilómetros de tuberías que forman el sistema de drenaje de la capital en la temporada de lluvias, deben estar libres de cualquier elemento que cree taponos. El 50% de los encharcamientos se debe a taponamientos de basura en el drenaje y alcantarillas, de ahí la importancia de que haya un programa anual de desazolve.

El SACM cuenta con 35 vehículos hidroneumáticos para limpiar las alcantarillas y drenaje. De esta manera se disminuyen los encharcamientos durante temporada de lluvias ya que en un periodo de dos años le dan cobertura a toda la red.

En el 2011 se atendió a más de cuatro mil vialidades con encharcamientos; la mitad fueron provocados por obstrucciones en los colectores. Los taponos que obstruyen la red se forman con el acumulamiento de residuos que se encuentran en la vía pública y son arrastrados al drenaje por la lluvia. Lo que es digno de llamar la atención es que, entre los materiales que más recurrentemente obstruyen los colectores, son las botellas de PET, bolsas de plástico y desechos de poda. (Guzmán, 2012).

3. Alternativas para enfrentar el problema del PET como desperdicio.

3.1. Acciones normativas

Se han tomado algunas acciones en materia legal para atender el problema de los desechos de PET. Una de ellas es la Ley de Residuos Sólidos del Gobierno Federal que tiene como objetivos:

- Minimizar la generación y disposición final.
- Promover la separación en la fuente y recolección separada de residuos sólidos.
- Maximizar la valorización de los residuos y promover la responsabilidad compartida.
- Mejorar el manejo de residuos sólidos urbanos y de manejo especial en el D.F.
- Prevenir la contaminación de sitios por depósito de residuos sólidos.

- Implantar planes de manejo para generadores de alto volumen y de residuos de manejo especial.

Es de especial interés el Artículo N°15 de esta ley, el cual menciona que en aquellos casos en que sea técnica y económicamente factible, el Jefe de Gobierno del Distrito Federal, a través de las autoridades competentes, promoverá la creación de mercados de subproductos que establezcan mecanismos que involucren la participación de los productores, distribuidores, comercializadores y consumidores en la valorización de los materiales y productos que se conviertan en residuos sólidos (Asamblea Legislativa del Distrito Federal, 2003).

Es decir, se tiene contemplado incentivar a los participantes de la cadena de valor de los residuos sólidos para su manejo y valorización, lo cual se puede interpretar como la promoción del reciclaje de los residuos sólidos, en los casos que sean aplicables.

Adicionalmente, esta ley contempla distintos frentes de acción traducidos en programas de separación, los cuales se enlistan de manera general a continuación (Asamblea Legislativa del Distrito Federal, 2003):

1. Proceso de información y educación ambiental a la ciudadanía.
2. Capacitación a los actores sociales que participan en el proceso.
3. Diseño de programas de manejo de grandes generadores.
4. Diseño e instrumentación de sistemas de recolección separada.
5. Transferencia separada de los residuos y tratamiento de las fracciones.
6. Reducción de los residuos que llegan a disposición final.

3.2.El reciclaje como solución al problema

Dentro de las alternativas que existen para afrontar el problema que representa el PET para el medio ambiente está el reciclaje.

Existen distintas formas de reciclaje y distintos productos que se pueden obtener del PET reciclado. Esto nos brinda una amplia gama de oportunidades para hacer un negocio a partir del reciclaje de PET.

Algunos productos que se fabrican actualmente a partir del PET reciclado son: fibras de aplicación en el sector textil, poliéster, rellenos para cojines, láminas para blísteres, madera plástica, adoquines, bases para alfombras y flejes para productos voluminosos, entre otros.

A continuación se representan de manera esquemática las diferentes etapas que integran el ciclo de vida para los plásticos, que van desde su fabricación y uso, hasta las posibles vías de reciclado.

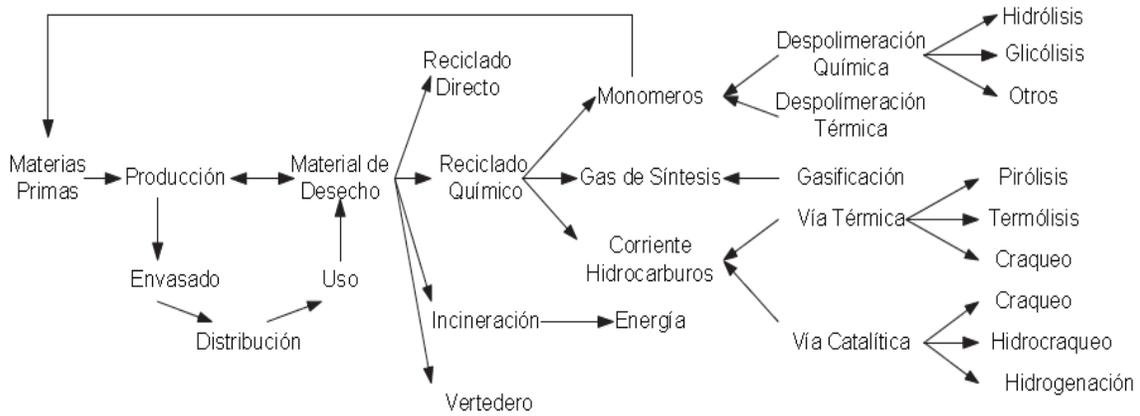


Figura 3. Ciclo de vida para los plásticos (Muñoz, 2009).

En la actualidad existen tres métodos principales de reciclaje para reducir el volumen de residuos plásticos:

- 1) Reciclado mecánico (directo).
- 2) Reciclado químico.
- 3) Reciclado energético (incineración).

El reciclado mecánico se lleva a cabo en una planta de reciclado de materiales plásticos, pero en realidad comienza mucho antes de que los residuos lleguen a esta instalación. Para que se pueda proceder al reciclado, es necesario separar el plástico para evitar que se mezclen con otros residuos. El reciclado químico consiste en provocar la ruptura de las moléculas de los polímeros para obtener nuevamente la materia prima básica. Por último, la incineración consiste en el aprovechamiento de los residuos plásticos como combustible (Esteve & José Luis Sansón, 2007).

4. Reciclaje de PET

El reciclado es el reproceso de los materiales, en este caso del PET, para condicionarlos con el propósito de integrarlos nuevamente a un ciclo productivo como materia prima.

Hay tres maneras de aprovechar los envases de PET una vez que terminó su vida útil: someterlos a un **reciclado mecánico**, a un **reciclado químico**, a un **reciclado energético** o a un **reciclado sanitario** empleándolos como fuente de energía. El proceso de reciclaje completo se ejemplifica en la figura 4, que se muestra enseguida.

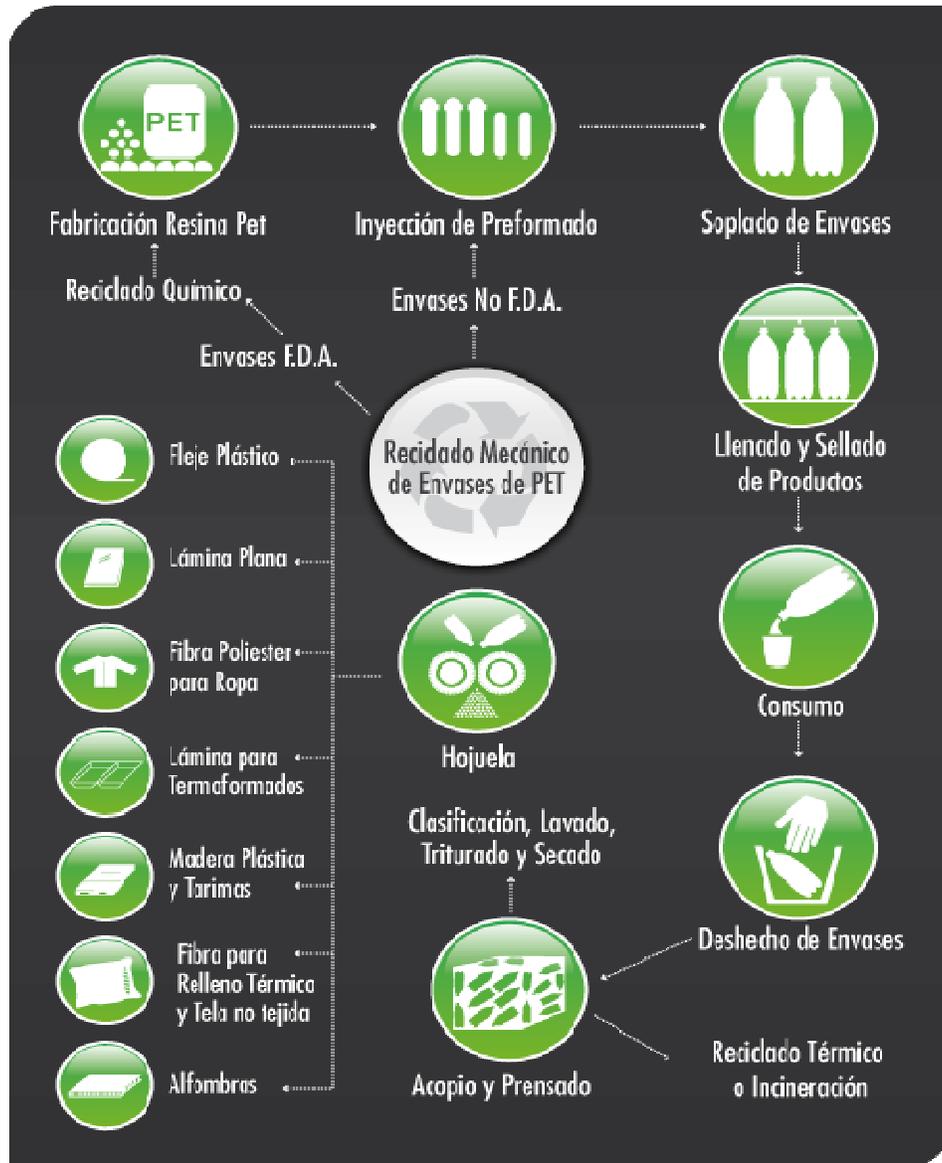


Figura 4. Proceso de reciclaje completo del PET (PETMEXICO).

4.1. Reciclado Mecánico

Es el proceso de reciclado más utilizado, el cual consiste en varias etapas de separación, limpieza y molido como se muestra a continuación:

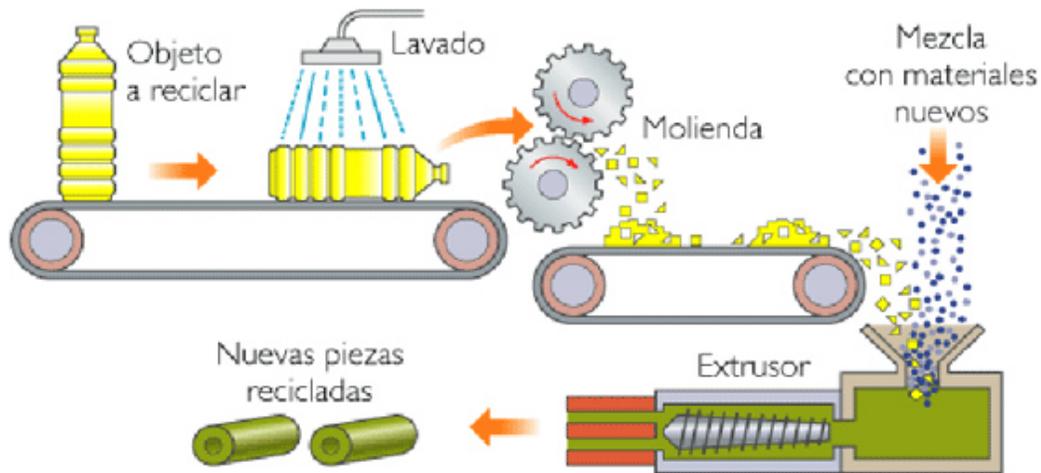


Figura 5. Proceso del reciclaje mecánico.

El reciclado mecánico es un proceso físico mediante el cual el plástico post-consumo o el industrial (scrap) es recuperado, permitiendo su posterior utilización.

Los plásticos que son reciclados mecánicamente provienen de dos grandes fuentes:

1. Los residuos plásticos provenientes de los procesos de fabricación, es decir, los residuos que quedan al pie de la máquina, tanto en la industria petroquímica como en la transformadora. A esta clase de residuos se la denomina 'scrap'. El scrap es más fácil de reciclar porque está limpio y es homogéneo en su composición, ya que no está mezclado con otros tipos de plásticos. Algunos procesos de transformación (como el termoformado) generan el 30-50% de scrap, que normalmente se recicla (Berho & Pisoni).
2. Los residuos plásticos provenientes de la masa de Residuos Sólidos Urbanos (RSU), se dividen a su vez en tres clases:
 - a. Residuos plásticos de tipo simple: han sido clasificados y separados entre sí los de distintas clases.
 - b. Residuos mixtos: los diferentes tipos de plásticos se hallan mezclados entre sí.
 - c. Residuos plásticos mixtos combinados con otros residuos: papel, cartón, metales.

Este tipo de reciclado es la técnica más utilizada en la actualidad. Consiste en la molienda, separación y lavado de los envases. Las escamas resultantes (Flakes) de este proceso se pueden destinar en forma directa, sin necesidad de volver a hacer pellets, en la fabricación de productos de inyección o extrusión.

4.2. Reciclado Químico

Se trata de diferentes procesos mediante los cuales las moléculas de los polímeros son craqueadas (rotas) dando origen nuevamente a materia prima básica que puede ser utilizada para fabricar nuevos plásticos.

El reciclado químico comenzó a ser desarrollado por la industria petroquímica con el objetivo de lograr las metas propuestas para la optimización de recursos y recuperación de residuos. Algunos métodos de reciclado químico ofrecen la ventaja de no tener que separar tipos de resina plástica, es decir, que pueden tomar residuos plásticos mixtos reduciendo de esta manera los costos de recolección y clasificación. El resultado es la obtención de productos finales de muy buena calidad.

Principales procesos existentes:

-Pirólisis:

Es el craqueo de las moléculas por calentamiento en el vacío. Este proceso genera hidrocarburos líquidos o sólidos que pueden ser luego procesados en refinerías.

El proceso consiste en la degradación térmica de la macromolécula de plástico para obtener el monómero. En la actualidad se usan plantas de pirólisis con *reforming catalítico* para obtener monómeros de determinados tipos de plásticos (Castells, 2000).

-Hidrogenación:

Dentro de los procesos catalíticos es el que parece tener mayor futuro. En el proceso los polímeros son tratados con hidrógeno y calor que se transforman en líquidos con una composición muy similar al crudo del petróleo. Ello facilita su reciclaje como materia prima en un complejo petroquímico o en una refinería (Castells, 2000).

-Gasificación:

La gasificación es un proceso termoquímico en el que un sustrato carbonoso (carbón, biomasa, plástico) es transformado en un gas combustible mediante una serie de reacciones que ocurren en presencia de un agente gasificante (aire, oxígeno, vapor de agua o hidrógeno).

La composición del gas es altamente dependiente de las condiciones en las que se realiza la gasificación. El sustrato carbonoso de origen y el agente gasificante son los parámetros que determinan el mayor o menor contenido en energía (poder calorífico) del gas (Greenpeace, 2011). Para el caso del PET, éste es calentado con aire o con oxígeno. Así se obtienen los siguientes gases de síntesis: monóxido de carbono e hidrógeno, que pueden ser utilizados para la producción de metanol o amoníaco o incluso como agentes para la producción de acero en hornos de venteo.

-Chemolysis:

Este proceso se aplica a poliésteres, poliuretanos, poliacetales y poliamidas. Requiere altas cantidades separadas por tipo de resinas. Consiste en la aplicación de procesos solvolíticos como **hidrólisis**, **glicólisis** o **alcohólisis** para reciclarlos y transformarlos nuevamente en sus monómeros básicos para la repolimerización en nuevos plásticos (Waste- Naturaleza Ciencia y Medio Ambiente, 2011).

-Metanólisis:

Es un avanzado proceso de reciclado que consiste en la aplicación de metanol en el PET. Este poliéster (el PET), es descompuesto en sus moléculas básicas, incluido el dimetiltereftalato y el etilenglicol, los cuales pueden ser luego repolimerizados para producir resina virgen. Varios productores de polietilentereftalato están intentando desarrollar este proceso para utilizarlo en las botellas de bebidas carbonadas.

Las experiencias llevadas a cabo por empresas como Hoechst-Celanese, DuPont e Eastman han demostrado que los monómeros resultantes del reciclado químico son lo suficientemente puros para ser reutilizados en la fabricación de nuevas botellas de PET. (Waste- Naturaleza Ciencia y Medio Ambiente, 2011).

Estos procesos tienen diferentes costos y características. Algunos, como la **chemolysis** y la **metanólisis**, requieren residuos plásticos separados por tipo de resina. En cambio la pirólisis permite utilizar residuos plásticos mixtos (Berho & Pisoni).

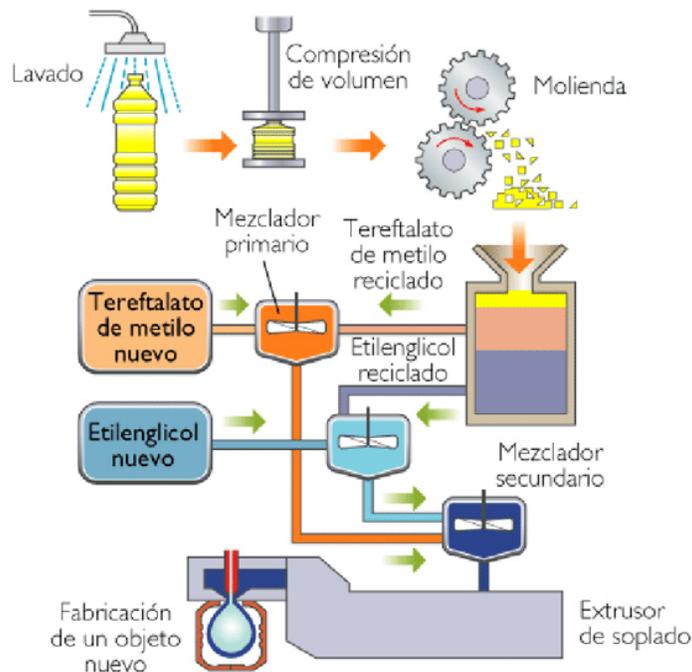


Figura 6. Proceso del reciclaje químico.

4.3. Reciclado Energético

En cuanto al uso del PET como combustible alternativo, los envases pueden emplearse para generar energía ya que este material tiene un alto poder calorífico (es similar al del carbón como se puede apreciar en la figura 7) que puede realizar una combustión eficiente (APREPET). Esto es posible ya que durante su fabricación no se emplean aditivos ni modificadores, lo cual permite que las emisiones de la combustión no sean tóxicas. Sólo se obtiene bióxido de carbono y vapor de agua, a diferencia del PVC que, además de otros compuestos, genera dioxinas que son compuestos orgánicos clorados de alta toxicidad (Esteve & José Luis Sansón, 2007).

| COMBUSTIBLE | Btu/g |
|-----------------|--------|
| Poliolefinas | 43,929 |
| Carbón | 23,178 |
| PET | 22,075 |
| Papel periódico | 17,660 |
| Basura húmeda | 6,181 |

(Montecinos & Torrico)

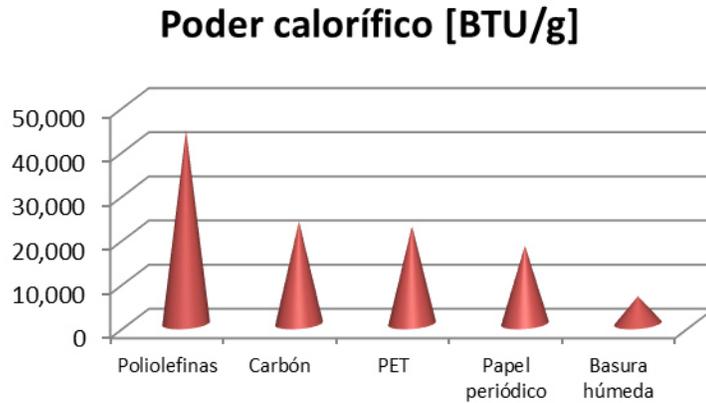


Figura 7. Comparativa de poder calorífico del PET.

| Materiales de la corriente de residuos | Energía conservada por la sustitución de materiales vírgenes por secundarios (MJ/Mg) | Energía generada por la incineración de RSU (MJ/Mg) |
|--|--|---|
| Papel | | |
| Periódicos | 22.398 | 8.444 |
| Cartón corrugado | 22.887 | 7.388 |
| Oficina (impresión de libros y de computadora) | 35.242 | 8.233 |
| Otros papeles reciclables | 21.213 | 7.600 |
| Plástico | | |
| PET | 85.888 | 210.004 |
| PEAD | 74.316 | 21.004 |
| Otros envases | 62.918 | 16.782 |
| Film/packaging | 75.479 | 14.566 |
| Otros rígidos | 68.878 | 16.782 |
| Vidrio | | |
| Envases | 3.212 | 106 |
| Otros | 582 | 106 |
| Metal | | |
| Latas de aluminio | 256.830 | 739 |
| Otros de aluminio | 281.231 | 317 |
| Otros no ferrosos | 116.288 | 317 |
| Latas de estaño y bi-metales | 22.097 | 739 |
| Otros ferrosos | 17.857 | 317 |
| Orgánicos | | |
| Restos de comida | 4.215 | 2.744 |
| Restos de jardín | 3.556 | 3.166 |
| Residuos madereros | 6.422 | 7.072 |
| Goma | | |
| Neumáticos | 32.531 | 14.777 |
| Otros de goma | 25.672 | 11.505 |
| Textiles | | |
| Algodón | 42.101 | 7.283 |
| Sintéticos | 58.292 | 7.283 |
| Otros | 10.962 | 10.713 |

Tabla 2. Energía conservada al utilizar material reciclado comparada a la energía capturada en la incineración de residuos (Tangri, 2005).

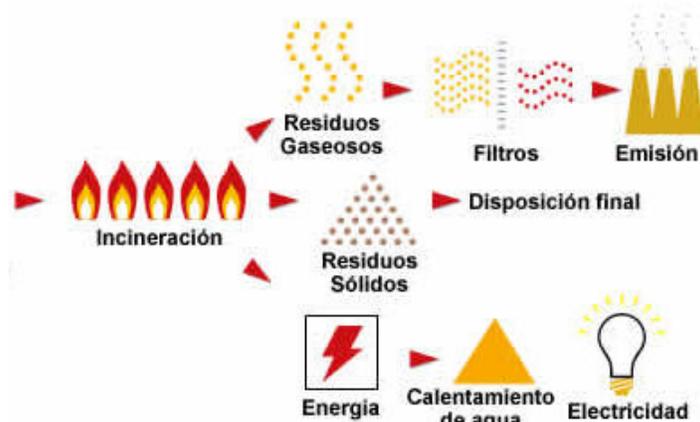


Figura 8. Proceso del reciclaje energético

En la figura 8 se muestra el proceso de incineración de residuos. En general, el proceso de incineración se encuentra ligado a diversos problemas. Dentro de ellos se encuentran: emisiones contaminantes, tanto al aire como a otros medios; costos económicos y laborales; pérdida de energía; insustentabilidad; e incompatibilidad con otros sistemas de manejo de residuos.

Las dioxinas son los contaminantes más conocidos asociados a los incineradores. Causan una gran variedad de problemas en la salud, incluyendo el cáncer, daños al sistema inmunológico y problemas reproductivos y en el desarrollo. Las dioxinas se biomagnifican, lo que significa que pasan a través de la cadena alimentaria desde la presa al predador, concentrándose en los productos a base de carne y lácteos y, finalmente, en los humanos.

Las dioxinas son de particular interés porque están por todas partes presentes en el medio ambiente a niveles que han demostrado causar problemas en la salud, lo que implica que la población entera está sufriendo sus efectos. Los incineradores son la fuente principal de dioxinas.

Los incineradores son también una fuente importante de contaminación con mercurio. El mercurio es una poderosa neurotoxina que deteriora las funciones motoras, sensoriales y cognitivas. Desafortunadamente la contaminación con mercurio está ampliamente distribuida. Los incineradores son también una fuente significativa de otros metales pesados contaminantes, entre los que se encuentran: plomo, cadmio, cromo y berilio.

Los equipos de control del aire remueven los contaminantes del aire y los concentran en las cenizas volantes, creando una masa de residuos que necesitan un tratamiento posterior, es decir, los contaminantes sólo son trasladados de un medio a otro. Incluso en los rellenos sanitarios no son completamente seguros ya que estos, en ocasiones, tienen pérdidas.

Los incineradores son frecuentemente promocionados como productores de energía, ya que pueden generar electricidad. Sin embargo, un análisis detallado del ciclo de vida completo revela que los incineradores gastan más energía de la que producen. Esto es debido a que los productos que son incinerados debe ser reemplazados con nuevos productos. Extraer y procesar materiales vírgenes y convertirlos en nuevos productos consume mucha más energía que la que consumiría reusar o fabricar a partir de materiales reciclados.

En el caso de PET, a diferencia de otros residuos sólidos, la energía que genera al incinerarse es mayor a la que se necesita para generar la materia prima, como se puede observar en la tabla 2. Además, al incinerarse no emite dioxinas. Sin embargo, dentro de sus productos de combustión se encuentra el CO₂ que contribuye al efecto invernadero, por lo que la incineración no se considera como la mejor opción de aprovechamiento de este material de desecho.

4.4. Reciclado Sanitario

Por último se menciona el reciclado sanitario, el cual propiamente no es un proceso de reciclaje, es simplemente la utilización de envases de PET para rellenar zonas bajas y/o inundables, gracias a su extenso periodo de degradación (Berho & Pisoni).

4.5. Selección del tipo de reciclaje para iniciar una empresa

Si comparamos los tipos de reciclado mencionados, sin tomar en cuenta el reciclado sanitario el cual, como se dijo anteriormente, no es un tipo de reciclaje en sí, podemos utilizar varios criterios de comparación para elegir la opción más viable para nuestra empresa (PROPET), como por ejemplo: el costo de inversión, el tipo de tecnología requerida, los costos operativos y la contaminación ambiental generada, entre otros.

Esta comparación se presenta en la tabla 3 que se muestra a continuación.

| CRITERIO | RECICLADO MECÁNICO | RECICLADO QUÍMICO | RECICLADO ENERGÉTICO |
|--|--------------------|-------------------|-------------------------------|
| Inversión | Baja | Alta | No hay |
| Tecnología | Accesible | Alta* | No hay |
| Costos operativos | Bajo | Muy alto | Muy bajo |
| Contaminación ambiental del proceso | Sin contaminación | Sin contaminación | Generación de CO ₂ |
| Generador de fuentes de trabajo | Alto | Mediano | Bajo |
| Producto | Exportable (100%) | Exportable (100%) | No aplica |

*Accesible solo en Europa

Tabla 3. Criterio de elección de tipo de reciclaje (Montecinos & Torrico).

De esta comparación, se puede concluir que debido a los bajos costos operativos y de inversión, así como la accesibilidad de la tecnología requerida, hacen que el reciclaje mecánico sea la mejor opción para iniciar nuestro negocio.

Además de las ventajas en los criterios mencionados en la tabla 3, existen otras ventajas en el reciclaje mecánico que se describen a continuación.

4.5.1 Ventajas del reciclado mecánico

- Desde el punto de vista técnico, se puede decir que las plantas de reciclado mecánico requieren inversiones moderadas; en cambio las del reciclaje químico requieren inversiones mayores.
- El proceso de reciclado mecánico del PET no conlleva contaminación del medio ambiente. Con el tratamiento de los efluentes líquidos del proceso se llega a controlar el proceso ambientalmente.
- El reciclado mecánico de PET genera un producto de mayor valor agregado y es materia prima para la producción de productos de uso final, generando fuentes de trabajo en toda la cadena de reciclado.
- Una de las razones fundamentales para la selección del reciclado mecánico, como alternativa viable para la recuperación de este material, es que existe mercado para el material molido y limpio, como insumo o materia prima para producir otros artículos de uso final. Los mercados asiáticos actualmente compran todo lo que se produzca de este material (Berho & Pisoni).

4.5.2 Usos de los productos del reciclaje mecánico

En México, el PET reciclado o RPET obtenido por medio de métodos mecánicos tiene una gran variedad de aplicaciones. Una de las que más destacan es su uso para producción de fibras en el sector textil, ya sea como filamento continuo o como fibra cortada. Se emplea para la producción de fibras de confección y para rellenos de edredones o almohadas; también se usan para fabricar varios tipos de ropa de poliéster, alfombras, fibras para bolsas de dormir y abrigos. Además se manufacturan con él tejidos industriales de sustentación para cauchos y bandas transportadoras, entre otros.

Entre los productos que se elaboran a partir de PET reciclado, se pueden mencionar:

Fibra poliéster

- Para relleno térmico
- Para alfombras
- Para ropa
- Material de relleno
- Mantas
- Mochilas
- Ropa deportiva
- Zapatos

Correas

- Cinturones
- Flejes
- Correas industriales

Contenedores

- Contenedores para reciclado
- Envases de productos no alimenticios

Hojas y films

Madera plástica

Muebles

Autopartes (facias, tapas de distribuidor y paneles exteriores)

Resina

- Aisladores
- Tapones
- Monofilamentos y cabos (Amador, 2006)

Utilización del PET reciclado para la elaboración de botellas.

El PET reciclado puede utilizarse para la elaboración de envases de plástico que estén en contacto con los alimentos.

En agosto de 1994, se adoptó una importante medida. La Food and Drug Administration (FDA) aprobó el uso de RPET al 100% para envases en contacto con alimentos. Se trataba de la primera vez que la FDA aprobaba envases para bebidas y alimentos de un 100% de material reciclado. Esto significa que las botellas de PET para refrescos se podían reprocesar para obtener botes nuevos para comida.

Para conseguir ésta aprobación, una instalación de reciclado de Michigan tuvo que desarrollar nuevos métodos para limpiar a fondo el material de reciclaje. El nuevo tratamiento se caracteriza por lavado de alta intensidad, temperaturas de aproximadamente 260 °C y otras técnicas de limpiado.

Actualmente existen varios procesos que permiten utilizar el PET reciclado en este tipo de aplicaciones, entre los más importantes se tiene:

-Proceso multicapa: el proceso multicapa incorpora una capa de RPET entre dos capas de resina virgen. La base de este proceso es la producción de una multicapa preformada mediante un método de coinyección a través de boquillas concéntricas con inyección simultánea y secuencial.

Cabe mencionar que si se utilizan materiales distintos al PET en los recubrimientos multicapa, estos reducen la reciclabilidad del PET, por lo tanto, es necesario separar esta clase de envases de los de PET simple (Secretaría del Medio Ambiente, 2001).

-Proceso de lavado SuperCycle™ (Johnson Controls, USA): este proceso involucra un lavado de alta intensidad a elevadas temperaturas para producir resina que sea apropiada para aplicaciones de contacto con alimentos. Este tipo de proceso es menos costoso y requiere considerablemente un menor capital de inversión que el proceso multicapa.

Sin embargo, aunque PET reciclado pueda utilizarse para la elaboración de envases, es necesario considerar las diferencias entre las propiedades mecánicas del PET virgen en comparación con el PET reciclado mecánicamente.

El PET reciclado posee un módulo de Young menor, mayor elongación a la rotura y mayor resistencia al impacto que el PET virgen. Las diferencias en las propiedades del PET reciclado mecánicamente comparadas con las del PET virgen pueden ser atribuidas principalmente a la historia térmica adicional experimentada por el material reciclado, la cual da como resultado un decremento en el peso molecular, junto con un incremento en el ácido carboxílico, color y nivel de acetaldehído.

| Propiedad | PET virgen | PET Reciclado |
|-------------------------------|-------------|---------------|
| Módulo de Young [MPa] | 1890 | 1630 |
| Resistencia a la rotura [MPa] | 47 | 24 |
| Elongación a la rotura [%] | 3,2 | 110 |
| Resistencia al impacto [J/m] | 12 | 20 |
| Valor IV [dL/g] | 0.72 – 0.84 | 0.46 – 0.76 |
| Temperatura de fusión [°C] | 244 - 254 | 247 – 253 |
| Peso molecular [g/mol] | 81600 | 58400 |

Tabla 4. Características del PET y RPET
(Tecnología de los Plásticos, 2011).

Es una práctica común en la industria el mezclar PET reciclado con PET virgen para mejorar sus propiedades. Sin embargo, sólo se puede utilizar un pequeño porcentaje de material reciclado en la mezcla para no alterar las propiedades macroscópicas del producto. La temperatura de recristalización se ve directamente influenciada por el contenido de PET reciclado en la mezcla, es decir, la adición de más PET reciclado en PET virgen, incrementa la temperatura de recristalización significativamente y por ende propiedades de las mezclas de PET virgen/reciclado son deficientes en comparación a las del PET virgen solamente. (Pattabiraman, Sbarski, & Spurling, 2005)

Se ha visto que mezclando PET reciclado con un elemento modificador como el etilen-etil, incrementa significativamente la resistencia del moldeo a inyección.

Utilización del PET reciclado en el sector de la construcción

El plástico reciclado también se aprovecha en el Sector de la Construcción y fabricación de bienes. Al respecto se puede mencionar la investigación realizada por la Arquitecta Elvira Schwansee, quien realizó la investigación titulada “Plásticos reciclados para la construcción – Potenciales para el reciclaje de los desechos de plásticos bajo criterios sustentables en México”.

La investigación de la Arq. Schwansee fue realizada entre el año 2004 y el año 2006 y tuvo la cooperación de pequeñas y medianas empresas (PYMES) mexicanas que se dedican al reciclaje de diferentes polímeros, que provienen de los residuos sólidos urbanos y de residuos post-industriales. La

investigación indica que existe un gran potencial para el desarrollo de este tipo de empresas, así como de empresas intermunicipales, que se dediquen al reciclaje de plásticos, lo que ofrece una solución ecológica y económica en beneficio del medio ambiente, del municipio y de la respectiva empresa.

En particular, el estudio analiza la situación actual del manejo de residuos y del reciclaje de plásticos. Describe cinco de las empresas existentes en México que producen materiales de construcción derivados de polímeros secundarios, los cuales presenta y evalúa a través de una lista de verificación (check-list) basada en criterios con los cuales se puede establecer una certificación ecológica para productos reciclados, particularmente de aquellos que pueden ser utilizados por el sector de la construcción, como son:

- Diseño
- Material
- Producción
- Aplicación

El sector de la construcción en México carece tanto de sus propios materiales de construcción como de materiales ecológicos. Esto se refiere en específico a los productos de plásticos aplicados en la construcción y en la parte interior del inmueble, como podría ser, por ejemplo: la tubería, perfiles, láminas y tablas, las cuales se importan del extranjero en vez de disponer de un propio mercado de materiales de construcción. Dicho sector podría, además, aprovecharse del gran potencial de reciclaje de los plásticos y fortalecer el desarrollo de productos ecológicos en el propio país.

Existen en México casas que son auto construidas, es decir, construcciones hechas por los propios dueños, ya sea con mano propia o contratando albañiles que realizan la tarea. Sin duda, el factor económico es el de principal incidencia en el dato anterior. En relación a la población del país, el sector que contrata arquitectos es pequeño, aunque poderoso económicamente. El sector predominante es aquel que construye sus casas siguiendo los lineamientos tradicionales y por necesidad de supervivencia.

El constante deterioro ambiental y el agotamiento paulatino de recursos renovables han llevado a investigadores y pequeños empresarios mexicanos a descubrir nuevos materiales de construcción hechos a base de plásticos reciclados. Los mismos tienen dos aspectos importantes que ofrecer: cuidan el planeta reutilizando los residuos plásticos y son más baratos. Pero dichas ventajas no son las únicas: son más livianos, ofrecen mejor conductividad térmica (aislamiento de temperatura) y resistencia mecánica.

La arquitecta alemana Elvira Schwanssee hizo su maestría en la UNAM y realizó una investigación de quiénes reciclan plásticos y los transforman en nuevos materiales para la construcción. Así, ha encontrado cinco productos que pueden sustituir a los tradicionales: un panel de dos metros cuadrados similar al muro de cemento, una cimbra plástica que reemplaza a la de madera, tablas y perfiles para diseño interior, como mesadas y baños, tabiques huecos pero resistentes que se colocan atravesados por una varilla de hierro y láminas para techos hechas a base de polietileno, arena y fibra de agave.

Schwanssee está convencida de que hace falta un mayor apoyo a los pequeños y medianos empresarios que trabajan en el sector, así como una mejor estrategia, un análisis y reconversión del sistema

informal de pepenadores por las calles del país, sin olvidar que su principal motivo es la subsistencia básica.

En México hay algunos inventos importantes que aún no llegan al mercado por falta de incentivos competitivos y porque a los esfuerzos individuales les falta un eslabón que los haga formar parte de una cadena productiva. Estos esfuerzos son un ejemplo de creatividad, además de ser ecológicos y que podrían ser parte de la solución al problema de vivienda de miles de personas (Primucci, 2008).

Debido a lo anterior, se puede decir que el mercado de plástico reciclado encuentra un nicho en el ramo de la construcción que además no ha sido explotado en México. Los materiales reciclados ofrecen las ventajas de ser amigables con el medio ambiente al ser producto del reciclaje y además son baratos. Es por esto que nuestra empresa PROPET, puede explotar este mercado como opción de negocio.

A continuación se muestran algunos materiales encontrados en México, así como sus características, los cuales sirven de ejemplo de la creatividad de los mexicanos y se comprueba la necesidad latente de este tipo de productos dentro de la construcción.

Materiales hallados en México

Panel ecológico-Tlaxcala

2.44 m. x 1.22 para muros y losas.

El costo para un panel de espesor 3" está en 290 pesos, el comparativo de panel W está en 360 pesos.

Cimbra plástica-Pachuca

La cimbra está hecha 100% de plásticos reciclados sin aditivos. El producto competencia es la cimbra de madera.

Perfiles plásticos-Morelia

Tienen cierto grado de flexibilidad, lo que les da el calor, pues poseen un punto de ignición a 330° centígrados.

Tabiques y estructuras-Metepec

El tabique es hueco y tiene dos postes de ensamble que sirven para interconectar un tabique con otro.

Lámina-UNAM

Hecha con fibras naturales. Sustituye la lámina de cemento-asbesto por sus mejores características.

Estos ejemplos demuestran que hay opciones amigables con el medio ambiente que a su vez es viable en cuanto a costos. No solamente presentan una solución al problema de la construcción en cuanto a costos y repercusión ambiental, sino que hasta presentan otro tipo de características que se traducen en ventajas en cuanto a construcción se refiere. Algunas de estas características son, por ejemplo: mayor duración, ya que el plástico tiene mayor duración y resistencia a la humedad en comparación a la madera; menor peso, al ser un material más liviano, representa otras posibilidades de construcción que estaban restringidas por el peso de los materiales; por último, la flexibilidad, ya que el plástico presenta cierto grado de flexibilidad al ser expuesto a determinada temperatura.

4.5.3 Innovaciones que facilitan el reciclaje mecánico del PET

Algunas innovaciones en el diseño de las botellas de PET han facilitado su reciclaje, tanto en la fase de acopio como en su procesamiento a través del reciclaje mecánico. Para PROPET, tener en consideración estas innovaciones es de suma importancia ya que en la medida en que se simplifique o se vuelva más práctico el proceso de reciclaje, mayor es la capacidad de producción, los costos de operación disminuyen y por lo tanto los costos del producto también.

Entre algunas de estas innovaciones destacan las siguientes:

- El diseño de botella de PET transparente, lo cual facilita su clasificación, ya que no es necesario separar las botellas. Anteriormente esta separación se efectuaba de manera manual ya que las botellas tenían distintos pigmentos y distinta composición que, al combinarlas, producía un PET reciclado de coloración oscura y opaca, la cual variaba dependiendo de los colores predominantes en la mezcla de botellas recicladas. Además, este cambio de composición también afectaba las especificaciones técnicas del producto del reciclaje. Actualmente, y gracias a esta mejora en el diseño, se han atenuado las consecuencias de este problema ya que, al no tener distintos pigmentos, la materia prima de reciclaje es más homogénea y por lo tanto presenta mayor estabilidad.
- Otra innovación en el diseño es la tapa que arrastra su arillo al abrir, lo cual también implica una mejora en el proceso de reciclaje mecánico ya que anteriormente era necesario desprender los arillos manualmente. Esto debido a que los arillos son de otro material distinto al PET por lo cual, al mezclarse con el PET reducían su calidad y grado de pureza.
- Entre las innovaciones que han facilitado el reciclaje del PET también se puede mencionar la etiqueta de polietileno desprendible, sello termoencogible suajado para su desprendimiento.
- Por último se encuentran el diseño de las botellas de tipo colapsable (que pueda aplastarse en vacío al final de su uso) para que las botellas de PET ocupen menor espacio y se logre mayor acopio (APREPET).

La recolección y clasificación del PET de desecho es la primer parte del proceso de reciclaje mecánico. Esta parte del proceso presenta retos, entre los cuales destacan la calidad del propio material, el volumen necesario para transportarlo, la mano de obra para su clasificación y desetiquetado.

Las innovaciones mencionadas toman en cuenta estos requerimientos y presentan soluciones sencillas para resolverlas, lo cual significa menores costos en la cadena de proceso del reciclaje y por lo tanto mayor competitividad y, finalmente, la disminución en el precio del producto final.

5. Problemática

Se comentó en páginas anteriores que el PET es el material predilecto para la elaboración de botellas por sus características, mismas que lo vuelven un problema de contaminación en la vía pública, en los tiraderos de basura y un riesgo para el medio ambiente en general.

Para abordar esta situación se planteó como opción el reciclaje, entre los cuales destaca el reciclaje mecánico debido a su tiene potencial como negocio.

La solución al problema de contaminación del PET a través reciclaje mecánico depende de su éxito como negocio, sin embargo su crecimiento no ha prosperado debido a que existen distintas limitaciones, entre las cuales está la tecnología.

El problema consiste en estimar la viabilidad de una planta de reciclaje de PET como negocio, considerando además de los retos que ofrece la industria, la manera en que influye el impacto de la tecnología.

6. Hipótesis

La utilización del PET en la industria del embalaje, en especial por las embotelladoras, está en auge y se espera que siga creciendo, sin embargo la utilización de este material ha tenido consecuencias perjudiciales para el medio ambiente.

El reciclaje representa una opción para atender este problema, no obstante que se han realizado esfuerzos para promover el reciclaje del PET, aún hay mucho camino por recorrer.

Existen empresas de base tecnológica que se dedican al reciclaje de este material pero que no han proliferado como se esperaría por lo que aún es significativamente mayor la cantidad de PET desechada que la que se vuelve a aprovechar.

Se plantea demostrar teóricamente que una empresa de reciclaje de PET, en las condiciones del mercado de México, es rentable y que uno de los factores determinantes para su éxito se encuentra en la manera de cómo se pondere la innovación y la administración de la tecnología, dentro del proceso de negocio.

7. Análisis competitivo del sector

7.1. Competitividad de un sector

En general, los ejecutivos suelen definir a la competencia como algo que ocurriera solamente con los competidores directos actuales de una empresa, sin embargo, la competencia va más allá de los rivales establecidos de un sector e incluye a cuatro otras fuerzas competitivas: los clientes, los proveedores, los posibles entrantes y los productos sustitutos. La rivalidad extendida que se genera como consecuencia de las cinco fuerzas, define la estructura de un sector y da forma a la naturaleza de la interacción competitiva dentro de un sector.

La competitividad y la rentabilidad determinan la estructura de un sector. Si las fuerzas son intensas, como lo son en los sectores de las líneas aéreas, textiles y hotelería, es muy difícil para las empresas obtener retornos atractivos sobre sus inversiones; en cambio, si las fuerzas son benignas, como por ejemplo en los sectores de software, bebidas y artículos de aseo personal, muchas empresas son rentables.

La estructura de un sector se manifiesta en las fuerzas competitivas y determina la rentabilidad del sector en el mediano y largo plazo. Una estructura saludable de un sector debería ser tan importante como la posición de la empresa y comprender esta estructura es clave para un posicionamiento estratégico eficaz. (Porter, *The five competitive forces that shape strategy*, 2008).



Se analizarán estas fuerzas para el caso específico del reciclaje de PET con la finalidad de contar con la información completa basada en varias perspectivas y no solamente desde el punto de vista del plan de negocio. Además, como se mencionó anteriormente, es necesario tomar en cuenta esta fuerza para estimar la rentabilidad de la empresa.

A continuación se describirán cada una de las fuerzas y se hará una descripción de la manera en que las fuerzas influyen positiva o negativamente en la rentabilidad del negocio.

7.2.Las fuerzas que le dan forma a la competencia

La configuración de las cinco fuerzas competitivas varía según el sector. La fuerza competitiva o las fuerzas competitivas más fuertes determinan la rentabilidad de un sector y se transforman en los elementos más importantes de la elaboración de la estrategia, sin embargo la fuerza más relevante no siempre es la más obvia. Un ejemplo de esto es en la industria de commodities, donde es frecuente que la rivalidad sea intensa, como en el caso de Kodak y Fuji, sin embargo aún estos líderes mundiales en la producción de películas fotográficas encontraron retornos bajos en ese sector al aparecer la fotografía digital. El problema de enfrentar la introducción del producto sustituto se transformó en la prioridad estratégica número uno.

La estructura del sector es el resultado de un conjunto de características económicas y técnicas que determinan la fortaleza de cada fuerza competitiva, enseguida se describirán brevemente los impulsores de cada fuerza para posteriormente aplicarlos al caso específico de la industria de reciclaje de PET.

7.2.1 Amenaza de nuevos entrantes

Los nuevos entrantes en un sector introducen nuevas capacidades y un deseo de adquirir participación de mercado, lo que ejerce presión sobre los precios, costos y la tasa de inversión necesaria para competir. Los nuevos competidores pueden apalancar capacidades para resistir a la competencia, sobre todo cuando son empresas establecidas que diversifican su mercado.

La amenaza de nuevos entrantes pone límites a la rentabilidad potencial de un sector. Cuando la amenaza es alta, los actores establecidos deben mantener los precios bajos o incrementar la inversión para establecer barreras de entrada y desalentar a los nuevos competidores.

Las ventajas que tienen los actores establecidos en comparación con los nuevos participantes se conocen como barreras de entrada. La altura de estas barreras de entrada ya existentes y la reacción que puedan esperar los nuevos competidores de los actores establecidos, determina la amenaza de los nuevos entrantes. Si las barreras de entrada son bajas y los recién llegados esperan poca resistencia de parte de los actores establecidos, la amenaza de nuevos entrantes es alta y la rentabilidad del sector moderada. Esta posibilidad de que ocurra la inserción de nuevos competidores, no la propia entrada, es lo que mantiene la rentabilidad baja.

Existen siete fuentes importantes de barreras de entrada:

1. Economías de escala por el lado de la oferta. Aparecen cuando las empresas producen volúmenes más grandes y disfrutan de costos más bajos por unidad ya que pueden distribuir los costos fijos entre más unidades, usar tecnología más eficaz o exigir mejores condiciones de los proveedores. Las economías de escala se encuentran prácticamente en todas las actividades de la cadena de valor.
2. Beneficios de escala por el lado de la demanda. Estos beneficios son conocidos también como efectos de red, aparecen en sectores donde la disposición de un comprador para pagar por el producto de una empresa aumenta con el número de otros compradores que también usan la empresa. Los compradores posiblemente confíen más en empresas más grandes cuando compran productos esenciales.

Esta preferencia desalienta la entrada al limitar la disposición de los clientes para comprarle a un recién llegado, y al reducir el precio que el recién llegado puede exigir hasta que genere una gran base de clientes.

3. Costos para los clientes por cambiar de proveedor. Cuando los compradores cambian de proveedor, deben asumir ciertos costos fijos, como por ejemplo, cambiar las especificaciones del producto, volver a capacitar a sus empleados respecto de cómo usar un nuevo producto, o modificar los procesos o sistemas de información. Un ejemplo de esto, es el software de planificación de recursos (ERP, por sus siglas en inglés) de una empresa, ya que una vez instalado el sistema ERP, los costos de cambiarse con un nuevo proveedor son muy elevados debido a los datos involucrados, al hecho de que los procesos internos han sido adecuados al ERP del proveedor y a la necesidad de una nueva capacitación.
4. Requisitos de capital. La necesidad de invertir grandes cantidades de dinero para poder competir puede impedir la entrada a nuevos competidores. El capital puede ser necesario no solo para instalaciones fijas sino también para ofrecer crédito al consumidor, acumular inventarios y financiar las pérdidas que se generan en un comienzo. La barrera es especialmente sólida si el capital necesario está destinado para gastos no recuperables como la publicidad previa al lanzamiento o investigación y desarrollo. Esta barrera no es imposible de superar ya que si los retornos dentro del sector son atractivos y se espera que lo sigan siendo, y si los mercados de capital son eficaces, habrá inversionistas dispuestos a financiar a los nuevos participantes.
5. Ventajas de los actores establecidos independientemente del tamaño. Los actores establecidos tendrán ventajas de costos o calidad, con respecto a sus potenciales rivales, independientemente del tamaño. Los factores de estas ventajas pueden ser, tecnología propietaria, acceso preferencial a materias primas, haber ocupado ya las ubicaciones geográficas más favorables, identidades de marca establecidas, o experiencia que se ve reflejada en producción más eficaz.
6. Acceso desigual a los canales de distribución. En nuevo competidor debe asegurar la distribución de su producto o servicio. Mientras más limitados son los canales mayoristas o minoristas, más difícil será entrar en un sector. Puede ser tal el caso que los nuevos competidores deben crear sus propios canales de distribución, por ejemplo, el caso de las nuevas aerolíneas que no utilizan las agencias de viaje, más bien alientan a sus clientes a que reserven sus vuelos por internet.
7. Políticas gubernamentales restrictivas. Las políticas gubernamentales pueden obstaculizar o promover en forma directa la entrada de nuevos competidores a un sector, así también pueden extender o eliminar las otras barreras de entrada. Esto puede ser a través de requerimientos de licencias, reglas de patentes, reglamentos medioambientales o de seguridad que incrementan las economías de escala a los nuevos competidores. El caso contrario es posible, a través del financiamiento de investigación básica y poniéndola a disposición de todas las empresas, reduciendo así las economías de escala.

Dependiendo de estas barreras y la percepción que tengan los nuevos competidores de cómo reaccionarán los actores establecidos, será la decisión que tomen de entrar o no a un sector.

En el caso del reciclaje del PET está amenazado por la entrada de nuevos competidores, sin embargo este sector tiene barreras de entrada altas. Para el caso específico de PROPET, se identificaron cuatro barreras principales: las economías de escala originadas por los volúmenes que manejan las empresas establecidas; las ventajas de los actores establecidos por la tecnología propietaria y el acceso preferencial a las materias primas; acceso desigual a los canales de distribución; y los requisitos de capital.

Con respecto a los requisitos de capital, esta barrera de entrada se define por los requerimientos de recursos en investigación y desarrollo tecnológico, ya que el punto de competencia en el negocio de reciclaje de PET, se ha definido en gran medida con base en la eficiencia de los procesos de reciclaje y debido a esto, los actores establecidos cuentan con ventaja competitiva en la tecnología desarrollada para hacer más eficiente el proceso de reciclaje y aumentar la calidad del producto final.

7.2.2 Poder de negociación de los proveedores.

Los proveedores poderosos pueden cobrar los precios más altos, restringiendo la calidad o los servicios, y pueden transferir los costos a los participantes del sector. Los proveedores poderosos con capaces de extraer la rentabilidad de una industria que es incapaz de transferir los costos a sus propios precios. Las empresas dependen de distintos grupos de proveedores para adquirir insumos.

Un grupo de proveedores es poderoso si:

- Está más concentrado que el sector al que vende.
- Los grupos de proveedores no dependen fuertemente del sector para sus ingresos.
- Los participantes del sector deben asumir costos por cambiar de proveedor.
- Los proveedores ofrecen productos que son diferenciados.
- No existe un sustituto para lo que ofrece el grupo proveedor.
- El grupo proveedor puede amenazar con integrarse en el sector de forma más avanzada.

En el caso del reciclaje de PET, los precios más altos están restringidos por el costo del PET virgen. Entonces nos encontramos con el caso de restricción en función del precio de venta del PET virgen, tanto en la compra de materia prima para reciclar, la cual puede ser determinante en caso de no contar con acopio propio y depender de un tercero para conseguirla, y el precio de venta de material.

Por lo anterior, para el caso de PROPET y para el de cualquier empresa de reciclaje de PET, el poder de negociación está inclinado hacia el lado de los compradores, a excepción de los periodos en que el costo del PET virgen se mantiene alto por un periodo prolongado de tiempo, obligando a los compradores a buscar una opción más económica y juega un papel importante la economía de escala que favorece a aquellos actores establecidos que pueden contar con depósitos para almacenar producto terminado por un periodo prolongado de tiempo, esperando el momento en que se den las condiciones óptimas de venta.

7.2.3 Poder de negociación de los compradores.

En la parte opuesta, los clientes poderosos son capaces de capturar más valor si obligan a que los precios bajen, exigen mejor calidad o servicio y, con frecuencia, obligan a que los participantes del sector compitan entre sí. Esto ocasiona que la rentabilidad del sector disminuya.

De manera similar a los proveedores poderosos, existen grupos de clientes poderosos con distintos poderes de negociación.

Un grupo de clientes cuenta con poder de negociación si:

- Hay pocos compradores o cada uno compra volúmenes que son grandes en relación con el tamaño de un proveedor.
- Los productos del sector son estandarizados o no se diferencian entre sí.
- Los compradores deben asumir pocos costos por cambiar de proveedor.
- Los compradores pueden amenazar con integrarse al sector en la parte anterior de la cadena productiva, sí los proveedores generan demasiadas utilidades.

- El producto que compra al sector representa una parte importante de su estructura de costos o presupuestos de adquisiciones.
- Un grupo de compradores obtiene utilidades bajas, le hace falta efectivo, o está presionado a recortar sus costos de adquisición.
- La calidad de los servicios o productos de los compradores no se ve muy afectada por el producto del sector.
- El producto del sector surte poco efecto en los otros costos del comprador.
- La mayoría de las fuentes de poder del comprador son iguales tanto para los consumidores como para los clientes.

Complementando el comentario de la sección anterior con respecto al poder de negociación de los proveedores para el caso del reciclaje de PET, los compradores tienen la sartén por el mango, en cuanto a negociación de precio de compra se trata, ya que adicionalmente a la ventaja de la restricción del precio del producto establecida por el precio del PET virgen, también cuentan con la ventaja de que el producto es estandarizado, el universo de compradores de PET, por lo menos de aquellos compradores de gran escala, es reducido, y los costos de los clientes por cambiar de proveedor, son mínimos.

7.2.4 La amenaza de los sustitutos.

Un sustituto cumple una función igual o similar al producto de un sector mediante distintas formas. A veces la amenaza de la sustitución ocurre más abajo en la cadena o es indirecta, cuando un sustituto reemplaza el producto de un sector comprador. No es fácil percatarse de la existencia de sustitutos ya que pueden ser muy diferentes al producto del sector.

Los productos o servicios sustitutos limitan el potencial de rentabilidad de una empresa al colocar un techo a los precios.

La amenaza de un sustituto es alta si:

- Ofrece una compensación en precio y desempeño respecto del producto del sector.
- El costo para el comprador por cambiar al sustituto es bajo.

En el negocio del PET, actualmente existe una amenaza de sustituto en el vidrio y el aluminio. A pesar de esto y como se ha mencionado en capítulos anteriores, este polímero cuenta con características especiales que lo hacen ideal para el embalaje, por lo que actualmente para esta utilización el riesgo de ser sustituido es mínimo.

Sin embargo, el riesgo para el PET reciclado, es ser sustituido por PET virgen.

7.2.5 La rivalidad entre competidores existentes.

La rivalidad entre competidores existentes adopta muchas formas familiares, incluyendo descuentos de precios, lanzamientos de nuevos productos, campañas publicitarias y mejoramiento del servicio.

Un alto grado de competitividad limita la rentabilidad del sector. El grado en el que rivalidad reduce las utilidades de un sector depende de la intensidad de competencia y la base sobre la que compiten las empresas.

Es más intensa cuando:

- Los competidores son varios o son aproximadamente iguales en tamaño y fuerza.
- El crecimiento del sector es lento.
- Las barreras de salida son altas.
- Los rivales están altamente comprometidos con el negocio y aspiran a ser líderes, sobre todo si tienen metas que van más allá del desempeño económico en ese sector en particular.
- Las empresas no son capaces de entender bien sus señales mutuamente, debido a una falta de familiaridad entre ellas, enfoques competitivos distintos o metas diferentes.
- Los productos o servicios de los rivales son casi idénticos y existen pocos costos por cambios de proveedor para los compradores.
- Los costos fijos son altos y los costos marginales son bajos.
- La capacidad debe ser expandida en grandes cantidades para ser eficaz.
- El producto es perecedero.

7.3. Factores que influyen en la competencia.

La estructura del sector determina el potencial de utilidades en el largo plazo de este. Al considerar las cinco fuerzas, un estratega mantiene clara la estructura general en lugar de enfocarse en un solo elemento. Es importante evitar confundir ciertas características visibles de un sector con su estructura básica. A continuación se mencionan los factores principales que se deben considerar:

7.3.1 Tasa de crecimiento del sector.

Aunque es común suponer que un sector con crecimiento rápido es atractivo, esto no siempre es cierto. El crecimiento disuelve la rivalidad ya que ofrece oportunidades para todos los competidores, pero el crecimiento rápido puede colocar a los proveedores en una posición poderosa y un alto crecimiento con bajas barreras de entrada atraerá a nuevos entrantes, además una tasa de crecimiento rápido no garantiza rentabilidad si los clientes son poderosos o los sustitutos atractivos.

7.3.2 Tecnología en innovación.

Las innovaciones o la tecnologías por sí solas no determinan que un sector sea o no atractivo. Los sectores de tecnología baja, con compradores que no se ven afectados por los precios, costos por cambios de proveedores o altas barreras de entrada, a menudo son más rentables que los sectores con alta tecnología, que atraen a los competidores.

7.3.3 Gobierno.

El gobierno no se toma en cuenta como una sexta fuerza debido a que la participación del gobierno no es, específicamente, buena o mala para un sector. Para entender como el gobierno afecta la rentabilidad de un sector, se puede analizar a las políticas gubernamentales específicas que afectan a las cinco fuerzas competitivas y los gobiernos operan en varios niveles mediante un amplio rango de distintas políticas que pueden afectar la estructura de distintas maneras.

7.3.4 Productos y servicios complementarios.

Los complementos pueden ser productos o servicios que se usan en conjunto con un producto de un sector. Los complementos surgen cuando el beneficio para el cliente de dos productos combinados es mayor que la suma del valor de cada uno por sí solo. Los complementos son más notorios en los

sectores de alta tecnología y elevan el valor del producto, sin embargo, al igual que las políticas gubernamentales, los complementos no se pueden considerar una sexta fuerza que determine la rentabilidad del sector, ya que la presencia de esta no es necesariamente buena o mala para la rentabilidad del sector, sin embargo si afectan a la rentabilidad a través de la forma en que influyen a las cinco fuerzas.

Para nuestro caso, se espera que PROPET encuentre competencia en el negocio de reciclaje de PET, ya que este es un negocio que ofrece utilidades a largo plazo y lo vuelve atractivo para los competidores, además de que se espera que el gobierno promueva políticas públicas que impulsen el reciclaje, sin embargo la competencia estará moderada por las barreras de entrada que representan los actores establecidos, las economías de escala y la inversión necesaria para la investigación y desarrollo que moldea el negocio.

Adicionalmente, con la tendencia actual del negocio, se puede pronosticar que la tecnología y la innovación, además de ser una barrera de entrada para los nuevos competidores, será una palanca de negociación de las empresas de reciclaje al volver cada vez más eficientes sus procesos, aumentando la calidad y disminuyendo costos, siendo competitivos directamente con el PET virgen.

8. Plan de negocios para una planta de reciclaje de PET

8.1. Definición del Proyecto

8.1.1 Introducción

El valor principal de este plan de negocios será la creación de un proyecto escrito que evalúe todos los aspectos de la factibilidad de mercado, técnico, administrativo, económico y financiero con una descripción y análisis de las perspectivas empresariales.

8.1.2 Descripción del negocio

El objetivo de este plan de negocios es establecer la planeación estratégica para la instalación de 'PROPET' que es una empresa que recopilará y/o comprará PET de desecho para transformarlo mediante el reciclaje mecánico en PET reciclado 'RPET', el cual se comercializará de dos maneras: una como hojuelas de PET limpio y otra como pellets de PET reciclado con propiedades similares a las del PET virgen por lo menos en un 90%. La segunda forma de comercialización se realizará gracias a la inclusión de aditivos durante el proceso de reciclaje que lograrán la recuperación de las propiedades intrínsecas del PET, para generar un nuevo tipo de PET reciclado.

De manera paralela y como una estrategia para asegurar el suministro constante de PET, se contará con un equipo propio de recolectores de PET que realizará el acopio del material en puntos estratégicos y se encargará de promover convenios con distintas instituciones y empresas para facilitar la recolección del material.

PROPET pretende lograr ventas por más de 1440 toneladas anuales de material reciclado para el 2014 y pretende, además, abrir mercados en el extranjero.

8.1.3 Historia de la empresa

La idea de PROPET nace en enero de 2011 a partir de la identificación de una oportunidad de negocio a partir del aprovechamiento de botellas de PET de desecho para la fabricación de nuevos productos a partir de PET reciclado. El incentivo principal para la creación de PROPET es ayudar al medio ambiente, ya que mediante la reutilización del material de desecho, se libera al medio ambiente del trabajo de lidiar con material difícil de degradar y al mismo tiempo, se reduce la cantidad de energía necesaria para la fabricación del material.

8.1.4 Productos de PROPET

El producto principal de PROPET son los pelets de PET con propiedades similares al PET virgen mediante la utilización de aditivos. Dependiendo de la demanda, existe la posibilidad de comercializar las escamas de PET limpias, que es un proceso anterior a la adición de aditivos y en un futuro se planea expandir la empresa para comercializar productos fabricados a partir de PET reciclado, como fibras textiles, muebles y material para construcción.

8.2.Misión y Visión del producto

8.2.1 Misión

Generar ganancias a partir de productos de desecho y protegiendo al medio ambiente.

8.2.2 Visión

Ser, a mediano plazo, la empresa de mayor calidad y servicio que provee a los transformadores de PET en el área metropolitana y, a largo plazo, ser una empresa posicionada en el sector de la construcción como proveedora de material para construcción fabricado con material reciclado. Lo anterior mediante el establecimiento de estrategias de crecimiento que permitan a la empresa no solamente ser competitiva, sino que también impulsen su crecimiento y expansión a otros sectores comerciales.

8.3.Análisis de FODA

8.3.1 Fortalezas

- Existe una gran oportunidad de negocio en el reciclaje de plásticos en México. Esta idea se basa en el hecho de que cada vez se consumen, y por ende, se recuperan más envases de PET. Hace 10 años, por ejemplo, se recuperaban 71,000 toneladas de PET al año, mientras que en la actualidad se recolectan más de 800,000 toneladas (Gutiérrez, Desorden plástico, 2012).
- La inversión necesaria para iniciar con un negocio de reciclaje mecánico de PET es menor al de los otros tipos de reciclaje y se requiere poca capacitación del personal.
- Se estima que continúe el uso de botellas de PET para el embalaje de productos, y no sólo eso, sino que se incremente su utilización.

8.3.2 Oportunidades

- Más allá del desabasto, los recicladores y especialistas coinciden en que se debe hacer más eficiente la recuperación de PET en México. Para lograrlo, es necesario invertir en tecnología de separación en los tiraderos de basura. De hecho, en los lugares donde hay bandas de separación, donde cada pepenador se dedica a recolectar un solo material, la recuperación de PET se ha cuadruplicado, según lo dictamina Santiago García, de la empresa APREPET.
- Senadores del Partido Acción Nacional (PAN), del Partido de la Revolución Industrial (PRI) y del Partido de la Revolución Democrática (PRD) presentaron en 2009 una iniciativa que pretende darle a los recicladores mayor certidumbre para que ayude a impulsar las inversiones en el sector. La iniciativa propone reformar el Código Fiscal de la Federación para que los recicladores puedan deducir fiscalmente sus compras de residuos, tanto de plástico como de vidrio, papel, cartón y metal.
- La Ciudad de México es uno de los pocos casos de éxito con la Ley de Residuos Sólidos del Distrito Federal, con la que se hizo obligatoria la separación de la basura en orgánicos e inorgánicos. Con esta medida la recuperación de PET en la ciudad se ha duplicado. Estados Unidos, por su parte, también logró duplicar de los años 2000 a 2010 su volumen de reciclaje de PET (de 346,000 a 706,000 toneladas) gracias, en gran parte, a la eficiencia en la separación de basura en los hogares.
- El valor del mercado de reciclaje del PET en México supera 4,000 millones de pesos, lo que representa 10% del valor total de la industria del plástico. En el 2012, 180 empresas atienden esta industria. Muchas de ellas, como PetStar, Morphoplast y Novapet, fueron fundadas en la última década, cuando explotó el consumo de envases de PET en nuestro país. Esto quiere decir que es un mercado que continúa en crecimiento y significa para la empresa PROPET que existe una oportunidad de negocio.

8.3.3 Debilidades

- El desabasto de residuos ya ha tenido un impacto en la capacidad de reciclaje en México. Actualmente, el país reutiliza 422,000 toneladas de PET al año, lo que equivale a tan sólo 11% de las más de cuatro millones de toneladas que se generan a nivel nacional. Esta cifra es menor a la tasa de reciclaje en otros países como China (80%), Alemania (66%), Brasil (49%), Canadá (33%) y EU (29%), de acuerdo con las últimas estimaciones de ECOCE.
- A pesar de que en 2003 entró en vigor la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de Residuos, todavía falta que todos los estados y municipios diseñen reglamentos específicos. El director general de ECOCE no confía en que se pueda articular una política nacional de separación de residuos en el corto plazo, sobre todo dado que en algunos municipios ni siquiera se tienen camiones adecuados para recolectar basura, mucho menos, plantas de separación.
- No se cuenta con un suministro constante de materia prima ya que el acopio depende principalmente de los pepenadores.

8.3.4 Amenazas

- De las 833,000 toneladas de PET que se recuperan de la basura cada año en México, más de la mitad se exporta a China y EU, debido a que estos dos países pagan hasta 9 pesos por kilogramo del material, mientras que aquí solo se paga 5 pesos.
- Además de precios más competitivos, algunos recicladores denuncian que, en muchas ocasiones, el PET se exporta a otros países bajo una fracción arancelaria poco controlada, aprovechando los contenedores que traen mercancía a México y que, de otra forma, regresarían vacíos a China. Esto representa una desventaja comercial importante para la industria del reciclaje de nuestro país.
- La exportación de PET limita la capacidad de reciclaje en México, pues la exportación de residuos ha provocado un desabasto de PET para los recicladores que tienen operaciones en México. Incluso Jorge Treviño, director general de Ecología y Compromiso Empresarial (Ecoce), una organización conformada por empresas como Coca-Cola, Nestlé y Jumex, comparte esta opinión.
- El desabasto de la materia, en nuestro caso PET de desecho, hace que el negocio de reciclaje de PET no sea fácil y representa una amenaza debido a los problemas que puede presentar para una planta de reciclaje detener el proceso de producción.
- Manuel Jiménez, gerente de operaciones de Industria Mexicana de Reciclaje (IMER), asegura que a pesar de que su planta recicladora en Toluca, Estado de México, inaugurada en 2005, tiene capacidad para procesar hasta 24,000 toneladas de PET al año, hasta ahora el mayor volumen reciclado ha sido sólo de 18,000 toneladas, debido principalmente, al desabasto de material.
- En el 2011, IMER, fundada en el 2005 a través de una coinversión de más de 300 millones de pesos entre FEMSA, Coca-Cola Company y Alpla México, fabricó más de 1.5 millones de botellas de PET con material reciclado, pero esta cifra podría llegar a 2.5 millones de botellas si contara con el abasto suficiente para operar al 100% de su capacidad.
- Los senadores proponen que los recicladores retengan 3% por concepto de Impuesto Sobre la Renta (ISR) a los pepenadores, mismos que podrían ser identificables a través de la Clave Única de Registro de Población (CURP), con lo que el SAT recaudaría entre 10,000 y 15,000 millones de pesos adicionales al año (1% de la recaudación histórica alcanzada en el 2011). La iniciativa (que ya fue aprobada en la Cámara de Senadores y cuya votación en la Cámara de Diputados todavía está pendiente) significaría que los pepenadores cobrarían 80 centavos por cada kilogramo de PET recolectado, en lugar de 1 peso, por lo que tendrían que recoger más de 2,500 botellas de refresco de 1.5 litros para ganar el salario mínimo vigente en el D.F. La propuesta surge luego de que, en 2008, la Secretaría de Hacienda y Crédito Público decidiera que los recicladores ya no podrían usar la figura de la autofacturación en sus compras de residuos. La autofacturación les permitía a los empresarios facturarse a sí mismos hasta 70% de las compras hechas a pepenadores, facilitando el proceso de compraventa de residuos. Los recicladores aseguran que también es importante fomentar el hábito de la

separación de residuos en los hogares, ya que esto ayudaría a mejorar las tasas de recuperación del PET de mejor calidad, el cual se paga aún a mejor precio.

8.4.Descripción de la empresa

Nombre de la empresa: **PROPET**

Alcance: La empresa PROPET consistirá en una planta de reciclaje mecánico de PET usando como materia prima las botellas de PET desechadas.

Como se comentó anteriormente, el proceso de acopio influye directamente en el éxito del negocio. Es muy importante el aseguramiento de suministro de manera prima. Una opción es la compra de PET sucio y para esto será necesaria la negociación con las asociaciones de pepenadores, sin embargo esto no asegura que se cumplan los acuerdos.

Por esta razón, PROPET también considerará la opción de contar con sus propios mecanismos de recolección. En este escenario se contará con un grupo de trabajadores que llevarán a cabo la recolección en puntos estratégicos.

Con la finalidad de asegurar el suministro de materia prima, existe otra opción que consiste en comprar desechos de manufactura de productos fabricados con PET. Este desecho es generalmente llamado 'scrap' y existen algunas empresas que venden este material. La ventaja es que es homogéneo y está limpio.

La materia prima, ya sean botellas de PET de desecho o 'scrap' serán transformadas por medio de reciclaje mecánico en PET molido y limpio en forma de escamas (flakes), el cual puede venderse tal cual o ingresar al siguiente proceso del tren de reciclaje para ser mezclado con aditivos para mejorar sus propiedades y posteriormente extruido para obtener como producto final granza o pellets de PET.

8.4.1 Objetivos estratégicos

- Lograr ventas de más de 1440 toneladas anuales de RPET en el mercado nacional durante los primeros 5 años.
- Incursionar en la fabricación de productos como muebles y fibras textiles.
- A partir de los 5 años de la creación de la empresa, desarrollar y comercializar productos fabricados a base de PET reciclado para la industria de la construcción.
- También, a partir del 5° año, invertir en un departamento de investigación y desarrollo para el mejoramiento de la calidad del producto y el desarrollo de un aditivo que mejore las propiedades del PET reciclado.
- Abrir el mercado de China, con un peso de 20% de la facturación de la empresa para el 2016.
- Fortalecer el departamento encargado del acopio de material de reciclaje, teniendo personal de tiempo completo que se encargue de la recolección en puntos estratégicos para disminuir la dependencia de las asociaciones de pepenadores.

Se tiene la expectativa de que al volver eficiente el proceso de acopio de material, se pueda asegurar un abasto constante de materia prima. La recolección representa una parte fundamental en la industria del reciclaje y varias empresas del ramo sufren del problema de desabasto, lo cual representa por sí mismo una opción de negocio al asegurar a las plantas de reciclaje un suministro constante de materia prima.

8.4.2 Estrategias de entrada (Principales Clientes)

Los principales clientes serán los transformadores de PET reciclado o RPET establecidos en el área metropolitana, a los cuales se les ofrecerán los pellets tratados con aditivos para mejorar sus propiedades; aunque también se venderán hojuelas (flakes) de PET molido tal cual a empresas transformadoras de PET que no estén interesadas en el material tratado con aditivos.

8.4.3 Estrategias de Crecimiento

La primera estrategia de crecimiento es focalizarnos en clientes consumidores de PET virgen, demostrándoles las ventajas competitivas del PET reciclado, además de demostrarles las bondades para con el medio ambiente.

La segunda estrategia es volver más eficiente el sistema de acopio para disminuir el riesgo de carencia de materia prima.

8.4.4 Nuevos mercados

Se incursionará en la fabricación de productos a partir del PET reciclado, entre los cuales se pueden mencionar: muebles y fibras textiles.

8.4.5 Nuevos productos

Se tiene contemplado desarrollar materiales para la construcción fabricados con PET reciclado.

8.5. Estudio de mercado

El objetivo de este segmento es identificar las oportunidades que presentan al mercado, por lo cual se deben de analizar diversas posibilidades, situaciones o condiciones de éxito para emprender un negocio o desarrollar nuevos productos. En esta investigación se presentan los diferentes factores y elementos que influyen en la realización del análisis del mercado.

8.5.1 Investigación de mercado

A continuación describiremos las fuentes de investigación que utilizamos para la obtención de datos para nuestros competidores, productos existentes en el mercado, proveedores, precios y demandas:

- Vía Internet (bases Datos Públicas y páginas de los competidores)
- Asociaciones Comerciales
- Revistas especializadas
- Libros y publicaciones de la Industria
- Entrevistas

La información obtenida quedo sentada en nuestros papeles de trabajo y es hora nuestra base de datos interna de la empresa.

8.5.2 Segmentos del mercado

Nuestro mercado son las empresas transformadoras de PET reciclado, dentro de las cuales detectamos distintos segmentos.

Las empresas transformadoras de PET reciclado que utilizan pellets con aditivos como materia prima para elaborar productos que requieran mayor calidad.

Las que utilizan PET reciclado en forma de hojuelas o escamas como materia prima, para productos que no requieran materia prima de alta calidad.

8.6.Estrategias de comercialización

8.6.1 Análisis de la competencia

La competencia está conformada por varias empresas, de las cuales dos tienen una posición dominante debido a la calidad de sus productos y capacidad de operación.

Podemos diferenciar la competencia en dos grandes grupos: las empresas que recolectan PET y las empresas que comercializan y/o maquilan plástico.

- Empresas que recolectan PET

Con posición dominante:

1. ECOCE Economía y Compromiso Empresarial (ECOCE), es una asociación civil sin fines de lucro fundada en 2002. Sus objetivos son ambientales y administra un fondo creado por las empresas asociadas, con el cual opera el primer Plan Nacional Voluntario de Manejo (ACOPIO) de los Residuos de Envases de PET de las empresas envasadoras agremiadas y que representan el 61% de los usuarios de estos envases. ECOCE está conformada por 30 grupos y más de 60 marcas de la industria productora de refrescos, aguas carbonatadas, aguas purificadas, de condimentos y alimentos (ECOCE, 2012). Avangard fue el primer acopiador autorizado por ECOCE.
2. Petstar S.A. de C.V. surge como una sociedad estratégica entre PASA Promotora Ambiental y Avangard de México, que es la empresa acopiadora y recolectora de residuos de envases de PET y otros plásticos más grande de México. PASA Promotora Ambiental es la líder del consorcio. (Promotora Ambiental, S.A.B. de C.V., 2008).

Otras empresas recolectoras:

3. Regen Polymers (DF, México)
4. Rayeco de México (Baja California)
5. Quinmar de México (Coahuila)

6. Grupo Simplex, S.A. de C.V.
 7. Empaques Nova, S.A. de C.V.
 8. Trisureste S.A. de C.V.
 9. Innovative Commodities (Innovative de México RSL S. de R.L. de C.V.)
 10. Tecnología de Reciclaje S.A. de C.V.
 11. Plásticos Reciclados Mexicanos S.A. de C.V.
 12. Global Plastics de México S.A. de C.V.
- Empresas que Comercializan o Maquilan Plástico. (ANIPAC, 2010)
 1. Industrias Plásticas Máximo, S.A. de C.V.
 2. Manufactura Internacional Gaardi, S.A. de C.V.
 3. Plásticos Reacondicionados S.A. de C.V.
 4. Recuperadora y Maquiladora de Plásticos, S.A. De C.V.

8.6.2 Nuevos competidores

Actualmente las barreras de entrada al mercado son altas, ya que los competidores se encuentran establecidos.

Dentro de los nuevos competidores podemos mencionar a Petstar SA de CV. Esta empresa ya se había mencionado anteriormente en la sección de análisis de competencia, sin embargo recibió recursos mediante un préstamo de International Finance Corporation (IFC) con la finalidad de construir y operar una instalación para el reciclaje de botellas en Toluca.

Estas nuevas instalaciones de Petstar convertirá el PET de desecho en resina que será revendida a la industria de embotellado de gaseosas. Esta planta podrá reciclar más de 30.000 toneladas de botellas de plástico anualmente, lo que representa 900 millones de botellas. Petstar tiene acuerdos con Bonafont S.A. de C.V., Grupo Embotelladoras Unidas SAB de CV y Pepsi Bottling Group para la venta de 18.000 toneladas o 90 por ciento de la capacidad inicial de la instalación. (International Finance Corporation, 2007).

Por lo mencionado anteriormente, la estrategia de entrada al mercado para la empresa PROPET es enfocarse a clientes que requieran un volumen de producto menor al que manejan los competidores con posición dominante con calidad mayor al que manejan los pequeños productores.

Considero que definitivamente competir en el mercado de las botellas de grado alimenticio será sumamente difícil debido a los competidores establecidos en este ramo. Sin embargo, aún existe mucha materia prima no aprovechada y las grandes embotelladoras no son los únicos clientes.

La estrategia clave que permitirá el crecimiento de PROPET es la incursión en los nuevos mercados (fabricadores de textiles y muebles) y la fabricación de productos innovadores enfocados a ser utilizados por la industria de la construcción.

8.6.3 Productos sustitutos

Los empaques de vidrio y cartón constituyen una amenaza, ya que poseen grandes ventajas en cuanto a cuidado del medio ambiente en comparación al embalaje en PET. El vidrio por ejemplo, presenta facilidad de reutilización (puede ser retornable o reciclarse) además de que no es tan nocivo para el medio ambiente como lo es el PET; en el caso de cartón, su ventaja es que además de ser reciclable es biodegradable. Las bebidas enlatadas también presentan ventajas al facilitar el intercambio de temperatura, es decir, el contenido de la lata se enfría con mayor rapidez, además de que la propia lata también es reciclable. Sin embargo, tiene algunas desventajas, como la fragilidad de las latas con respecto a los envases de PET y la falta de practicidad del envase (una vez abierta una lata se debe consumir la totalidad del producto).

En cuanto a los envases retornables plásticos no los considero una amenaza seria porque además de su tendencia a desaparecer, este tipo de envases retornables tienen una vida corta ya que soportan alrededor de veinte ciclos. En un intento de mejorar el ciclo de vida de los envases retornables se ha lanzado el envase “Súper Retornable”, pero de todos modos sólo soporta 44 ciclos de reutilización (Énfasis Packaging, 2011).

8.6.4 Ventajas competitivas

La inclusión de aditivos para mejorar las propiedades del PET reciclado brinda una ventaja competitiva con respecto a la competencia. Además la estrategia de tener personal para realizar el acopio brinda una ventaja a largo plazo, ya que, como se comentaba en páginas anteriores, la carencia de materia prima constituye un riesgo para la continuidad del proceso y subsistencia del propio negocio.

Otra ventaja competitiva, considerada a largo plazo, es la incursión en la fabricación de productos innovadores para la industria de la construcción, fabricados a partir de PET reciclado.

8.6.5 Dinámica competitiva

Se utilizará la ventaja que brinda la inclusión de aditivos en la calidad del PET reciclado para vender PET reciclado a los transformadores de PET que utilizan PET virgen.

Se prevé que la estrategia mencionada en el párrafo anterior tenga éxito a mediano plazo porque es necesario convencer a los clientes de la calidad del PET tratado con aditivos. Es por eso que también se atenderá el mercado de aquellos transformadores de PET que solo requieran escamas de PET limpio.

De igual manera, a mediano plazo, la estrategia de PROPET es incursionar en los mercados de muebles y/o textiles, fabricando sus propios productos amigables con el medio ambiente.

Por último, como parte de su crecimiento, PROPET elaborará productos innovadores para la industria de la construcción, de bajo costo y con características especiales. Se tiene estimado que este sea un buen nicho de mercado ya que existe la necesidad y ya existen productos que se han utilizado para la construcción que no han sido comercializados a gran escala. Se estima que esto último se logre a largo plazo ya que si bien es una buena oportunidad de negocio, se requiere desarrollar los productos con determinados estándares de calidad.

8.6.6 Clientes, proveedores, distribuidores y alianzas

Clientes

A continuación se mencionan algunas empresas transformadoras de PET que se consideran como posibles clientes de PROPET, de acuerdo al alcance establecido.

1. ALPLA de México, S.A. de C.V. - Toluca, Edo. de México
2. Procesos Plásticos, S. de R.L. de C.V. - Tultitlán, Edo. de México
3. Amcor Pet Packaging de México, S.A. de C.V. - Mpio. Capulhuac, Edo. de México
4. Zapata Envases, S.A. de C.V. - Cuautitlán, Edo. de México

Cabe mencionar que para la selección de estos clientes se consideró la ubicación. Todos están en el Estado de México, lo cual facilita la distribución ya que se considera que la ubicación de la planta de reciclaje deberá ser en el D.F. o en el Estado de México.

Proveedores

El proceso de reciclaje de PET tiene varios insumos. Los que destacan por el volumen de utilización son el agua y la energía eléctrica. Sin embargo, como no existen muchas opciones de proveedores para estos insumos, no nos detendremos a analizarlos.

Por otra parte, existen dos insumos fundamentales para que nuestra estrategia de negocio tenga éxito. Uno de ellos y el más importante es el PET de desecho. Ya se ha comentado en páginas anteriores que contar con un suministro constante de PET de desecho es fundamental para el éxito del negocio y las estrategias consideradas para esto son:

1. El establecimiento de acuerdos con las sociedades de pepenadores para contar con un suministro constante de materia prima.
2. Como medida de contingencia y con la finalidad de no depender de terceros para el éxito del negocio, se propone tener personal propio, de manera paralela a los convenios con las asociaciones de pepenadores, para que realice el acopio de material en puntos estratégicos. Se pretende que esta medida proporcione a largo plazo independencia en la cadena de suministro de materia prima y dependiendo del éxito de esta estrategia, podría surgir un negocio independiente de acopio de material.

El otro insumo es el aditivo para mejorar las propiedades del PET de desecho dentro del proceso de reciclaje mecánico.

Entre los proveedores del aditivo requerido para el proceso se encuentran:

Milliken. Localizado en el Distrito Federal.
Intecsol. Localizado en Querétaro.
Adiquim, S.A. de C.V. Localizado en el Estado de México.

Distribuidores

La distribución de nuestros productos se llevará a cabo por la flota de la empresa. Se estima que tres camiones de carga son suficientes durante el primer año. Como estrategia para reducir los costos por traslados vacíos, se planearán rutas para distribuir los productos y recolectar materia prima en el mismo viaje.

Alianzas

Una alianza estratégica para el crecimiento de la empresa sería con el Instituto de Investigación en Materiales de la UNAM.

La vinculación entre empresas y universidades proporciona beneficios para las dos partes, ya que la empresa podría remunerar económicamente o en especie a la universidad. Podría otorgar becas o apoyos económicos a sus estudiantes. También podría hacerlo mediante acuerdos que permitan a sus estudiantes realizar prácticas profesionales en sus instalaciones. En nuestro caso, la empresa PROPET obtendría el beneficio de contar con personal capacitado, laboratorios de análisis de calidad del producto y laboratorios de desarrollo de nuevos productos.

Se eligió específicamente al Instituto de Investigación en Materiales ya que cuenta con experiencia en desarrollar procesos para reciclar polietilentereftalato y sería la institución con la capacidad de desarrollar productos con las características necesarias para la su utilización en la industria de la construcción.

8.6.7 Análisis de precios

Comparación con precios en el mercado:

Con respecto al precio del PET reciclado, uno de los retos a los que más frecuentemente se enfrentan las pequeñas y medianas empresas recicladoras es que no existe un precio fijo para el producto y por ende es difícil estimar el precio al que debe venderse.

Se recomienda a las pequeñas empresas que una vez que hayan definido el costo de su producto tomando en cuenta la producción, pueden fijar un precio que les resulte redituable y ofrecerlo al mercado.

Para el caso de PROPET, consideramos que el proceso de estimación de costos debe ser a la inversa, ya que si obtenemos un PET a un precio mayor al promedio que se ofrece en el mercado, simplemente no habrá ventas, el negocio no sería rentable y por lo tanto no es recomendable invertir en un negocio de reciclaje de PET.

Para tomar una decisión, se investigaron los precios promedios en páginas de internet y en revistas del sector. Algo que vale la pena mencionar es que los productores de PET reciclado no son los que fijan los precios, sino que en la mayoría de los casos son los compradores los que ofrecen un precio por el PET que requieren, el cual varía de comprador a comprador. A continuación, en la tabla 5 se presenta el resumen del precio promedio ofrecido en el mercado por tonelada de PET.

| PRECIO VENTA PET HOJUELAS (TON) | | |
|---------------------------------|---------------------|---------------------------|
| Mínimo pesos MXN | Máximo pesos MXN | Precio Promedio MXN |
| \$11,000.00 | \$16,000.00 | \$13,500.00 |

Tabla 5. Estimación de precio de venta.

8.6.8 Canales de distribución y comercialización

Los clientes podrán contactar a PROPET por vía telefónica, por correo electrónico, o directamente en las oficinas.

Dependiendo del volumen y en el caso de nuevos clientes, podrá ir un vendedor directamente con el cliente para recibir atención personalizada.

En caso de que así lo requiera el cliente, la compra del producto podrá realizarse directamente en línea.

Los clientes podrán recoger el producto en las instalaciones de la empresa. Sin embargo, en caso de requerirlo, el transporte de la propia empresa se harán cargo de la distribución del producto, dependiendo del volumen de compra. Para compras menores a una tonelada, se cobrará extra por el flete.

El departamento de ventas será integrado por dos vendedores que se harán cargo de la comercialización del producto. Los vendedores no recibirán sueldo fijo por parte de la empresa, sino que recibirán una comisión de 10% de las ventas realizadas.

Análisis de la cadena de valor



Figura 9. Cadena de valor.

Proveedores de resina de PET.- Son las empresas que elaboran la resina PET a partir de dos materias primas: Ácido Tereftálico y Etilenglicol, que provienen respectivamente del paraxileno y etileno derivados del petróleo. Éstos componentes se ponen a reaccionar a temperatura y presión elevadas para obtener la resina PET en estado amorfo. Ésta se cristaliza y polimeriza para incrementar su peso molecular y su viscosidad formándose los pellets secos de la resina.

Se planteó al inicio del ‘plan de negocio’, en la sección correspondiente a la ‘descripción del negocio’ que PROPET comercializaría el PET reciclado de dos maneras: una línea de negocio sería la comercialización del PET reciclado limpio en forma de hojuelas y la otra sería la venta de pellets de un nuevo tipo de RPET tratado con aditivos.

PROPET con la línea de negocio de PET tratado con aditivos, participaría en este eslabón de la cadena de valor, proveyendo a los transformadores de pellets de un nuevo tipo de PET con propiedades muy parecidas a las del PET virgen pero a un costo 25% por debajo del PET elaborado con resina virgen.

Transformadores.- Estas empresas utilizan como insumo los pellets de PET elaborados con resina virgen y fabrican la llamada preforma por un proceso inyección. El moldeo de las preformas consiste en la inyección del polímero fundido en la cavidad del molde hasta llenarlo.

Una vez lleno, la resina debe ser enfriada rápidamente para obtener una pieza con excelente transparencia, libre de deformaciones y una magnífica exactitud dimensional. Esta preforma tiene la apariencia de un tubo de ensaye grueso y es el insumo que se utiliza para fabricar los envases.

Usuarios fabricantes de envases.- Son quienes utilizan la preforma como insumo y por medio de calentamiento, estirado y soplado, dando lugar a los envases. En general, este proceso está integrado con las actividades de llenado y sellado de los productos de consumo.

Consumidores.- Son quienes adquieren los diferentes productos envasados, alimentos, medicamentos, productos de limpieza, etc.

Recolectores.- Son quienes se dedican al acopio del PET de desecho en los tiraderos. Generalmente son asociaciones de pepenadores, pero en ocasiones las empresas venden los desechos de sus líneas de producción.

Por otra parte, en el negocio del reciclaje es un problema que no exista un suministro constante de materia prima por lo que también PROPET propone que personal de la empresa tenga la misión de recopilar PET de desecho para asegurar el suministro de este material.

Transformadores de PET reciclado.- Estas empresas realizan un reciclaje mecánico, principalmente, y se dedican a preparar el PET para su utilización en otras industrias. El proceso de reciclado mecánico implica la clasificación de los envases por tipo de plástico, el lavado, el triturado y el secado del PET. El producto final de este proceso son las hojuelas de PET, las cuales se utilizan para fabricar fibra poliéster, fleje plástico, fibras para rellenos térmicos y telas no tejidas, láminas planas, alfombras, etc. Esta hojuela no se utiliza para fabricar envases de contenido alimenticio por cuestiones de calidad e higiene.

La otra línea de negocios de PROPET que se planteó era la comercialización del PET reciclado limpio en forma de hojuelas. PROPET participa con esa línea de negocios en este eslabón de la cadena productiva.

8.6.9 Promoción y publicidad

Las acciones comerciales de PROPET comprenden la presencia en las principales ferias del sector, publicidad en revistas, página web y sección amarilla.

8.6.10 Pronóstico de ventas

Como se ha mencionado anteriormente, el mercado de PET de desecho está en auge y la cantidad de botellas de desecho que se generan en México no es despreciable en absoluto.

Para ejemplificar esto se muestra en la tabla 6 (a continuación) las cantidades de PET de desecho que se generan y la cantidad de PET recolectado a nivel nacional y en la zona metropolitana.

| CIFRAS DE PET DE DESECHO 2012 | KTONS | Toneladas por día |
|---|--------------|--------------------------|
| Cantidad de envases de PET de desecho generados anualmente a nivel nacional | 4,000 | 10,959 |
| Cantidad de nevasos de PET de desecho generados anualmente en la zona metropolitana | 600 | 1,644 |
| Cantidad de PET recolectado anualmente en México | 833 | 2,282 |
| Cantidad de PET reutilizado en México (mercado de PET reciclado) | 422 | 1,156 |

Tabla 6. Capacidad del sector Pronóstico de ventas.
(Gutiérrez, Desorden plástico, 2012)

Por otra parte y con la finalidad de estimar las ventas de PROPET, se proponen varios escenarios de participación en el mercado. La tasa de crecimiento anual estimada de la demanda de PET para América Latina es de 5.3% anual hasta el 2020 (Krishna, 2012). Por lo que en el peor escenario, se espera que la cantidad de envases de desecho que se generan en México, se mantenga constante.

| Desecho de PET generado 2012 | Escenarios | | Toneladas requeridas por día |
|---|------------|------------------|------------------------------|
| Zona Metropolitana (1,644 toneladas por día) | 1 | manejo del 0.25% | 4 |
| | 2 | manejo del 0.5% | 8 |
| | 3 | manejo del 1% | 16 |
| Nivel Nacional (10,959 toneladas por día) | 4 | manejo del 0.5% | 137 |
| | 5 | manejo del 1% | 274 |
| | 6 | manejo del 1.5% | 411 |

Tabla 7. Capacidad del sector Pronóstico de ventas.

En la tabla 7 (arriba) se presentan varios escenarios en los cuales se pretende atender distintos porcentajes de venta del sector.

Se eligió el escenario 1 que corresponde a un manejo del 0.25% del sector, que corresponde una producción de 120 toneladas mensuales de PET reciclado por dos razones: una de ellas es debido a que la empresa se enfocará a los desechos de PET en la zona metropolitana, que es donde se encuentra mayor concentración de desecho de PET con relación a la distancia. la otra es para asegurar un suministro constante de PET de desecho y porque la inversión necesaria es menor, ya que como se trata de la creación de un negocio, considero mejor opción asegurar la recuperación de la inversión y a partir de ahí pensar en un crecimiento de la empresa.

8.7. Estudio Técnico

Las plantas de reciclado mecánico requieren inversiones moderadas (menores a 500,000 \$US); en contraste, las del reciclaje químico requieren inversiones mayores a los 2 millones de dólares.

En el caso de la empresa PROPET, la inversión inicial propuesta es de \$5,000 millones de pesos aproximadamente. Esta inversión inicial considera la adquisición de materia prima para tres meses con la finalidad de asegurar un suministro de materia prima y amortizar las variaciones en el precio de venta del PET de desecho.

Desde el punto de vista ambiental, el proceso de reciclado de PET no conlleva contaminación del medio ambiente. Con el tratamiento de los efluentes líquidos del proceso se llega a controlar el impacto ambiental.

Una de las razones, que ya se había mencionado anteriormente, para la selección del reciclado mecánico como alternativa viable para la recuperación de este material, es que existe mercado para el material molido y limpio, como insumo o como materia prima para producir otros artículos de uso final. Los mercados asiáticos actualmente compran gran parte de la producción de este material.

Se debe tomar en cuenta que el reciclaje plástico se ve fuertemente condicionado por la calidad y la contaminación de los materiales recuperados. También se debe tomar en cuenta que mezclar el PET con otro tipo de plástico, en especial con el PVC, da lugar a una debilitación estructural. Es por eso que hay que tener especial cuidado en el proceso de separación del material para evitar su contaminación. Este problema se puede atenuar con los aditivos que se pretenden generar en una fase adicional de desarrollo de la empresa, a partir del 5° año.

A partir del quinto año del desarrollo de la empresa, después de haber recuperado la inversión inicial, se pretende abordar una nueva línea de negocio que consiste en el desarrollo de un aditivo que se añada al PET reciclado para que éste tenga propiedades similares en un 95% al PET virgen.

Este nuevo tipo de PET se comercializará a un costo 25% menor al PET virgen. Sin embargo, se tiene previsto que dicha comercialización será un reto debido a que se corre el riesgo de que los clientes no hagan la diferenciación entre este producto y el reciclado simple de PET sucio. Se debe plantear una estrategia agresiva de publicidad para que el producto se considere como una competencia real del PET virgen.

8.7.1 Proceso y maquinaria

A continuación se describen los pasos que integrarían de manera ideal el reciclaje mecánico de PET. Esta serie de pasos están conceptualizados para un proceso completo y avanzado, sin tomar en cuenta la inversión necesaria, el suministro necesario de PET de desecho y el espacio para la instalación de la planta, entre otras cosas. La finalidad de incluir este proceso es conocer a detalle qué pasos son los requeridos para la instalación de una planta y a partir de esta descripción, adaptar el proceso a las necesidades de PROPET.

Una vez dicho lo anterior, se describe cada parte del proceso para después continuar con el proceso conceptualizado, tomando en cuenta las adecuaciones requeridas para las condiciones de operación de PROPET.

Proceso general. Reciclaje mecánico

Acopio de material.

El acopio es la recolección del material ya sea en puntos fijos o en recorridos que se puedan hacer en busca del material. Es importante puntualizar que un buen sistema de acopio garantizará un buen suministro de materia prima para el resto de los procesos, no debiendo existir cortes de materia prima. Puede entonces contarse con un sistema de proveedores, puntos de acopio o agentes de recolección.

Transporte

La siguiente parte del proceso es transportar el PET de desecho a la planta de reciclaje. Esto se puede hacer con camiones de carga que recorran cierta ruta cada determinado tiempo o comprando desecho directamente a algún proveedor. Para este caso, plantearemos el escenario ideal, el cual es comprar PET de desecho a algún proveedor y solamente se considerará el gasto de transporte (flete). Sin embargo, este punto del proceso puede ser más complejo ya que una de las problemáticas de este tipo de negocios es contar con un sistema de proveedores constante, lo cual no siempre es posible.

Adicionalmente se debe considerar que en el transporte de las botellas de PET de desecho predomina el volumen sobre el peso. Lo anterior se debe al propio diseño de las botellas.

Recepción

Es común que en las grandes empresas de reciclado el material se compacte para reducir su volumen y así facilitar su transporte y almacenamiento. Generalmente las dimensiones de éstos bloques, o como se les denomina comúnmente “pacas” o “balas” de PET, es de 153 x 130 x 85 cm. donde cada una podría alcanzar un peso de 200 a 600 kg según el grado de compactación o la eficiencia del prensado. Ver figura 10.



Figura 10. Reducción de tamaño (molido).

Cuando se realiza este proceso, las “pacas” deben ser posteriormente abiertas y picadas tal como llegan a la planta, es decir, con tapas y etiquetas, que es una alternativa en el proceso.

Existe otra posibilidad: que a la planta lleguen botellas sueltas. Si bien el volumen ocupado es mucho mayor, la posibilidad de realizar el desetiquetado y destapado permiten obtener un producto más fácil de tratar constituyéndose en la segunda alternativa del proceso.

Esta segunda opción es la que utilizaremos, es decir, se recibirán las botellas enteras, lo que permitirá que el desetiquetado y destapado se realice de manera manual.

Almacenado

Una de las problemáticas de este tipo de negocio, es que no existe un suministro constante de materia prima, eso sin tomar en cuenta que esta materia prima (PET) está considerado como un plástico commodity y está a disposición de la oferta y demanda internacionales, lo que se refleja en fluctuaciones en el precio. Debido a lo anterior es conveniente tener en almacén una cantidad considerable de materia prima, para prevenir cualquier alza en su precio o escases de la misma.

Separación

La separación tiene como finalidad liberar al plástico de interés (PET) de diferentes tipos de materiales, especialmente de otros tipos de polímeros que estén acompañándolo y también de metales, algunas veces vidrio o papel.

La importancia de la separación radica en que si existiesen otros materiales presentes, estos podrían perjudicar el proceso de reciclaje o directamente empeorar la calidad del producto final. A continuación se mencionan algunos casos, como son, por ejemplo:

- Si existiesen partículas metálicas u otros materiales, estos podrían afectar directamente la calidad del producto.
- Si es que existiesen familias de polímeros inmiscibles juntas, las unas crearán fases dentro de las otras.
- Finalmente durante el procesado puede existir una degradación o quemado de alguna de las especies mientras se intenta fluidizar a la otra.

Hay otros métodos de separación automatizada basados en las diferencias de gravedad específica, difracción de rayos X y disolución en solventes. Esto debido a que los métodos de separación pueden ser clasificados en separación macro, micro y molecular.

La separación macro se hace sobre la materia prima completa usando el reconocimiento óptico del color o la forma, un ejemplo de este proceso se puede ver en la figura 11.



Figura 11. Cinta de transportación para clasificación y separación.

La micro separación puede hacerse por una propiedad física específica como el tamaño, peso, densidad, etc.

Por otra parte la separación molecular involucra procesar el plástico por disolución del mismo y luego separar los plásticos basados en la temperatura.

Otra alternativa es la de tener sistemas de flotación cuando se reducen de tamaño todas las especies a la vez. Estos pueden ser equipos Sink and Float a burbujeo o simplemente tinas de flotación vibradoras, aunque también se pueden utilizar mecanismos como el que se muestra en la figura 12, que consiste en una serie de tambores con paletas para realizar la separación mediante la flotación del material.



Figura 12. Tambores con paletas para flotación.

Se está considerando que para nuestra empresa PROPET, la separación se realice de manera manual debido a que los volúmenes de PET que se manejarán, permiten que se lleve a cabo de esta manera. Derivado de lo anterior, no será necesario adquirir equipo para esta parte del proceso.

En esta etapa del proceso se incluye el destapado y desetiquetado. Cabe mencionar que esta etapa es la que más mano de obra necesita.

Molido

La reducción de tamaño no es otra cosa que el picado (molido) del material recolectado. Su principal objetivo es facilitar la siguiente operación dentro del proceso de reciclado, el cual puede ser la separación de los diferentes tipos de polímeros del material y la limpieza del material picado.

Para la reducción del tamaño existen diversos tipos de tecnología según el tamaño que se quiera obtener. Por ejemplo, para el caso del PET, pueden obtenerse hojuelas de media, un cuarto de pulgada o finalmente polvo, según el diseño y el tipo de molino del que se disponga. En la figura 13 se muestra el esquema de un molino convencional de PET.

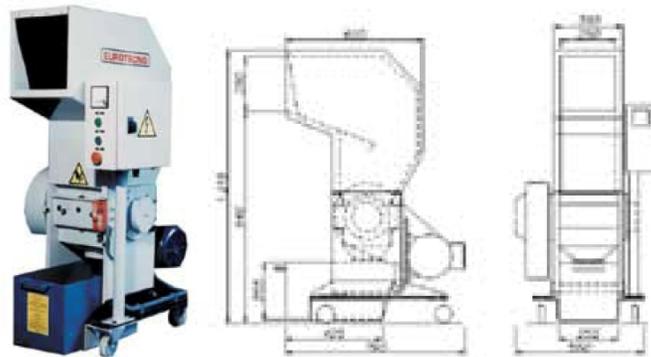


Figura 13. Esquema y forma de un molino convencional para PET.

En general, el tamaño adecuado para los flakes de PET, de acuerdo a las necesidades del mercado es entre $\frac{1}{2}$ y $\frac{1}{4}$ de pulgada.

Lavado

Las hojuelas de PET generalmente están contaminadas con comida, papel, piedras, polvo, aceite, solventes y en algunos casos pegamento. De ahí que tienen que ser primero limpiados en un baño que garantice la eliminación de contaminantes.

El uso de hidrociclones (ver figura 14), cuando el desecho plástico está muy contaminado, es una alternativa. El plástico contaminado es removido al ser ligero, ya que flota en la superficie donde es expulsado.

Los contaminantes caen al fondo y se descargan. Después del proceso de limpieza, los plásticos se llaman hojuelas limpias o granulado limpio.



Figura 14. Hidrociclón para separación de diferentes materiales.

El uso de detergentes está limitado por la cuestión ambiental debido a que los efluentes del proceso o procesos de lavado deben ser tratados para que puedan ser reutilizados nuevamente en el ciclo de lavado. También es necesario encontrar un adecuado sistema de purificación de las aguas residuales para no contaminar ni dañar el entorno en el cual se desarrolla el proceso de reciclado.

El uso de sosa cáustica para el proceso de lavado es adecuado por las bajas concentraciones necesarias y porque la sosa cáustica remanente en disolución se puede reutilizar para otros lavados, simplemente reponiendo la que se pierde en el proceso de lavado.

Secado

Posterior al ciclo de lavado sigue un proceso de secado el cual debe eliminar el remanente de humedad del material para que pueda ser comercializado y posteriormente procesado.

Pueden usarse secadores centrifugados, es decir tambores especialmente diseñados para extraer la humedad por las paredes externas del equipo. En la figura 15 se muestra un ejemplo de secador centrifugador.



Figura 15. Secador centrifugador.

También pueden utilizarse secadores de aire (ver figura 16), ya sea caliente o frío, que circulando por entre el material picado, eliminan la humedad hasta límites permisibles.



Figura 16. Secador

En caso de que se requiera extrema sequedad pueden utilizarse secaderos térmicos de doble lecho fluido con aire atemperado desde 120 hasta 180°C durante periodos de entre 2,4 a 6 horas dependiendo de la capacidad y diseño de los equipos.

Peletizado

El granulado limpio y seco puede ser ya vendido o puede convertirse en “pellet”. Para hacer el pellet, el granulado debe fundirse y pasarse a través de un cabezal para tomar la forma de espagueti al enfriarse en un baño de agua.

La extrusión puede clasificarse como un proceso continuo, en el cual en todo instante de trabajo normal de un equipo de extrusión se obtiene producto invariable y constante en cualquier punto de su longitud. Durante la transformación, la resina alimentada es reblandecida por acción de la temperatura que proviene generalmente de resistencias eléctricas y por la fricción de un elemento giratorio denominado husillo.

Anteriormente el proceso de extrusión cerraba el proceso de reciclado, quedando los pellets como producto final. Con el tiempo la tecnología que puede incorporar directamente las hojuelas o flakes de PET, ha hecho que este paso solo se utilice para la fabricación de fibras, filamentos y, en algunos casos, película para termoformado. Por esta razón en los procesos convencionales ya no es necesario llegar al peletizado, sino directamente a los flakes, limpios y sin degradar (Berho & Pisoni).

Reciclaje mecánico, proceso casi manual.

Una vez descrito el proceso completo, se simplificará para que se adapte a las necesidades de PROPET.

A continuación se presentan dos diagramas donde se esquematizan dos procesos diferentes para el reciclaje mecánico.

En el primero (figura 17), se describe el proceso de reciclaje mecánico (proceso casi manual), en el que se sustituyen varias partes de un proceso ideal de reciclaje mecánico, por mano de obra. El objetivo de esto es promover la rentabilidad de la empresa a través del bajo costo de inversión y operación.

Reciclaje mecánico, proceso avanzado.

El otro esquema (figura 18), ejemplifica el proceso de reciclaje mecánico considerando un proceso avanzado. En este proceso se promueve la automatización de varios pasos del proceso de reciclaje, que si bien aumenta los costos de inversión, le brinda a la planta la capacidad instalada de procesamiento para aumentar la producción.

La estrategia de negocio planteada por PROPET se basa en un proceso de reciclaje casi manual, sin embargo es necesario tomar en cuenta dentro de las estrategias de crecimiento de la empresa la automatización, para que eventualmente el proceso a utilizar sea el avanzado.

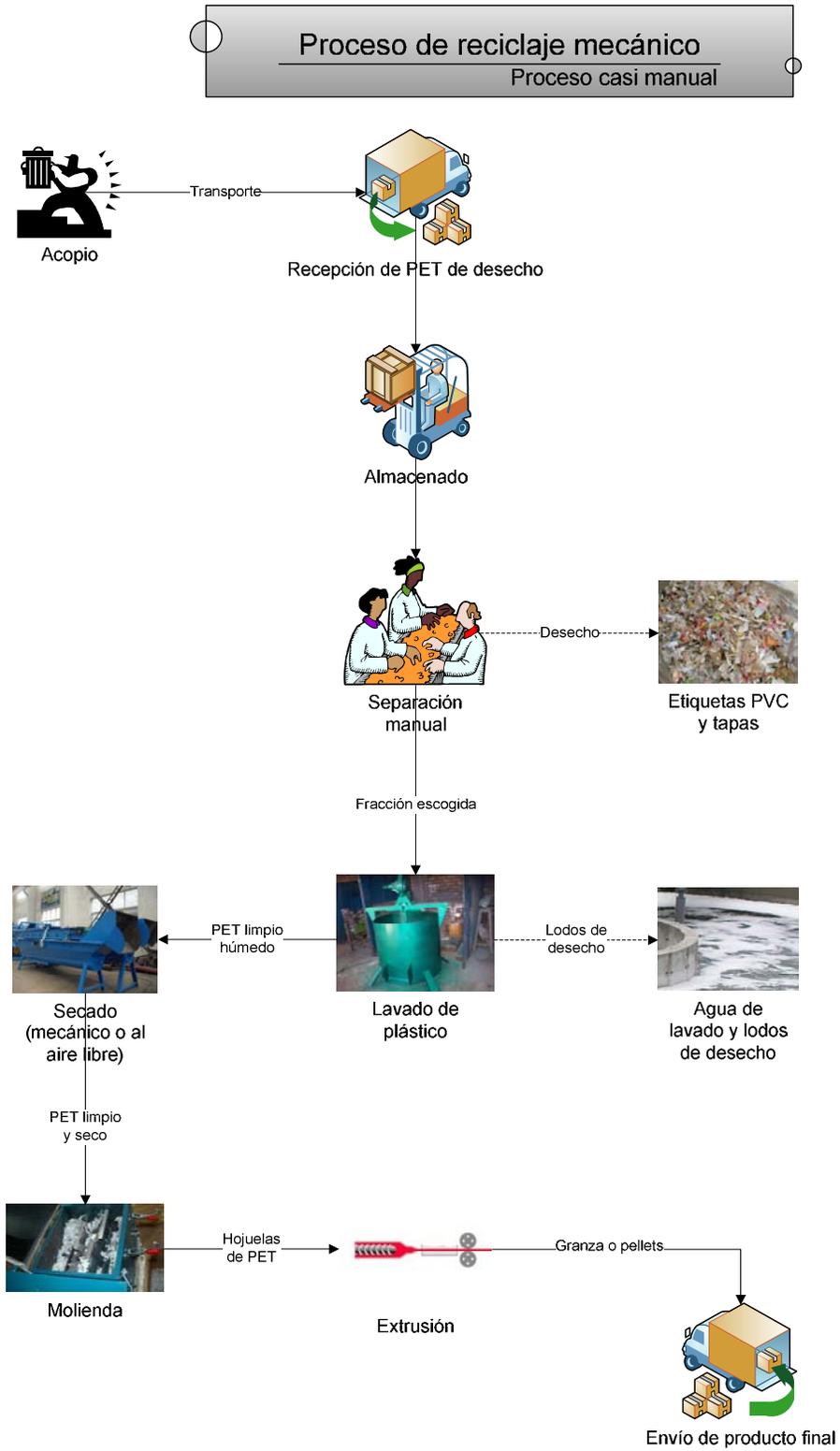


Figura 17. Diagrama de flujo del proceso casi manual de reciclaje mecánico.

Proceso de reciclaje mecánico

Proceso avanzado

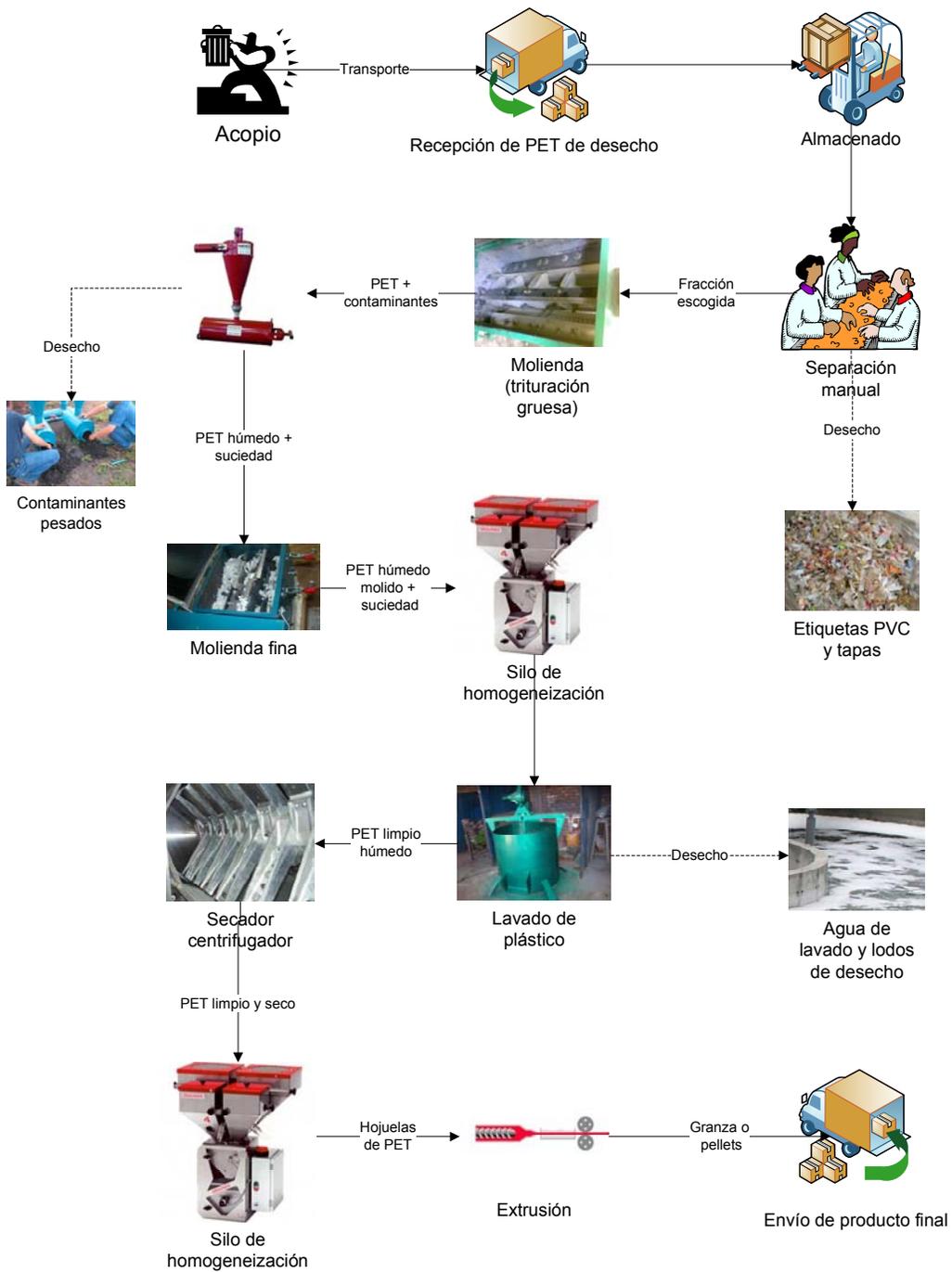


Figura 18. Diagrama de flujo del proceso avanzado de reciclaje mecánico.

8.8. Estimación de costos de la planta piloto

Para la estimación de los costos se eligió el proceso casi manual debido a que el proceso es menos complejo y se estima que la inversión inicial será menor, lo que para nuestro caso es más conveniente. Además de que en la estrategia de PROPET, se tiene considerado que sea el proceso inicial para que una vez establecida la empresa y con una cartera de clientes mayor, se realicen las adecuaciones para automatizar el proceso de reciclaje.

A continuación se muestran los cálculos para estimar la capacidad de la planta y la inversión necesaria.

8.8.1 Balance de materia de las operaciones unitarias

En las tablas que se muestran a continuación, se ejemplifica el balance de materia de las partes que integran el proceso. Se tomó como unidad de cálculo una tonelada (1,000 Kg) de PET de desecho que es la materia prima con la que inicia el proceso.

En la tabla 8 se muestra el balance para la primera parte del proceso, que consiste en el desetiquetado y destapado. La razón de esta clasificación es para que no se contamine el PET con otros tipos de plástico, ya que si se mezclan, se ve debilitada la composición estructural de la molécula de PET, afectando la calidad del producto final.

Los arillos están fabricados de polipropileno (PP) y las etiquetas de polietileno de baja densidad, (LDPE) por sus siglas en inglés.

| Entradas | | (Kg) |
|-----------------|------------------------------------|-----------------|
| Materia prima 1 | Botellas completas y sucias | 1,000.00 |
| Total | | 1,000.00 |
| Salidas | | |
| Producto 1 | Botellas sucias solo PET | 907.80 |
| Subproducto 1 | Tapas y anillos de seguridad de PP | 52.00 |
| Subproducto 2 | Etiquetas de LDPE | 40.20 |
| Total | | 1,000.00 |

Tabla 8. Desetiquetado y destapado.

Una vez hecha la separación, el siguiente paso es reducir el tamaño de las botellas. Esto se hace mediante la molienda. Es meramente una transformación física del material, el cual se introduce a un molino que corta las botellas en pedazos pequeños y fáciles de manejar llamados hojuelas o 'flakes' (ver tabla 9).

| Entradas | | (Kg) |
|-----------------|-----------------------------|---------------|
| Materia prima 1 | Botellas sucias solo PET | 907.80 |
| Total | | 907.80 |
| Salidas | | |
| Producto | Flakes (hojuelas) PET sucio | 889.64 |
| Residuo 1 | Material fino + pérdidas | 18.16 |
| Total | | 907.80 |

Tabla 9. Reducción de tamaño.

Como las botellas de PET de desecho pueden provenir de distintos lados, su limpieza no está garantizada y de acuerdo a lo comentado anteriormente, si el producto a procesar está contaminado, la calidad del producto final se ve comprometida y su utilización limitada por lo que es necesario realizar un lavado. Como PROPET está comprometida con la calidad de sus productos y adicionalmente se pretende en un futuro que mediante la inclusión de aditivos, el nuevo PET reciclado con este procedimiento compita con el PET virgen, se debe considerar una limpieza profunda de la materia prima por lo que en el proceso de lavado se utilizará sosa (hidróxido de sodio) para garantizar la eliminación de contaminantes orgánicos, el balance de este proceso se muestra en la tabla 10. Se encontró en la literatura que la relación en la que es más eficiente la solución lavadora es de 12 a 1, en cuanto al peso de PET.

| Entradas | | (Kg) |
|-----------------------|---|------------------|
| Materia prima | Flakes de PET sucios | 889.64 |
| Insumo | Solución lavadora (relación 12 a 1 de PET) | 10,675.68 |
| Total | | 11,565.32 |
| Salidas | | |
| Producto | Flakes de PET limpios húmedos | 1,082.69 |
| Subproducto de lavado | Disolución recirculada limpia | 9,958.50 |
| Residuos | Lodos para desecho | 524.13 |
| Total | | 11,565.32 |

Tabla 10. Lavado.

Este proceso da como resultado residuos líquidos. Sin embargo como el objetivo del negocio además de ser rentable, es incentivar la 'industria verde' que es amigable con el medio ambiente y siendo el agua uno de los insumos que más requiere el proceso, dentro del proceso se incluye el tratamiento de las aguas de lavado para reducir los desechos al mínimo.

El resultado del tratamiento de los residuos líquidos produce aguas de lavado, que pueden volver a ser utilizadas en el proceso y lodos de desecho (ver tabla 11).

| Entradas | | (Kg) |
|-------------------|----------------------|------------------|
| Residuos líquidos | Aguas de lavado | 10,482.63 |
| Total | | 10,482.63 |
| Salidas | | |
| Residuos | Lodos para desecho | 524.13 |
| Residuo líquido | Solución para lavado | 9,958.50 |
| Total | | 10,482.63 |

Tabla 11. Tratamiento de aguas.

Los lodos de desecho están compuestos en su mayor parte por agua, aunque también están incluidos contaminantes sólidos como partículas finas de PET y el hidróxido de sodio remanente, el balance de esta fase se muestra en la tabla 12.

| Entradas | | (Kg) |
|----------------------------|-----------------------|---------------|
| Residuos | Lodos para desecho | 524.13 |
| Total | | 524.13 |
| Salidas | | |
| Agua | Lodos para desecho | 503.67 |
| Sólidos finos de PET | Sólidos en suspensión | 17.79 |
| Sólidos como contaminantes | Sólidos en suspensión | 2.67 |
| Total | | 524.13 |

Tabla 12. Composición de lodos.

Para esta parte inicial de la empresa se propone la evaporación natural de las aguas de lavado y posterior confinamiento de los residuos sólidos. En un futuro se puede pensar en el tratamiento químico de los lodos de desecho para disponer de ellos en el sistema de drenaje de la ciudad.

Después del proceso de lavado, es necesario lavar el PET para eliminar los residuos remanentes en las hojuelas de PET. Para esta parte del proceso puede emplearse el agua de reciclaje del proceso de lavado. En la tabla 13 que se muestra a continuación, se encuentra el balance de materia correspondiente.

| Entradas | | (Kg) |
|---------------------|-------------------------------------|------------------|
| Materia prima | PET Flake Lavado | 1,082.69 |
| Insumo | Agua de reciclaje para enjuague | 10,430.14 |
| Total | | 11,512.83 |
| Salidas | | |
| Producto | PET Flake limpio pero húmedo | 1,082.69 |
| Subproducto líquido | Agua de enjuague para recirculación | 10,430.14 |
| Total | | 11,512.83 |

Tabla 13. Enjuague.

Una vez lavadas y enjuagadas las hojuelas de PET, se deben secar.

Esto puede hacerse de dos maneras, la más económica es simplemente extender las hojuelas de PET y que se sequen de forma natural al estar en contacto con el aire. El problema es que al hacerlo de esta manera, se requiere de mucho espacio, tiempo y de condiciones de clima favorables. La otra forma es mediante un secador.

Tomando en consideración las necesidades de PROPET y que el tiempo juega un factor importante, se optó por la utilización de un secador para realizar esta operación. Las ventajas que ofrece la utilización del secador son principalmente el tiempo necesario para realizar esta operación unitaria y el espacio, que permiten que esta parte del proceso no se vuelva un cuello de botella y el balance de materia correspondiente se muestra en la tabla 14.

| Entradas | | (Kg) |
|---------------|--|------------------|
| Materia prima | PET Flake lavado húmedo | 1,082.69 |
| Insumo | Aire tomado del ambiente | 12,054.14 |
| Total | | 13,136.83 |
| Salidas | | |
| Producto | PET Flake limpio y seco listo para venta | 869.18 |
| Subproducto | Aire saturado con vapor de agua | 12,267.65 |
| Total | | 13,136.83 |

Tabla 14. Secado.

En las tablas 15 y 16 que se muestran continuación, se encuentran el resumen del balance másico del proceso considerando un insumo de una tonelada de materia prima y los residuos generados del mismo, respectivamente.

| Entradas | | (Kg) |
|-----------------|--|------------------|
| Materia prima 1 | Botellas completas y sucias | 1,000.00 |
| Insumo | Reposición de solución lavadora | 717.18 |
| Insumo | Aire del ambiente | 12,054.14 |
| TOTAL | | 13,771.32 |
| Salidas | | |
| Producto | PET Flake limpio y seco listo para venta | 869.18 |
| Subproducto | Aire saturado con vapor de agua | 12,267.65 |
| Residuo 1 | Material fino + pérdidas | 18.16 |
| Residuos | Lodos | 524.13 |
| Subproducto 1 | Tapas y anillos de seguridad de PP | 52.00 |
| Subproducto 2 | Etiquetas de LDPE | 40.20 |
| TOTAL | | 13,771.32 |

Tabla 15. Balance másico global

| Residuos | Cantidad (Kg/1000Kg PET venta) |
|----------------------------|--------------------------------------|
| Lodos residuales | 524.13 |
| Agua | 503.67 |
| Sólidos finos de PET | 17.79 |
| Sólidos como contaminantes | 2.67 |

Tabla 16. Generación de desperdicios por unidad de producto

En el diagrama que se muestra en la figura 19, se esquematiza el balance de energía global para el proceso casi manual de reciclaje mecánico de PET.

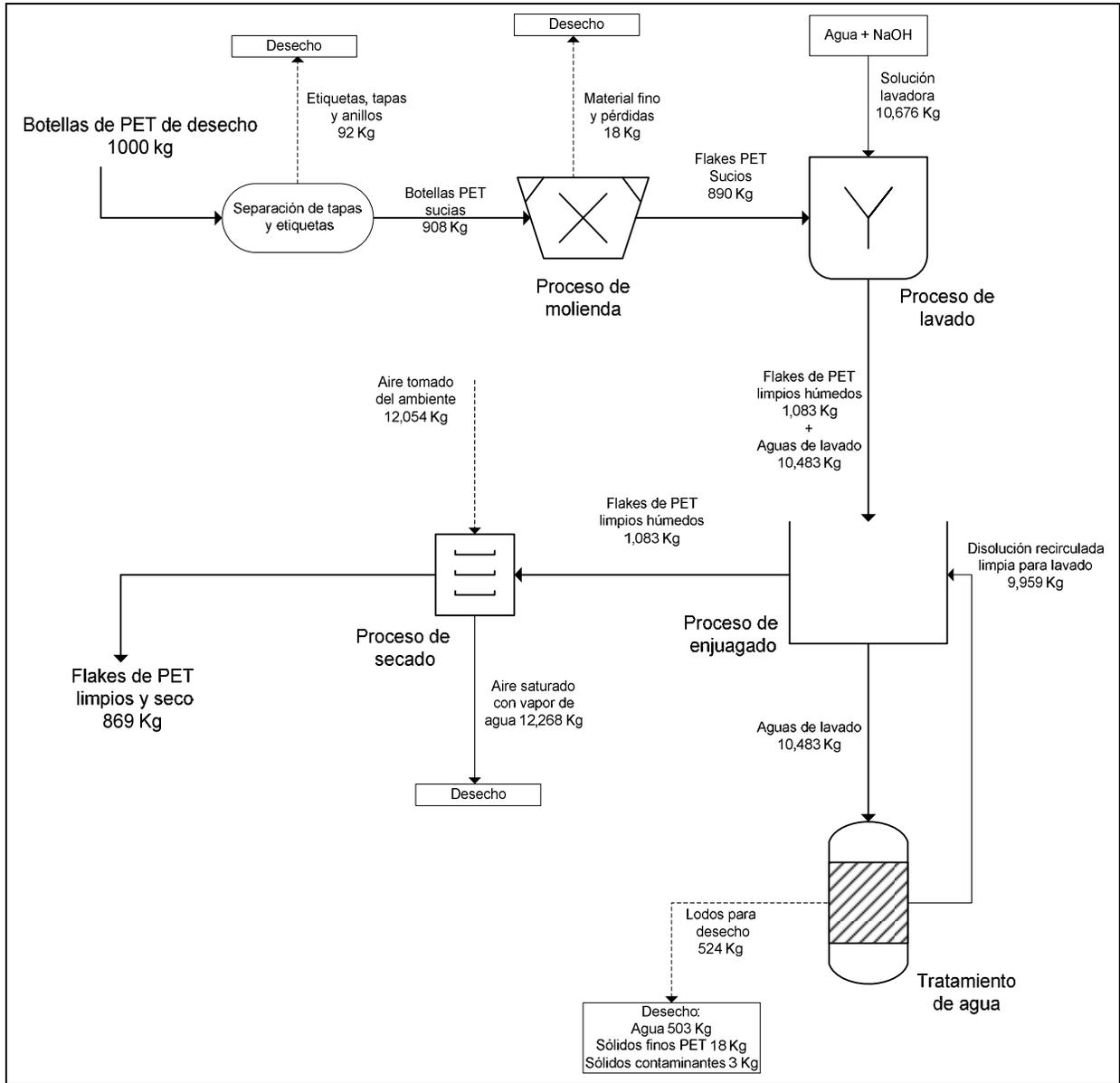


Figura 19. Esquema de balance de materia global (1000 Kg).

8.8.2 Balance de energía

El balance de energía para el proceso propuesto para PROPET es relativamente sencillo, debido a que se definió que se operaría con el proceso casi manual por lo que solo se requerirá energía eléctrica en algunas partes del proceso y para los equipos involucrados en los mismos.

En la tabla 17 se muestra el resumen de la energía requerida para procesar una tonelada (1000 Kg) de PET de desecho.

| Proceso | Energía requerida para procesar 1 tonelada [kJ] |
|--------------|---|
| Recolección | 0 |
| Separación | 0 |
| Molido | 735,318.00 |
| Lavado | 300,253.50 |
| Enjuagado | 36,540.79 |
| Secado | 293,220.00 |
| TOTAL | 1,365,332.29 |

Tabla 17. Balance global de energía.

8.8.3 Requerimiento de maquinaria y equipo

Las estimaciones del balance de energía se hicieron con equipos de baja capacidad de operación, lo cual nos sirvió para estimar la cantidad de energía necesaria para procesar 1000 Kg de PET de desecho. Sin embargo, con la finalidad de que se pueda atender una producción mayor, que corresponde a la estrategia de negocio propuesta, se propone la adquisición de equipos con mayor capacidad de producción.

El tamaño más popular de las hojuelas es de ½”, lo cual es conveniente para PROPET ya que al procesar hojuelas de ½” y no de ¼” se ahorra tiempo y energía consumida.

| EQUIPO N° 1 | MOLINO |
|--------------------|------------------------------------|
| SISTEMA: | Con rotor de cuchillas tipo tijera |
| | Motor 45 HP 380 V 50 Hz |
| CAPACIDAD: | 250 Kg/hr |
| COSTO USD: | \$53,000.00 |
| COSTO PESOS: | \$689,000.00 |

Tabla 18. Molino con rotor de cuchillas.

Se eligió el molino con rotor de cuchillas (tabla 18), por la capacidad de procesar 250 Kg/hr, es decir, en un turno laboral promedio de 8 horas, se podrían procesar 2 toneladas de PET de desecho. No obstante, en nuestro caso se pretende procesar 120 toneladas de PET de desecho al mes por lo que se requerirían 2 turnos de 8 horas para que el molino procesara la cantidad necesaria de material.

Como se mencionó anteriormente, el paso siguiente en el proceso después de la reducción de tamaño del material es el lavado y enjuagado.

El flujo de material dentro del proceso como resultado de la molienda, es de 250 Kg/hora de material, por lo que se eligió una lavadora con capacidad mayor para que pueda ser procesado el material que resulta del proceso anterior (ver tabla 19).

| EQUIPO N° 2 | LAVADORA CON TOLVA PULMON |
|--------------------|--|
| SISTEMA: | Lavadora con eje vertical de alta rotación |
| | Motor 2 HP 380 V 50 Hz |
| CAPACIDAD: | 300 Kg/hr para flakes de 1/2 " |
| COSTO USD: | \$47,200.00 |
| COSTO PESOS: | \$613,600.00 |

Tabla 19. Lavadora.

Después del lavado y enjuagado se requiere secar el material. Anteriormente se mencionó que se eligió el secador para asegurar la disponibilidad de material seco para el siguiente paso del proceso y para tener el material disponible en menor tiempo. En la tabla 20 se muestran las especificaciones del equipo que se eligió para continuar con el proceso sin que el secado se vuelva un paso que retrase el proceso.

| EQUIPO N° 3 | SECADOR (sistema completo) |
|--------------------|--|
| SISTEMA: | Secador de hojuelas en frio o caliente |
| | Motor 15 HP 380 V 50 Hz |
| CAPACIDAD: | 500 Kg/hr |
| COSTO USD: | \$70,800.00 |
| COSTO PESOS: | \$920,400.00 |

Tabla 20. Secador.

Vale la pena mencionar que es conveniente contar con el secador para cualquier contratiempo. Sin embargo, también se puede alternar el uso de este equipo con la opción de secado del material a la intemperie, lo cual significa un ahorro energético. Pero en este caso se considerará el peor escenario que consiste en que todo el material sea secado por el equipo seleccionado.

8.8.4 Localización

La localización tanto del lugar donde se encuentra la materia prima como del destino final del producto, juega un papel determinante ya que la materia prima tiene un volumen considerable para su transporte y una elección deficiente de la localización ocasionarían la elevación de los costos, afectando las utilidades de la empresa.

Con base en el análisis del proceso, se puede observar que es más conveniente que la planta de reciclaje esté localizada cerca de la fuente de materia prima, que son los tiraderos.

La Ciudad de México contaba con el depósito de basura considerado como el más grande del mundo. Este tiradero de basura tenía una extensión de 300 hectáreas y recibía 12, 600 toneladas de residuos sólidos urbanos al día. El bordo poniente, está localizado al oriente de la ciudad en lo que alguna vez fue el lago de Texcoco. Este tiradero operó por 26 años y fue cerrado en diciembre de 2011 con la finalidad de evitar la contaminación de los mantos acuíferos y de la atmósfera. (Planeta CNN, 2011).

En consecuencia, el gobierno del Estado de México autorizó que distintos rellenos sanitarios privados de Cuatitlán Izcalli, Ixtapaluca, Tecámac y Xonacatlán reciban toda la basura del Distrito Federal. De entre los depósitos mencionados anteriormente, cabe destacar al de Ixtapaluca, ya que es el más cercano al Distrito Federal. (Barrera & Fernández, 2012).

Así pues, considerando la necesidad de estar cerca de la fuente de materia prima, se sugiere que la planta se instale al oriente de la ciudad, con la finalidad de procesar la materia prima y transportar únicamente producto y no desperdicios. Por otra parte se comentó en páginas anteriores que existen varios clientes en el Estado de México, entonces el punto más estratégico para la localización de la planta es en Ixtapaluca, en el Estado de México, que a su vez tiene vías de transporte que conectan con el Distrito Federal.

8.8.5 Organigrama

En la figura 20 que se encuentra a continuación, se muestra el organigrama con los puestos requeridos para la planta de reciclaje, así como el número de personas requeridas para cada uno de ellos.

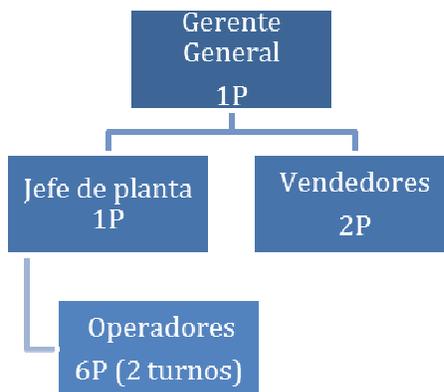


Figura 20. Organigrama.

8.8.6 Descripción de puestos.

Puesto: Gerencia General

Personas requeridas: 1 persona

Descripción del puesto:

- Planear, organizar, dirigir y controlar las actividades de la empresa, de acuerdo con el objetivo general de la empresa.
- Planear, obtener y controlar la actividad financiera de la empresa.
- Vigilar el cumplimiento de la normatividad legal entorno a la empresa.
- Atender a clientes y proveedores significativos.
- Tomar decisiones que tengan un impacto significativo en la empresa.
- Apoyar y atender las necesidades de los trabajadores.
- Dirigir y motivar al personal.
- Evaluar el desempeño de los trabajadores.

Nivel jerárquico: primero

Reporta a: Nadie. Es la máxima autoridad

Sueldo mensual: \$7,000.00 (siete mil pesos 00/100M.N.)

Puesto: Vendedor

Personas requeridas: 2 personas

Descripción del puesto:

- Ofrecer el producto a posibles clientes.
- Generar e incrementar la cartera de clientes a través de contacto telefónico, vía correo electrónico y visitas.
- Conservar clientes que ya conozcan el producto.
- Retroalimentar al Gerente General acerca de las sugerencias de los clientes con relación al producto.
- Informar al Gerente General acerca de las amenazas de competencia que surjan.

Nivel jerárquico: segundo

Reporta a: Gerente General

Sueldo mensual: No aplica. Las percepciones que reciban los vendedores dependerán únicamente de las comisiones por las ventas que realicen (10% de comisión sobre el precio de venta, por tonelada vendida).

Puesto: Jefe de planta

Personas requeridas: 1 persona

Descripción del puesto:

- Coordinar las actividades laborales de los operadores.
- Programar la entrega de las ventas realizadas.

- Administrar la operación de la empresa y las ventas realizadas.
- Evaluar la higiene y mantenimiento de las instalaciones equipo y herramientas de trabajo.
- Administrar la compra de insumos y material de trabajo.
- Controlar la asistencia y puntualidad de los empleados.
- Administrar los inventarios.
- Verificar que las ordenes de pedido se realicen en tiempo y forma.
- Suministrar los recursos necesarios al personal operativo para el desempeño de sus funciones.
- Apoyar a resolver los problemas del personal operativo.

Nivel jerárquico: segundo

Reporta a: Gerente General

Sueldo mensual: \$5,000.00 (cinco mil pesos 00/100M.N.)

Puesto: **Operadores**

Personas requeridas: 6 personas

Descripción del puesto:

- Realizar las operaciones manuales o con el equipo correspondiente, requerido por el proceso.
- Seguir las instrucciones recibidas por el jefe de planta.

Nivel jerárquico: Tercero

Reporta a: Jefe de planta

Sueldo mensual: No aplica. Debido a que uno de los beneficios del proceso de reciclaje mecánico es la simplicidad de las operaciones y por lo tanto la capacitación y experiencia necesaria para la realización de las tareas es mínima. Se utilizará el esquema de retribución económica con base en la producción, es decir, se otorgará un pago a los operadores de acuerdo a la cantidad de material que se procese. En el estudio financiero, en la sección correspondiente a la estimación de costo para la mano de obra se desglosa la retribución económica para cada operación dependiendo de su complejidad.

8.9. Estudio Financiero

En este capítulo se presenta el análisis financiero del proyecto con el fin de determinar su viabilidad, para efectos de tomar decisiones sobre la puesta en marcha o no del mismo.

8.9.1 Cálculos

En la tabla 21 que se muestra enseguida, se presenta la estimación de costos con base en el proceso seleccionado. Para nuestro caso en particular y como se mencionó en páginas anteriores, se eligió el proceso de reciclaje mecánico casi manual, reduciendo así la necesidad de equipo.

| N° Equipo | Equipo | Características | Capacidad | Costo |
|--------------|---------------------------|--|-------------|-----------------------|
| 1 | Molino | Rotor de cuchillas tipo tijera. Motor 45 HP | 250 Kg/hora | \$ 689,000.00 |
| 2 | Lavadora con tolva pulmón | Lavadora con eje vertical de alta rotación. Motor 2 HP | 300 Kg/hora | \$ 613,600.00 |
| 3 | Secador | Secador de hojuelas en frío o caliente. Motor 15 HP | 500 Kg/hora | \$ 920,400.00 |
| TOTAL | | | | \$2,223,000.00 |

Tabla 21. Estimación costo de equipo.

A continuación se muestra la tabla 22 con los costos unitarios de la materia prima requerida y la cantidad requerida para procesar una tonelada de PET de desecho para finalmente poder estimar el costo requerido para procesar 1 tonelada de PET de desecho.

| Materia prima | Precio unitario (pesos) | Unidad de medida | Materia prima/ tonelada de PET | Costo por tonelada de PET |
|---|-------------------------|------------------|--------------------------------|---------------------------|
| Botellas de PET de desecho | \$ 5.00 | Kg | \$ 1,000.00 | \$ 5,000.00 |
| Agua | \$ 140.51 | m3 | \$ 12.00 | \$ 281.02 |
| Químicos para el lavado (NaOH escamas, 25 Kg) | \$ 500.00 | Kg | \$ 5.00 | \$ 100.00 |
| Enjuague de los químicos | \$ 140.51 | m3 | \$ 12.00 | \$ 281.02 |
| Bolsa para empacar (Capacidad 25Kg) | \$ 0.50 | 1 pieza | \$ 40.00 | \$ 20.00 |
| TOTAL | | | | \$5,682.04 |

Tabla 22. Costo de energía eléctrica (por tonelada).

En la tabla 23 se muestran las estimaciones de costos de la energía requerida por el proceso. Se tomó como base la cantidad de energía requerida para las respectivas etapas del proceso, estimando el gasto de energía de cada equipo para procesar una tonelada de material. Esto se hizo tomando como base el requerimiento energético para procesar una tonelada de material y con base en el costo del kWh se obtuvo el costo de cada fase del proceso.

| Equipo | Productividad | Consumo/ hora (Kwh) | Gasto/ tonelada (Kwh) | \$/Kwh | Costo energía/ tonelada |
|--------------------|---|---------------------|-----------------------|---------|-------------------------|
| Molino | 160 kg/hora | 39.9 | 249.37 | \$ 1.26 | \$ 314.21 |
| Calefactor de agua | 1.74 Kwh para calentar 60 litros de 15°C a 40°C | 1.74 | 348 | \$ 1.26 | \$ 438.48 |
| Lavadora | 2.71 Kwh por 5 Kg de PET | 0.97 | 542 | \$ 1.26 | \$ 682.92 |
| Secado | 20 Kg/hora | 1.32 | 270 | \$ 1.26 | \$ 340.20 |
| TOTAL | | | | | \$ 1,775.81 |

Tabla 23. Costo de la energía requerida en el proceso.

En cuanto a la estimación de costo de la mano de obra requerida, se optó por el proceso de reciclaje mecánico casi manual, lo que implica que la mano de obra sea una parte fundamental del proceso.

Debido a que la mayoría de las tareas sólo requieren un nivel de capacitación y experiencia mínimo, se optó por contratar a los obreros por ‘destajo’, es decir, se les pagará a los empleados en función del producto que procesen. De esta manera se controlan los gastos fijos y se permite la contratación de gente de manera inmediata, de la misma forma se asegura que el costo de producción dependa de la propia producción y no del tiempo requerido.

Para los procesos de clasificación y la molienda, se contempla la necesidad de contratar gente de planta debido a que esos procesos requieren mayor capacitación y experiencia. Sin embargo, para simplificar el cálculo del costo de mano de obra, para este ejercicio se le asignó una retribución económica mayor para reflejar el impacto de la capacitación y experiencia para estas tareas. Los costos asignados por actividad se muestran en la tabla 24.

| Mano de obra | Costo por tonelada de PET |
|---------------------|----------------------------------|
| Flete | \$100.00 |
| Descarga | \$50.00 |
| Clasificación | \$300.00 |
| lavado | \$200.00 |
| Secado | \$100.00 |
| Molienda | \$700.00 |
| Empacado | \$200.00 |
| TOTAL | \$1,650.00 |

Tabla 24. Costo de mano de obra.

También se deben considerar los sueldos en el estudio financiero. La diferencia entre los sueldos y la mano de obra consiste en que los sueldos sí serán asignados de manera mensual a diferencia de la mano de obra que depende de la producción.

Para homologar los cálculos, se estimarán los sueldos con base en la producción mensual estimada de 120 toneladas. Esta consideración permite que los sueldos se relacionen al procesamiento de cada tonelada para así poder cargar los sueldos al costo de operación (ver tabla 25).

| Puesto | Salario mensual | Costo por tonelada de PET |
|-----------------|------------------------|----------------------------------|
| Gerente General | \$ 7,000.00 | \$58.33 |
| Jefe de Planta | \$ 5,000.00 | \$41.67 |
| | TOTAL | \$100.00 |

Tabla 25. Estimación de costos por salarios.

Una vez definidos los costos de equipo, materia prima, energía, sueldos y mano de obra, se puede estimar la inversión inicial necesaria para la instalación de la planta y el costo de operación. En la tabla 26 se muestran dichas estimaciones.

Para la inversión inicial también se consideró un monto estimado para las instalaciones y subestaciones eléctricas para la planta. Adicionalmente se estimó el costo de compra de un camión semi-nuevo de 6.5 toneladas para el transporte de la materia prima y el producto terminado.

| Descripción | Inversión inicial |
|-----------------------------|--------------------------|
| Equipo | \$2,223,000.00 |
| Instalaciones | \$300,000.00 |
| Subestaciones eléctricas | \$300,000.00 |
| Transporte (camión 6.5 ton) | \$275,000.00 |
| TOTAL | \$2,823,000.00 |

Tabla 26. Estimación inversión inicial.

Los gastos de operación que se muestran en la tabla 27 incluyen la materia prima, la energía eléctrica, la mano de obra, sueldos, gastos indirectos y los gastos de venta. Para los gastos indirectos generalmente se considera el 8% de los gastos de operación y los gastos de venta son las comisiones que se otorgan a los vendedores al colocar el producto con algún cliente. Para el caso de PROPET se eligió una comisión del 10% de las ventas logradas.

| Descripción | Costo por tonelada | Costo operación mensual (120 toneladas) |
|------------------------------|---------------------------|--|
| Materia prima | \$5,682 | \$681,844.80 |
| Energía eléctrica | \$1,776 | \$213,096.74 |
| mano de obra | \$1,650 | \$198,000.00 |
| sueldos | \$100 | \$12,000.00 |
| Indirectos (8%) | \$736.63 | \$88,395.32 |
| gastos de venta (comisiones) | \$1,350 | \$162,000.00 |
| TOTAL | | \$1,355,336.87 |

Tabla 27. Estimación costo de operación mensual.

Una vez definidos los gastos y los ingresos, así como la inversión inicial, se calcula la inversión total, que será necesaria para calcular la rentabilidad del negocio. El desglose de la inversión total se muestra en la tabla 28.

| Producción: 120 toneladas mensuales | |
|--|------------------------|
| Inversión inicial | \$ 2,823,000.00 |
| Renta y depósito | \$ 80,000.00 |
| Materia prima (1 mes de producción) | \$ 5,682.04 |
| Costo operación (1 mes) | \$ 1,355,336.87 |
| Inversión total | \$ 4,264,018.91 |

Tabla 28. Inversión total

Así también se calcularon las utilidades generadas de manera mensual y anual. Para el cálculo de la tasa interna de retorno sólo se utilizará el concentrado anual, sin embargo se pudo calcular que con las utilidades generadas de manera mensual, al mes diecisiete de operaciones, se recupera la inversión total, ver tabla 29.

| | MENSUAL | TOTAL ANUAL |
|---------------------------------|------------------------|-------------------------|
| Ingresos por ventas | \$ 1,620,000.00 | \$ 19,440,000.00 |
| Costo total de operación | \$ 1,355,336.87 | \$ 16,264,042.41 |
| Utilidades | \$ 264,663.13 | \$ 3,175,957.59 |

Tabla 29. Estimación de utilidades.

Finalmente, para verificar si la propuesta de negocio planteada para PROPET y para conocer la rentabilidad real del negocio de reciclaje se calculó la tasa interna de retorno (TIR) para los próximos 5 años. Se calculó a 5 años porque según la estrategia planteada, a partir del quinto año, PROPET planteó en sus objetivos estratégicos la apertura de nuevas líneas de negocio, en específico el desarrollo y comercialización de productos fabricados a base de PET reciclado para la industria de la construcción.

En la tabla 30 se presentan los cálculos para la tasa interna de retorno.

| Descripción | Año 1 | Año 2 | Año 3 | Año 4 | Año 5 | TOTAL |
|---------------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|-------------------------|
| Ingresos por ventas | \$ 19,440,000.00 | \$ 19,440,000.00 | \$ 19,440,000.00 | \$ 19,440,000.00 | \$ 19,440,000.00 | \$ 97,200,000.00 |
| Costo total de operación | \$ 16,264,042.41 | \$ 16,264,042.41 | \$ 16,264,042.41 | \$ 16,264,042.41 | \$ 16,264,042.41 | \$ 81,320,212.05 |
| Utilidades | \$ 3,175,957.59 | \$ 3,175,957.59 | \$ 3,175,957.59 | \$ 3,175,957.59 | \$ 3,175,957.59 | \$ 15,879,787.95 |
| TIR | -67% | -24% | -1% | 11% | 19% | |

Tabla 30. Cálculo de la TIR.

9. Impacto de la innovación y la tecnología en la industria

En este capítulo se analizará la manera en que la innovación y la gestión de la tecnología intervienen en el éxito de una empresa.

9.1. Definición de Innovación

Para comenzar, es necesario tener una idea de lo que se entiende por innovación, sin embargo definir de manera precisa el término “innovación” es una tarea compleja, ya que existen diversas definiciones, y lo que es más, actualmente se emplea de manera frecuente para promover un producto o servicio. Pareciera que al usar la palabra innovación o al decir que se está innovando, se tratara de algo misterioso que vuelve un producto o servicio mejor que otro.

Vale la pena mencionar que el concepto de innovación no es algo que haya surgido reciente, de hecho existen definiciones de hace más de un par de décadas que definen a la innovación y que aún pudieran considerarse vigentes. A continuación se mencionan algunas de estas definiciones:

“La innovación es una idea transformada en algo vendido o usado”, André Piatier.

"La innovación es el proceso en el cual a partir de una idea, invención o reconocimiento de una necesidad se desarrolla un producto, técnica o servicio útil hasta que sea comercialmente aceptado", Sherman Gee.

"El conjunto de actividades, inscritas en un determinado período de tiempo y lugar, que conducen a la introducción con éxito en el mercado, por primera vez, de una idea en forma de nuevos o mejores productos, servicios o técnicas de gestión y organización", Pavón y Goodman.

Las definiciones anteriores se derivan de la de Schumpeter, economista austriaco que fue el primero en destacar la importancia de los fenómenos tecnológicos en el crecimiento económico.

Schumpeter definió la innovación, en 1934, en un sentido más general que el de las innovaciones específicamente tecnológicas. Según su definición clásica, la innovación abarcaría los cinco casos siguientes:

1. La introducción en el mercado de un nuevo bien, es decir, un bien con el cual los consumidores aún no están familiarizados, o de una nueva clase de bienes.
2. La introducción de un nuevo método de producción, es decir, un método aún no experimentado en la rama de la industria afectada, que requiere fundamentarse en un nuevo descubrimiento científico; y también puede existir innovación en una nueva forma de tratar comercialmente un nuevo producto.
3. La apertura de un nuevo mercado en un país, tanto si este mercado ya existía en otro país como si no existía.
4. La conquista de una nueva fuente de suministro de materias primas o de productos semielaborados, nuevamente sin tener en cuenta si esta fuente ya existe, o bien ha de ser creada de nuevo.
5. La implantación de una nueva estructura en un mercado, como, por ejemplo, la creación de una posición de monopolio.

Estas definiciones tienen en común que sitúan a la innovación como elemento clave que explica la competitividad. (Castells & Valls Pasola, 2003).

En este sentido, Michael Porter menciona que “las empresas consiguen ventajas competitivas mediante innovaciones”, y que “la capacidad *innovadora nacional* es el potencial que tiene un país, tanto como entidad política como entidad económica, para producir una serie de innovaciones comercialmente relevantes”. (Porter, Estrategia y ventaja competitiva, 2005).

De acuerdo a Francois Chesnais, "la actividad innovadora constituye efectivamente, con el capital humano (es decir, el trabajo calificado), uno de los principales factores que determinan las ventajas comparativas de las economías industriales avanzadas". (Castells & Valls Pasola, 2003).

Todas las definiciones concuerdan en el hecho de que la innovación acaba con la introducción con éxito en el mercado. Si los nuevos productos, procesos o servicios no son aceptados por el mercado, no existe innovación.

Christopher Freeman, profesor emérito de la Universidad de Sussex, insiste en que un intento de innovación fracasa cuando no consigue una posición en el mercado y/o un beneficio, aunque el producto o proceso "funcione" en un sentido técnico. La estrecha conexión entre los conceptos actuales de competitividad e innovación es evidente: decir que los nuevos productos deben tener éxito es prácticamente lo mismo que decir que han de ser competitivos.

El nuevo producto o el nuevo proceso proporcionan una utilidad social real o sentida, ya que permitirán a la sociedad lograr mejoras tales como, por ejemplo, más comodidad, confortabilidad, seguridad, energía, calidad o estética.

La innovación así definida no depende necesariamente de la tecnología, entendida como "la aplicación industrial de los descubrimientos científicos". Las tiendas de autoservicio fueron, en su día, una innovación que no necesitó cambios en los productos o procesos. Otro ejemplo de innovación en la gestión y la organización bastante conocido también es la comercialización por el sistema de franquicia. (Castells & Valls Pasola, 2003).

En la norma mexicana NMX-GT-001-IMNC-2007, que se refiere al sistema de gestión de la tecnología y a su terminología, se define a la innovación como el proceso dirigido a un mercado bajo un enfoque de negocio que detecta oportunidades y capacidades organizacionales para generar productos, procesos y servicios, novedosos aceptados por los consumidores.

En el manual de Oslo de la OCDE, define a la innovación como la introducción de un producto (bien o servicio) o de un proceso, nuevo o significativamente mejorado, o la introducción de un método de comercialización o de organización nuevo aplicado a las prácticas de negocio, a la organización del trabajo o a las relaciones externas. (OCDE, 2005).

Al respecto de la definición de invención y al proceso de innovación, Edward Roberts, experto en investigación y educación en gestión de la innovación tecnológica, menciona que la innovación se compone de dos partes: 1) la generación de la idea o invención, y 2) la conversión de esa idea a un negocio o alguna otra aplicación de utilidad.

Basándose en la definición general aceptada de innovación (todas las etapas desde la invención técnica a la comercialización final), la contribución técnica no tiene un papel dominante, Edward Roberts propone una definición simple de innovación: Innovación = Invención + Explotación (Roberts, Managing Invention and Innovation, 2007).

Tomando en cuenta los puntos en común de las definiciones anteriores, se puede entender de manera general por innovación a una idea o invención referente a productos, procesos o servicios, convertida de manera exitosa en negocio o en otra aplicación de utilidad. La definición de Edward Roberts, a pesar de ser general, es la que conjunta las ideas centrales de la mayoría de las definiciones.

9.2. Tipos de innovación

Según las definiciones de los apartados anteriores, la palabra innovación tiene un alcance muy amplio. Todo entra: desde la penicilina o el transistor hasta una pequeña modificación en el envase del producto. Estamos poniendo en el mismo cesto las innovaciones más trascendentales y las pequeñas mejoras casi insignificantes.

Evidentemente, no todas las innovaciones tienen la misma importancia. Puede distinguirse entre innovaciones principales o radicales que suponen una rotura súbita (breakthrough, en la terminología inglesa) respecto al estado anterior, e innovaciones incrementales, formadas por mejoras de los productos o procesos ya conocidos. Las innovaciones radicales producen mejoras espectaculares en los resultados, sin que la mejora en los costos sea la variable relevante. En cambio, la innovación incremental se concreta, sobretodo, en la reducción de los costos.

Los japoneses defienden la continua introducción de innovaciones incrementales (que denominan kaizen). No obstante, algunos piensan que, en los tiempos actuales, las innovaciones incrementales no van a ser suficientes. Tom Peters, por ejemplo, expresa que: "Los tiempos locos requieren empresas locas. Y la mayoría, por no decir todo el valor creado por la empresa, sea cual sea su tamaño o sector, proviene de dos fuentes: la inteligencia y la imaginación. La mejora constante, el kaizen, santo y seña de los años ochenta, ya no basta. Sólo la revolución, o mejor, la revolución perpetua, sirve. La cuestión consiste en comprimir diez años de cambio, según las medidas de ayer, en un año o menos. Luego, respirar hondo y volver a empezar" (Castells & Valls Pasola, 2003)

9.2.1 Innovación incremental

Las compañías establecidas gastan entre el 80 y 90 por ciento de sus presupuestos para tecnología en mejoras, modificaciones, extensiones y adiciones a sus líneas de productos existentes. La estrategia detrás de esto es el impulso convencional de continuar y en caso de ser posible, expandir razonablemente el negocio actual. La motivación que impulsa estos cambios incrementales proviene, en gran medida, del mercado existente.

Sin embargo es aún más sorprendente que tan solo el 80 por ciento de las innovaciones exitosas son producto del resultado del market pull. Dado la predominancia del mercado hacia la innovación incremental, se esperaría que entre el 90 y 95 por ciento de las innovaciones fueran en efecto resultados de la necesidad del mercado.

El resultado es que la mayoría de los intentos de las innovaciones incrementales resultan exitosos, pero frecuentemente solo son incrementales en términos de tamaño de mercado y rentabilidad. Eventualmente, la dependencia excesiva de este recurso termina en el fracaso de la línea del producto y en ocasiones hasta de la firma. (Roberts, *Managing Invention and Innovation*, 2007).

9.2.2 Innovación radical

En contraste con el tipo de innovación anterior, las firmas establecidas destinan una pequeña fracción de sus recursos a intentar grandes cambios, ya sea grandes en escala (grandes proyectos), o grandes en el grado de cambio que generan en el ámbito técnico o de mercado (grandes descubrimientos o innovaciones disruptivas).

Michael Porter llama a este tipo de innovación, discontinuidad tecnológica. Perjudican al primer participante haciendo obsoletas sus inversiones en la tecnología establecida. Estas discontinuidades son cambios tecnológicos radicales ante los cuales un pionero no estará preparado para responder por haber invertido en la vieja tecnología. La discontinuidad favorece al último seguidor que no paga el alto costo de la innovación, pero cuando la tecnología evoluciona en una trayectoria relativamente constante, el arranque inicial es una ventaja. Puede transferir aprendizaje de la vieja tecnología a la nueva y permanecer a la vanguardia en la curva de aprendizaje (Porter, Ventaja competitiva, 2002).

En resumen, la innovación incremental consiste en cambios o mejoras graduales de un producto o servicio que garanticen su rentabilidad. La innovación radical es un cambio disruptivo en el con respecto al estado del arte anterior. Los tipos de innovación se contraponen, ya que si una empresa enfoca sus recursos a la innovación incremental, distraerá los esfuerzo hacía este camino y no tendrá oportunidad de desarrollar innovaciones radicales, que si bien representan un riesgo al no garantizar el éxito la mayoría de las ocasiones, en caso de ser exitosas, representan una ventaja competitiva para la empresa desarrolladora, por lo menos hasta el momento en que los competidores asimilen la innovación y realicen mejoras incrementales. Cabe mencionar que aún en este caso, la empresa desarrolladora cuenta con la ventaja del conocimiento adquirido durante la curva de aprendizaje.

9.2.3 Innovación tecnológica

La norma mexicana NMX-GT-001-IMNC-2007 define a la innovación tecnológica como el proceso que conjuga una oportunidad de mercado con una necesidad y/o invención tecnológica, que tiene como objetivo la producción, comercialización y explotación de un nuevo proceso, producto, actividad comercial, modelo de negocio, modelo de logística o servicio al cliente.

Es decir, la innovación será "tecnológica" cuando tenga que ver con la ciencia y la tecnología, significando para la empresa la introducción de un cambio técnico en los productos o procesos.

9.3.El proceso innovador

Para estudiar el proceso que tiene lugar hasta que se lleva una invención al mercado, distintos autores han aportado una serie de modelos que permiten entender el camino seguido y las fases que intervienen en el mismo.

De igual manera que con la definición de la innovación, existen distintos puntos de vista y por lo tanto distintos modelos que representan el proceso de innovación. Al ser una actividad compleja, diversificada, con muchos componentes en interacción, que actúan como fuentes de las nuevas ideas, y es muy difícil descubrir las consecuencias que un hecho nuevo puede llegar a ofrecer.

9.3.1 Modelo lineal

El modelo teórico lineal comprende distintas etapas. El proceso empieza con la investigación básica, pasa por la investigación aplicada y el desarrollo tecnológico y acaba con el marketing y el lanzamiento al mercado de la novedad (figura 21).

Este modelo sirve como complementar una realidad compleja, además de que nombra y especifica los pasos que llevan hacia la innovación, aunque es un modelo poco realista ya que puede dar la idea falsa de que el proceso deba iniciar necesariamente por la investigación básica.

Cabe mencionar que existen innovaciones que pueden empezar a desarrollarse aprovechando los resultados de investigaciones aplicadas ya existentes o lo hacen a partir de la fase de diseño y lanzamiento del producto a partir de un replanteamiento de la forma. Este tipo de planteamiento suele ser bastante frecuente en las pequeñas y medianas empresas, ya que estas empresas, a menudo carentes de recursos, no siempre pueden permitirse realizar investigación básica o aplicada. (Castells & Valls Pasola, 2003).

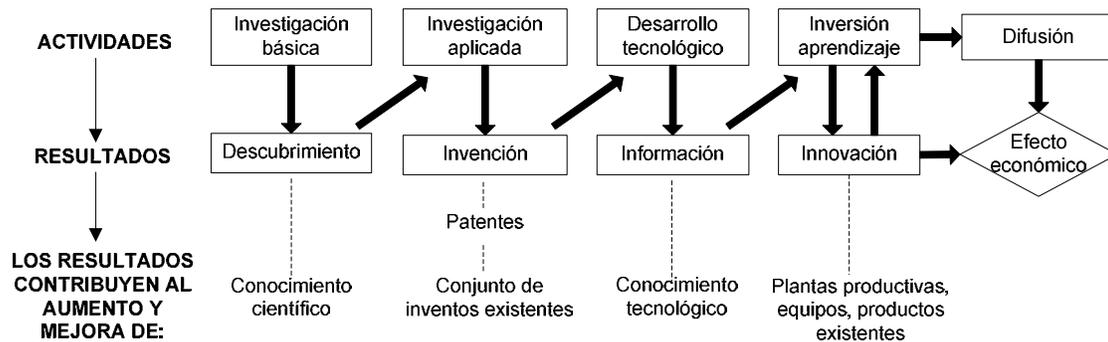


Figura 21. Modelo lineal para etapas de la innovación tecnológica.

9.3.2 Modelo de Marquis

Un esquema más cercano a la realidad empresarial expresa que las innovaciones frecuentemente surgen a partir de una idea sobre un nuevo o mejor producto o proceso de producción. Esta idea no procede necesariamente del departamento de investigación, sino que puede emanar de cualquier departamento de la empresa. De hecho la mayoría de las ideas innovadoras son aportadas por el departamento comercial que recoge las sugerencias de los clientes.

Esta idea debe cumplir dos requisitos fundamentales: la factibilidad técnica y la demanda potencial. Los dos son imprescindibles para que suceda la innovación.

A partir de que la idea se pone en marcha, el proceso que examinará las posibilidades de la tecnología actual retrocederá hasta la investigación aplicada, o incluso, a la investigación básica.

En la figura 22 se muestra el modelo del proceso de la innovación tecnológica según Marquis. Este modelo es que es más realista y esquematiza el hecho de que muchas innovaciones no requieren ningún tipo de investigación básica o aplicada, ya que son posibles a partir de combinaciones nuevas de las tecnologías existentes.

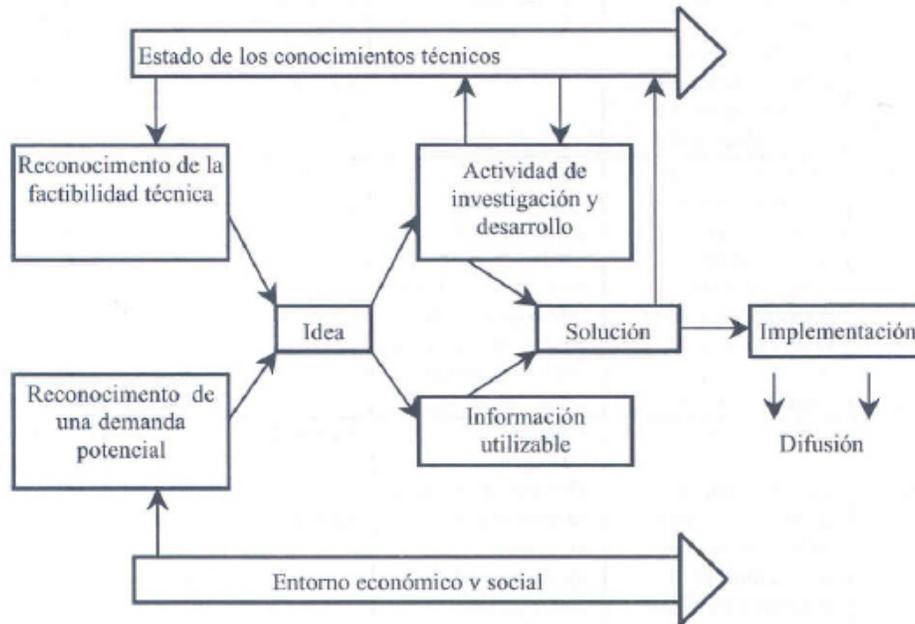


Figura 22. Modelo de Marquis.

Este modelo puede descomponerse en las siguientes etapas:

1.- Primero existe una idea que posee una cierta factibilidad técnica y una posible demanda del mercado. Esta idea requerirá ser examinada por los conocimientos técnicos disponibles, o en su caso, poner en marcha el proceso de investigación.

2.- En caso de haberse resuelto los problemas técnicos anteriores, habrá que llegar a la construcción de prototipos o plantas piloto que permitan conocer mejor las propiedades físicas y los costos de los nuevos productos o procesos.

3.- Si los resultados de las etapas anteriores han sido prometedores, se profundizará más en los aspectos de diseño, fabricación y marketing hasta llegar a la introducción en el mercado.

Frecuentemente los costos de esta etapa son superiores por más de diez veces a los de la primera. La creación de un nuevo producto no es un proceso lineal. Las ideas que conducen a la innovación nacen en medio de una retroalimentación permanente entre las personas encargadas del marketing y los técnicos. (Castells & Valls Pasola, 2003).

9.3.3 Modelo de Kline

Uno de los modelos considerados como el más completo es el modelo de Kline, el cual se muestra en la figura 23. Este modelo refleja mejor la complejidad del proceso innovador. Según este modelo, existen cinco caminos o trayectorias que conducen a la innovación.

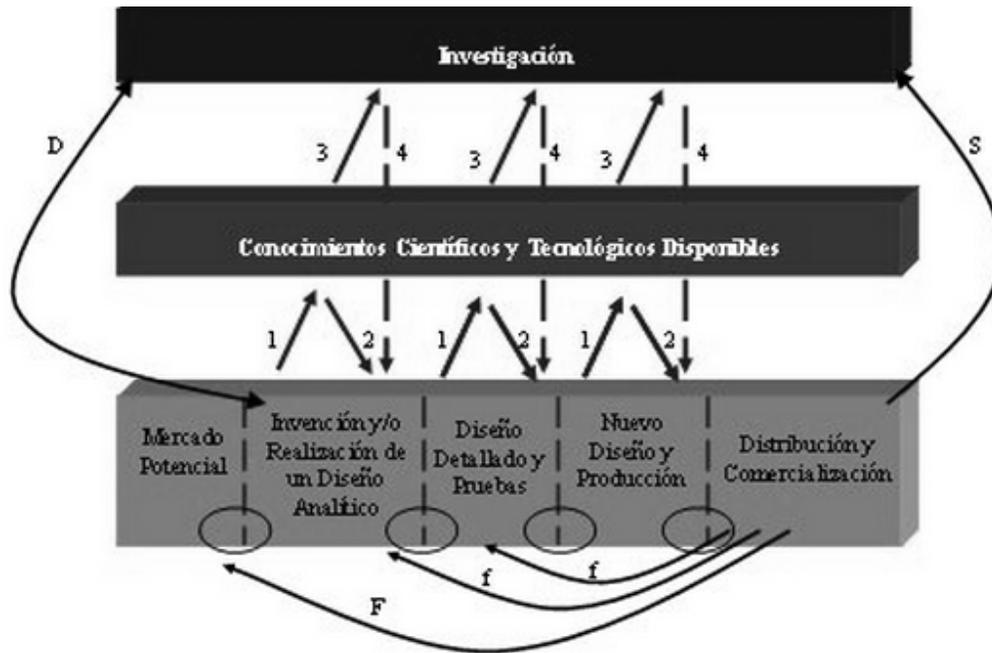


Figura 23. Modelo de Kline.

1. El primer camino es la cadena central de la innovación, comienza con una idea que materializa en un invento o diseño analítico, el cual responde a una necesidad de mercado. El diseño analítico se denomina también diseño de ingeniería.

Este invento y/o diseño analítico pasa a continuación por un proceso de diseño detallado o diseño industrial que acaba en un prototipo, el cual será probado en la fase de desarrollo tecnológico.

En la etapa de diseño industrial, el diseñador incorpora los aspectos estéticos y ergonómicos, y posteriormente vienen las etapas de fabricación y comercialización.

2. El segundo camino consiste en una serie de retroalimentaciones que son las siguientes.
 - a) El círculo pequeño de retroalimentación que conecta cada fase de la cadena central con su fase previa.
 - b) El círculo de retroalimentación presentado por la flecha f que ofrece información sobre las necesidades del mercado a las fases precedentes del proceso tecnológico.

- c) La retroalimentación proveniente del mercado o producto final hasta el mercado potencial (flecha F) que proporciona información sobre la posibilidad de desarrollo de nuevas aplicaciones industriales.

Cada nuevo producto crea nuevas condiciones de mercado.

3. El tercer camino lo constituye el vínculo entre el conocimiento y la investigación con la cadena central de la investigación. Desde todas las fases del camino central se utilizan conocimientos existentes (flechas 1-2).

Pero cuando no se ha conseguido la información que se busca, debe investigarse para encontrar la solución (flechas 3-4). Esta postura reafirma la idea de que la investigación no suele ser la fuente directa de las innovaciones.

En esta parte es notoria la importancia de la vigilancia tecnológica: la empresa debe conocer lo que investiga, lo que se patenta, lo que se publica, las actividades de los competidores, las tecnologías que están emergiendo, etc. El riesgo de hacer caso omiso a la vigilancia tecnológica es muy alto, sucede con frecuencia que las empresas inventan algo que ya está inventado.

4. El cuarto camino es la conexión entre la investigación y la invención indicada por la flecha D. La relación es bidireccional en algunas ocasiones, los nuevos descubrimientos científicos hacen posible innovaciones radicales. Los descubrimientos de la investigación pueden dar lugar a inventos que se convertirán en innovaciones (technology push).
5. El quinto camino indica la existencia de conexiones directas entre el mercado y la investigación, algunos resultados de la innovación, tales como instrumentos, máquinas y productos tecnológicos son utilizados para apoyar la investigación. El mercado solo puede ser satisfecho si se han resuelto los problemas técnicos; de hecho, un descubrimiento es importante en el grado en que pueda ser utilizado por las leyes del mercado (market pull).

Una de las diferencias más importantes con el modelo lineal es que el modelo de Kline relaciona la ciencia y la tecnología en todas las partes del modelo y no solo al principio, como hace el modelo lineal. Considera la innovación como una manera de encontrar y solucionar problemas, no como algo totalmente nuevo, como lo plantea el modelo lineal. (Castells & Valls Pasola, 2003).

9.4. Roles de la innovación

De manera adicional a lo planteado en los modelos que representan los distintos enfoques del proceso de innovación, Edward Roberts (Roberts, *Managing Invention and Innovation*, 2007), menciona que el proceso de innovación requiere la dotación de personal necesario para crear equipos completos de innovación.

Existe un cierto número de roles críticos de comportamiento, no solamente habilidades técnicas, que deben ser practicadas por las personas involucradas en un desarrollo tecnológico.

El Dr. Roberts ha identificado cinco roles clave para lograr el éxito en la innovación:

1. El primero de estos roles críticos de la innovación es el **generador de ideas**, son los contribuyentes creativos de nuevos puntos de vista que inician proyectos y contribuyen a la solución a través de proyectos técnicos.

Las ideas pueden provenir de las necesidades del mercado (market pull), identificando las necesidades o demandas, potenciales o reales de los clientes, o del impulso tecnológico (technological push) pronosticando la posible mejora del rendimiento tecnológico de un material, componente o sistema.

Los generadores de ideas para proyectos técnicos pueden ser científicos, ingenieros, personal de ventas o marketing, inclusive gerentes. Este rol es escaso pero muy valioso y son quienes crean múltiples ideas innovadoras a lo largo de su carrera.

2. El segundo papel clave es el **emprendedor o campeón de producto**. Los emprendedores defienden e impulsan el cambio y la innovación; toman ideas, ya sean suyas o de otros e intentan que sean apoyadas y adoptadas. La mayoría de los estudios de los factores que afectan el éxito del producto han encontrado que la presencia activa de un campeón de producto es una condición necesaria para el éxito del proyecto.

El rol del emprendedor es el mismo, ya sea que se lleve a cabo internamente en organizaciones existentes o externamente en sus empresas recientemente formadas.

Los emprendedores internos encontraron que necesitaban ser sensibles a las políticas de la compañía y a las palabras de moda corporativas más recientes con la finalidad de ganar soporte interno, y requieren un alto nivel de patrocinio para guiar las innovaciones a través del laberinto corporativo.

Los esfuerzos emprendedores son requeridos aún en las compañías con gran tradición de fomento del espíritu emprendedor, con la finalidad de sobrellevar la inevitable resistencia administrativa.

3. El tercer rol requerido en las actividades innovadoras eficientes, es el del **administrador o líder de proyecto**, en algunas ocasiones también es llamado “innovador de negocios”, el cual brinda apoyo en las funciones de planeación, programación, monitoreo y control, supervisión del trabajo técnico, coordinación financiera y de negocio relacionada con el proyecto de investigación y desarrollo.

Este es el rol que usualmente también es un puesto asignado en la organización, siendo los demás roles de naturaleza incidental como un trabajo específico asignado a un sujeto.

4. El cuarto rol es el del **guardameta o comunicador especial**, los puntos de contacto que frecuentemente proporcionan información de fuentes externas al grupo del proyecto, al mismo. Estos puentes unen fuentes de información técnica, de mercado y manufactura a fuentes de información a los posibles usuarios técnicos de esa información.

El guardameta puede vincular un grupo técnico con otro dentro de la misma compañía, o puede vincular las actividades de investigación de las universidades con centros de tecnología avanzada de empresas, o puede transmitir los intereses del cliente al equipo de diseño de proveedores.

El estudio realizado por el Stanford Research Institute que lleva por nombre “bridge scientists”, encontró que este tipo de individuos, aunque no son comunes, son fáciles de identificar. Entre las características que tienen estos individuos es que tienen habilidades interpersonales, tienen experiencia en al menos una disciplina, tienen un amplio rango de intereses y tienen orientación hacia la resolución de problemas.

5. El último rol es el de **patrocinador o coach**, usualmente es desempeñado por una persona mayor que no está involucrado directamente en llevar a cabo la investigación y desarrollo, ni es el responsable directo de defender agresivamente el cambio. Su papel es el de proveer estímulo, apoyo psicológico, apoyo a las personas de menos experiencia involucradas en la tarea de implementación, y frecuentemente brindan ayuda significativa para ayudar en “contrabandear” los recursos necesarios por aquellos que intentan impulsar los avances tecnológicos en una organización.

Entre mayor sea el puesto del patrocinador en una organización, es más alta la probabilidad de que los esfuerzos internos generen nuevas líneas de productos. Los patrocinadores son requeridos por los generadores de idea, los administradores de proyecto y especialmente, por los emprendedores.

Estos roles facilitan la obtención de resultados del proceso de innovación, sin embargo es necesario que estén en contacto cercano con los distintos grupos de trabajo internos de la organización, adicionalmente, el desarrollo y mantenimiento efectivo de organizaciones técnicas requiere que estos roles sean reconocidos y diferenciados, para poder crear y poner en práctica procesos de administración de personal adecuados, entre los cuales se puede incluir el reclutamiento, asignación de actividades, capacitación y desarrollo de personal, evaluación de rendimiento y recompensas (Roberts, *Managing Invention and Innovation*, 2007).

9.5. Investigación y desarrollo tecnológico

Dentro del proceso de innovación se suele separar lo que se considera propiamente I+D (investigación y desarrollo tecnológico) del resto. La I+D se desglosa a su vez en tres clases: investigación básica fundamental, investigación aplicada y desarrollo tecnológico.

Castells y Pasola (Castells & Valls Pasola, 2003) afirman que la investigación básica comprende todos aquellos trabajos originales que tienen como objetivo adquirir conocimientos científicos nuevos sobre los fundamentos de los fenómenos y hechos observables. Dentro de este tipo de trabajo se analizan propiedades y relaciones, y su objetivo consiste en formular hipótesis, teorías y leyes. Los resultados se publican en revistas especializadas y no pretenden lograr ningún objetivo lucrativo en concreto.

Por otra parte definen a la investigación aplicada como aquella que consiste en trabajos originales que tienen como objetivo adquirir conocimientos científicos nuevos, pero orientados a un objetivo práctico determinado. Este tipo de investigación se encuentra ligada a la investigación básica a causa de que se utiliza posibles resultados de esta y estudia métodos y medios nuevos para lograr un objetivo concreto. Los resultados que se obtienen son los productos determinados, una gama de productos nuevos o, incluso, un número limitado de operaciones, métodos y sistemas. Dichos resultados son susceptibles de ser patentados. En la tabla 31 que se muestra a continuación se presentan los rasgos esenciales de la investigación básica, la investigación aplicada y el desarrollo tecnológico.

| | Definición | Tipos de trabajo | Objetivo | Comentarios |
|---------------------------------------|---|---|--|---|
| Investigación básica | Trabajos originales que tienen como objetivo adquirir conocimientos científicos nuevos sobre los fundamentos de los fenómenos y hechos observables | Analiza: - Propiedades - Estructuras - Relaciones | Formular: - Hipótesis - Teorías - Leyes | Los resultados no pretenden ningún objetivo concreto. Suelen aparecer en publicaciones especializadas |
| Investigación aplicada | Trabajos originales que tienen como objetivo adquirir conocimientos científicos nuevos, pero que están orientados a un objetivo práctico determinado | Estudia: - Utilizaciones posibles de los resultados de la investigación básica - Métodos y medios nuevos para lograr un objetivo concreto | Objetivo práctico determinado | Los resultados generan: - Un producto único - Un número limitado de productos - Un número limitado de operaciones, métodos o sistemas. Los resultados son susceptibles de ser patentados |
| Desarrollo experimental o tecnológico | Utilización de conocimientos científicos para la producción de materiales, dispositivos, procedimientos, sistemas o servicios nuevos o mejoras sustanciales | Realiza: - Trabajos sistemáticos basados en conocimientos existentes (procedentes de la investigación aplicada o de la experiencia práctica) | Lanzar al mercado una novedad o mejora concreta | Acaba normalmente con los ensayos y pruebas de un prototipo o una planta piloto |

Tabla 31. Rasgos esenciales de la investigación básica, investigación aplicada y el desarrollo tecnológico.

La norma mexicana NMX-GT-001-IMNC-2007, que define a la investigación como la indagación original y sistemática que persigue generar nuevos conocimientos y una superior comprensión sobre una determinada materia, y de acuerdo a esta norma puede haber investigación básica e investigación aplicada.

La definición de investigación básica y aplicada en la norma mexicana es más general, define a este tipo de investigación como aquella que se hace en las fronteras del conocimiento Humano, sin objetivos industriales o comerciales inmediatos, y la investigación aplicada está dirigida a la aplicación de conocimientos existentes para el desarrollo o mejora de productos o procesos.

Simplificando, la investigación básica es aquella con fines de generar conocimiento nuevo en la materia que es el objeto de su estudio, sin perseguir objetivos lucrativos, pero sirve de base para la investigación aplicada, que si bien genera trabajos originales con el objetivo de adquirir conocimientos científicos nuevos, sí están enfocados a un objetivo práctico determinado para el desarrollo o mejora de productos o procesos.

La investigación básica genera conocimiento, la aplicada, mejoras o desarrollos de productos o procesos. Es aquí donde entra en juego el desarrollo tecnológico.

En la norma NMX-GT-001-IMNC-2007 se define al desarrollo tecnológico como el resultado de la aplicación sistemática de conocimientos científicos, tecnológicos y/o de índoles práctico que lleva a la generación de prototipos o a una mejora sustantiva a bienes existentes, independientemente de su implementación o comercialización inmediata.

El desarrollo tecnológico abarca la utilización de distintos conocimientos científicos para la producción de materiales, dispositivos, procedimientos, sistemas o servicios nuevos o mejoras substanciales. Realiza trabajos sistemáticos basados en conocimientos existentes procedentes de la investigación aplicada o de la experiencia práctica. Su primer objetivo consiste en lanzar al mercado una novedad o una mejora concreta. Para poder ensayar, normalmente se hacen pruebas con un prototipo o una planta piloto; actualmente sin embargo, existe la posibilidad de utilizar la simulación por ordenador.

En la etapa de la investigación básica, los investigadores se dedican a estudiar los conocimientos científicos teóricos existentes sobre los cuales se puede fundamentar las propiedades observadas y en la búsqueda de fórmulas adecuadas y leyes coherentes del comportamiento del material. En esta etapa, los científicos e investigadores analizarán propiedades, estructuras y relaciones, y formularán finalmente hipótesis, teorías y leyes que, si han sido bien elaboradas y justificadas, serán reconocidas por la comunidad científica internacional como un descubrimiento.

En la segunda etapa los científicos y técnicos se preocupan de la aplicación industrial de los materiales con estas propiedades y de cómo pueden producirse realmente. Se manifiesta ya un objetivo de lucro. Es esta fase de investigación aplicada se trata de obtener una primera muestra del material, aparato o mecanismo. Si realmente cumple con todas las propiedades esperadas, se trata de una invención. Se dispondrá de algunas unidades que permitan registrar la patente y preparar la producción a escala industrial.

La empresa que ha conseguido la patente ha de continuar con el proceso hasta el lanzamiento del producto al mercado. Esta fase se conoce con el nombre de desarrollo tecnológico experimental. La empresa busca el método de fabricación adecuado para poder producir el invento en grandes cantidades y con fiabilidad absoluta, garantizando las propiedades logradas en la etapa previa de investigación aplicada. En esta fase la empresa debe disponer de una planta piloto o de un prototipo que le permita producir, como prueba, el producto tal como se quiere lanzar al mercado. La empresa consigue de esta forma disponer del conjunto de conocimientos que le permitan “saber cómo se hace” (el know-how), la información. Es decir, posee ya la tecnología necesaria para fabricar el producto.

Si se considera que la planta piloto es eficaz y viable, habrá que hacer las inversiones necesarias para producir en grandes series y vender al mercado. Este producto será entonces una innovación, justamente en el momento en que sea objeto de un programa regular de producción y sea comercializado y distribuido con normalidad. (Castells & Valls Pasola, 2003).

La investigación no es imprescindible para innovar, como hemos visto en los modelos más complejos del proceso de innovación (modelo de innovación de Kline), la investigación es sólo uno de los medios para acceder a la tecnología. Por tanto, puede haber innovación sin investigación. La tecnología se puede introducir a través de la compra, bien de forma directa (adquisición de tecnología) o mediante los bienes de equipo (tecnología incorporada).

La adquisición de tecnología presenta diversas ventajas, como por ejemplo la rapidez en su disponibilidad o la ausencia del riesgo inherente a la investigación propia, sin embargo, si no se investiga nunca se llegará a la vanguardia.

La asimilación y la posterior mejora de la tecnología extranjera del Japón fueron acompañadas por un alto nivel de actividades de investigación y desarrollo propias.

9.6. Tecnología y ventaja competitiva

La tecnología es definida por la norma mexicana NMX-GT-001-IMNC-2007 como el grado de obtención del valor potencial de un recurso, mediante conocimientos y habilidades relativas al saber hacer y su combinación con recursos materiales, de manera sistemática, repetible y reproducible, entendiendo por valor potencial de un recurso como el grado de utilidad o extrapolación de los beneficios que puede generar.

La tecnología impregna la cadena de valor de la organización y confirma a las tecnologías directamente relacionadas con el producto. En efecto, no existe una industria de baja tecnología si se adopta esta perspectiva más amplia. A menudo se produce un desastre estratégico cuando se visualiza a una industria cómo madura desde el punto de vista tecnológico, más aún, muchas innovaciones importantes para la ventaja competitiva son triviales y no ofrecen avances científicos. La innovación puede tener consecuencias estratégicas de mucha trascendencia para las compañías de alta y baja tecnología.

Todas las empresas utilizan gran cantidad de tecnologías. Todo cuanto hacen se basa en algún tipo de tecnología, a pesar de que una o más pueden dominar el producto o el proceso de producción. La importancia de la tecnología en la competencia no depende de su valor científico ni de su prominencia en el producto físico.

Cualquiera de las tecnologías que utiliza una firma puede influir decisivamente en la competencia. La tecnología es importante para ella si afecta mucho la ventaja competitiva o la estructura de la industria.

La tecnología afecta a la ventaja competitiva si contribuye decisivamente a determinar la posición relativa en costos o la diferenciación. Puede incidir en ambas, pues está presente en toda actividad de valor e interviene en la creación de nexos entre actividades.

Existen casos en que la tecnología no es la fuente de la ventaja competitiva, sino el resultado de otras ventajas. La tecnología utilizada en una actividad de valor suele ser un factor cuando refleja una decisión de política tomada en forma independiente de otros factores.

Si una compañía puede descubrir una tecnología más eficiente para ejecutar una actividad que sus rivales, ganará una ventaja competitiva. Además de afectar al costo o a la diferenciación por sí misma, la tecnología altera también a la ventaja competitiva cambiando otros factores del costo o de la singularidad o incidiendo en ellos.

El desarrollo tecnológico puede acrecentar o disminuir las economías de escala, hacer posibles las interrelaciones donde antes no lo eran, generar oportunidades para ventajas de oportunidad e incidir casi en cualquier otro factor de los costos o de la singularidad, por eso es que una compañía puede servirse de él para alterar los factores en una forma que lo favorezcan o para ser el primero en aprovecharlos (Porter, Ventaja competitiva, 2002).

9.7. Gestión tecnológica

La innovación tecnológica involucra muchas ideas, actividades, conceptos y procesos, los cuales a su vez, se relacionan entre sí a distintos niveles. En este capítulo se han mencionado algunos de ellos, sin embargo es necesario describir el proceso que se encarga de administrarlos con la finalidad de orientarlos al beneficio de un negocio.

“La innovación tecnológica puede alterar la competitividad y el estatus firmas y naciones, pero su administración propositiva es compleja e incluye la integración efectiva de personas, procesos organizacionales y estrategias”, (Roberts, *Managing Invention and Innovation*, 2007).

Dentro de una economía global, la tecnología es un factor clave para el desarrollo y competitividad de las organizaciones. La Gestión de la Tecnología ha demostrado ser un marco integrador de esfuerzos para potenciar capacidades tecnológicas, la innovación y la competitividad de las organizaciones y la sociedad en general. Su estudio ha llevado a la generación de documentos valiosos que definen conceptos y modelos útiles para las organizaciones interesadas.

La gestión tecnológica, de acuerdo a la norma NMX-GT-001-IMNC-2007, es el conjunto de conocimientos organizados entorno a procesos, métodos y prácticas que actúan sobre la planeación, desarrollo, control, integración y capitalización de los recursos, para la implantación de cambios tecnológicos o innovaciones en empresas e instituciones con el propósito de mantener o mejorar la posición competitiva.

La organización que implanta un sistema de gestión de la tecnología se beneficia al mejorar sus resultados de negocio. Además, reconoce el valor que agrega a la sociedad el aprovechar las actividades de universidades, centros de investigación y desarrollo, centros de innovación y organizaciones que se reflejan en innovaciones que generan nuevas fuentes de trabajo e ingresos para el país.

Ha habido esfuerzos importantes de diversos países para generar documentos que guíen la sistematización de este tema. Tal es el caso de las normas UNE, realizadas en concordancia con las normas del resto de la Comunidad Europea; el documento conocido como Innovate America, los manuales Oslo y Frascati editados por la OCDE y en nuestro país el modelo del Premio Nacional de Tecnología (PNT).

9.7.1 Modelo Nacional de Gestión de Tecnología e Innovación

El Modelo Nacional de Gestión de Tecnología e Innovación del Premio Nacional de Tecnología e Innovación tiene como principal propósito impulsar el desarrollo de las organizaciones mexicanas de cualquier giro o tamaño, para proyectarlas de manera ordenada a niveles competitivos de clase mundial mediante una gestión de tecnología explícita, sostenida y sistemática.

El Modelo de Gestión de Tecnología del Premio Nacional de Tecnología e Innovación se compone de una serie de funciones y procesos de gestión de tecnología que integran las actividades que sobre la materia se realizan en una organización comprometida con el desarrollo y la innovación tecnológica. Incluye también las actividades y procesos que despliega la organización para integrar su sistema de gestión y los resultados que la gestión de tecnología aporta a la organización.

Como en todo trabajo administrativo o gerencial que se realiza dentro de una organización, los procesos, actividades o tareas de gestión de tecnología pueden agruparse, dado su naturaleza similar, en funciones que faciliten su organización y coordinación. Estas funciones de gestión de tecnología agrupan procesos o actividades similares que se realizan en una organización para el logro de un fin común. Su agrupación permite hacer más eficiente su gestión.

Cuando las actividades de gestión de tecnología se realizan de forma secuencial, sistemática, tienen objetivos y metas claras, y muestran cómo las cosas cambian en el tiempo, constituyen la base de un proceso de gestión de tecnología.

El Modelo Nacional de Gestión de Tecnología (MNGT), consta de cinco funciones que son: vigilar, planear, habilitar, proteger e implantar.

Las funciones que integran a la gestión de la tecnología de acuerdo al Modelo Nacional se muestran a continuación en la tabla 32.

| Funciones de Gestión de Tecnología | Significado |
|---|---|
| Vigilar | Es la búsqueda en el entorno de señales e indicios que permitan identificar amenazas y oportunidades de desarrollo e innovación tecnológica que impacten en el negocio. |
| Planear | Es el desarrollo de un marco estratégico tecnológico que le permite a la organización seleccionar líneas de acción que deriven en ventajas competitivas. Implica la elaboración de un plan tecnológico que se concreta en una cartera de proyectos. |
| Habilitar | Es la obtención, dentro y fuera de la organización, de tecnologías y recursos necesarios para la ejecución de los proyectos incluidos en la cartera. |
| Proteger | Es la salvaguarda y cuidado del patrimonio tecnológico de la organización, generalmente mediante la obtención de títulos de propiedad intelectual. |
| Implantar | Es la realización de los proyectos de innovación hasta el lanzamiento final de un producto nuevo o mejorado en el mercado, o la adopción de un proceso nuevo o sustancialmente mejorado dentro de la organización. Incluye la explotación comercial de dichas innovaciones y las expresiones organizacionales que se desarrollan para ello. |

Tabla 32. Funciones de la gestión de tecnología de acuerdo al MNGT.

En la figura 24 que se muestra a continuación, se esquematiza la manera en que está integrada la innovación y la gestión de la tecnología dentro de una organización.

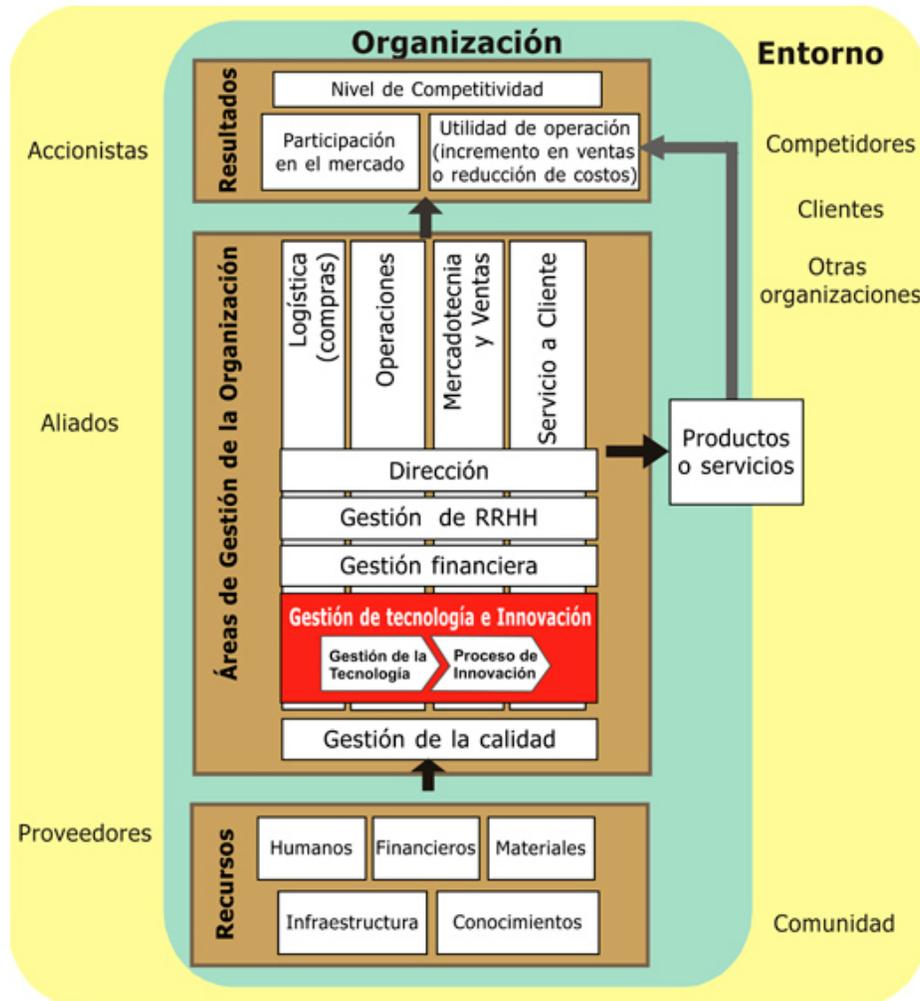


Figura 24. Integración de la gestión tecnológica y la innovación dentro de la organización.

9.7.2 Norma Mexicana del Sistema de Gestión de la Tecnología

Adicional al modelo nacional de gestión de la tecnología, la norma mexicana NMX-GT-003-IMNC-2008 hace referencia al sistema de gestión de tecnología.

Esta norma fue elaborada por el Comité Técnico de Normalización Nacional de Gestión de la Tecnología y facilita el entendimiento de los principios y términos básicos que se utilizan en la gestión de la tecnología.

Está orientada a que una vez que una organización establezca su política tecnológica; la implantación de un sistema de gestión según el esquema planteado por la norma, aporte, entre otras, las siguientes ventajas:

- Obtener directrices para organizar y gestionar eficazmente la tecnología.

- Promover el desarrollo de estructuras, procesos o actividades, que le permita explotar sus recursos tecnológicos de acuerdo a sus estrategias competitivas.
- Optimizar recursos humanos, técnicos y económicos.
- Fomentar su capacidad de vinculación con otras organizaciones generadoras y gestoras de conocimiento.
- Fomentar, mantener y fortalecer actividades capaces de generar desarrollos e innovaciones tecnológicas propias.
- Identificar e incrementar el capital intelectual como ventaja competitiva.
- Permitir la explotación de activos intangibles.

En la figura 25 se muestra el modelo del sistema de la gestión de la tecnología que se define en la norma anteriormente mencionada.

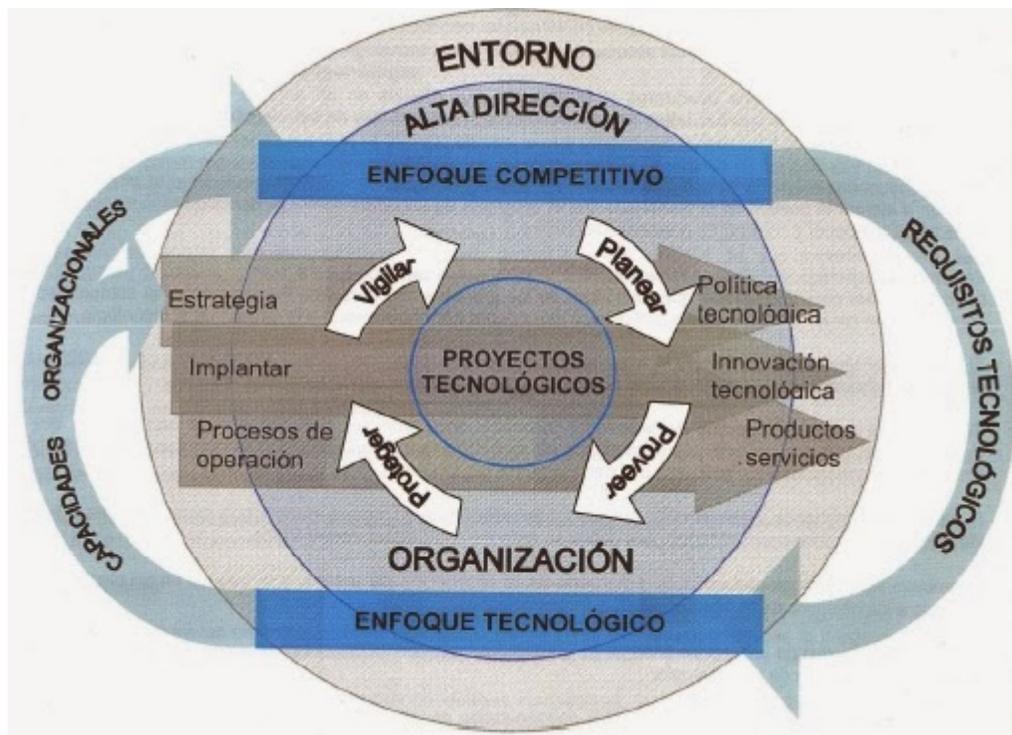


Figura 25. Modelo del sistema de gestión de la tecnología (norma).

La **organización** proporciona productos y servicios a sus clientes en un **entorno** competitivo, el cual cambia constantemente y genera oportunidades de mercado que son susceptibles de ser identificadas mediante la obtención y análisis sistemático de información del entorno que le permite orientar su enfoque competitivo.

El **enfoque competitivo** de cada organización está determinado por las decisiones que toma la **alta dirección** con relación a ejercer la gestión de la tecnología con el propósito de implantar cambios tecnológicos o innovaciones que le permitan mantener o mejorar su posición competitiva.

El **enfoque tecnológico** define los requerimientos y capacidades tecnológicas de cada organización y permite evaluar las capacidades organizacionales que se utilizan en los procesos de operación. Para mantener la competitividad es imprescindible contar con un enfoque tecnológico que oriente a la organización a la gestión de la tecnología.

El modelo del sistema de gestión de la tecnología parte de la decisión que toma la alta dirección para establecer una estrategia tecnológica que considere como objetivo fundamental la innovación tecnológica.

El modelo de sistema de gestión de tecnología considera cinco procesos sustantivos de la organización que son: vigilar, planear, proveer, proteger e implantar,

Que en conjunto generan innovaciones tecnológicas, soportados por las actividades estratégicas y los procesos de operación de la organización.

El proceso sustantivo de vigilar permite obtener información valiosa sobre el entorno que ayuda a la alta dirección a identificar y jerarquizar oportunidades para definir su enfoque competitivo y tecnológico.

El proceso sustantivo de planear aprovecha parte de la información del entorno y la traduce en un plan tecnológico alineado a los objetivos de la organización.

El proceso sustantivo de proveer se encarga de suministrar los recursos tecnológicos necesarios para la implantación del sistema de gestión de la tecnología.

El proceso sustantivo de implantar traduce las oportunidades en innovaciones mediante proyectos tecnológicos. Los proyectos tecnológicos son el medio para utilizar los recursos tecnológicos y aumentar las capacidades organizacionales.

Los proyectos tecnológicos se denominan de investigación si el objetivo está orientado a generar conocimiento, de desarrollo si tienen el propósito de demostrar el funcionamiento de un prototipo o modelo, de innovación si su objetivo es colocar un producto en el mercado.

La evaluación de los beneficios del proyecto tecnológico permite a la alta dirección evaluar la eficacia de su estrategia tecnológica y orientar a nuevos proyectos tecnológicos.

El proceso sustantivo proteger se encarga de salvaguardar el patrimonio tecnológico de la organización.

El sistema de gestión de la tecnología opera por ciclos establecidos por la alta dirección, los cuales son evaluados mediante indicadores. Los efectos de la gestión de la tecnología en una organización se aprecian fácilmente al comparar los resultados entre dos periodos de operación. El uso de indicadores facilita la evaluación y la decisión de la alta dirección para modificar su enfoque tecnológico.

Finalmente el uso del sistema de gestión de la tecnología pretende ser útil a las organizaciones para aumentar su competitividad, generar productos o servicios de mayor contenido tecnológico, desarrollar el capital intelectual, establecer alianzas tecnológicas con otras organizaciones y generar empleos de mayor valor, entre otros beneficios.

9.8. Metodología de análisis del impacto de la innovación y la tecnología

Con base en la información anterior mencionada en este capítulo, se puede decir que la innovación y la tecnología son fundamentales en el éxito y crecimiento de un negocio o de una industria completa.

La innovación y la tecnología definen la intensidad de la competencia, la velocidad de crecimiento de una empresa y la vigencia u obsolescencia de productos.

Suponer que un producto, servicio o hasta una industria no serán afectados por el cambio, manifestado a través de la innovación y la tecnología, es ingenuo y perjudicial para el éxito de una empresa o negocio.

Es un hecho que todo es perfectible y por lo tanto, tarde o temprano, está predispuesto al cambio y la pregunta no es, ¿seré afectado o no en algún momento por la innovación?, la pregunta es ¿cuándo y cómo?

Con la finalidad de cuantificar esta situación, se propone una metodología para analizar el impacto de la innovación y la tecnología, primero en lo general para una industria y posteriormente para una empresa.

9.8.1 Enfoque general (industria)

El éxito de una industria depende de su competitividad, la cual está en función de las fuerzas que le dan forma a la competencia y al entorno.

Como se dijo en el capítulo del análisis competitivo del sector, las principales fuerzas que dan forma a la competencia son: la amenaza de nuevos entrantes, la amenaza de productos o servicios sustitutos, el poder de negociación de los compradores, el poder de negociación de los proveedores y la rivalidad entre los competidores existentes.

Sin embargo, estas fuerzas dependen de cada empresa en particular y varían entre una y otra, dependiendo de la estrategia que cada empresa esté utilizando. Más adelante, en la sección del enfoque particular para una empresa se profundizará acerca de esto.

Para el caso de una industria, existen diversos factores que influyen en el entorno en general y por lo tanto a la industria.

Estos factores son: la tasa de crecimiento del sector, la tecnología y la innovación, el gobierno (a través de sus normativas, regulaciones y estímulos) y los productos y servicios complementarios.

Las características de dichos factores y su enfoque específico para la industria de reciclaje del PET ya se han visto en capítulos anteriores, la importancia de mencionar estos factores consiste en visualizarlos como reglas generales que afectan un universo determinado, es decir, una industria específica en la que todos los participantes sufren las afectaciones de dichos factores.

Se pueden considerar a los factores como ajenos a las empresas, es decir, como influencia externa, a excepción de la tecnología y la innovación, la cual tiene una componente importante que depende de las empresas mismas.

A diferencia de los otros factores (tasa de crecimiento del sector, el gobierno y los productos y servicios complementarios), que dependen de la industria en general y que no existe gran cosa que las empresas puedan hacer para modificar esa influencia sino que más bien se adaptan a los cambios, la innovación y la tecnología pueden verse en mayor o menor medida afectados por las acciones de una empresa.

Es decir, la innovación y la tecnología son a la vez una fuerza interna que potencializa una empresa y un factor externo que las limita o las impulsa.

9.8.2 Enfoque particular (empresa)

De igual manera que la competencia es de gran influencia en el éxito de una industria, lo mismo ocurre para el caso de las empresas, con la salvedad de que en este caso la competencia se puede entender como un conjunto de interacciones o fuerzas que ocurren entre las empresas participantes en una industria o sector.

En una visión puntual orientada hacia el análisis del éxito de una empresa, podemos ver la influencia de las fuerzas competitivas, las cuales son principalmente cinco: amenaza de nuevos participantes, poder de negociación de los proveedores, poder de negociación de los compradores, amenaza de productos sustitutos y la rivalidad entre los competidores existentes.

Estas fuerzas se pueden considerar dependientes de cada empresa, es decir, lo que afecta a una empresa, puede no afectar o ser de beneficio para otra, al contrario de los factores externos, en los cuales se afecta a toda una industria y dependerá de la resiliencia de cada empresa el grado de afectación.

El análisis interno de las fuerzas que influyen en la competencia, hacia el interior de una empresa, es igual de importante que los factores externos. Para ejemplificar esta situación, podemos imaginar una empresa que participa en una industria sumamente competitiva pero que la estrategia que ha tomado hacia el interior, le ha permitido prosperar en condiciones adversas; por otra parte, tenemos a una empresa que participa en una industria sumamente generosa con factores externos favorables y con poca competencia, pero que la administración hacia el interior de la empresa y su estrategia frente a la poca competencia la han hecho fracasar.

9.8.3 Metodología de análisis del impacto de la tecnología en una empresa

La tecnología influye tanto como fuerza competitiva como factor externo en un negocio, es por esta razón que para poder analizar el impacto de la tecnología en el éxito de una empresa que se deben tomar en cuenta tanto todos los factores.

Las interacciones que se presentan al interior de las empresas, entre ellas y los factores externos, que influyen en el éxito de las mismas, se esquematizan de manera general en la figura 26 que se muestra a continuación.

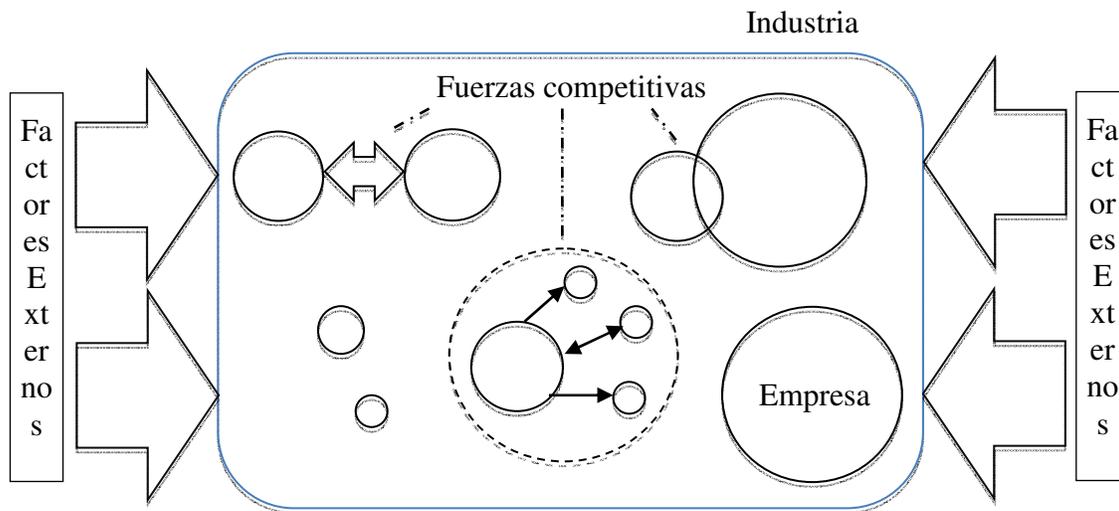


Figura 26. Enfoque global de las fuerzas competitivas y factores externos de una industria.

En la figura 26, se propone que existen diversos tipos de interacciones entre las empresas que integran una industria, por lo menos desde el punto de vista de la tecnología. Pueden existir alianzas, subsistemas, grupos, empresas aisladas, empresa que dominan gran parte del mercado, empresas pequeñas que se enfocan a cierto nicho de la industria, etc. Pero todas están sometidas a los factores externos y poseen características inherentes a ellas mismas que las vuelven (o no) competitivas.

Es debido a esta complejidad de interacciones que se vuelve valioso contar con una metodología de análisis que permita analizar la influencia de la tecnología en una industria, denotando la importancia de la gestión tecnológica y tomando en cuenta todas las interacciones entre los miembros de la industria y de la industria en sí, de manera global para identificar el potencial éxito o fracaso de un negocio en base al estado del arte de la tecnología predominante.

A continuación se enlistan las partes que se proponen en la metodología de análisis, detallando algunas características generales, debido a que el detalle ya se ha mencionado en los distintos capítulos que integran este trabajo.

1) Plan de negocio

Consiste en el planteamiento común de la elaboración del plan de negocio para aumentar la certidumbre de éxito del negocio por sí mismo, es decir, sin tener en cuenta todavía, de manera puntual, la influencia de la tecnología en el éxito del negocio. Esto nos servirá como la base del análisis del negocio, ya que es necesario asegurarse que el negocio está bien planteado antes de continuar con el análisis de la influencia de la tecnología en el éxito del negocio.

En caso de que el plan de negocio no demuestre que existe una posibilidad razonable de que el negocio sea rentable, no tiene caso continuar con el análisis del impacto de la tecnología, en caso contrario, el siguiente paso de la metodología es el estudio FODA.

2) Estudio FODA

El estudio FODA (fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas), suele ser utilizado para identificar áreas de oportunidad en las empresas y también sirve para identificar factores externos que puedan afectar el éxito del negocio.

La importancia de este estudio para la metodología propuesta radica en que complementar el plan de negocio de manera gradual, permitiendo identificar factores internos y externos de manera general.

Los resultados de este estudio se complementan con el análisis de las fuerzas competitivas de Porter, hasta este punto, el plan de negocio se ha enfocado en factores internos de la empresa y hasta cierto grado, en las interacciones con otras empresas de la misma industria, y el estudio FODA se ha enfocado tanto en factores internos de la empresa, como en factores generales externos, únicamente en aquellos que afectan a la empresa.

Es decir que hasta este punto, sólo se cuenta con el análisis de estudios que toman en cuenta a la propia empresa y de manera general, una estimación de posibles factores externos que afecten a la empresa. Faltaría analizar desde un enfoque más amplio, considerando todo el universo, es decir, la industria en la que se desempeña el negocio.

3) Análisis de las fuerzas competitivas de Porter

El estudio de las fuerzas competitivas de Porter, también abarca el análisis de los factores externos. A diferencia del análisis FODA, este estudio permite tener el enfoque global de la industria y las interacciones de los participantes, lugar de solo los factores que pudieran afectar a la empresa.

Es a partir de este estudio que ya se considera la influencia de la tecnología como un factor externo que influye en la competitividad y por lo tanto en el éxito del negocio.

El estudio, es también importante porque permite realizar un análisis de los factores externos comunes que afectan a todos los participantes de una industria, permitiendo elaborar estrategias para evitar, contener y, en algunos casos, aprovechar las desventajas que proporcionan los factores externos.

Además permite analizar de manera organizada las interacciones de los competidores dentro de la misma industria, así como de las fuerzas que influyen en el éxito de la empresa, como el poder de negociación de fabricantes y proveedores, la amenaza de nuevos competidores y productos, así como la rivalidad entre los competidores establecidos.

En esta parte, se puede identificar el incremento de la influencia de la tecnología en el éxito del negocio, principalmente en las fuerzas que definen la estructura de un sector. Es decir, el poder de negociación de fabricantes y proveedores puede verse afectado por la tecnología y la innovación, ya que los desarrollos tecnológicos pueden permitir fabricar productos o materiales a menores costos, o pueden incrementar la calidad de un producto, brindando una posición privilegiada en la preferencia del consumidor.

Así pues, la tecnología también facilita la entrada de nuevos competidores, favoreciendo a los competidores nuevos por sobre los establecidos, ya que es más fácil para una empresa en crecimiento, adoptar la tecnología más reciente, que para aquellas empresas establecidas, en las que un cambio en tecnología, implica costos por capacitar a su personal, y cambiar sus procesos y equipos para asimilar la nueva tecnología.

4) Análisis del estado del arte del negocio

Hasta este punto, los estudios han ido profundizando y si bien, han tenido un enfoque cada vez más global y nos han servido para determinar la influencia de la tecnología en el éxito de un negocio, ha predominado el análisis a posteriori.

Para el caso del análisis de la influencia en la tecnología, es necesario contar con un enfoque más profundo, actual y dinámico, orientado específicamente a la tecnología. Es por eso que en la metodología propuesta se incluye el análisis del estado del arte del negocio, que permitirá saber las condiciones actuales de la tecnología y cual está disponible, para así estar en condiciones de asimilar la tecnología que más convenga a la empresa.

5) Análisis de la estrategia de la gestión de tecnología

A partir del estudio del estado del arte se cuenta con la línea base del estado de la tecnología de una industria, pero esta información no será plenamente aprovechada si no se tiene en cuenta la gestión de la tecnología.

Es importante que la empresa cuente con una estrategia de gestión tecnológica, ya que es la manera en que la empresa asimilará las nuevas tecnologías, generará y protegerá sus propias innovaciones.

Hasta en el caso de que la empresa decida que será seguidora de tecnología y que no desarrollará innovaciones propias, la gestión tecnológica será de suma importancia para vigilar la generación de nuevas tecnologías y la asimilación de las mismas.

Como se mencionó en capítulos anteriores, la gestión tecnológica permite a la empresa estar a la vanguardia y aumentar su competitividad. En caso de no existir un manejo consiente de la tecnología en la empresa, es sumamente difícil que una empresa sea líder de su industria.

La gestión tecnológica permite vigilar, planear, habilitar, proteger e implantar tecnología. Se puede destacar la importancia de que estas actividades están enfocadas a la visión a futuro de la industria y la empresa, por lo que permite pronosticar y tomar acciones por adelantado, para adaptarse mejor a los cambios e innovaciones tecnológicas.

6) Identificación de los perfiles internos que permiten la innovación

La gestión tecnológica permite pronosticar, en base a la observación de tendencias, hacia donde se dirigen los cambios en la tecnología, es decir, el pronóstico que se pudiera inferir con base en la vigilancia tecnológica, esta condición se cumple para las innovaciones incrementales, sin embargo, para el caso de las innovaciones disruptivas, en la mayoría de los casos no se cuenta con indicios que permitan pronosticarlas.

Como estrategia de negocio, la ventaja competitiva definitivamente pertenece a aquellas empresas capaces de generar innovaciones disruptivas que cambien las condiciones de la industria, posicionándolas cómo líderes del negocio.

Como se ha mencionado antes, la innovación ocurre como resultado de un proceso y requiere recursos financieros y recursos humanos con perfiles específicos para llevarse a cabo. Es por esta razón que el método de análisis que se propone incluye la identificación de los perfiles internos que permiten la innovación.

Este análisis consiste en identificar dentro de la organización los perfiles que impulsan la innovación desde el interior de la empresa. Estos perfiles se describen a detalle en este capítulo en la sección de roles de la innovación y son: el generador de la idea, el emprendedor o campeón de producto, el guardameta de mercado, el administrador del proyecto y el patrocinador senior.

9.9. Impacto de la innovación y la tecnología en la industria del PET.

A lo largo de este trabajo se realizaron diversos estudios de la metodología propuesta, aplicados a una empresa ficticia (PROPET) con fines ilustrativos, sin embargo el análisis de la gestión de la tecnología y la identificación de perfiles internos que definen la innovación, debe realizarse en empresas constituidas.

El análisis realizado en este trabajo permite identificar el impacto de la innovación y la tecnología en la industria del PET.

Desde el inicio del trabajo se puede identificar que el negocio de reciclaje del PET tiene componente tecnológicas a lo largo de todo el proceso, el reciclaje mismo del PET depende del estado del arte de la tecnología para ser rentable y el ámbito de competencia entre las empresas está fuertemente ligado al enfoque técnico, es decir, las empresas con tecnología más innovadora son las que dominan el mercado.

El impacto de la tecnología en el negocio de reciclaje del PET está presente desde el inicio en el plan de negocio, es específico, en la definición del negocio (reciclaje de botellas), en la selección del método de reciclaje a elegir (mecánico, químico, energético o reciclado sanitario). Dentro del mismo plan de negocio está presente el impacto de la tecnología, en la selección del equipo y del proceso de reciclaje mecánico (casi manual o avanzado) y en la definición del producto.

Eso solo en relación directa a la empresa, sin embargo, de manera indirecta la tecnología y la innovación están presentes en la estrategia futura de la empresa, planteando las siguientes cuestiones: ¿el crecimiento de la empresa se puede dar continuando con la utilización de reciclaje mecánico o es necesario otro tipo de reciclaje?, ¿existen innovaciones en el proceso de reciclaje mecánico tales que aumenten su rentabilidad?, ¿existe otro producto, resultado del reciclaje mecánico que se venda más fácilmente?, ¿existe otro producto químico con características mejores a la del PET?

Por lo tanto, es evidente que en el caso de la industria de reciclaje de PET, el impacto de la tecnología es alto, en cada parte de la cadena productiva.

10. Conclusiones

El negocio de reciclaje de PET tiene muchos beneficios para el medio ambiente, ya que se utilizan desechos contaminantes para elaborar productos nuevos, quitándole a la naturaleza la responsabilidad de lidiar con contaminantes que pueden tardar en degradarse de manera natural hasta 1000 años y liberando a la atmósfera de gases de efecto invernadero que se producen al generar PET virgen a partir de sus materias primas.

Este tipo de negocio, también beneficia a la sociedad en general, generando fuentes de empleo en las distintas partes de la cadena de valor, así como el beneficio indirecto al retirar basura de la vía pública y tiraderos, que como se observó en uno de los capítulos de este trabajo, pueden generar inundaciones en las calles y bloqueos en el sistema de recolección de aguas residuales.

Además de los beneficios inherentes al negocio del reciclaje, resulta ser un negocio rentable, lo cual se buscaba demostrar en este trabajo puesto que es un gran incentivo para promover la “industria verde”.

Se demostró que una empresa basada en el reciclaje mecánico, como es PROPET, es rentable. Así también, con base en la tasa interna de retorno, se puede concluir que es útil invertir en este negocio en específico.

Sin embargo, se deben de tomar en cuenta las problemáticas que se encuentran con frecuencia en el negocio de reciclaje de PET. Entre estas, hemos destacado la falta de suministro de materia prima, el cual se origina en la deficiencia en la organización y normatividad para tratar con los residuos sólidos urbanos (RSU), ya que el acopio y comercialización del PET sigue haciéndose en su mayoría de manera informal.

Por esta razón se propuso tener siempre material de reserva y estrategias para asegurar el suministro, además para solucionar el problema que representa la botella de PET como desecho y facilitarle el trabajo a los recicladores. A su vez, se debe promover entre los clientes el uso del PET reciclado, porque estos frecuentemente piensan que es de menor calidad que el PET virgen.

Otro incentivo es limitar las exportaciones ilegales del PET de desecho a China, puesto que ahí hay un gran mercado y al no regular el flujo del material a ese país, se incrementa el costo de la materia prima, que como pudimos observar en los cálculos, representa uno de los principales gastos para los recicladores y una fuente de ingreso para los pepenadores.

Por otra parte, el impacto de la tecnología en el negocio de reciclaje de PET está presente durante toda la cadena productiva, desde la definición del negocio hasta su comercialización y regula el crecimiento de la industria, por lo que es necesario que las empresas que participen en esta industria cuenten con una estrategia robusta de gestión tecnológica, ya que no solamente influye en el crecimiento de la empresa, sino que es necesaria para su supervivencia.

El negocio del PET reciclado es un negocio rentable que seguirá creciendo en el futuro. Hace falta que se promueva más el acopio y la separación de los desperdicios para lograr que sea algo habitual entre los habitantes de las grandes ciudades, pues buena parte del problema de abasto de PET quedaría solucionado, además de que su reciclado beneficiaría mucho tanto a la industria que se dedica a esto como al medio ambiente.

11. Bibliografía

- Amador, A. A. (2006). *Proyecto de Inversión en una planta recicladora de PET en el Estado de Puebla*. Puebla: Universidad de las Americas Puebla.
- ANIPAC. (2010). *Asociación Nacional de Industrias del Plástico*. Recuperado el 3 de marzo de 2010, de <http://www.anipac.com.mx/>
- ANIQ. (2011). *Asociación Nacional de la Industria Química*. Recuperado el 17 de marzo de 2011, de <http://www.aniq.org.mx/cipres/clasificacion.asp>
- APREPET. (2010). *APREPET - Asociación para promover el reciclaje de PET*. Recuperado el 2011 de abril de 5, de <http://www.aprepet.org.mx/index2.htm>
- Asamblea Legislativa del Distrito Federal. (2003). *Ley de residuos sólidos del Distrito Federal*. México D.F.: Gaceta Oficial del Distrito Federal.
- AVANGARD. (2010). *AVANGARD*. Recuperado el 23 de septiembre de 2010, de <http://www.avangard.com/>
- Barrera, J. M., & Fernández, E. (7 de enero de 2012). *El Universal*. Recuperado el 2013 de mayo de 24, de <http://www.eluniversal.com.mx/ciudad/109677.html>
- Berho, M., & Pisoni, M. (2009). *Catedra Galan. Universidad de Buenos Aires, Argentina*. Recuperado el 7 de junio de 2012, de http://catedragalan.investigacionaccion.com.ar/trabajos/b2ed3a4ee67dad3dac77f249c54d0ebb_recomendaciones_para_reciclar_pet.pdf
- Careaga, J. A. (1993). *Manejo y reciclaje de los residuos de envase y embalaje*. México Distrito Federal: Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático.
- Castells, P. E., & Valls Pasola, J. (2003). *Tecnología e innovación en la empresa*. Barcelona: Universitat Politecnica de Catalunya.
- Castells, X. E. (2000). *Reciclaje de residuos industriales: Aplicación a la fabricación de materiales para la construcción*. Cataluña, España: Díaz de Santos.
- Cortinas, C. (2010). *Reciclaje de Plásticos, en el Contexto del Desarrollo Sustentable y Humano*. México D.F.: SEMARNAT.
- ECOCE. (2012). *ECOCE*. Recuperado el 28 de noviembre de 2012, de <http://www.ecoce.org.mx>
- Énfasis Packaging. (2011). *Énfasis Packaging*. Recuperado el 17 de Agosto de 2011, de www.packaging.enfasis.com/notas/11379-bavaria-llegan-las-botellas-super-retornables
- Escuela de Ingenierías Industriales, Universidad de Valladolid. (s.f.). *Historia y desarrollo del PET*. Recuperado el 14 de junio de 2012, de <http://www.eis.uva.es/~macromol/curso03-04/PET/HISTORIA%20Y%20DESARROLLO.htm>
- Esteve, M., & José Luis Sansón, S. S. (2007). *Tecnologías II*. Madrid, España: Editex.
- Fonseca, P. (28 de Noviembre de 2008). Empaque para medicinas y ‘snack’ de conejo ganan premio. *La Nación*.
- Greenpeace. (agosto de 2011). *Greenpeace*. Recuperado el 18 de diciembre de 2011, de <http://www.greenpeace.org/argentina/Global/argentina/report/2010/8/riesgos-tecnologias-residuos-urbanos.pdf>
- Gutiérrez, G. (15 de Abril de 2012). Desorden plástico. *Expansión*, 75-79.
- Gutiérrez, G. (2012). Desorden plástico. *EXPANSION*, 75-79.
- Guzmán, S. (19 de julio de 2012). Lodo y basura, tapones del drenaje. *El Universal*.
- INEGI. (1999). *XV Censo Industrial, Censos Económicos 1999. Industrias Manufactureras, subsector 31*.
- Instituto de Investigación en Materiales. (11 de Febrero de 2007). *Dirección General de Comunicación Social*. Recuperado el 3 de abril de 2011, de http://www.dgcs.unam.mx/boletin/bdboletin/2007/2007_085.html

- International Finance Corporation. (12 de noviembre de 2007). *International Finance Corporation*. Recuperado el 9 de diciembre de 2010, de <http://www.ifc.org/ifcext/pressroom/ifcpressroom.nsf/1f70cd9a07d692d685256ee1001cd37/32c6e21d6a21636f852573920062bf0e?OpenDocument>
- Krishna, M. (23 de julio de 2012). *Business News Americas*. Recuperado el 12 de mayo de 2012, de <http://www.bnamericas.com/interviews/en/mohan-krishna-gbi-research>
- Lille, M. L. (2008). *Ingeniería Plástica*. Recuperado el 23 de agosto de 2011, de http://www.ingenieriaplastica.com/novedades_ip/instituciones/cipres_historia.html
- Massachusetts Institute of Technology. (agosto de 1998). *"Inventor of the week"*, *Massachusetts Institute of Technology*. Recuperado el 14 de junio de 2012, de <http://web.mit.edu/invent/iow/wyeth.html>
- Montecinos, J., & Torrico, A. (s.f.). *Centro de Promoción de Tecnologías Sostenibles*. Recuperado el 6 de diciembre de 2011, de <http://www.cpts.org/>
- Muñoz, D. B. (2009). *RUA*. Recuperado el 25 de mayo de 2011, de Repositorio Institucional de la Universidad de Alicante: http://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/10327/1/Tesis_Deseada_Berenguer.pdf
- OCDE. (2005). *Manual de Oslo* (3a ed.). Francia: OECD Publishing.
- Olivares, A. G. (2005). *Recomendaciones Táctico-Operativas para implementar un programa de logística inversa: Estudio de caso en la industria de reciclaje de plásticos*. México D.F.: UNAM, Facultad de Ingeniería.
- Órgano de Gobierno del Distrito Federal. (2010). El PET y su situación en el Distrito Federal. *Gaceta Oficial del Distrito Federal*, 7.
- Pattabiraman, P., Sbarski, I., & Spurling, T. (2005). <http://www.burchamintl.com/>. Recuperado el 11 de febrero de 2013, de <http://www.burchamintl.com/papers/petpapers/63.pdf>
- PETMEXICO. (s.f.). *PETMEXICO*. Recuperado el 25 de Febrero de 2011, de http://www.petmexico.com.mx/proceso_pet_reciclaje_ambiental.html
- Planeta CNN. (19 de Diciembre de 2011). *CNN México*. Recuperado el 2013 de enero de 25, de <http://mexico.cnn.com/nacional/2011/12/19/la-ciudad-de-mexico-cierra-el-tiradero-de-basura-mas-grande-del-mundo>
- Porter, M. E. (2002). *Ventaja competitiva* (11a ed.). México D.F.: Patria.
- Porter, M. E. (2005). *Estrategia y ventaja competitiva*. Buenos Aires: Deusto.
- Porter, M. E. (Enero de 2008). *Harvard Business Review*. Recuperado el 16 de septiembre de 2013, de <http://hbr.org/2008/01/the-five-competitive-forces-that-shape-strategy/>
- Primucci, G. (22 de Enero de 2008). Del reciclaje a la construcción: Plásticos para vivir. *Excelsior*.
- Promotora Ambiental, S.A.B. de C.V. (31 de diciembre de 2008). *Promotora Ambiental*. Recuperado el 20 de octubre de 2011, de <http://www.pasa.mx/archivos/cnbv2008.pdf>
- Roberts, E. B. (2007). Managing Invention and Innovation. *Research-Technology Management*, 35-54.
- Roberts, E. B. (2007). What we've learned: Managing invention and innovation. *Research Technology Management*.
- Sánchez y Pineda de las Infantas, M. T. (2003). *Procesos de elaboración de alimentos y bebidas*. Madrid, España: AMV Ediciones.
- Secretaría del Medio Ambiente. (2001). *El PET y su situación actual en el D.F.*, *Secretaría del Medio Ambiente*. Distrito Federal.
- SEMARNAT. (2009). *¿Y el medio ambiente? Problemas en México y el mundo*. SEMARNAT.
- Tangri, N. (2005). *BVSDE*. Recuperado el 7 de junio de 2012, de Biblioteca Virtual de Desarrollo Sostenible y Salud Ambiental: <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd37/increstm.pdf>
- Tecnología de los Plásticos. (30 de mayo de 2011). *Tecnología de los Plásticos*. Recuperado el 9 de noviembre de 2012, de <http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.mx/2011/05/proceso-de-reciclaje-del-pet.html>

Universidad Ibero Americana. (9 de Septiembre de 2008). *Universia México*. Recuperado el 24 de mayo de 2010, de <http://noticias.universia.net.mx/vida-universitaria/noticia/2008/09/09/19902/ingenieros-ibero-desarrollan-tecnologia-afinity-reciclar-pet.html>

Waste- Naturaleza Ciencia y Medio Ambiente. (2011). Recuperado el 18 de diciembre de 2011, de <http://waste.ideal.es/recicladoplastico.htm>