

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y TEXTIL**



**ESTUDIO INTEGRAL Y DISEÑO PRELIMINAR PARA LA
IMPLEMENTACIÓN DE UNA LÍNEA DE PROCESAMIENTO DE
MATERIAL RECICLABLE PLÁSTICO TIPO PET EN EL MARCO
DE UN PLAN DE MANEJO MUNICIPAL SELECTIVO DE
RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS**

TESIS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO QUÍMICO

PRESENTADO POR:

**JOSÉ CARLOS LAMA BUSTINZA
RENZO LEONARDO MATOS VÁSCONES**

LIMA – PERU

2004

DEDICATORIAS

A Maggy, el ser más espectacular y dulce que conozco...
A Ilich, mi referente de más alta calidad personal...
A César, por la profunda exquisitez espiritual y analítica...
A los tres... por haber sido siempre el mejor universo de formación...

A mis padres y hermana por su constante apoyo y confianza...
A mis familiares y amigos, por su preocupación y aliento...

INDICE GENERAL

| | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| RECONOCIMIENTOS..... | 11 |
| RESUMEN..... | 12 |
| ENUNCIADO DE TESIS | 13 |
| INTRODUCCIÓN..... | 14 |
| JUSTIFICACION..... | 16 |
| OBJETIVOS..... | 20 |
| METAS..... | 21 |
| | |
| 1. CAPITULO 1: CONCEPTOS BASICOS | |
| 1.1. Gestión de Residuos Sólidos | 22 |
| 1.1.1. Definición de Residuos Sólidos..... | 22 |
| 1.1.2. Gestión de Residuos Sólidos..... | 22 |
| 1.1.3. Clasificación de los Residuos Sólidos..... | 24 |
| 1.1.3.1. Clasificación por origen (de acuerdo a nuestra normativa)..... | 24 |
| 1.1.3.2. Clasificación por Biodegradabilidad | 25 |
| 1.1.4. Propiedades físicas de los Residuos Sólidos Urbanos ... | 27 |
| 1.1.5. Riesgos y Beneficios asociados al manejo de los residuos sólidos | 28 |
| 1.1.5.1. Manejo Negativo | 28 |
| 1.1.5.2. Manejo Positivo | 29 |
| 1.1.6. Indicador de Generación de Residuos Sólidos | 30 |
| | |
| 1.2. Análisis de la problemática Ambiental Mundial de los Residuos Sólidos Municipales (RSM) | 31 |
| 1.2.1. Cambios en los RSM en países industrialmente desarrollados. | 31 |
| 1.2.2. Situación del Manejo de RSM en América Latina y el Caribe (ALC) | 32 |

| | | |
|-------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 1.3. | Análisis del Manejo de Residuos Sólidos en el Perú. | 36 |
| 1.3.1. | Aspectos Institucionales | 36 |
| 1.3.2. | Aspectos Técnicos | 37 |
| 1.3.3. | Aspectos Económico – Financieros | 40 |
| 1.3.4. | Aspectos de Salud y Ambiente | 41 |
| 1.3.5. | Aspectos Socio – Culturales | 43 |
| 1.4. | El Pet y los plásticos | 44 |
| 1.4.1. | Descripción de los Principales Plásticos | 44 |
| 1.4.2. | El Pet. Características Físicas y Químicas | 46 |
| 1.4.3. | Obtención del polímero Pet | 49 |
| 1.4.4. | Aplicaciones del Pet virgen | 55 |
| 1.4.4.1. | Pet de grado Textil | 55 |
| 1.4.4.2. | Pet de grado botella | 56 |
| 1.4.4.3. | Pet de grado Film | 57 |
| 1.4.5. | El Reciclaje de envases Pet. Aplicaciones. | 58 |
| 1.4.5.1. | Reciclado Mecánico | 59 |
| 1.4.5.2. | Reciclado Químico | 60 |
| 1.4.5.3. | Aprovechamiento Energético | 62 |
| 1.4.5.4. | Aplicaciones del Pet Reciclado mecánicamente | 63 |
| 1.4.5.5. | Problemática del Manejo de Plásticos post-consumo tipo Pet. | 64 |
| 2. | CAPÍTULO 2: GUÍA PRÁCTICA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE MANEJO SELECTIVO DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS. | |
| 2.1. | Introducción | 66 |
| 2.1.1. | El Proceso del Diseño del Plan | 66 |
| 2.2. | Primera Etapa: Concepción integral del Plan | 67 |
| 2.2.1. | Lineamientos Técnicos | 68 |
| 2.3. | Segunda Etapa: Diagrama de Flujo del Plan | 72 |
| 2.4. | Tercera Etapa: Diagnóstico pluridisciplinario del plan..... | 74 |
| 2.4.1. | Diagnóstico Socioeconómico..... | 74 |
| 2.4.2. | Diagnóstico Técnico Operativo..... | 74 |
| 2.4.3. | Estudio de Mercado | 74 |
| 2.4.4. | Diagnóstico Económico | 76 |

| | | |
|-------------|----------------------------------------------------------------------|------------|
| 2.4.5. | Diagnóstico Administrativo – Legal | 76 |
| 2.4.6. | Recomendaciones y Conclusiones | 78 |
| 2.4.6.1. | Sobre la Naturaleza del Recojo | 78 |
| 2.4.6.2. | Sobre la Administración | 83 |
| 2.5. | Cuarta Etapa: Elaboración de los Programas del plan | 85 |
| 2.5.1. | Programas Piloto | 87 |
| 2.5.2. | Programa Educativo | 87 |
| 2.5.2.1. | Lineamientos técnicos | 88 |
| 2.5.3. | Programa de Recojo Selectivo | 90 |
| 2.5.3.1. | Lineamientos Técnicos | 91 |
| 2.5.3.2. | Indicadores de Eficiencia de Operación | 93 |
| 2.5.3.3. | Implementación de Centros de Recolección Selectiva ... | 93 |
| 2.5.3.4. | Elección de Vehículos de Recojo | 94 |
| 2.5.3.5. | Recolección por Contenedor | 95 |
| 2.5.4. | Programas de Reaprovechamiento | 95 |
| 2.5.4.1. | Planta de Procesamiento de Residuos Sólidos | 96 |
| 2.5.4.2. | Operaciones con Residuos Sólidos Inertes | 97 |
| 2.5.4.2.1. | Reducción de Tamaño | 97 |
| 2.5.4.2.2. | Separación por tamaño | 98 |
| 2.5.4.2.3. | Separación por densidad | 98 |
| 2.5.4.2.4. | Lavado y Secado del Material | 98 |
| 2.5.4.2.5. | Separación por Campo Eléctrico y Magnético ... | 98 |
| 2.5.4.2.6. | Densificación (Compactación) | 99 |
| 2.5.4.2.7. | Manipulación de Materiales | 99 |
| 2.5.5. | Programas de Eliminación Controlada | 99 |
| 2.5.5.1. | Rellenos Sanitarios | 99 |
| 2.5.5.2. | Incineración Controlada | 101 |
| 2.5.6. | Programa Administrativo-Comercial | 102 |
| 2.5.6.1. | Lineamientos técnicos | 102 |
| 2.6. | Quinta Etapa: Análisis Económico | 103 |
| 2.6.1. | Estructura de Costos implicados en el plan | 103 |
| 2.6.1.1. | Costos de Diagnóstico – Programas Piloto. | 104 |
| 2.6.1.2. | Costos de Programa Educativo | 104 |
| 2.6.1.3. | Costos de Recojo Selectivo | 105 |
| 2.6.1.4. | Costos de Procesamiento – Eliminación Controlada ... | 105 |
| 2.6.1.5. | Gastos Administrativos | 106 |
| 2.6.1.6. | Análisis Económico Integral | 106 |
| 2.7. | Sexta Etapa: Optimización y Control de Cambios del Plan | 106 |
| 2.7.1. | Lineamientos Técnicos | 107 |
| 2.8. | Séptima Etapa: Implementación del Plan | 108 |

| | | |
|-------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 2.8.1. | Lineamientos Técnicos | 108 |
| 3. | CAPÍTULO 3: IMPLEMENTACIÓN DE LA LÍNEA DE PROCESAMIENTO DE RESIDUOS PLÁSTICOS TIPO PET. | |
| 3.1. | Introducción | 110 |
| 3.2. | Influencia de los Programas Previos a la Línea de Procesamiento de Pet Reciclado | 111 |
| 3.2.1. | Programa Educativo Comunitario – Separación en Origen .. | 111 |
| 3.2.2. | Recolección y Transporte del material reciclable | 111 |
| 3.2.3. | Obtención y control de data del Proceso Integral | 113 |
| 3.3. | Esquema Básico del Proceso..... | 116 |
| 3.3.1. | Diagrama de flujo de la línea de procesamiento | 117 |
| 3.3.2. | Pautas para el diseño de los Equipos involucrados | 117 |
| 3.3.2.1. | Balance de materia del proceso de obtención del material pet molido. | 117 |
| 3.3.2.2. | Asunciones | 117 |
| 3.3.2.3. | Descripción de los equipos del proceso | 119 |
| 3.3.3. | Evaluación Económica | 125 |
| 3.3.3.1. | Cálculo de costos de inversión | 125 |
| 3.3.3.2. | Cálculo de Costos de la Gestión – Implementación del plan | 126 |
| 3.3.3.3. | Cálculo de costos de procesamiento | 126 |
| 3.3.3.4. | Análisis de Rentabilidad | 126 |
| 3.3.3.5. | Optimización Económica | 126 |
| 4. | CAPÍTULO 4: MERCADO Y APLICACIONES DEL PLÁSTICO MOLIDO TIPO PET | |
| 4.1. | Análisis del entorno | 127 |
| 4.1.1. | Análisis FODA del sector industrial de Pet y los plásticos.... | 127 |
| 4.2. | Requerimientos técnicos del producto comercializable | 129 |
| 4.3. | Investigación e Identificación del Mercado. | 131 |
| 4.3.1. | Mercado Internacional. Aplicaciones..... | 134 |
| 4.3.2. | Mercado Local. Aplicaciones | 136 |
| 4.3.2.1. | Empresas que consumen Pet virgen | 136 |

| | | |
|-------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 4.3.2.2. | Principales focos de Mercado de Pet a nivel nacional ... | 137 |
| 4.3.2.3. | Principales comercializadores de Pet reciclado a nivel local (Lima) | 138 |
| 4.4. | Recomendaciones para el Estudio de Mercado. | 142 |
| 5. | CAPÍTULO 5: PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE UNA LINEA DE PROCESAMIENTO DE PET RECICLADO EN EL MARCO DE UN PLAN DE MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS: CASO MUNICIPALIDAD DE SANTIAGO DE SURCO | |
| 5.1. | Introducción | 143 |
| 5.2. | Datos del Distrito | 144 |
| 5.3. | Manejo actual de Residuos Sólidos en la Municipalidad de Santiago de Surco | 144 |
| 5.4. | Implementación del Plan de manejo selectivo de residuos sólidos de la Municipalidad de Santiago de Surco. | 146 |
| 5.4.1. | Primera Etapa: Concepción Integral del Plan | 146 |
| 5.4.2. | Segunda Etapa: Desarrollo del Diagrama del Flujo del Plan | 148 |
| 5.4.3. | Tercera Etapa: Diagnóstico Pluridisciplinario del plan | 148 |
| 5.4.3.1. | Diagnóstico Socioeconómico | 148 |
| 5.4.3.2. | Diagnóstico Técnico – Operativo | 149 |
| 5.4.3.3. | Estudio de Mercado | 152 |
| 5.4.3.4. | Diagnóstico Económico | 152 |
| 5.4.3.5. | Diagnóstico Administrativo – Legal | 153 |
| 5.4.4. | Cuarta Etapa: Elaboración de los programas del plan | 154 |
| 5.4.5. | Quinta Etapa: Análisis Económico | 155 |
| 5.4.6. | Sexta Etapa: Estrategias de Optimización | 155 |
| 5.4.7. | Séptima Etapa: Estrategias de implementación. | 155 |
| 5.5. | Análisis Previo a la Implementación de la línea de procesamiento de pet reciclado | 156 |
| 5.5.1. | Marco Legal Vigente | 156 |
| 5.5.2. | Marco Comercial | 158 |
| 5.6. | Diseño Básico de la línea de Procesamiento de Pet Reciclado ... | 158 |
| 5.6.1. | Hoja de Cálculo: Diseño y Costeo de la línea de procesamiento de PET reciclado | 159 |
| 5.6.2. | Datos iniciales del distrito | 159 |

| | | |
|------------|-----------------------------------------------------------|-----|
| 5.6.3. | Pruebas Preliminares | 160 |
| 5.6.3.1. | Caracterizaciones realizadas al material segregable | 160 |
| 5.6.3.2. | Composición de Botellas Pet a recoger..... | 161 |
| 5.6.4. | Ingreso por ventas | 161 |
| 5.6.4.1. | Precio del producto por tonelada | 161 |
| 5.6.4.2. | Ahorro por tonelada | 162 |
| 5.6.5. | Inversión | 162 |
| 5.6.5.1. | Inversión Directa | 162 |
| 5.6.5.1.1. | Diseño de Equipos | 163 |
| 5.6.5.1.2. | Costeo de Equipos e instalación | 165 |
| 5.6.5.2. | Inversión indirecta | 165 |
| 5.6.5.3. | Depreciación | 166 |
| 5.6.6. | Costos | 166 |
| 5.6.6.1. | Costos Directos | 167 |
| 5.6.6.2. | Costos Indirectos | 167 |
| 5.6.6.3. | Gastos Administrativos | 168 |
| 5.6.6.4. | Gastos de Ventas | 168 |
| 5.6.7. | Planeamiento | 168 |
| 5.6.7.1. | Horizonte de Planeamiento | 168 |
| 5.6.7.2. | Tendencia de Crecimiento | 168 |
| 5.6.8. | Estado de ganancias y pérdidas proyectado | 168 |
| 5.6.9. | Flujo de Caja Proyectada | 169 |
| 5.6.10. | Indicadores de rentabilidad | 169 |

| | |
|---------------------------|------------|
| CONCLUSIONES | 170 |
|---------------------------|------------|

INDICE DE ANEXOS

1. ANEXO 1: LEGISLACIÓN AMBIENTAL PERUANA

| | |
|--------------------------------------------------------------|------------|
| 1.1. Análisis del Marco Legal Ambiental Peruano | 176 |
|--------------------------------------------------------------|------------|

2. ANEXO 2: NORMATIVA TÉCNICA

| | |
|---------------------------------------------------------------------------|------------|
| 2.1. Norma Técnica 1: Muestro – Método del Cuarteo | 194 |
| 2.2. Norma Técnica 2: Peso Volumétrico In – Situ | 198 |
| 2.3. Norma Técnica 3: Selección y Cuantificación de Productos | 201 |

| | | |
|------|---------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 2.4. | Norma Técnica 4: Preparación de Muestras en Laboratorio para el Análisis | 204 |
| 2.5. | Determinación de Humedad | 206 |
| 2.6. | Determinación de pH – Método Potenciométrico | 209 |
| 2.7. | Determinación de Cenizas | 211 |

3. ANEXO 3: INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

| | | |
|------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 3.1. | Sobre el Recojo Selectivo | 214 |
| 3.2. | Resumen Descriptivo de Tecnologías de Planta de Tratamiento de Residuos Sólidos | 222 |
| 3.3. | Pruebas de Control de Calidad de Pet Reciclado | 225 |
| 3.4. | Análisis de la demanda Mundial de Pet Reciclado | 236 |
| 3.5. | Reciclado Químico – Metanólisis: Proceso Petretec..... | 252 |
| 3.6. | Relación de los Principales Plásticos y Aditivos en aquellas empresas que participan en el Índice del Volumen Físico en la fabricación de Productos Plásticos | 255 |

4. ANEXO 4: DISEÑO DE EQUIPOS

| | | |
|------|-----------------------------------------------------|------------|
| 4.1. | Balance de Materia | 257 |
| 4.2. | Composición de Botellas Pet a Segregar | 263 |
| 4.3. | Almacén Inicial | 265 |
| 4.4. | Faja Transportadora | 266 |
| 4.5. | Molino | 268 |
| 4.6. | Ciclón | 271 |
| 4.7. | Flotación | 275 |
| 4.8. | Transportador de Tornillo Sin Fin | 278 |
| 4.9. | Lavadora | 281 |

| | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 4.10. Centrifuga | 284 |
| 4.11. Secadora | 286 |
| 4.12. Recipiente de Almacenamiento Final | 295 |
| 4.13. Sistema de Empaque | 296 |
| | |
| 5. ANEXO 5: PROGRAMA APLICATIVO EN HOJA DE CÁLCULO | |
| | |
| 5.1. Hoja de Cálculo: Diseño y Costeo de una línea de Procesamiento de Pet recuperado en una Gestión de Residuos Sólidos Municipales. Caso: Santiago de Surco | 298 |
| | |
| BIBLIOGRAFIA | 170 |

RECONOCIMIENTOS

Nuestro más alto reconocimiento y agradecimiento a la Sub – dirección de Control Ambiental de la Municipalidad de Santiago de Surco en la persona de la Lic. Liliana Bandenay Egoavil, por la confianza, apoyo y consideración otorgada durante el desarrollo del presente estudio.

Asimismo, a la empresa de manufactura de fibras textiles Gexim S.A.C. en la persona de Vincenzo Gelmi quien muy amablemente nos abrió las puertas de su empresa, lo que nos permitió verificar procedimientos y realizar pruebas con el material estudiado.

Nuestro especial agradecimiento a nuestro asesor, el Ing. Gilberto García, por su elevada calidad personal y profesional, por la paciencia y el apoyo brindado en estos últimos meses y a nuestra casa de estudios por la formación otorgada para poder desarrollar este Estudio.

Nunca terminaríamos de agradecer a nuestras familias, a nuestros compañeros y amigos por el afecto recibido. Agradecemos muy especialmente a nuestros compañeros y mejores amigos Renato Menéndez por su aporte profesional en el presente estudio y Sandra Cancino por su invaluable apoyo personal.

Esperando que este Estudio logre los objetivos y metas planteadas, agradecemos a los gestores que emplearán el mismo como instrumento para el desarrollo y mejora de la calidad de vida de sus comunidades.

Los Autores

.RESUMEN

Se presenta el Diseño de una línea de procesamiento de PET (polietilen-tereftalato) post-consumo, segregado en origen y promovido en un plan de Manejo Municipal de Residuos Sólidos, cuya aplicación está dirigida a comunidades urbanas o regiones del país con determinadas características (descritas en el estudio); estas facilitarán al lector el establecimiento del costeo aproximado y las características requeridas de los equipos y del proceso a implementar con el ingreso de data (en una Hoja de Cálculo Interactiva adjunta a este estudio) obtenida del propio flujo de residuos, producto de pruebas previas sugeridas en el estudio.

El diseño de la línea de procesamiento y la evaluación económica presentadas son aplicables para rangos lo suficientemente amplios para que la decisión de implementarla sea tan flexible que la pueda manejar un solo gobierno municipal, o que se promuevan probables alianzas entre gobiernos locales o regionales para el procesamiento del material estudiado, de acuerdo a los flujos que se manejen y a los distintos factores de riesgo descritos posteriormente.

Se establecen: conceptos relacionados a la gestión de residuos sólidos, tecnologías actuales aplicables al procesamiento del material estudiado, análisis de legislación ambiental peruana, pautas y recomendaciones para el manejo de planes integrales de gestión de residuos sólidos, además de un análisis actual del mercado del material en mención tanto a nivel nacional como mundial, y pautas de evaluación económica de proyectos de este tipo.

Finalmente, se propone y desarrolla un proyecto sobre el diseño de una planta de procesamiento de residuos plásticos tipo Pet recuperado, tomando en consideración las características del programa de manejo de residuos sólidos inertes que actualmente lleva a cabo la Municipalidad de Santiago de Surco, realizándose además la evaluación económica aproximada del mismo y las respectivas recomendaciones de implementación.

ENUNCIADO DE LA TESIS:

***“Pueden lograrse amplios beneficios ambientales,
sociales y económicos con la implementación de
una línea de procesamiento de Pet recuperado
en un Plan Municipal de Manejo Integral
de Residuos Sólidos Urbanos”***

INTRODUCCION

La protección del entorno ambiental es lo que en gran parte motiva el desarrollo de este estudio. El aprovechamiento de los materiales que aparentemente carecen de valor, la disminución del impacto negativo que sobre el equilibrio ejerce el hombre y la revalorización del espacio físico habitable, son los principales argumentos del mismo.

El interés por establecer pautas precisas para la implementación de un plan de este tipo para uso de gobiernos locales o regionales y su discusión para que pueda servir como inicio para una normativa nacional ambiental, acorde a nuestra realidad y relacionada al tema del procesamiento adecuado de residuos reciclables, son también motivo de esta investigación.

Se realizará inicialmente una definición de los conceptos básicos sobre la gestión urbana de residuos sólidos, así como una descripción de la problemática ambiental, tanto a nivel global como local. La comparación entre el material virgen del polietileno - tereftalato (PET) y el material reciclado del mismo será importante para diferenciar propiedades y aplicaciones.

La investigación de mercado y de las aplicaciones potenciales del material reciclado, tanto a nivel local como internacional, nos permitirá definir los parámetros de calidad tanto del producto terminado como del proceso, así como la minimización del impacto ambiental del mismo.

Se realizará el diseño preliminar de una planta de procesamiento de material plástico recuperado tipo Pet, así como un modelo de costeo tanto de la implementación del proceso en mención como pautas para la planificación de costeo de un plan integral.

Buena parte de la información adquirida en el tema se logró tomando como base la experiencia obtenida en la Municipalidad de Santiago de Surco. El programa de segregación de residuos sólidos que actualmente lleva a cabo nos ha permitido cuantificar, así como demostrar, que la implementación de una línea de procesamiento de plásticos tipo PET sería recomendable desde el punto de vista ambiental, social y económico.

Algunas pruebas experimentales se llevaron a cabo con muestras del proceso de la empresa Gexim S.A., dedicada a la manufactura de fibras sintéticas a base del material plástico recuperado.

Se espera que los procedimientos aquí descritos encuentren eco en la colectividad, pues se podrán implementar los mismos (con la adecuación respectiva) en cualquier comunidad, tanto en el país como en la región, y cumplir de manera similar los objetivos descritos inicialmente con un sustento legal y una normativa jurídica que enmarque y dé pautas a cualquier plan de manejo de residuos sólidos urbanos.

JUSTIFICACIÓN

Es conocida la problemática mundial ambiental originada desde el momento en que por primera vez el ser humano intervino en el equilibrio natural existente. Se entiende que, actualmente, donde el hombre en sociedad se desarrolle, generará un impacto ambiental negativo por las actividades que realiza. Tiene sentido por lo tanto, que el ser humano proponga permanentemente soluciones a los problemas que él esté originando, pues los efectos se están percibiendo.

La recuperación de los recursos naturales deteriorados, se ha transformado en política oficial en la mayoría de los países desarrollados debido al alto costo de manejo de desechos y a la conveniencia de recuperar todo el valor que estos puedan tener. Para los funcionarios urbanos de países en vías de desarrollo como el nuestro, la gestión de los desechos sólidos municipales sigue siendo un problema, entre otras cosas por el uso de recursos que consumen un buen porcentaje del presupuesto municipal, llegando en algunos casos al 40%. Por ello, los recursos asignados rara vez son suficientes. Los niveles de recojo de desechos urbanos son inadecuados, pues grandes segmentos de la población son solo parcialmente atendidos. Una buena gestión municipal en cualquier espacio urbano consistirá en brindar el servicio de calidad a toda la ciudad evitando marginar zona alguna.

Si analizamos la realidad peruana nos daríamos cuenta que el tratamiento del tema Ambiental, aunque se haya estado tocando con cierto énfasis hace más de 10 años, es disperso y desordenado.

Existe un marco legal ambiental vigente pero no guarda una óptima relación ni marca las pautas necesarias con la realidad de un país como el nuestro. Estos procedimientos de prevención, reducción y aprovechamiento de residuos sólidos no están manejándose a nivel nacional, sino más bien de manera aislada y piloto. En lo referente a la gestión de residuos sólidos existe actualmente a nivel de Lima Metropolitana un reglamento que la norma, y aunque es un gran avance en legislación, presenta ciertos vacíos y dificultades de aplicación y adecuación pues no contempla plazos de ejecución coherentes.

La Constitución Política del Perú en su artículo 67° muy claramente dice: “el Estado determina la Política Nacional del Ambiente”. El Código del Medio Ambiente y Recursos Naturales en su Art. I expresa: “es obligación del Estado mantener la calidad de vida de las personas a un nivel compatible con la dignidad humana. Le corresponde prevenir y controlar la contaminación ambiental y cualquier proceso de deterioro o depredación de los recursos naturales que pueda interferir en el normal desarrollo de toda forma de vida y de la sociedad. Las personas están obligadas a contribuir y colaborar inexcusablemente con estos propósitos”. Por lo anterior, nos corresponde aportar como profesionales brindando alternativas de reducción de impacto ambiental negativo que ejercemos por actividades que inevitablemente seguiremos realizando. Deberá existir por lo tanto un planteamiento de aplicación nacional a discutirse.

El problema que enfrentamos entonces presenta triple naturaleza: económica, social y ambiental. Es económica, pues buena parte de los residuos sólidos que generamos poseen algún

valor de cambio, y pagamos por enviarlos a rellenos sanitarios como si no lo tuvieran. Estos rellenos sanitarios ocupan espacio. El espacio cuesta y si seguimos sin darle un adecuado tratamiento a estos residuos necesitaremos más espacio que estamos quitando a probables asentamientos humanos. Se estaría creando un problema social que se añade al desigual tratamiento cuando de Gestión de Residuos se habla en una ciudad, pues los que viven en tugurios urbanos congestionados son los mas afectados. El problema ambiental está íntimamente ligado a lo anterior pues se da en el momento en que se altera el equilibrio ecológico y el ser humano termina afectando el propio medio donde se desenvuelve por un mal manejo de los desechos que genera, además de excesivo consumo de recursos renovables y no renovables.

Lo anterior nos lleva al punto de encontrar una aplicación práctica que persiga el logro de beneficios ambientales y socioeconómicos a partir de la recuperación de recursos y el reciclaje de desechos, tales como: la creación de empleo (calificado y no calificado), productos comercializables para nuevos mercados, disminución de contaminación ambiental, reducción de las importaciones, el aumento de la productividad agrícola por la reutilización de desechos orgánicos entre otros.

El reciclaje permite conservar y usar la energía, los materiales y los productos. El material escogido para el siguiente estudio es el plástico tipo PET que forma parte del flujo normal de residuos sólidos que cualquier comunidad urbana genera. Se escogió este material por varios motivos: por su importante presencia en peso (aprox. 1%) en el Flujo de Residuos, por la limpieza de su tratamiento, por su tendencia creciente de consumo local y mundial,

por los insumos que requiere para su manufactura (recursos naturales perecibles), por la reducción de volúmenes de desechos a disponer en rellenos sanitarios y por las aplicaciones interesantes que se conocen de su procesado en el extranjero. Sin embargo, se requerirá realizar una exploración tanto a nivel local como internacional para conocer sus respectivas aplicaciones.

Se realizarán pruebas y proyecciones con el material existente en el distrito de Santiago de Surco contemplado en su Programa de Manejo Selectivo de Residuos Sólidos y con la Empresa Gexim S.A. (dedicada a la manufactura de fibras sintéticas a partir de Pet recuperado). De acuerdo a ello se realizará un diseño preliminar de procesamiento para la obtención de un producto con calidad de exportación. Finalmente, se buscará que toda la ingeniería del producto sea aplicable a cualquier comunidad urbana del país con las características descritas en el presente estudio alcanzando sostenibilidad ambiental y económica.

OBJETIVOS

- *Promover la recuperación y procesamiento de materiales reciclables en zonas urbanas facilitando la labor de los gestores ambientales para un adecuado manejo de residuos sólidos en un plan municipal.*
- *Reducir el impacto ambiental por un mal manejo de residuos sólidos y un exceso de consumo de recursos naturales no renovables.*
- *Promover alianzas estratégicas para el procesamiento de residuos sólidos reciclables por parte de los gobiernos locales.*
- *Promover la manufactura de fibras textiles sintéticas, así como otras aplicaciones en base a plástico molido recuperado tipo Pet por empresas nacionales.*
- *Fomentar la formalización del Sector de manejo de Residuos Sólidos brindando puestos de trabajo con condiciones laborales adecuadas.*

METAS

- *Proponer una guía de orientación a los gobiernos locales o regionales que les facilite una adecuada planificación del manejo de residuos sólidos domiciliarios.*
- *Promover en el país la disminución del impacto ambiental de los residuos sólidos urbanos hasta en un 70%.*
- *Alcanzar rentabilidad económica en la partida de manejo de residuos sólidos en cualquier comunidad, implementando planes de manejo de residuos recuperables.*
- *Dejar lineamientos técnico – económicos establecidos para la elaboración de un proyecto de procesamiento de residuos plásticos tipo Pet.*
- *Servir de fuente de consulta permanente en gobiernos locales y/o regionales así como punto de partida de la elaboración de normativa legal ambiental referente al procesamiento de material plástico reciclado y sus posibles aplicaciones.*

CAPÍTULO 1

CONCEPTOS BÁSICOS

1.1 GESTIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS.

1.1.1 DEFINICIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS

Los residuos sólidos son materiales sólidos o semisólidos que habiendo cumplido una finalidad, y no teniendo valor o utilidad aparente, se desechan. Estos materiales generaron un costo de compra, y generarán un costo de disposición. El tiempo de degradación material de los mismos, en un buen porcentaje, es bastante largo, acumulándose en el suelo, subsuelo o cuerpos de agua superficiales o subterráneos, contaminándolos.

El tratamiento aplicable a cada tipo de residuo dependerá de su composición, su procedencia, la legislación vigente, la disponibilidad económica, el mercado y las tecnologías existentes. Se deben presentar dos alternativas cuando se manejan residuos sólidos urbanos: el reaprovechamiento y la eliminación controlada.

1.1.2 GESTIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS

Es el conjunto de procedimientos y políticas que conforman el sistema de manejo de los residuos sólidos. La meta es realizar una gestión que sea ambiental, técnica y económicamente adecuada. Se deberán considerar todas las actividades involucradas, desde la generación de los mismos hasta su evacuación final y reaprovechamiento.

Las actividades asociadas al manejo de residuos sólidos pueden ser agrupadas en siete elementos funcionales, que conforman un sistema interrelacionado de acuerdo a la Figura 1.1.

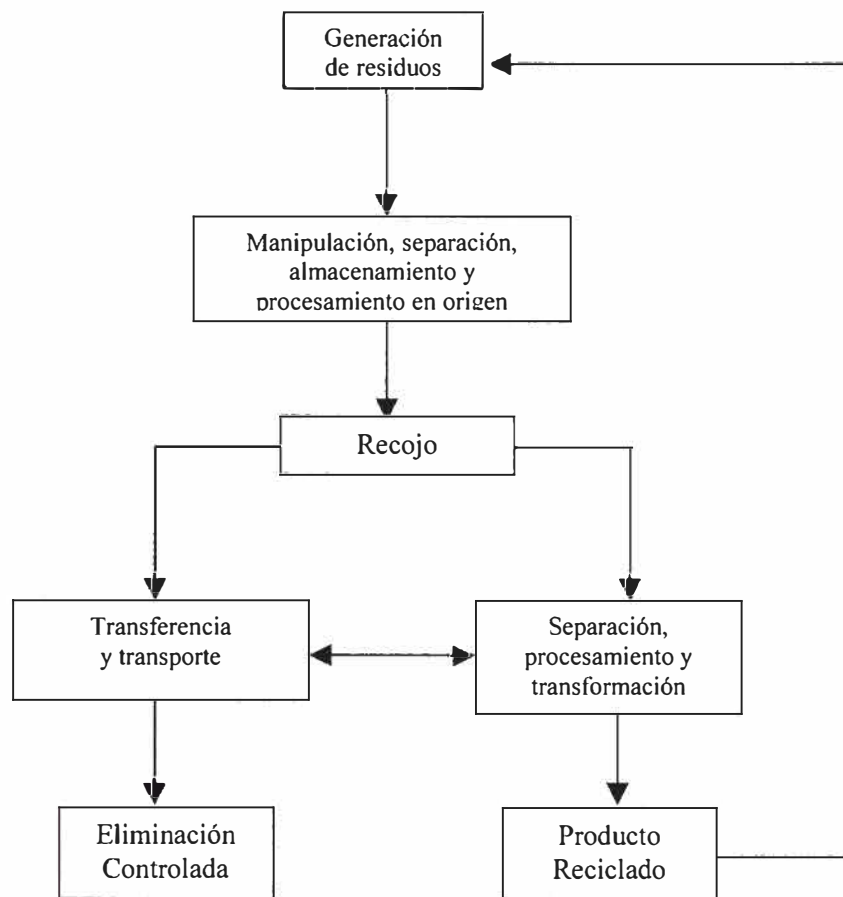


Figura 1.1. Diagrama simplificado de las interrelaciones entre los elementos Funcionales de un sistema de gestión de residuos sólidos.

- **Generación de residuos:** Aquí se genera material con o sin ningún valor de cambio y se decide el tipo de destino que tendrá.
- **Manipulación de residuos y separación, almacenamiento y procesamiento en el origen:** Aquí se incluye el empaque de los residuos, su movimiento hasta el punto de recojo, la segregación de materiales reutilizables o reciclables y de residuos peligrosos, y las actividades de compactación y compostaje a escala doméstica.

- **Recojo:** Incluye además su transporte hasta una estación de transferencia, planta de tratamiento o vertedero. Esta actividad implica grandes costos para la entidad administrativa, debido a las grandes distancias que es necesario recorrer hasta el punto de evacuación.
- **Separación, procesamiento y transformación de residuos sólidos:** Es el conjunto de operaciones de valor agregado para los residuos que van a evacuarse o procesarse.
- **Producto Reciclado:** Residuo sólido procesado que puede ser utilizado en la misma actividad y/o en otra aplicación. Se vuelve a convertir en un agente generador de residuos sólidos.
- **Transferencia y transporte:** Desde un vehículo de recojo pequeño hasta un medio de transporte más grande (en una estación de transferencia) y su transporte subsiguiente a un lugar de procesamiento o evacuación.
- **Eliminación Controlada:** Se realiza mediante rellenos sanitarios controlados o por extensión en superficie, o incineradores controlados (instalaciones que eviten los peligros para la salud pública).

1.1.3 CLASIFICACION DE RESIDUOS SÓLIDOS

Los residuos sólidos se pueden clasificar de varias formas. Se menciona las siguientes clasificaciones: *por origen y por característica*.

1.1.3.1 Clasificación por origen (de acuerdo a nuestra normativa¹)

- **Residuo Domiciliario:** varía en función de factores culturales asociados a los niveles de ingreso, hábitos de consumo, desarrollo tecnológico y estándares de calidad de vida de la población.

¹ Ver Anexo 1 – Ley General de Residuos Sólidos. Ver Art. 18°.

- **Residuo industrial:** Será función de la tecnología del proceso productivo, calidad de materias primas o productos intermedios, combustibles utilizados, envases y embalajes del proceso.
- **Residuo Comercial:** Estará en función del tipo de actividad que se realice. Estará fundamentalmente constituido por material de oficina.
- **Residuo de Limpieza de Espacios Públicos:** Producto de la acción de barrido o recojo en vías públicas.
- **Residuo de las Actividades de Construcción:** Constituidos por residuos producto de demoliciones o construcciones.
- **Residuo Agropecuario:** De actividades de manejo del campo y del ganado.
- **Residuo de Establecimiento de atención de Salud:** Son generados como resultado de tratamiento, diagnóstico o inmunización de humanos o animales.
- **Residuo de Instalaciones o Actividades Especiales:** Residuos que no pueden asignarse a ninguno de los tipos anteriores.

1.1.3.2 Clasificación por Biodegradabilidad²

- **Residuo Sólido Orgánico:** Son residuos domiciliarios compuestos de materia orgánica y que tienen un tiempo de descomposición bastante menor que los inorgánicos. Ejemplo de estos son los restos de cocina, maleza, de jardín, etc.

² Clasificación adoptada por los autores para simplicidad en el manejo de residuos sólidos domiciliarios. Entiéndase por Biodegradabilidad como el tiempo de descomposición o degradación de un residuo sólido

- **Residuo Sólido Inerte³**: Residuos domiciliarios prácticamente estables en el tiempo, los cuales no producirán efectos ambientales apreciables al interactuar en el medio, salvo el espacio ocupado. Algunos presentan valor de cambio (plásticos, vidrios, papel, etc.) y otros no (descartables, espuma sintética, etc.).
- **Residuo Sólido Especial**: Son residuos que por su naturaleza son inherentemente peligrosos de manejar y/o disponer y pueden causar muerte o enfermedad. Entre los principales tenemos del tipo domiciliario: agujas, jeringas, pilas; del tipo no domiciliario tenemos: los hospitalarios, las cenizas producto de combustiones diversas, industriales, etc.

A continuación, se mostrará el tiempo de degradación de algunos residuos domiciliarios, tanto de los residuos orgánicos como los inertes.

| Residuo Sólido | Tiempo de Degradación |
|-----------------------|------------------------------|
| Restos de comida | 3 meses |
| Papel | 1 año |
| Plásticos | 200 a 450 años |
| Metales | 500 años |
| Vidrios | 1 000 000 años |
| Pilas | 1000 años |

³ Inerte o Inorgánico: residuo de naturaleza inorgánica o residuo que puede tener materia estructuralmente orgánica, como el papel o los plásticos, pero que por similitud en el manejo (por su tiempo de degradación principalmente) se les asocia de naturaleza inorgánica

1.1.4 PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS

*Humedad*⁴

Es una característica importante para los procesos a que puede ser sometida la basura. Se determina generalmente pesando una muestra antes y después de hacerla ingresar a un horno. La diferencia será la humedad retirada (un porcentaje del total inicial).

$$\text{Humedad} = \frac{\text{Peso}_{\text{Inicial}} - \text{Peso}_{\text{Final}}}{\text{Peso}_{\text{Inicial}}} \cdot 100$$

Se expresa en porcentaje

Si el denominador es $\text{Peso}_{\text{Inicial}}$, se habla de humedad en base húmeda

Si el denominador es $\text{Peso}_{\text{Final}}$, se habla de humedad en base seca

Poder calorífico

Se define como la cantidad de calor que puede entregar un cuerpo. Se mide en unidades de energía por masa [cal/gr], [Kcal/kg], [BTU/lb], utilizando un calorímetro para analizar las *muestras tomadas*⁵.

$$PC = n_0 PC_0 + n_1 PC_1 + \dots + n_n PC_n$$

en donde

n_i = Porcentaje en peso del componente

PC_i = Poder calorífico de i

Ejemplo : PC plástico es de 9000 (cal/gr), madera 5000 – 6000 (cal/gr)

^{4,5} Ver Anexo 2 – Normativa Técnica

Densidad⁶

La densidad de los residuos sólidos depende de su constitución y humedad, este valor se debe medir para tener un valor más preciso. Se deben distinguir valores en distintas etapas del manejo, como la *densidad suelta* (densidad en el origen), *densidad transporte* (depende de si el camión es compactador o no) y *densidad residuo dispuesto en relleno* (después de asentado y estabilizado el sitio).

Asimismo, existe normativa técnica para la *determinación de pH*⁷ de muestras de residuos sólidos, así como para la *determinación de cenizas*⁸ presentes.

1.1.5 RIESGOS Y BENEFICIOS ASOCIADOS AL MANEJO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS.

1.1.5.1 Manejo negativo

a) *Enfermedades provocadas por vectores sanitarios*: cuya aparición puede estar relacionada con el manejo inadecuado de residuos sólidos.

b) *Contaminación de aguas*: tanto de cursos superficiales como subterráneos de agua, además de contaminar a la población que habita en estos medios.

c) *Contaminación atmosférica*: El material particulado, el ruido y el olor representan las principales causas de contaminación atmosférica.

d) *Contaminación de suelos*: Debido a la acción de lixiviados, dejando a ellos inutilizados por largos periodos.

^{6,7,8} Ver Anexo 2 – Normativa Técnica



Imagen 1.1 Manejo Negativo de Residuos

e) *Problemas paisajísticos y de riesgo*: Por acumulación en lugares no aptos.

f) *Salud mental*: Existen numerosos estudios que confirman el deterioro anímico y mental de las personas directamente afectadas.

1.1.5.2 Manejo positivo

a) *Conservación de recursos*: Por el manejo apropiado de las materias primas, la minimización de residuos, las políticas de reciclaje y el manejo apropiado de residuos.

b) *Reciclaje*: La recuperación de recursos a través del reprocesamiento de residuos que pueden ser convertidos en materia prima o producto intermedio.



Imagen 1.2. Manejo Positivo de los Residuos

c) Recuperación de áreas: De escaso valor, convirtiéndolas en parques y áreas de esparcimiento.

d) Obtención de Energía: Se pueden obtener beneficios energéticos como el biogás (compuesto en mayor proporción por metano), posible fuente energética para distintas labores domésticas y/o industriales.

e) Reducción de Costos: Un adecuado manejo de residuos permitirá recuperar valor de la fracción que puede procesarse y utilizarse o comercializarse, reduciéndose a su vez, costos de disposición.

1.1.6 INDICADOR DE GENERACION DE RESIDUOS SÓLIDOS

Producción Per Cápita (PPC)

La producción de residuos sólidos domésticos es un indicador que depende básicamente del tamaño de la población y de sus características socioeconómicas. Este indicador asocia el tamaño de la población, la cantidad de residuos y el tiempo, siendo la unidad de expresión el kilogramo por habitante por día (Kg/hab/día).

$$P_R = \frac{N_V \cdot N_J \cdot C_P \cdot D_N}{POBLACION}$$

Donde :

P_R = Producción total de residuos sólidos por día

N_V = Número de vehículos en operación

N_J = Números de viajes por vehículos

C_P = Capacidad útil estimada por vehículo en m^3

D_N = Densidad de los residuos en el vehículo

1.2 ANÁLISIS DE LA PROBLEMÁTICA AMBIENTAL MUNDIAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES (RSM)

1.2.1 CAMBIOS EN LOS RSM EN PAÍSES INDUSTRIALMENTE DESARROLLADOS.

Hasta finales de la década del cuarenta, los RSM en países industrialmente desarrollados consistían en cenizas de hornos quemadores de carbón y residuos de alimentos. Con el crecimiento y desplazamiento de la población hacia las ciudades durante los años cincuenta, la densidad de población urbana aumentó, se comenzó a utilizar calefacción con residuales y gas natural, y entonces la sociedad se volvió más industrializada.

Se identifican como las dos causas radicales de los problemas que plantean los residuos sólidos: la *urbanización* y la *industrialización*. La primera afecta los hábitos de vida y por lo tanto las características de los residuos. La segunda ha creado una sociedad "desechable", debido a la producción de artículos de bajo costo y que ahorran trabajo. En el caso de las latas, botellas, recipientes de

plástico, aparatos neumáticos y otros, se considera mucho más económico desecharlos que reciclarlos.

1.2.2 SITUACIÓN DEL MANEJO DE RSM EN AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE (ALC).

Algunos ejemplos del mal manejo de los RSM en ALC

En Colombia, 3% de los RSM de Cali y de la mayoría de los municipios del departamento del Cauca son vertidos al río Cauca; 100% de los municipios por los que pasa el río Magdalena disponen sus basuras en las riberas; y el río Tunjuelito en Bogotá se contamina por la afluencia de lixiviados sin tratamiento procedentes del relleno sanitario "Doña Juana".

En Uruguay, donde 14% de los recursos hídricos superficiales se destinan al consumo humano y las aguas superficiales satisfacen el total de la demanda de agua potable de Montevideo y 80% del interior del país, el vaciado de RSM y RP en su red hidrográfica tiene consecuencias graves. En Montevideo, el lixiviado sin tratamiento procedente del relleno descarga en un afluente del arroyo Carrasco, lo que compromete el uso de este recurso para consumo humano.

Estudios hechos en México indican que la demanda bioquímica de oxígeno de la basura es ocho veces mayor que la producida por sus aguas negras.

En Uruguay, por ejemplo, donde 58.000 viviendas se abastecen de pozos surgentes, la inadecuada disposición de residuos sólidos reviste especial impacto ambiental negativo. En Bogotá, los lixiviados generados en los vaciaderos del Cortijo y Gibraltar contaminaron las aguas subterráneas con plomo, cromo y mercurio.

No es raro ver que por falta de planificación y ordenamiento del uso del suelo, se haya localizado un botadero municipal en la cima de una montaña que define los límites de la ciudad como en Pasto, Colombia

La realidad en ALC

La importancia de los efectos de los residuos sólidos municipales en la salud colectiva y en el medio ambiente, así como en la salud del ser humano, no ha sido objeto de estudios ni de investigaciones que permitan tomar acciones efectivas para mejorar la calidad del manejo de los RSM en América Latina y el Caribe, lugares geográficos de gran problema ambiental en el mundo. Los factores que contribuyen a esta situación son:

- La poca atracción que el sector de residuos sólidos urbanos tiene sobre los profesionales e investigadores en el desarrollo o adecuación tecnológica para su reaprovechamiento y/o eliminación;
- El descuido de las autoridades públicas en cuestiones de salud relacionados con el sector específico de los residuos;
- La ausencia de capacitación sobre ambiente y salud de los profesionales que operan los servicios de residuos sólidos.

Otro aspecto importante que incide negativamente es la importación de tecnología desde países desarrollados sin adaptarla a las condiciones locales.

El mayor desconocimiento de los impactos de determinados materiales en el ambiente y en la salud en general y la presencia de nuevos productos, hacen de los residuos municipales una amenaza a la integridad del ambiente y a las poblaciones expuestas, particularmente a los trabajadores involucrados en su manejo.

Por otra parte, en América Latina y el Caribe se están manejando algunos residuos sólidos y semi-sólidos peligrosos conjuntamente con los residuos sólidos urbanos, con graves implicancias y efectos para la salud humana y el ambiente. La exposición humana a los residuos peligrosos puede darse en tres escenarios:

- a) En los sitios donde se generan (exposición ocupacional o durante accidentes);
- b) Durante el transporte (accidentes); y
- c) En los sitios donde se almacenan o se depositan para su tratamiento y/o eliminación.

Poblaciones expuestas

Los sistemas de información y monitoreo sobre salud y ambiente no contemplan el aspecto colectivo de las poblaciones ni se dispone de datos epidemiológicos suficientes y confiables. Una población a ser considerada como probablemente afectada es aquella que no dispone de recolección domiciliaria regular, ya que los residuos producidos son lanzados en el entorno, lo que genera un ambiente deteriorado con presencia de vectores, humos, malos olores y animales que se alimentan de los desperdicios.

En general, en ALC la población más expuesta es la de los asentamientos pobres de las áreas marginales urbanas. Otro grupo expuesto a los RSM es la que vive en la vecindad de los sitios de tratamiento y disposición final de desechos.

Los segregadores de basura y sus familias, en especial aquellos que trasladan sus precarias viviendas alrededor de los vaciaderos de RSM, son otro grupo altamente expuesto, porque además de convivir con vectores y animales domésticos y sufrir los efectos de la contaminación de los residuos descargados, no cuentan con ningún servicio de saneamiento básico. Además, esta población

sirve a su vez de "vectores" para la transmisión de enfermedades causadas por los residuos.

Los impactos de los RSM en el ambiente se pueden extender a la población en general a través de la contaminación de los cuerpos de agua superficiales y subterráneos y por el consumo de carne de animales criados en basurales, los que pueden transmitir enfermedades a los humanos. Finalmente, los trabajadores formales o informales involucrados en el manejo, transporte y disposición final de RSM, constituyen otra población expuesta.

Efectos en la salud humana

Los agentes típicos relacionados a los RSM que afectan la salud de los trabajadores y población expuesta son:

- **Olor:** puede causar malestar, cefaleas y náuseas.
- **Ruido:** puede provocar problemas de audición, estrés e hipertensión arterial.
- **Polvo:** responsable de molestias y pérdida momentánea de la visión y problemas respiratorios y pulmonares.
- **Estética:** la visión desagradable de los residuos puede causar molestias y náuseas.
- **Objetos cortantes y punzantes:** pueden provocar heridas y cortes.

Accidentes y riesgos ocupacionales

Algunos de los accidentes más frecuentes en ALC entre los trabajadores que manejan directamente los RSM son:

- Cortes con vidrios
- Caídas del vehículo
- Atropellamiento, accidentes fatales o mutilaciones

- Mordedura de animales (perros, ratas) y picadura de insectos venenosos.
- Exposición a la violencia, al frío, al calor, a los humos, al monóxido de carbono.

Efectos en el Ambiente

En ALC se dan específicamente en recursos hídricos superficiales, recursos hídricos subterráneos, costas marinas, aire, impacto sobre el paisaje y sobre el suelo.

1.3 ANÁLISIS DEL MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS EN EL PERÚ.

La elaboración de un plan ejecutivo de manejo y disposición final de residuos sólidos municipales deberá cumplir con una serie de especificaciones técnicas que permitan generar la información necesaria para diseñar y al mismo tiempo operar el sistema, de acuerdo con las condiciones locales.

Un análisis situacional del sector de residuos sólidos en el Perú ayudará a conocer el marco nacional en el cual, cualquier gobierno local o regional se deberá manejar. Este análisis se puede efectuar evaluándolo a través de los siguientes componentes⁹: aspectos institucionales, aspectos técnicos, aspectos económico-financieros, aspectos de salud y ambiente, y aspectos socio- culturales.

1.3.1 ASPECTOS INSTITUCIONALES

- En el Perú no se identifica una estructura institucional formal del sector de residuos sólidos, a similitud de lo que ocurre con otras áreas de provisión de servicios públicos.

- La tarea de proveer servicios de limpieza pública, básicamente la recolección de residuos sólidos y la limpieza de calles, está a cargo en la mayoría de los casos de los Municipios Distritales.
- Se identifican diversas entidades y dependencias gubernamentales que están relacionados a la administración de los residuos sólidos, no sólo domiciliarios, sino otros tales como los industriales, los pesqueros, los mineros, y los de establecimientos de salud. Su participación se refiere sobre todo a la elaboración de normas y regulaciones para el manejo de los residuos sólidos en los diferentes sectores.
- Varios organismos no gubernamentales (ONG's), están proveyendo importante asistencia técnica y elaborando estudios y proyectos dirigidos a la administración de los residuos sólidos domiciliarios.
- Existen algunas experiencias positivas en el Manejo de Residuos por parte de algunas Municipalidades, algunas de ellas inclusive implementando actualmente Programas de Educación Ambiental y de Segregación en Origen.

1.3.2 ASPECTOS TÉCNICOS

- La legislación peruana¹⁰ recomienda considerar para cualquier análisis las ciudades o núcleos urbanos (alianza estratégica de manejo de residuos entre distritos) y semi-urbanos con un número superior a los 5000 habitantes y con una generación per cápita mínima referencial de 0,30 Kg/día/hab.
- Con excepción de Lima, los servicios de limpieza pública de la mayor parte de ciudades son administrados directamente por las

¹⁰ Ley General de Residuos Sólidos.

Municipalidades, con notorias deficiencias operativas que resultan en coberturas parciales y de baja calidad.

- La información existente es incompleta e inexacta, hay carencia de información gerencial que incluya datos sobre generación y características de los residuos, coberturas, cantidades recolectadas, recuperadas ó dispuestas, recursos humanos utilizados, inversiones, etc.
- Con la escasa información disponible, en gran parte producto de estimaciones ó de estudios específicos que reflejan la situación en ese momento, y los datos provenientes de la Municipalidad de Lima, se resume seguidamente la situación del manejo de los residuos sólidos urbanos a nivel nacional¹¹:
 - En Lima se produce tres veces más residuos sólidos domésticos por día que la suma del total de residuos producidos por las siete ciudades con mayor producción (Chiclayo, Arequipa, Chimbote, Cusco, Puno, Piura y Trujillo).
 - Producción per cápita en Lima: 0.53 kg./hab/día
 - Generación diaria: aproximadamente 4,000 toneladas
 - Cobertura de recolección: 80%
 - Barrido del 50% de las calles pavimentadas;
 - Recolección mezclada de residuos domésticos, biocontaminados, industriales y especiales;
 - Disposición en rellenos sanitarios: 30% (1200TM/día) de lo generado (solo hay dos rellenos sanitarios en la ciudad de Lima y uno en Cajamarca); cerca del 10% (400TM/día) de lo generado es recuperado informalmente para ser reciclado ó reutilizado empleando a 6,000 segregadores.

¹¹ Tomado del Informe Nacional sobre el Estado del Medio Ambiente – CONAM – Programa de Naciones Unidas para el Ambiente. Mayo 2001. Editorial Martha Alvarez. Pág. 66.

- En los botaderos se disponen 1800 TM/día, existiendo actualmente 27 botaderos funcionando en Lima, de los cuales 22 están operativos siendo el más grande La Cucaracha en el Callao que tiene capacidad de hasta 900TM/día.
- Sólo 10 de 43 distritos de Lima Metropolitana presentan destino final no controlado (botaderos y chancherías) menor al 20%.

- La inapropiada y nada técnica construcción de “rellenos sanitarios”, ha tenido como secuela que esta técnica de ingeniería sanitaria se haya convertido en sinónimo de construcción de botaderos de basura.

- La incipiente participación del sector privado en las inversiones de infraestructura y en la operación de los servicios de limpieza pública.

- La recolección de los distintos tipos de residuos sólidos (domiciliarios y peligrosos) se realiza en forma conjunta.

- Mantenimiento preventivo del equipo sólo en las empresas privadas.

- El muy reducido tratamiento de residuos sólidos provenientes de establecimientos de salud.

- Segregación informal de residuos sólidos durante la recolección y en los sitios de disposición final.

- Desconocimiento de las ventajas de las estaciones de transferencia cuando su uso es necesario. Falta de planificación y manejo empírico del sistema técnico operativo de los servicios de aseo urbano.

- Descarga directa de basura “cruda” recolectada para crianza ilegal de ganado porcino.

1.3.3 ASPECTOS ECONÓMICO-FINANCIEROS

- Los servicios de aseo urbano dentro de las municipalidades del país se financian por el cobro municipal de tasas ó arbitrios (con alto grado de morosidad) de los servicios prestados, por subvenciones y transferencias de fondos municipales provenientes de otros ingresos, y por recursos otorgados por el Gobierno Central (Fondo de Compensación Municipal)
- Al no haber en la mayoría de distritos contabilidad de costos de los servicios de limpieza pública, el presupuesto anual que se le asigna es histórico, y sólo representa alrededor del 10% del presupuesto municipal.
- El problema fundamental reside en el financiamiento de los gastos corrientes de los servicios de limpieza pública, que tienen que ver sustancialmente con el alto índice de morosidad en el pago de las tasas o arbitrios municipales, pues se está cobrando menos del 40% de lo facturado.
- Marco legal favorable para el otorgamiento de concesiones de los servicios al sector privado por períodos que garanticen la estabilidad de sus inversiones.
- Contexto favorable al desarrollo de micro-empresas; y posibilidad de utilizar recursos del FCM en infraestructura de estaciones de transferencia y rellenos sanitario, e incluso aún en la adquisición de vehículos recolectores.

- Inexistencia de un marco legal adecuado para facilitar la cobranza de los arbitrios o tasas de limpieza.
- Desconocimiento de la real demanda de inversiones requeridas por el sector.
- Falta de comprensión de la gravedad del problema del manejo de residuos sólidos como tarea municipal.
- Falta de adecuación de los sistemas de contabilidad de costos de los servicios de limpieza que faciliten la determinación equitativa de las tarifas.
- Debilidad estructural de los municipios para establecer sistemas de cobranza efectivos

1.3.4 ASPECTOS DE SALUD Y AMBIENTE

- Es difícil establecer una relación directa entre el inadecuado manejo de residuos sólidos y la salud, reconociéndose como causas: la pobreza, la desnutrición y la carencia de los servicios de saneamiento básico, con su secuela de manejo deficiente de residuos sólidos. En ese sentido, un indicador importante sería la tasa de mortalidad infantil, siendo 40.6 para infantes menores de un año, por cada mil nacidos (Fuente: Anuario Estadístico, Perú en Números, CUANTO S.A.), que en el caso del Perú es alta en comparación con gran parte de países de América Latina y el Caribe.
- También se identifican las tasas de incidencia de enfermedades infecciosas y parasitarias (ver Cuadro 1.1) asociadas a la calidad del

medio ambiente y que se relacionan en diferentes medidas al manejo inadecuado de los residuos sólidos.

| Enfermedad | TIA | T.L. % |
|--------------------|------------|---------------|
| Año 2001 | | |
| Difteria | 0.02 | n.f. |
| Tétanos | 0.26 | 29.03 |
| Malaria Falciparum | 97.59 | 0.07 |
| Dengue | 9.59 | --- |
| Fiebre Amarilla | 2.09 | 37.55 |
| Peste Bubónica | 0.60 | --- |
| Tifus exantemático | 0.09 | --- |
| Año 2002 | | |
| Difteria | 0.02 | --- |
| Tétanos | 0.12 | 35.71 |
| Malaria Falciparum | 67.53 | 0.12 |
| Dengue | 13.78 | n.f. |
| Fiebre Amarilla | 0.36 | 33.3 |
| Peste Bubónica | 0.10 | n.f. |
| Tifus exantemático | 0.00 | n.f. |

TIA .- Tasa incidencia acumulada x 100,000 habitantes

T.L.- Tasa letalidad

n.f.- Ningún fallecido

Fuente: Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA)

Cuadro 1.1: Tasas de enfermedades relacionadas indirectamente con el manejo de residuos a nivel nacional

- Se identifican como grupos poblacionales expuestos a riesgo por el manejo inadecuado de residuos sólidos:
 - Población sin servicio de recolección.
 - Población asentada en la cercanía a botadores abiertos y plantas de transferencia ó rellenos inadecuadamente operados.
 - Los trabajadores de limpieza pública y sus familias.
 - Los segregadores informales y sus familias.
 - Los consumidores de carne porcina parasitada.

- Población que se abastece con agua contaminada por el lixiviado.
- La falta de separación de residuos en la fuente de generación y su manejo indiscriminado. La prevaeciente informalidad en el sistema de recuperación que agudiza los riesgos a los que se exponen los segregadores informales.
- La ausencia de un sistema sanitario y adecuado para el manejo de residuos industriales, bio-contaminados y peligrosos.
- El riesgo y la susceptibilidad de los trabajadores del sector que carecen de equipos de protección y capacitación sobre higiene y seguridad en el trabajo.
- La crianza informal de cerdos con residuos orgánicos, así como la práctica generalizada de quemar la basura.

1.3.5 ASPECTOS SOCIO-CULTURALES

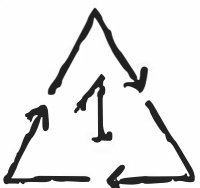

- Falta de conciencia ambiental de la comunidad con relación a los residuos sólidos en todos sus niveles: vecinal, escolar, institucional.
- Escasos espacios de participación comunitaria en los municipios en general, y en particular con relación a los residuos sólidos. Ausencia de programas de formación e información directa a los vecinos.
- Predominio de un sistema informal en la segregación que implica pésimas condiciones de trabajo para los segregadores.
- No se aplican multas y sanciones eficaces.

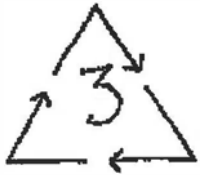



- Campañas de sensibilización, a través de los medios masivos de comunicación, esporádicas que no refuerzan una actitud permanente de responsabilidad ante los residuos sólidos.
- Hay experiencias de ONGs que no se han evaluado, por lo que se está desaprovechando lo realizado y aprendido en ellas. Dadas las condiciones en las que se presta el servicio en la actualidad es importante conocer los logros y deficiencias de las innovaciones llevadas a cabo por las ONGs para evaluar su viabilidad y replicabilidad y sobre todo la sustentabilidad de esas experiencias.

1.4 EL PET Y LOS PLÁSTICOS

1.4.1 DESCRIPCIÓN DE LOS PRINCIPALES PLÁSTICOS

Si bien existen más de cien tipos de plásticos, los más comunes son sólo seis, y se los identifica con un número dentro de un triángulo para facilitar su clasificación para el reciclado.

| TIPO / NOMBRE | CARACTERISTICAS | USOS/ APLICACIONES |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  <p>PET Polietileno Tereftalato</p> | <p>Se produce a partir del Ácido Tereftálico y Etilenglicol, por policondensación; existiendo tres tipos: grado textil, film y grado botella. Para el grado botella se lo debe post condensar, existiendo diversos colores para estos usos.</p> | <p>Envases para gaseosas, aceites, agua mineral, cosmética, frascos varios, películas transparentes, fibras textiles, envases al vacío, cintas de video y audio, geotextiles; películas radiográficas</p> |
|  <p>PEAD Polietileno de alta densidad</p> | <p>Es un termoplástico fabricado a partir del etileno (elaborado a partir del etano, uno de los componentes del gas natural). Es muy versátil y se lo puede transformar de diversas formas: Inyección, Soplado, Extrusión, o Rotomoldeo.</p> | <p>Envases para: detergentes, aceites automotor, shampoo, lácteos, bolsas para supermercados, bazar y menaje, cajones para pescados, gaseosas y cervezas, baldes para pintura, helados, aceites, telefonía, agua potable, minería, drenaje y uso sanitario.</p> |

| | | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  <p>PVC Cloruro de Polivinilo</p> | <p>Se produce a partir de dos materias primas naturales: gas 43% y sal común 57%. Para su procesado es necesario fabricar compuestos con aditivos especiales, que permiten obtener productos de variadas propiedades para un gran número de aplicaciones.</p> | <p>Envases para agua mineral, aceites, jugos, mayonesa. Perfiles para marcos de ventanas, mangueras, pilas, juguetes, películas flexibles para envasado (carne, fiambres, verduras), film cobertura, cables, cuerina, papel vinílico (decoración), catéteres, bolsas para sangre.</p> |
|  <p>PEBD Polietileno de baja densidad</p> | <p>Se produce a partir del gas natural. Al igual que el PEAD es de gran versatilidad y se procesa de diversas formas: Inyección, Soplado, Extrusión y Rotomoldeo. Su transparencia, flexibilidad y economía hacen que esté presente en diversidad de envases, solo o con otros materiales.</p> | <p>Bolsas: boutiques, panificación, supermercados. Películas para agro: recubrimiento de acequias, envasamiento automático de alimentos y productos industriales, Stretch film, Bolsas para suero, contenedores herméticos domésticos. Tubos y pomos: cosméticos, alimentos y medicamentos. Tuberías para riego.</p> |
|  <p>PP Polipropileno</p> | <p>Es un termoplástico que se obtiene por polimerización del propileno. El PP es un plástico rígido de alta cristalinidad y elevado Punto de Fusión, excelente resistencia química y de más baja densidad. Al adicionarle distintas cargas (talco, caucho, fibra de vidrio, etc.), se potencian sus propiedades hasta transformarlo en un polímero de ingeniería.</p> | <p>Película / Film (para alimentos, snacks, cigarrillos, chicles, golosinas, indumentaria). Bolsas tejidas (para papas, cereales). Envases industriales (Big Bag). Hilos cabos, cordelería. Caños para agua caliente. Jeringas descartables. Tapas en general, envases. Bazar y menaje. Potes para margarina. Fibras para tapicería, cubrecamas, etc. Telas no tejidas (pañales descartables). Alfombras.</p> |
|  <p>PS Poliestireno</p> | <p>PS Cristal: Es un polímero de estireno monómero, es cristalino y de alto brillo. PS Alto Impacto: Es un polímero de estireno monómero con oclusiones de Polibutadieno que le confiere alta resistencia al impacto. Ambos PS son fácilmente moldeables a través de procesos de: Inyección, Extrusión / Termoformado.</p> | <p>Potes para lácteos (yogurt, postres, etc.), helados, dulces, etc. Envases varios, vasos, bandejas de supermercados y rotiserías. Heladeras: contrapuestas, anaqueles. Cosmética: envases, máquinas de afeitar descartables. Bazar: platos, cubiertos, bandejas, etc. Juguetes, cassetes, blisters, etc. Aislantes: planchas de PS espumado.</p> |

El crecimiento en el uso de los plásticos se ha producido sobre todo en los productos de consumo, ya que los plásticos han sustituido, en gran parte, a los metales y al vidrio como materiales para recipientes y al papel como materiales para embalaje.

Los plásticos tienen diversas ventajas: son ligeros, y por lo tanto se reducen los costos de transporte; son duraderos y a menudo proporcionan un recipiente más seguro (por ejemplo, botellas de champú); pueden presentarse en diversas formas y pueden ser fabricados para que sean flexibles o rígidos; son buenos aislantes y son aptos para ser usados con comidas húmedas y en el microondas.

Aunque los materiales plásticos conforman aproximadamente solo el 7% del peso de los Residuos Sólidos Urbanos, conforman un porcentaje mayor en base al volumen. Al mismo tiempo que se cierran los vertederos, y encontrar nuevos lugares se hace cada vez más difícil, se critican las industrias de plásticos y de envases porque contribuyen considerablemente al problema de los residuos sólidos sin un intento responsable para solucionarlo.

A menudo se sugiere que se debería sustituir los plásticos por productos de papel u otros biodegradables, a pesar de la evidencia que muestra que ni los plásticos ni papeles se degradan rápidamente en un vertedero bien manejado. La mayoría de los consumidores disfrutan de los beneficios de los plásticos y reconocen que el reciclaje adicional es una solución razonable.

1.4.2 EL PET. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS

El polietileno tereftalato o poli (tereftalato de etilenglicol), mejor conocido como PET, fue patentado como un polímero para fibra por J. R. Whinfield y J. T. Dickson en 1941. La producción comercial de fibra de poliéster comenzó en 1955; desde entonces, el PET ha presentado un continuo desarrollo tecnológico hasta lograr un alto nivel de sofisticación basado en el espectacular crecimiento en la demanda del producto a escala mundial y a la diversificación de sus posibilidades de uso.

A partir de 1976 es que se usa para la fabricación de envases ligeros, transparentes y resistentes principalmente para bebidas, sin embargo el PET ha tenido un desarrollo extraordinario para empaques. En América Latina se comenzó a utilizar para la fabricación de envases a principios 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 está incrementando de manera considerable.

El PET es el material de embalaje de mayor reciclado. Varios millones de toneladas se reciclan en productos de valor agregado. En los Estados Unidos se recicla casi un tercio de las botellas de PET por año.

Principales propiedades del PET:

Propiedades Físicas:

- Buena estabilidad dimensional.
- Propiedades ignífugas en los tipos aditivados.

| | |
|---------------------------------------|-----------------|
| Absorción de Agua - Equilibrio (%) | <0,7 |
| Absorción de Agua - en 24 horas (%) | 0,1 |
| Densidad (g cm ⁻³) | 1,3-1,4 |
| Punto de Fusión (°C) | 250 - 270 |
| Indice Refractivo | 1,58-1,64 |
| Indice de Oxígeno Límite (%) | 21 |
| Inflamabilidad | Auto extingible |
| Resistencia a los Ultra-violetas | Buena |

Propiedades Mecánicas:

- Alta resistencia mecánica.
- Alta rigidez y dureza.
- Superficie dura, apta para dar brillo.
- Resistencia a la fricción y al desgaste. Alta resistencia a la fatiga.

| | |
|---------------------------------------------------|-------------------------------|
| Coefficient de Fricción | 0,2-0,4 |
| Dureza – Rockwell | M94-101 |
| Módulo de Tracción (GPa) | 2-4 |
| Relación de Poisson | 0,37-0,44(oriented) |
| Resistencia a la Tracción (MPa) | 80, para filmes biax. 190-260 |
| Resistencia al Impacto Izod (J m ⁻¹) | 13-35 |

Propiedades Eléctricas:

- Buenas propiedades eléctricas.

| | |
|-------------------------------------------------|-------------------|
| Constante Dieléctrica @1MHz | 3,0 |
| Factor de Disipación a 1 kHz | 0,002 |
| Resistencia Dieléctrica (kV mm ⁻¹) | 17 |
| Resistividad Supeficial (Ohm/sq) | 10 ¹³ |
| Resistividad de Volumen a ^C (Ohmcm) | >10 ¹⁴ |

Propiedades Térmicas:

- Alta resistencia al calor.

| | |
|-------------------------------------------------------------------------|-------------|
| Calor Específico (J K ⁻¹ kg ⁻¹) | 1200 - 1350 |
| Coefficiente de Expansión Térmica (x10 ⁻⁶ K ⁻¹) | 20-80 |
| Conductividad Térmica a 23C (W m ⁻¹ K ⁻¹) | 0,15-0,4 |
| Temperatura Máxima de Utilización (C) | 115-170 |
| Temperatura Mínima de Utilización (C) | -40 a -60 |
| Temperatura de Deflección en Caliente - 0.45MPa (C) | 115 |
| Temperatura de Deflección en Caliente - 1.8MPa (C) | 80 |

Resistencia Química:

- Alta resistencia química y estabilidad a la intemperie.

| | |
|-----------------------|-------|
| Acidos – concentrados | Buena |
| Acidos – diluidos | Buena |
| Álcalis | Mala |
| Alcoholes | Buena |

| | |
|--------------------------|-----------|
| Cetonas | Buena |
| Grasas y Aceites | Buena |
| Halógenos | Buena |
| Hidrocarburos Aromáticos | Aceptable |

1.4.3 OBTENCIÓN DEL POLÍMERO PET.

El PET es un polímero de condensación obtenido mediante un proceso de polimerización por etapas en fase fundida continua, que produce un pellet cristalino y le da el peso molecular y viscosidad inicial.

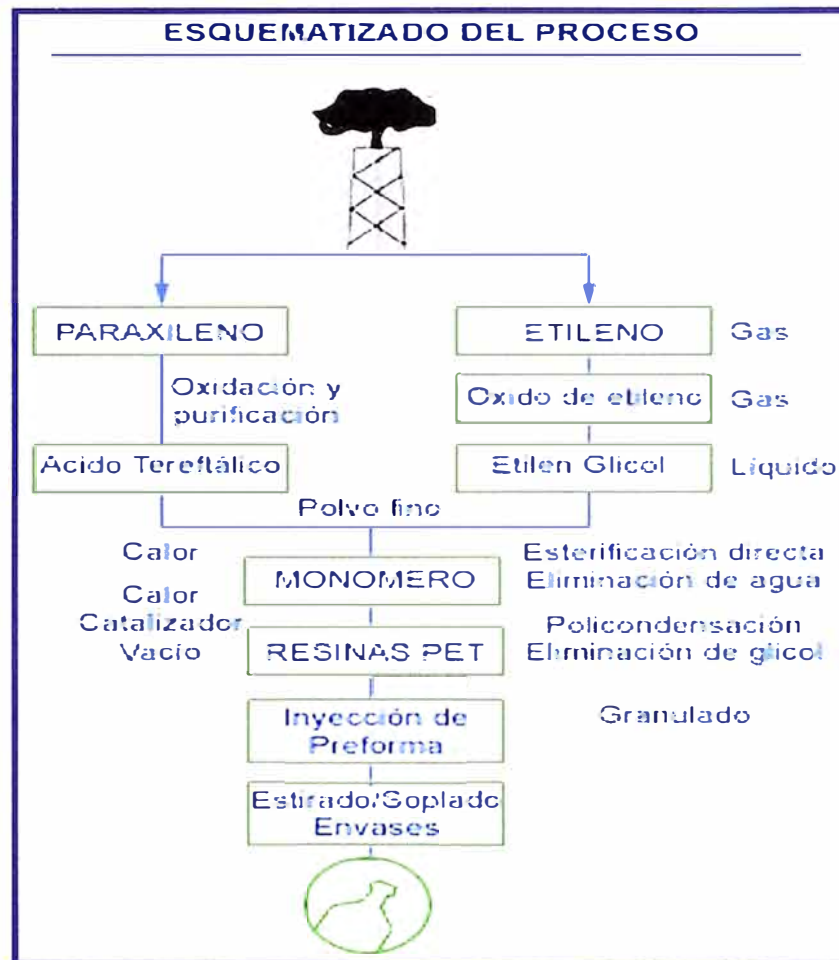
El PET se fabrica a partir de dos materias primas derivadas del petróleo: etileno y p-xileno (ver Cuadro 1.2). Los derivados de estos compuestos, respectivamente, etilenglicol y ácido tereftálico, son puestos a reaccionar a temperatura y presión elevada para obtener la resina PET en estado amorfo.

La resina se cristaliza y polimeriza para incrementar su peso molecular y su viscosidad. El resultado es la resina que se usa para fabricar envases. Su apariencia es la de pequeños cilindritos de color blanquecino llamados chips. Una vez seca, se almacena en silos ó supersacos para después ser procesada.

En términos químicos, el camino más simple para la obtención del PET es la reacción directa (esterificación) del ácido tereftálico con el etilenglicol, formando un “monómero” (bis-B-hidroxietil tereftalato), el cual se somete a una poli condensación para obtener un polímero de cadena larga que contiene cerca de 100 unidades repetidas.

Mientras que la reacción de esterificación tiene lugar, con la eliminación del agua como subproducto, la fase de poli condensación que se efectúa en condiciones de alto vacío, libera una molécula de glicol cada vez que la cadena se

alarga por unidad repetida. Conforme la cadena va alargándose, existe un aumento en el peso molecular, el cual va acompañado por un aumento en la viscosidad de la masa y otras ventajas asociadas proporcionando así una mayor resistencia mecánica.



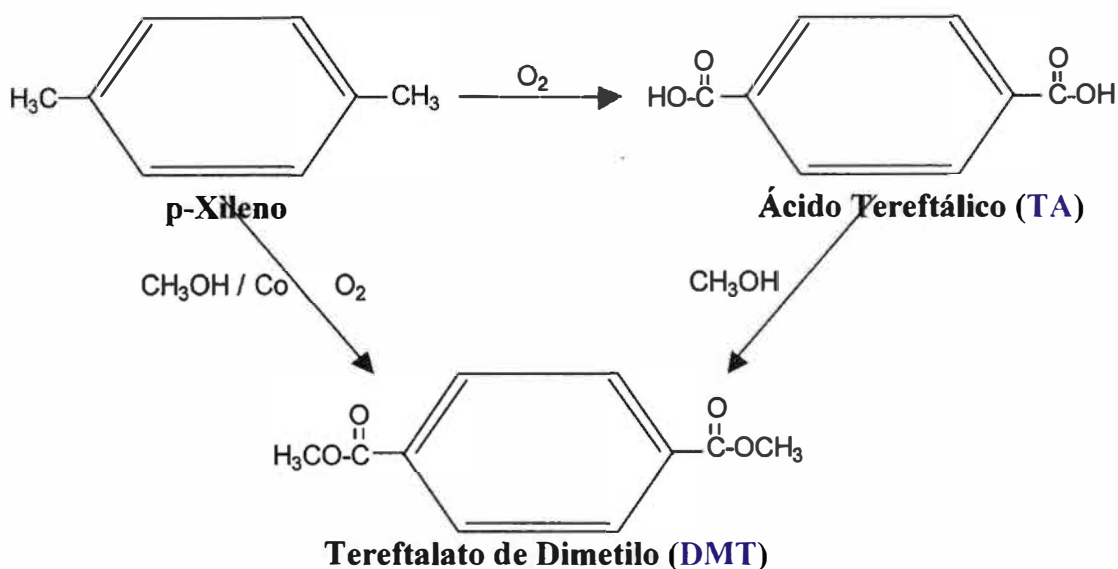
Cuadro 1.2. Obtención del Pet

Química del proceso:

Obtención del monómero: ÁCIDO TEREFTÁLICO

El p-xileno es oxidado para producir el ácido tereftálico (TA) que es posteriormente esterificado a tereftalato de dimetilo (DMT). Esto puede lograrse mediante una secuencia de dos pasos en donde la oxidación es llevada a cabo por

un catalizador de sales de bromuro de metales pesados de cobalto y magnesio, en presencia de metanol. Ambas reacciones se muestran a continuación.



El DMT producido, debe someterse a una columna de destilación de cinco pasos para producir material puro suficiente para ser usado en las reacciones de polimerización.

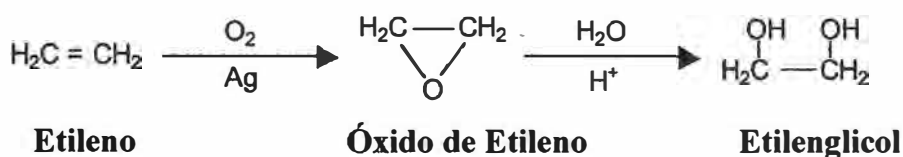
El problema inicial cuando se usa TA es la pureza del ácido. La esterificación del DMT permite la separación de un producto puro. El uso del TA aumentó a medida que las técnicas se encontraban disponibles para la producción de ácido tereftálico puro conocido como PTA. El PTA tiene un 99% de pureza.

El proceso Amoco¹² para la producción de PTA cristaliza el TA bruto (producción de un 90% a partir de TA de 96% de pureza). Una vez que el ácido acético subproducto y el p-xileno que no ha reaccionado se eliminan por evaporación, el TA es purificado mediante lavado con agua caliente. La principal impureza remanente es el ácido p-formilbenzoico que se hidrogena a ácido p-metóxico. Entonces el TA puede separarse por cristalización fraccionada para producir PTA que es ácido tereftálico del 99.9% de pureza.

¹² Amoco: industria encargada de producción de Acido tereftálico puro. Es el mayor productor mundial.

Obtención del monómero: ETILENGLICOL

El etileno, obtenido del craqueo térmico se trata con oxígeno en presencia de un catalizador de plata para producir óxido de etileno, que reacciona después con el agua en presencia de un ácido para producir etilenglicol.

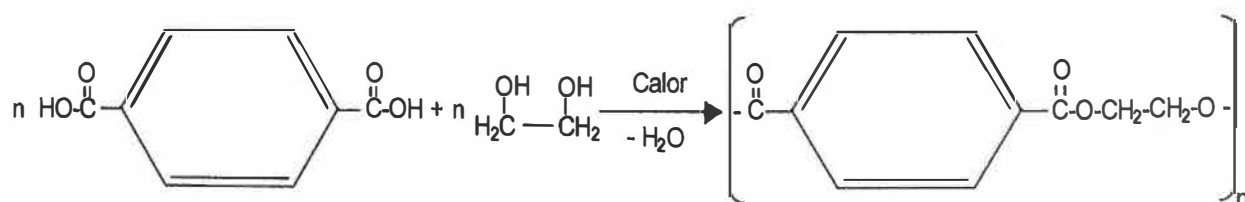


Obtención del polímero: POLI (TEREFTALATO DE ETILENGLICOL)

El PET se produce mediante una reacción de polimerización de estos dos monómeros, el etilenglicol y el terftalato de dimetilo.

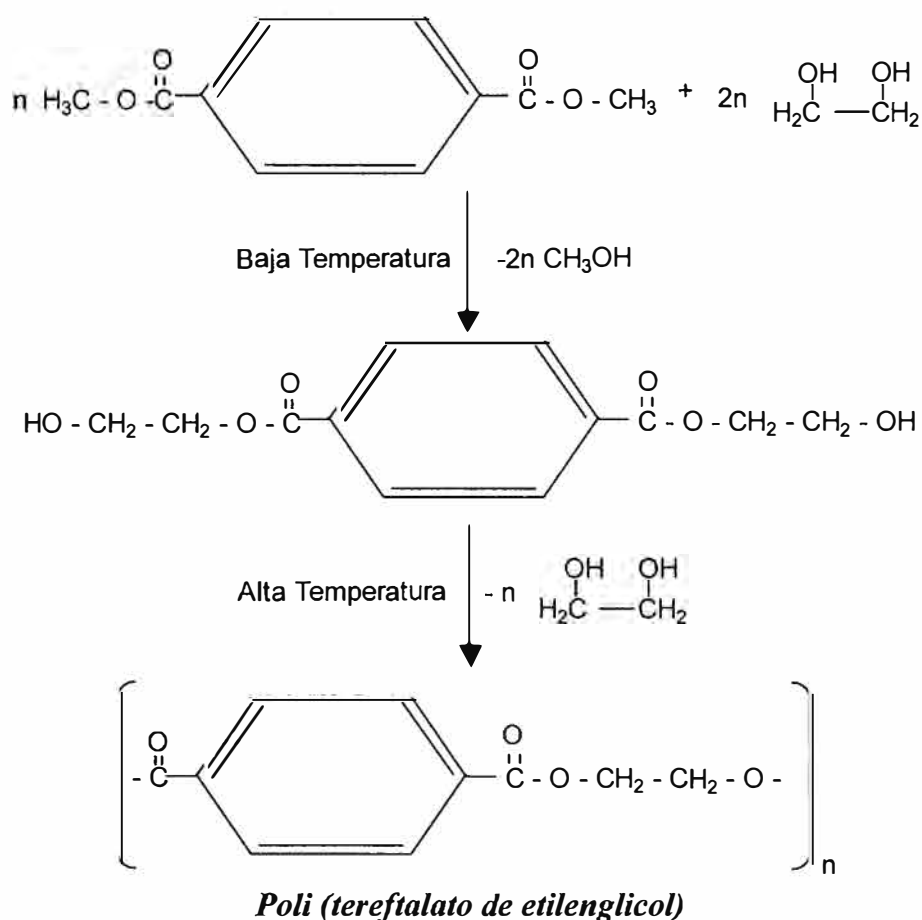
La polimerización de condensación implica una reacción de aglomeración en la cual los dos grupos funcionales reaccionan uno con otro para eliminar una molécula neutra pequeña, normalmente el agua. En esta polimerización se puede controlar el límite de longitud de la cadena dando lugar a polímeros de bajo peso molecular.

El Tereftalato de Polietileno (PET) es un polímero poliéster. Los poliésteres pueden sintetizarse de dos formas. El primer método es una reacción directa de un diácido con un diol. Para producir el PET, el ácido terftálico reacciona con el etilen glicol según la siguiente reacción:



Esta reacción es una reacción típica de esterificación Fisher en la cual un ácido reacciona con un alcohol siguiendo el mecanismo usual de la reacción. El hecho de que cada molécula sea difuncional produce un polímero por la reacción.

La otra síntesis del PET implica un intercambio éster de un diéster y un diol. Esta es una reacción de transesterificación en el cual un éster se transforma en otro. La síntesis del PET por este método es la reacción de tereftalato de dimetilo con el etilenglicol; las reacciones se muestran a continuación:

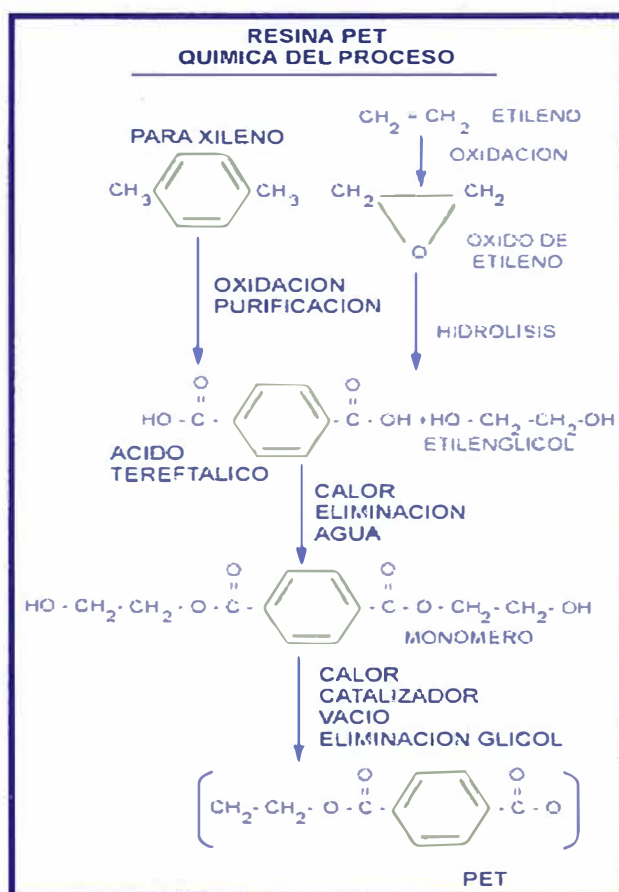


La síntesis original del PET fue desarrollada por J. R. Whinfield y J. T. Dickson en 1941¹³. Usaron una transesterificación del DMT y el glicol en una relación 1: 2.4, destilando el metanol liberado en la mezcla reactiva a medida que tenía lugar la síntesis. Esta síntesis fue realizada a 200 - 290 °C en presencia de SbO₃ como catalizador. Las posteriores técnicas empleadas en la industria de

¹³ Chenier, Philip J., Survey of Industrial Chemistry, 2nd Revised Edition. VCH Publishers (1992)

polímeros usaban una polimerización de adición del ácido tereftálico con un exceso de etilenglicol a 250 °C y una presión de 60 psi. Ello daba lugar a un polímero de 1 a 6 unidades de repetición. Durante la década de los 70, la síntesis del PET empleó tres veces más DMT que TA. En la década de los 80 las cantidades de DMT y TA eran casi iguales. Actualmente, en los Estados Unidos, la proporción es TA 46: DMT 54.

En resumen, las reacciones para la obtención del PET, se aprecia en el Esquema 1.1..



Esquema 1.1. Reacciones de obtención del Pet

La calidad final de un polímero sintético depende en gran parte de la calidad de su monómero, y dado que no es práctico purificar el monómero de tereftalato, la pureza química de su inmediato precursor es de gran importancia.

En este contexto, el etilenglicol no presenta problema, pero el ácido tereftálico, al ser un sólido, limita la elección de la tecnología de purificación.

No obstante, una vez resuelto este problema, ya que el ácido tereftálico de gran pureza se convierte en un producto comercial, la necesidad inicial de utilizar dimetiltereftalato puede evitarse, por lo que las fases del proceso quedan simplificadas. Una vez que la longitud de cadena es suficientemente larga, el PET se extruye a través de un dado de orificios múltiples para obtener un espagueti que se enfría en agua y una vez semisólido es cortado en el peletizador obteniendo así el granulado que presenta aspectos técnicos como amorfidad, humedad, alto contenido de acetaldehído y bajo peso molecular, las cuales faltan mejorar. Estos aspectos limitan el uso del PET en la fabricación de botellas, por lo que se hace necesario pasar el granulado por otro proceso. Durante este proceso, el granulado se calienta en una atmósfera inerte permitiendo que se mejoren estos aspectos, lo cual permite una mayor facilidad y eficiencia del secado y moldeado de la preforma, o bien durante la producción y la calidad de la botella misma.

En esta parte del proceso el PET ha alcanzado aproximadamente a 125 unidades repetidas por molécula, y un peso aproximado de 24000 gr/mol

1.4.4 APLICACIONES DEL PET VIRGEN.

Actualmente, el principal uso para la resina PET es la fabricación de envases para refrescos, agua purificada, alimentos, medicinas, productos de limpieza, fibras sintéticas, bolsas plásticas, películas fotográficas, etc. Las líneas de productos de PET son tres (ver Esquema 1.2.):

1.4.4.1 PET de grado textil

La primera aplicación industrial del PET fue la textil, durante la Segunda Guerra Mundial, para reemplazar a 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.

1.4.4.2 PET de grado botella

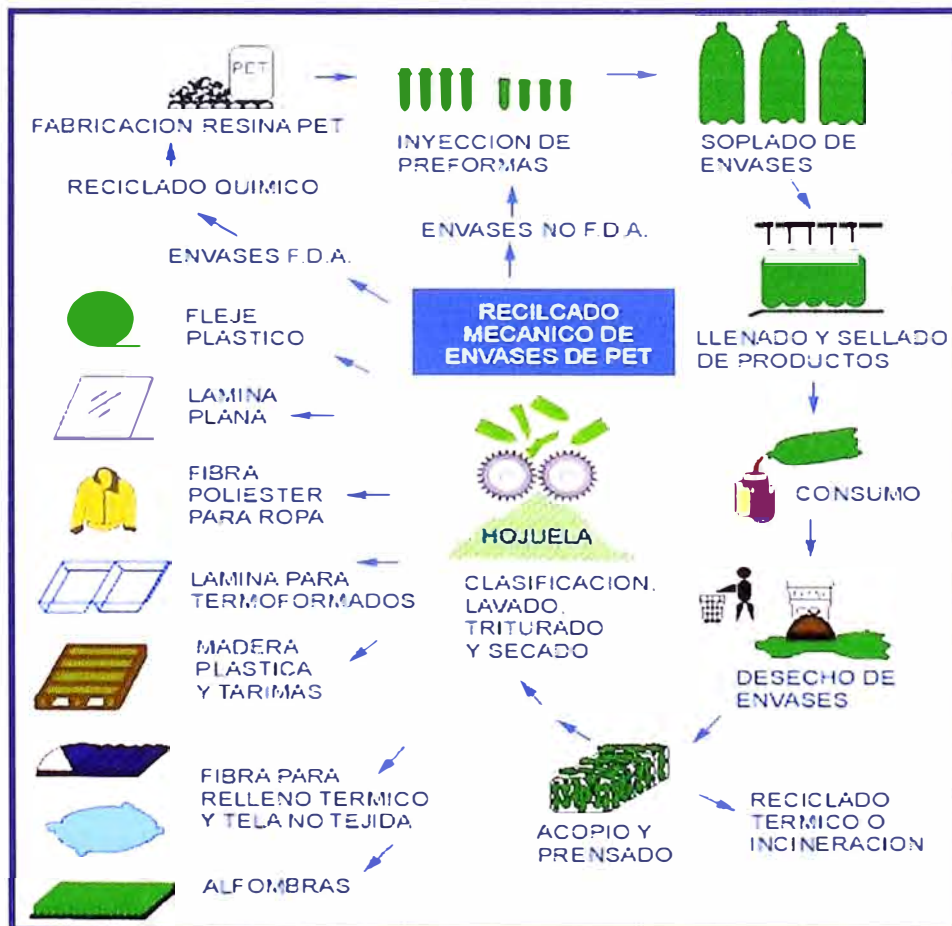
La primera comercialización del PET de grado botella se llevó a cabo en los EE.UU., produciéndose en Europa a partir de 1974. Desde entonces ha experimentado un gran crecimiento y una continua demanda, debida principalmente a que el PET ofrece características favorables en cuanto a resistencia contra agentes químicos, gran transparencia, ligereza, menores costos de fabricación y comodidad en su manejo, lo cual conlleva un beneficio añadido para el consumidor final.

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 copado prácticamente el mercado en detrimento del PVC.

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

1.4.4.3 PET de grado film.

El PET se utiliza también para la fabricación de films. En la práctica, todas las películas fotográficas, de rayos X y de audio están hechas de PET. Como se puede apreciar, la gama de productos que incluyen a este polímero es muy extensa, y como consecuencia de los grandes niveles de consumo, la generación de residuos sólidos es considerable.



Esquema 1.2. : Aplicaciones del Pet

1.4.5 EL RECICLAJE DE ENVASES PET. APLICACIONES

El PET está clasificado como el número uno en reciclado en el mundo. Podemos ser optimistas en cuanto al surgimiento de nuevos desarrollos en el reciclado de plásticos, basándonos en:

- El crecimiento que se augura para el consumo de plásticos debido a la relación costo / rendimiento, e incluso al reemplazo de otros materiales por plásticos.
- El progreso alcanzado en las tecnologías de reciclado de plástico, como también los futuros desarrollos en el área.

La elección tecnológica de reciclado dependerá del material específico a reciclar. La imagen de material compatible con el medio ambiente que el PET ha sabido crearse en estos años gracias a su facilidad de reciclado, además de sus propiedades importantes, ha estimulado con fuerza su potente desarrollo, y según varios especialistas seguirá incrementando su participación en los mercados mundiales del packaging (envases rígidos), artículos eléctricos, electrónica y otros.

A nivel mundial es considerado un polímero no contaminante. Al procesarlo o cuando se lo incinera a elevadas temperaturas no genera sustancias tóxicas como ocurre con el PVC. Las cantidades crecientes de PET utilizado para la fabricación de envases descartables permiten hacer viable económicamente el reciclado, para destinarlos a la elaboración de fibras para artículos textiles, partes automotrices y elementos varios. Su utilización cuenta con la aprobación de la FDA (Food and Drug Administration) de EEUU para contener alimentos.

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, o a un reciclado energético empleándolos como fuente de energía.

1.4.5.1 Reciclado mecánico

Es la técnica más utilizada en la actualidad. Consiste en la molienda, separación y lavado. Las escamas resultantes de este proceso se pueden destinar en forma directa, sin necesidad de volver a hacer pellets, a la fabricación de productos por inyección o extrusión (Ver Esquema 1.3.).



Esquema 1.3.: Limpieza y Separación del Reciclado Mecánico del Pet

Generalmente el PET reciclado mecánicamente puede ser adquirido en forma de gránulos no cristalizados, cristalizados y pellets cristalizados. Existen dos tipos básicos usados por los procesadores industriales y puede clasificarse de acuerdo a su procedencia en:

PET post-industrial: Desechos producidos en operaciones de arranque o scrap resultante de operaciones de proceso que no se usan nuevamente en el artículo que se está fabricando. Las personas que recogen estas resinas son muy cuidadosas en mantener el pedigrí de donde estos materiales provienen.

PET post-consumo: Es material usado por cualquier consumidor que haya sido llevado a un basural si no se lo devolvió o se lo recogió. Principalmente son botellas gaseosas recicladas, las cuales se agrupan por reconocimiento de su forma y no por el símbolo de reciclado.

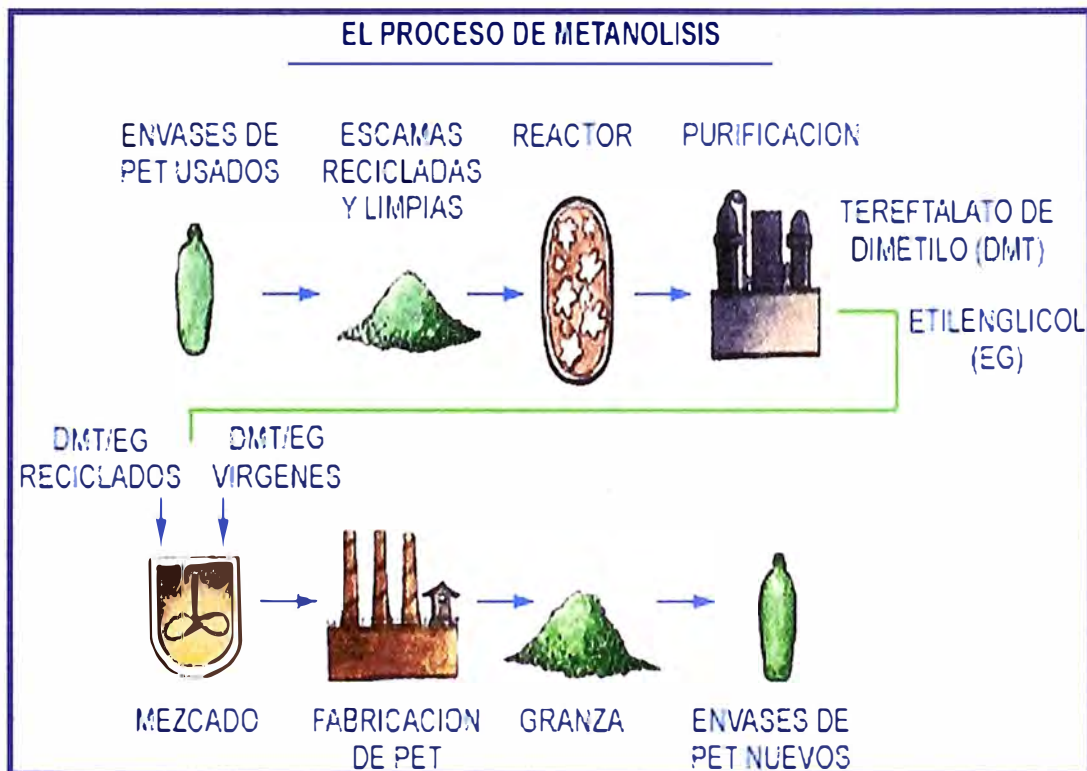
1.4.5.2 Reciclado Químico

Actualmente se están desarrollando tecnologías a escala industrial que consisten en la separación de los componentes básicos de la resina y la síntesis de nueva materia virgen, lo cual permite ampliar la gama de materiales a reciclar y el sustancial ahorro de gas y petróleo, que son las materias primas básicas del PET.

Existen en este sentido varios procesos, de los cuales los más importantes son la metanólisis¹⁴ (ver Esquema 1.4.), glicólisis e hidrólisis. Otro sistema de reciclado químico, utilizado a escalas relativamente pequeñas en pequeños reactores, es la esterificación para componer resinas insaturadas utilizadas para fabricar láminas plásticas moldeadas en frío (fibra de vidrio) como las destinadas a techos, recubrimientos de guardabarros de automóviles, y una infinidad de productos.

¹⁴ Ver Anexo 3.5. Reciclado Químico – Metanólisis: Proceso Petretec

El reciclado químico es una tecnología comparativamente nueva que tiene un gran potencial de aplicaciones. Los sistemas pueden manejar fuentes de polímeros mezclados o contaminados y tendrán un gran valor económico por su flexibilidad para utilizar desechos de cualquier industria y reconvertirlos a primera calidad.



Esquema 1.4.: El proceso de Metanólisis

Actualmente en Alemania se reciclan 40.000 ton/año de desechos plásticos de primera calidad. En 1994, Eastman Chemical, el mayor productor mundial de PET para embalaje, anunció que planeaba aumentar su capacidad productiva anual de 500.000 a 760.000 toneladas en 1998. Estas materias primas recicladas se mezclan en un 25 % con Pet virgen para fabricar botellas PET. Estados Unidos en 1997 recicló algo más de 300.000 toneladas y espera aumentar el 50 % en los próximos 4 años. En Europa se reciclaron en 1994, 500.000 toneladas de PET para embalaje.

1.4.5.3 Aprovechamiento Energético

Dentro de las estrategias de Gestión de Residuos Sólidos, existe también la alternativa de aprovechamiento energético tal cual se aplica en varios países extranjeros. El PET es un polímero que está formado sólo por átomos de Carbono e Hidrógeno, por lo cual al ser quemado produce dióxido de carbono y agua ($\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$) con desprendimiento de energía. He aquí una comparación entre las opciones mecánica y química de reciclado:

| | Reciclado mecánico | Reciclado Químico | |
|-------------------------|--------------------|-------------------|-------------|
| | | Glicólisis | Metanólisis |
| Calidad del desperdicio | Alta | Moderada | Amplia |
| Costo de operación | Bajo | Moderado | Alto |
| Calidad de producción | Moderada | Alta | "Virgen" |
| Mercado | Reducido | Muchos | Todos |

Cuadro 1.2.: Comparación de opciones de Reciclado

Cuando se trata de comunidades pequeñas o medianas, geográficamente aisladas, las posibilidades de reciclado son limitadas por los volúmenes disponibles y los costos de transporte hacia centros que dispongan de infraestructura adecuada.

| | |
|---------------------|---------------|
| Combustible | Btu/g |
| Poliolefinas | 43,929 |
| Carbón | 23,178 |

| | |
|------------------------|---------------|
| PET | 22,075 |
| Papel periódico | 17,660 |
| Basura húmeda | 6,181 |

Cuadro 1.3: Comparación Capacidades Caloríficas

En estos casos el aprovechamiento energético permite dar asistencia a escuelas, asilos y sectores de menores recursos para complementar su calefacción, agua caliente, etc., y por tanto las metas son directamente sociales. El beneficio debe medirse en el mejoramiento de la calidad de vida de toda la población y la disminución de subsidios, partidas que pueden ser direccionadas hacia otros sectores de la comunidad. Un gramo de PET libera una energía de 22,075 Btu, similar a la que tienen otros combustibles derivados del petróleo (ver Cuadro 1.3).

1.4.5.4 Aplicaciones del Pet Reciclado mecánicamente

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

- Fibra poliéster (Para relleno térmico, alfombras, ropa, material de relleno)
- Combustible alternativo
- Madera plástica
- Envases de productos no alimenticios
- Lámina plana
- Lámina para termoformado
- Flejes
- Monofilamentos y cabos

1.4.5.5 Problemática del Manejo de Plásticos Post – Consumo Tipo Pet

Muchas de las ventajas de los productos plásticos se convierten en una desventaja en el momento que desechamos ya sea el envase por ser descartable o bien cuando tiramos objetos de plástico porque se nos han roto.

Si bien los plásticos podrían ser reutilizados o reciclados en su gran mayoría, lo cierto es que hoy estos desechos son un problema de difícil solución, fundamentalmente en las grandes ciudades. Es realmente una tarea costosa y compleja para los municipios encargados de la recolección y disposición final de los residuos ya que a la cantidad de envases se le debe sumar el volumen que representan.

Por sus características, los plásticos generan problemas en la recolección, traslado y disposición final. Algunos datos nos alertan sobre esto. Por ejemplo, un camión con una capacidad para transportar 12 toneladas de desechos comunes, transportará apenas 6 ó 7 toneladas de plásticos compactado, y apenas 2 de plástico sin compactar.

Los materiales de packaging de PET representan, aproximadamente, sólo el 0,3 % del total de los residuos sólidos urbanos. Los esfuerzos en todo el mundo se siguen dando para reducir la cantidad de envases de PET que se depositan en los rellenos sanitarios. Más de 7.000 comunidades de los Estados Unidos tienen programas de recolección diferenciada de botellas de PET. Muchas comunidades tienen estaciones de recolección local.

Dentro del total de plásticos descartables que hoy van a la basura, destaca en los últimos años el aumento sostenido de los envases de PET, proveniente fundamentalmente de botellas descartables de aguas de mesa, aceites y bebidas alcohólicas y no alcohólicas.

Las empresas, buscando reducir costos y amparadas en la falta de legislación, vienen sustituyendo los envases de vidrio por los de plástico retornables en un comienzo, y no retornables posteriormente. Esta decisión implica un permanente cambio en la composición de la basura. En nuestro país este proceso se ha acelerado desde mediados de 1996, agravándose durante 1997 cuando además, muchos envases retornables de vidrio se transformaron en vidrio descartable.

Por ello, podríamos decir que la dificultad en manipular los plásticos por el elevado volumen que ocupan deberá ser compensada con los beneficios que la transformación de estos traerá al Operador. La Transformación del PET como material perteneciente a todo flujo de residuos sólidos municipales deberá cumplir un papel fundamental en la obtención de estos beneficios. Ese será el reto.

CAPÍTULO 2

GUÍA PRÁCTICA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE MANEJO MUNICIPAL SELECTIVO DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS

2.1 INTRODUCCIÓN

Cada gobierno local deberá ser impulsor de la protección de su entorno ambiental, deberá realizar sus mayores esfuerzos por brindar mejores condiciones de vida a sus residentes. Una excelente estrategia es darle un nuevo enfoque al Manejo Municipal de Residuos Sólidos. Ahora deberá hacerse selectivamente.

El plan que se describe a continuación persigue ese objetivo. Busca alcanzar beneficios ambientales, sociales y económicos que el manejo actual (recojo bruto sin recuperación de ningún material) de la mayoría de municipalidades no posee. Este manejo le dará más posibilidades a cualquier equipo gestor de algún municipio de brindarle mayor valor agregado a los componentes de su Flujo de Residuos (como es el caso del Procesamiento del Pet recuperado).

La metodología empleada para la siguiente guía es una propuesta elaborada por los tesisistas que usa como metodología principal parte del modelo de manejo de proyectos del PMI®¹⁵, además de la experiencia y su aplicación en el programa de segregación en origen de la municipalidad de Santiago de Surco.

2.1.1 EL PROCESO DEL DISEÑO DEL PLAN

El proceso del diseño del plan deberá estar a cargo de un equipo técnico (equipo gestor) liderado por un Gerente de Proyecto. El equipo gestor al decidir

¹⁵ PMI: Project Management Institute

implementar un Plan de Manejo de Residuos Sólidos Urbanos deberá considerar 7 etapas fundamentales o *entregables*¹⁶ (productos principales tangibles del Proyecto), los mismos que deberán ser:

1. Concepción Integral del Plan
2. Desarrollo del Diagrama de Flujo del Plan (“Estructura Detallada de Trabajo”¹⁷)
3. Diagnóstico Pluridisciplinario de la Zona de Estudio.
4. Elaboración de los Programas del Plan
5. Análisis Económico
6. Estrategias de Monitoreo y Optimización del Plan
7. Estrategias de Implementación del Plan

Cada uno de los *entregables* será descrito a continuación, definiéndose los principales componentes de cada uno, así como las principales actividades a realizar para el logro de todos los requerimientos de calidad.

2.2. PRIMERA ETAPA: CONCEPCIÓN INTEGRAL DEL PLAN

Uno de los objetivos primordiales de cualquier gobierno local es mejorar la calidad de vida de sus residentes. Con un adecuado manejo de los residuos, se podrá alcanzar este objetivo.

El objetivo principal de esta primera etapa es establecer las pautas generales del plan integral. Definir preliminarmente el alcance, los plazos, los costos, los recursos humanos y materiales necesarios, logística y requerimientos en general del proyecto para lo cual se realizará un análisis previo, se definirá el equipo gestor, se definirán los objetivos y se diseñará una metodología adecuada.

¹⁶ Entregable: producto, resultado o elemento mensurable, tangible y verificable que deba de entregarse para finalizar un proyecto o parte de el.

¹⁷ Estructura Detallada del trabajo: agrupamiento de los elementos del proyecto orientada hacia los entregables, que organiza y define el alcance del proyecto.

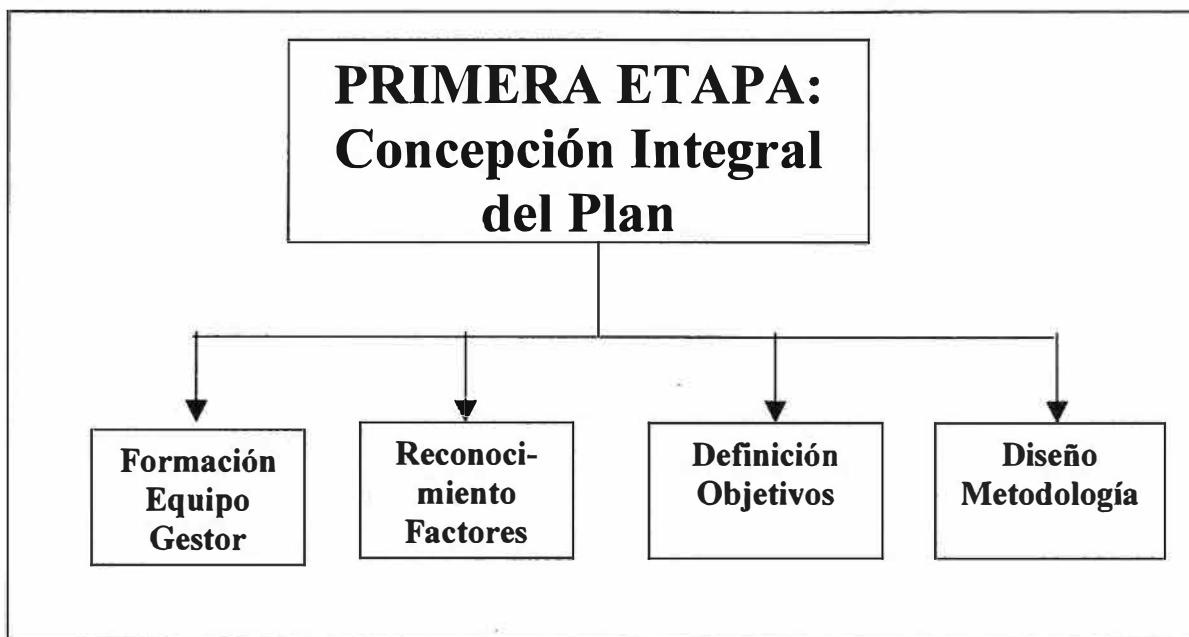


Diagrama 2.1. Primera Etapa del Plan

2.2.1. LINEAMIENTOS TÉCNICOS

Entre los principales sub-procesos que se requieren para armar el primer entregable o culminar la primera etapa se encuentran:

a. Formación del Equipo Gestor. Inicialmente se designará al Gerente del Proyecto, el cual a su vez se encargará de diseñar el requerimiento de recursos humanos necesarios para la conformación del equipo gestor. Una vez completo el equipo, éste estará encargado del diseño, implementación y verificación de la entrega del plan. Deberá ser multidisciplinario y contar con profesionales y técnicos especialistas. Entre ellos se deberá contar con: ingeniero(s) ambiental(es), ingeniero(s) sanitario(s), ingeniero(s) químico(s), ingeniero(s) de Seguridad e Higiene Industrial, sociólogo(s), comunicador(es) social – Publicista(s), contador(es), abogado(s) y otros profesionales y técnicos con experiencia en gestión e ingeniería ambiental, y específicamente en el manejo de residuos sólidos.

b. Reconocimiento de los principales factores. El equipo Gestor deberá contemplar desde un inicio y de manera permanente los siguientes factores que influirán en una adecuada concepción del plan así como en los diseños de cada programa componente del mismo:

- *Experiencias previas*¹⁸ en el manejo de residuos.
- Las características del flujo de residuos y su mercado.
- El marco legal vigente y su aplicabilidad.
- Las tecnologías aplicables.
- Los recursos disponibles para el alcance de metas propuestas.

c. Diseño de las metodologías de trabajo y estructura del plan. Deberán respetarse y poder adecuarse a las posibles variaciones de los factores anteriormente mencionados. En eso consiste el diseño del plan de manejo de residuos, en lograr los objetivos propuestos empleando de la manera más adecuada los recursos asignados. Metodología implica orden. El orden llevará al éxito.

Un Plan adecuadamente estructurado deberá presentar una descripción detallada de las Operaciones a implementar en el Plan, su costeo y Plazos de Ejecución. El Equipo Gestor deberá saber obtener toda la información preliminar que le permita un adecuado planteamiento del problema, un buen diagnóstico de la situación real. Deberá estar claro a su vez el plan de gestión de cambios de manera tal que el alcance (calidad, plazos, costos) del proyecto no se afecte.

Cuando se haya realizado la etapa de diagnóstico se podrán diseñar los programas piloto y posteriormente el escalamiento a nivel distrital o regional. Se pueden tomar experiencias anteriores, acudir a bibliografía recomendada, así como buscar asesoría técnico - legal especializada. Lo importante es que el equipo se identifique con un mismo esquema conceptual del plan que deberán diseñar, enriqueciendo cada miembro desde su campo el mismo.

¹⁸ Experiencias de la institución, externas o juicio de experto.

Por lo anterior, será fundamental identificar los objetivos que motivan a la corporación a tomar la decisión de implementar un Plan Integral de manejo de los residuos, y más aún si el tema no se ha tocado con la debida decisión política y profundidad técnica. Luego se pasará al diseño propiamente dicho de todas las operaciones que conformarán el plan. Es bastante factible que un plan bien diseñado reduzca las partidas correspondientes de limpieza pública en un gobierno local o regional, aumentando además su eficiencia.

d. Objetivos del Plan

El flujo de Residuos Sólidos (o algún material que forme parte de él) deberá manejarse adecuadamente en un Plan Integral de Gestión de Residuos Sólidos de cualquier comunidad urbana. En algunas operaciones algunos componentes del flujo (como el Pet, por ejemplo) no tendrán el mismo tratamiento que otros componentes del mismo flujo (por ejemplo los inyectables o los restos orgánicos de cocina). Algunos objetivos que el equipo Gestor podría tomar en cuenta para una buena definición del alcance del proyecto serían:

Objetivos Sociales

- Lograr la participación de la comunidad mediante una adecuada concientización que logre la separación en origen. Se deberá cuantificar la participación por tipo de habitante (vecinal, escolar, universitaria, etc.)
- Favorecer el mejoramiento de las condiciones de trabajo de los trabajadores de la municipalidad que operan en el área de Limpieza Pública, así como de los recicladores informales, promoviendo su formalización. Se podría cuantificar, por ejemplo, en obtención de seguros de atención médica, porcentaje de recicladores informales absorbidos por el programa, etc.

- Mejorar la calidad de vida de los habitantes de todos los sectores de la ciudad con un adecuado manejo de residuos. Podría cuantificarse con un porcentaje recuperado de terrenos anteriormente utilizados para la disposición final inadecuada de residuos.

Objetivos Ambientales

- Reducir notoriamente el impacto ambiental que generan los Residuos Sólidos. Cuantificarlos con indicadores de medición en el aire, agua y suelos.
- Establecer alternativas de recolección selectiva. Fijar estrategias de monitoreo y control de los sistemas optimizados.
- Incrementar el aprovechamiento de materiales en forma gradual, así como reducir el consumo innecesario de recursos naturales.
- Determinar las necesidades de nuevas normas o modificación de las leyes existentes

Objetivos Económicos

- Reducir costos en la partida actual de manejo de residuos sólidos municipales por la mejora operativa del servicio. Fijar metas de reducción progresiva de la partida operativa.
- Generar ingresos económicos para la municipalidad por comercialización de materiales procesados. Establecer proyecciones en base a estudios preliminares o data histórica.
- Generar ingresos por mayor tributación de la población como resultado de la mejora del servicio. Fijar un porcentaje de aumento en la recaudación.

El desarrollo macro del plan deberá plasmarse en un esquema fácilmente entendible por todo el equipo de trabajo. Será la segunda etapa, y la desarrollaremos a continuación.

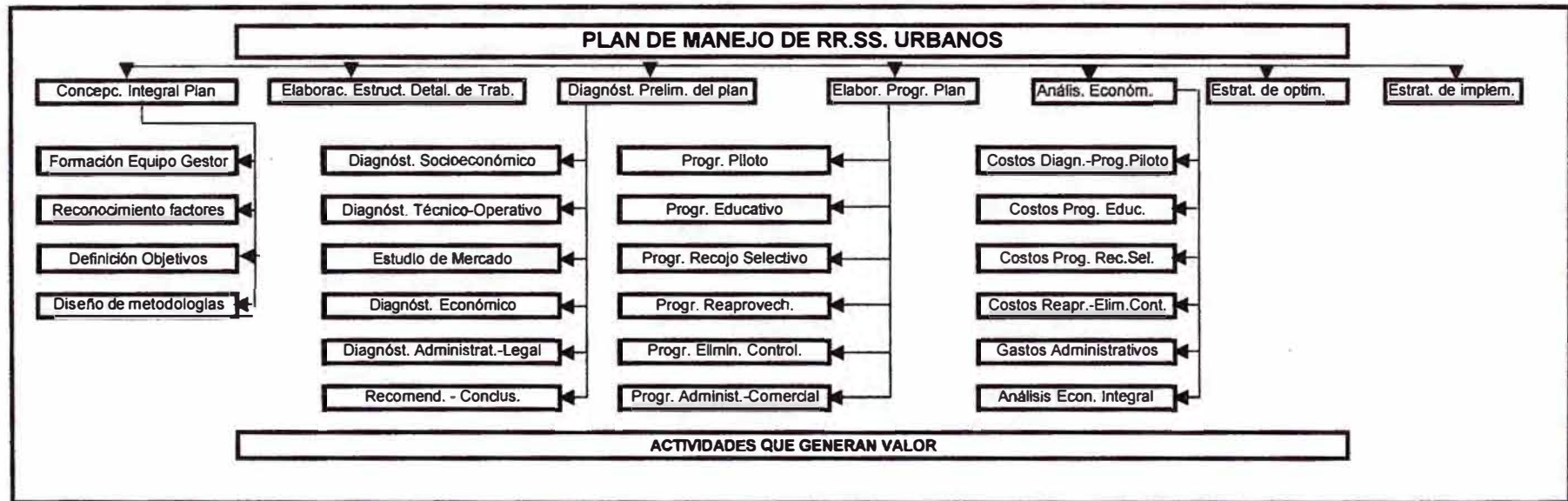
2.3 SEGUNDA ETAPA: DIAGRAMA DE FLUJO DEL PLAN

El Diagrama de Flujo deberá expresar de la mejor manera la concepción integral del plan así como describir claramente los entregables y sub-entregables que lo componen.

Una probable propuesta de Diagrama de Flujo es la que apreciamos en el Esquema 2.2: en el extremo superior tenemos el producto o entregable principal (el plan), en el primer nivel tenemos los siete entregables, fases o componentes principales del producto. En los siguientes niveles observaremos los sub-entregables de cada entregable.

Debajo de todos los entregables y sub-entregables tenemos las actividades que las conforman y que deberán solo ser las *necesarias*, las que *generen valor*. Se deberá tener cuidado en gastar recursos innecesariamente en actividades que no lo hagan.

Para diseñar óptimamente la metodología de trabajo para los programas piloto y sus respectivos escalamientos se deberá elaborar un Diagnóstico que permita conocer la realidad de la Zona de Estudio. En eso consiste el tercer entregable o la tercera etapa del Plan, descrita a continuación.



Esquema 2.2 Estructura detallada de Trabajo

2.4 TERCERA ETAPA: DIAGNÓSTICO PLURIDISCIPLINARIO DEL PLAN.

El diagnóstico será realizado por el equipo gestor, el cual realizará un análisis con múltiple perspectiva que considere los siguientes sub-entregables:

2.4.1 Diagnóstico Socioeconómico, que involucre, por ejemplo, un estudio detallado de la situación real de la gente que habita en cada sector de la ciudad respecto al servicio de recolección de residuos realizado por la municipalidad, sus características, sus carencias, el sector informal de comercialización de residuos, quienes la componen, como realizan el manejo de los mismos, las condiciones en las que se encuentra el personal municipal que maneja los residuos, la identificación y análisis de las principales actividades económicas de la zona de estudio, asimismo la percepción de la población respecto al trabajo que viene realizando la municipalidad y sus expectativas respecto al mismo.

2.4.2 Diagnóstico Técnico Operativo, se detallarán aspectos técnicos reales expresados por indicadores como la producción per cápita de residuos, o la composición del flujo de residuos (con actividades de muestreo¹⁹). Asimismo el análisis operativo de recolección y disposición final. Además se realizará el diagnóstico ambiental, realizando estudios de suelos afectados por el mal manejo de residuos, análisis de medición de partículas, etc. Toda la data y las metodologías existentes se tomarán en cuenta en el análisis para enmendar errores, implementar tecnologías e infraestructura y finalmente para tomar decisiones en cuanto a implementación de tecnologías adecuadas a la realidad de la región estudiada.

2.4.3 Estudio de Mercado, aquí se realizará la exploración de todas las alternativas de comercialización de acuerdo a las diferentes aplicaciones de los materiales en el mercado. La data recogida servirá para determinar características

¹⁹ Ver Anexo 2 – Normativa Técnica sobre procedimientos de muestreo.

de la demanda de los componentes del flujo de residuos generado. Algunos lineamientos técnicos a tomar en cuenta serán:

- ***Las comunidades deberán asegurarse que existan mercados disponibles para absorber los reciclables recuperados.*** Para algunos materiales, los mercados crecerán de forma natural al mismo tiempo que se incrementan los suministros. Para otros, los sectores públicos y privados deben trabajar conjuntamente con el fin de promocionar el crecimiento de industrias capaces de utilizar materiales secundarios en su proceso de producción. Se deberá tener en cuenta tanto los mercados presentes como los futuros.

- ***Desarrollar ideas para lograr estrategias eficaces en el desarrollo de mercados:*** la Oferta, la Demanda, la Tecnología, el Marco Legal, la Economía y los Mercados finales alternativos son tópicos que deberán ser ampliamente discutidos.
 - ***Consultar los estudios de mercado ya realizados.*** En ausencia de estos se recomienda realizar una propia investigación con el fin de asegurar mercados para sus materiales reciclables. Una alternativa será investigar el mercado de acuerdo a dos tipos de productos: intermedios o finales. Los mercados intermedios acumulan, procesan, almacenan y transportan los reciclables hasta los mercados finales.

 - ***Tomar en cuenta Mercados locales, nacionales e Internacionales e investigar sus características.*** Se podrán utilizar diversos recursos como páginas amarillas, Internet, Estudios de Mercado, visitas a plantas recicladoras, asociaciones nacionales e internacionales de comercio, revistas sobre reciclaje, universidades e instituciones especializadas y Estudios diversos.

- ***Tomar en cuenta que el Mercado para material reciclable es Oscilante.*** El análisis de mercados será una labor ininterrumpida, ya que la mayoría de materiales reciclables tienen tendencias de consumo más altas en determinadas épocas del año. Por ejemplo, la demanda y consumo de botellas Pet de gaseosa es más elevada en la temporada de verano.
- ***Promover Alianzas Estratégicas.*** Algunas comunidades que no generen cantidades suficientes de reciclables como para interesar a un determinado mercado podrían aliarse estratégicamente con otros centros urbanos procesando conjuntamente sus reciclables.
- ***Tomar en cuenta siempre los factores que influyen sobre los Mercados.*** Algunos serán la capacidad de producción doméstica, las importaciones, el consumo, los costos de energía y transporte, las tecnologías aplicadas y aplicables, la posibilidad de nuevos productos, tarifas del mercado internacional, cambios de moneda, política y programas de comercio, calidad de los materiales, costos de materias primas en competencia.

2.4.4 Diagnóstico Económico, para lo cual se requerirá tener a la mano el detalle de la partida actual del manejo de los residuos sólidos. Se analizará qué tan bien se están empleando los recursos, si los ratios de eficiencia son elevados, si el monto en unidades monetarias por tonelada procesada es el correcto. Servirá comparar cuánto es el costo que manejan otros distritos. Se deberá enfocar como un proyecto que permita a la municipalidad reducir los costos de manejo de los residuos, y que finalmente este ahorro permita implementar infraestructura, reforzar sus programas ambientales, etc.

2.4.5 Diagnóstico Administrativo - Legal, lo cual implicará un análisis detallado de la normativa legal ambiental vigente, sus normas técnicas, etc. Será importante

tener muy en claro el papel que cumplen las diferentes instituciones involucradas en el manejo de residuos urbanos. Asimismo el manejo interno municipal respecto al plan será vital para evitar interferencias internas técnico – político – administrativas. Para ello se deberá tener la documentación que especifique las funciones de cada una de las oficinas que tengan que ver con la gestión de los residuos, desde la parte educativa hasta la parte comercial.

Finalmente, el diagnóstico deberá traer consigo, conclusiones, observaciones y recomendaciones puntuales que deberán sanearse, cumplirse o tomarse en consideración para el diseño de cada programa piloto y posteriormente de cada programa municipal del plan (Ver Diagrama 2.3). Será bueno asesorarse permanentemente con algún especialista en el tema legal-ambiental.

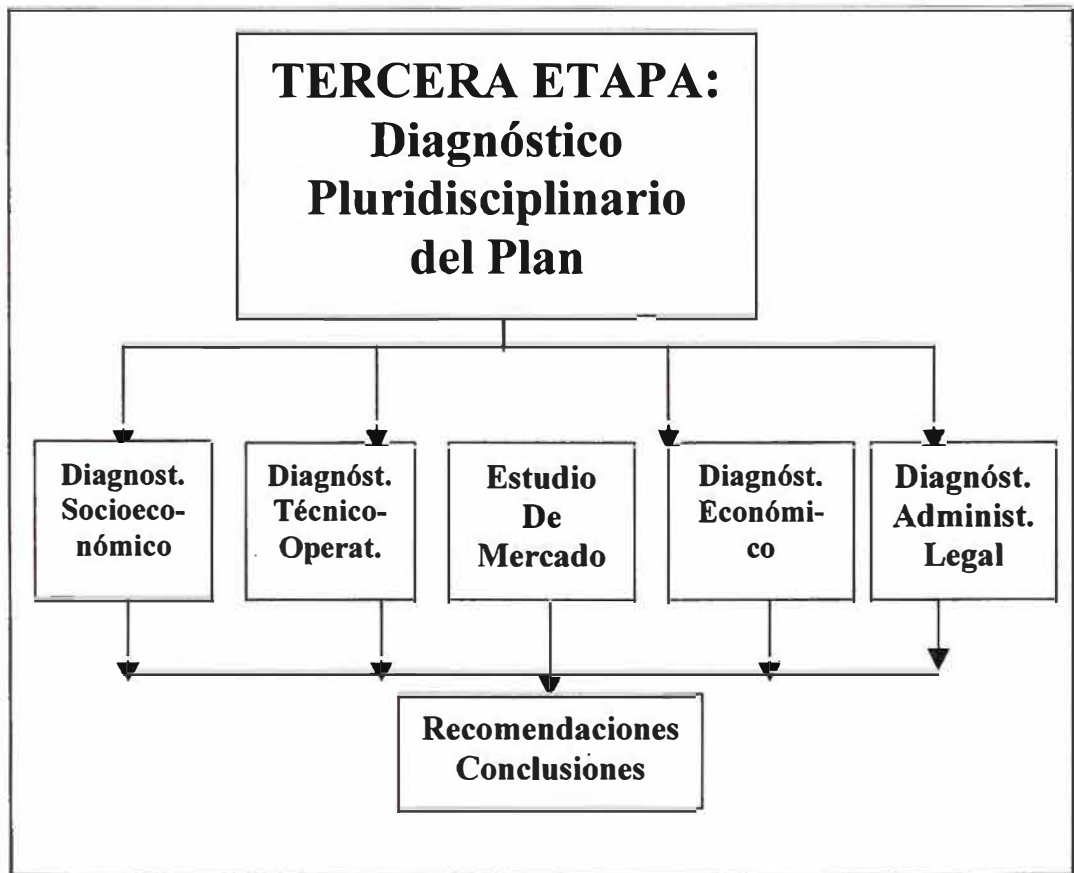


Diagrama 2.3. Tercera Etapa del Plan

2.4.6 Recomendaciones y Conclusiones, como resultado de los diagnósticos realizados previamente. El equipo responsable de la implementación del plan deberá en base a los resultados del diagnóstico realizar recomendaciones. A continuación brindaremos el ejemplo de análisis de las alternativas sobre la *naturaleza del recojo y la administración operativa del plan o de algunas partes del mismo*.

2.4.6.1. Sobre la Naturaleza del Recojo

Se plantea la existencia de 2 alternativas que tienen que ver con la manera en que se recogen los residuos sólidos generados:

Alternativa 1: Recojo Bruto

Alternativa 2: Recojo Selectivo

De acuerdo al análisis realizado se tendrá que evaluar factores como costos de inversión, de operación, disponibilidad del personal, objetivos del programa, calidad de los materiales, etc.

Alternativa 1: Recojo Bruto.

Es el recojo que se emplea actualmente en la mayoría de distritos en el país (todos los residuos mezclados, sin separación en origen), pero con la salvedad de que, en vez de llevarlos a un relleno sanitario o botadero, todos ellos se transportarían a una *Planta de Tratamiento de Residuos*²⁰ donde se procederá con la separación de la fracción inorgánica de la orgánica, tratamiento y comercialización. El material de rechazo se eliminará vía incineración controlada o disposición en relleno sanitario. Esta alternativa tecnológica no contempla la sensibilización, pues no sería necesario separar en origen.

²⁰ Ver Anexo 3 – Descripción de Tecnologías empleadas en una planta de residuos.

Argumentos a favor:

- Costos Educativos: de bajos a nulos.
- Costos de Recojo: medianos.
- Absoluto control sobre las operaciones realizadas.
- Disposición Final en Relleno Sanitario: baja
- Inversión en Capital de Trabajo: baja
- Tasa de Participación: alta

Argumentos en contra:

- No se logran fines educativos.
- Calidad promedio de los residuos: mediana
- Costos de inversión para la Planta de Tratamiento: altos
- Espacio requerido para la Planta de Tratamiento: grande
- Costos de Procesamiento: altos

Alternativa 2: Recojo Selectivo

Se promueve la separación en origen de los residuos inorgánicos con valor de cambio, los residuos orgánicos, así como de material de rechazo. Es necesario un intenso trabajo educativo y si se diseña por etapas podría incluir previamente un recojo medianamente selectivo (solo inertes).

Argumentos a favor:

- Objetivos educativos en la comunidad: logrados
- Promoción de actividades de reciclaje
- Ampliación de mercados para sub-productos
- Calidad de los residuos: alta
- Disposición final en relleno sanitario: baja

Argumentos en Contra:

- Costo de inversión en planta de tratamiento: Mediano – Alto
- Costos de recojo: Altos
- Costos de procesamiento: Medianos – Altos
- Requerimiento de espacio: mediano - alto
- Costos educativos: Altos
- Inversión capital de trabajo: Alto

Los análisis cualitativo y cuantitativo para las dos alternativas se visualizan en los cuadros 2.2.1 y 2.2.2 respectivamente:



Imagen 2.1 Recojo Selectivo

En el análisis se ha ponderado los tópicos que se deben de tomar en cuenta, de acuerdo a su influencia (de todas maneras subjetiva, cada Equipo de Gestión Ambiental Municipal deberá ponderar los rubros de acuerdo a su realidad) dentro de este plan; a su vez, existen algunas características de estos tópicos que se han dividido en un porcentaje adecuado según el grado de influencia.

Análisis de Variables Importantes

- **Inversión:** La naturaleza de las inversiones para ambas alternativas es distinta: en el **Recojo Bruto**, la inversión contempla básicamente las instalaciones de la Planta de Tratamiento.

Cuadro 2.2.1

| TÓPICO | INVERSION | | COSTOS | | | | OBJETIVO | | TASA | | INGRESOS | OTROS | |
|-----------------|-----------|------------|------------|--------|---------------|---------|-----------|-----------|---------------|--------------|----------|----------------|----------|
| TIPO RECOJO | PLANTA | CAP. TRAB. | EDUCATIVOS | RECOJO | PROCESAMIENTO | RELLENO | EDUCATIVO | AMBIENTAL | PARTICIPACIÓN | RECUPERACIÓN | VENTAS | CALIDAD RR.SS. | PERSONAL |
| BRUTO | | | | | | | | | | | | | |
| COMP. SELECTIVO | | | | | | | | | | | | | |

Verde: positivo

Amarillo: regular

Rojo: Negativo

Cuadro 2.2.2

| TÓPICO | 3 | | 5 | | | | 2 | | 2 | | 5 | 1 | | TOTAL |
|-----------------|-------|-------|------|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|---|------|------|-------|
| TIPO RECOJO | 0.75 | 0.25 | 0.1 | 0.5 | 0.2 | 0.2 | 0.5 | 0.5 | 0.4 | 0.6 | 1 | 0.4 | 0.6 | |
| BRUTO | 0.225 | 0.375 | 0.5 | 2 | 0.1 | 0.9 | 0 | 0.5 | 0.8 | 0.6 | 5 | 0.26 | 0.21 | 11.47 |
| COMP. SELECTIVO | 0.9 | 0.15 | 0.05 | 0.5 | 0.2 | 0.9 | 1 | 1 | 0.56 | 1.08 | 5 | 0.4 | 0.3 | 12.04 |

En el **Recojo Selectivo**, la inversión inicial se da en la fase piloto, y gradualmente se pueden ir logrando objetivos educativos y de identificación (además de costumbre de separar) por parte del residente, y cuando tenga que segregar además de los inorgánicos, los orgánicos, no se hará muy dificultoso. Involucra compra de unidades de recojo selectivo e instalaciones de carácter piloto para el tratamiento de los residuos recogidos.

- **Costos Operativos:** Si la prioridad es asegurar bajos costos operativos, de manera tal que la seguridad de seguir operando sea primordial, existen dos alternativas: si se aseguró la inversión inicial para el tipo de Recojo Bruto, pues no habrá problema en continuar operando dado que los costos operativos son manejables; en el caso de la Alternativa 2, los costos operativos son medianos y la municipalidad deberá tomar en cuenta ello. Por ello, la otra opción es implementarla poco a poco, pues tiene costos operativos manejables y permitirá controlar mejor el crecimiento de los mismos.
- **Fines Educativos - Ambientales:** si lo que se busca es el logro de objetivos educativos, la alternativa 2 es la recomendable, pues implica un *Factor Educativo Interactivo con la Comunidad* del que carece la Alternativa 1. Para fines ambientales ambas alternativas son buenas pues solo el flujo de rechazo irá a relleno sanitario.
- **Tasas de Participación:** la Alternativa 1 es la más efectiva, pues indefectiblemente se podrá recoger la totalidad del flujo de residuos existente y será llevado a Tratamiento.
- **Ingresos:** Los ingresos reflejarán de manera proporcional a la inversión realizada, por ello, ambas alternativas son recomendables.

- **Otros:** La calidad de los residuos que lleguen a la planta de tratamiento es importante porque está muy relacionado a los costos de tratamiento de los mismos y a la cantidad que pueda recuperarse. Por ello, la alternativa 2 es la más recomendable, si es que existe un mercado potencial que requerirá altos estándares de calidad en los materiales inertes recuperados. En cuanto al personal necesario, ambas alternativas requerirán un número similar de trabajadores.

Por lo tanto, nuestra recomendación dependerá de los objetivos supremos de su plan:

- Si su prioridad es el Control de las variables que implican el proceso, le recomendamos la Alternativa 1, pues no tendrá que preocuparse de *concientizar al residente solo tratar* el flujo de residuos. Casi todas las variables son controladas por el Gestor.
- Si se busca lograr Objetivos de *Participación Consciente* del residente segregando en origen además de calidad del producto recuperado mayor, le recomendamos escoger la alternativa 2 (aunque se deberá decidir los plazos de ejecución de la misma con una primera fase de segregación de residuos inertes por ejemplo, o realizar la segregación completa en origen. La variable que determinará la elección: Costos de Inversión inicial).

2.4.6.2 Sobre la Administración

Las alternativas que tiene un Equipo Gestor para escoger y plantear el tipo de administración del servicio o parte de él, son: Administración Pública, Administración Privada y Administración Mixta.

a. Administración Pública

- Aquí la financiación corre por cuenta del Municipio tanto para la inversión inicial como para los costos operativos (podría conseguir financiamiento externo). Se podría intentar realizar convenios con entidades comunicadoras o educativas para facilitar la campaña educativa por ejemplo.
- El manejo Operativo - Comercial lo realizaría la Municipalidad o una empresa para-municipal (verificar marco legal) que cumpla con los requisitos exigidos por el Ministerio de Salud correspondiente.
- Una ventaja de esta modalidad es que la política es manejada por una sola entidad y esta tiene amplia libertad para tomar decisiones.

b. Administración Mixta

- Puede darse debido a algún tipo de acuerdo. Básicamente es económico, donde pueden manejarse distintas variantes, como que una entidad privada sea la inversionista o auspiciador y en convenio con la Municipalidad administre el programa obteniendo cierto margen de los beneficios.
- Puede darse el hecho que una empresa privada al auspiciar el programa por un acuerdo firmado, forme parte de la política administrativa del Programa. Generalmente esta alternativa es la que genera ciertos problemas, pues surgen los llamados conflictos de interés, que pueden traer como consecuencia presiones de todo tipo o retiro de alguna de las partes.

c. Administración Privada

- El Municipio le entrega en concesión la administración a una entidad privada que cumpla con los requerimientos de ley. Ésta a cambio le presenta informes de lo actuado, para su permanente conocimiento.
- *Se tendrá un mayor respaldo financiero pues estos proyectos suelen llevarse a cabo por entidades inversionistas de suficiente capacidad económica.*

Se recomendaría acompañar al análisis corridas económicas y valoraciones de interés como la capacidad técnica de la municipalidad de asumir la responsabilidad o simplificación de responsabilidades cediéndole el servicio a un tercero monitoreando técnicamente su manejo.

2.5. CUARTA ETAPA: ELABORACIÓN DE LOS PROGRAMAS DEL PLAN.

Tomando en cuenta lo anterior, el Plan deberá comprender los siguientes Programas (ver Diagrama 2.4), los que detallaremos a continuación:

- ***Programas Piloto:*** aquí se probarán metodologías diseñadas en base a la data que pudo recogerse en la etapa anterior. Se tomará en cuenta la legislación vigente, así como la experiencia realizada. Se realizarán programas piloto para la parte educativa, la de recojo selectivo, reaprovechamiento, disposición final y comercialización.
- ***Programa Educativo:*** el objetivo es impactar en la conciencia de la comunidad readecuando sus hábitos y costumbres para que colaboren paulatinamente con el plan establecido.

- **Programa de Recajo Selectivo y Transporte:** se tomará en cuenta la distribución geográfica y socioeconómica del distrito para un óptimo empleo de los recursos. Este componente determinará la forma en que se realice el plan, ya que en general es la componente más cara en un sistema de manejo de residuos sólidos.
- **Programa de Reaprovechamiento:** donde se tomarán en cuenta las características del lugar, la demanda existente, las tecnologías aplicables y la legislación vigente.



Diagrama 2.4. Cuarta Etapa del Plan

- ***Programa de Eliminación Controlada:*** aquí se tiene por objetivo disponer adecuadamente la fracción del flujo de residuos que no es aprovechable.
- ***Programa Administrativo – Comercial:*** que permita administrar los recursos disponibles eficientemente, así como comercializar los materiales con el mayor valor de cambio posible.

Además cada programa contemplará sus correspondientes líneas o proyectos que tendrán su particular naturaleza.

2.5.1 PROGRAMAS PILOTO

La puesta en marcha de estos programas permitirá obtener resultados experimentales que servirán de base para el diseño de los programas distritales.

La entrada para el diseño de estos programas piloto serán los resultados y conclusiones del diagnóstico preliminar. Con ellos el equipo gestor estará listo para definir las características de calidad de cada uno de los programas así como sus requerimientos, plazos, costos, plan de comunicaciones, adquisiciones, recursos humanos y materiales.

2.5.2. PROGRAMA EDUCATIVO

El trabajo para un adecuado Diseño de este Programa será intenso si es que la Alternativa de Recolección escogida fue la segunda, pues dependerá de que tan bien reciba el mensaje el residente para que logre una óptima participación segregando en origen. Es el primer eslabón de la cadena del Programa, sino el más importante. Si se desviara el flujo de residuos de disposición en rellenos a programas de reciclaje, cada vecino, empleado o empresario de la comunidad deberá incorporar el concepto de reciclaje en su vida cotidiana.

Por lo mismo, las motivaciones para todos los ciudadanos de una comunidad no serán las mismas: la mayoría colaborará al recibir un buen mensaje *por ayudar a la Protección del Ambiente* (nuestro público de interés), algunos quizás esperen alguna retribución a su colaboración de tipo legal o económica.

2.5.2.1. Lineamientos Técnicos

- *El programa de concientización deberá ser permanente.* El mensaje tiene que formar parte de la vida diaria del residente y el concepto de reaprovechamiento parte de su vocabulario.
- *Hay que llegar con un eficiente mensaje al residente* para que entienda la necesidad de proteger el ambiente, pero hay que **darle énfasis en enseñarle a la comunidad lo que puede hacer para colaborar.** Se deberá implicar a todos los segmentos de la comunidad (residencial, comercial, industrial, instituciones educativas, empresariales), y más si es que en una misma ciudad existen distintos estratos sociales.
- *En lo posible, evitar los incentivos inmediatos.* El programa de reciclaje no es una rifa. si se promociona como tal, se puede perder el interés sostenido y la participación. *Cuando no hay premios, no hay interés en el programa.* En muchos casos la experiencia no funcionó. **La gente debe reciclar porque hacerlo es lo correcto.**
- *Se deberán emplear técnicas similares a las habituales educativas – publicitarias.* Los medios de comunicación podrían incluir periódicos, revistas, folletos, emisoras de radio y televisión, transporte público, carteles, instalaciones recreativas e Internet. Introducir el concepto de reciclaje no será menos estratégico que la introducción de un producto determinado.



Imagen 2.2. Estudiante sensibilizando vecino

- ***Todo lo anterior requerirá de coordinaciones previas, reuniones, presentaciones, convenios, etc.*** Se deberá convencer a los medios para que co-patrocinen el programa de reciclaje como un servicio distrital, provincial, regional o nacional. Puede intentarse si fuera necesaria publicidad pagada, ruedas de prensa, carteles promocionales, calcomanías, chapas, camisetas, etc.
- ***Separar parte del presupuesto para investigación,*** sobre la disponibilidad de la comunidad a participar antes de la instalación del programa así como en todo el transcurso del mismo. Para lograr este objetivo se realizarán sondeos tanto escritos como telefónicos para residentes y empresas.
- ***Diseñar un Sistema de Voluntariado Educativo Ambiental.*** Un grupo de voluntarios profesionales o universitarios bien preparado podrá difundir el programa a vecinos, en colegios, universidad o empresas con mucho entusiasmo y energía, ellos abrirán puertas que de otra forma permanecerían cerradas. El Plan de Crecimiento del Programa, una vez definido, requerirá de personal

suficientemente capacitado para que mediante charlas concientizadoras en grupos vecinales o de *puerta en puerta*, inscriba y/o capacite a vecinos y/o instituciones.

- **Preparar Talleres Educativos**, donde se recomienda tocar temas relacionados a la protección del entorno ambiental (Gestión de residuos sólidos, contaminación del agua, del aire, ruidos molestos, conservación del suelo, protección de áreas verdes, impacto electromagnético, etc.), mostrando cifras reales y proyecciones ilustrativas buscando la Sensibilización de la Comunidad. Asimismo, se describirán las acciones que el Municipio está realizando con referencia al cuidado del entorno ambiental. Ser muy cuidadosos en la profundidad de cada tema que se toque, esta deberá ir de acuerdo al nivel educativo de cada grupo receptor.

2.5.3. PROGRAMA DE RECOJO SELECTIVO

El éxito de un plan de manejo de residuos dependerá en gran medida que se manejen óptimamente los recursos en este programa, pues será el que genere más costos.

De acuerdo al análisis realizado en el punto 2.4.6.1 se escogió esta alternativa por los beneficios sociales (educación, cambio positivo de hábitos respecto al manejo de los residuos), por la calidad del material a recuperar y por la tecnología menos costosa a implementarse.

El Programa de Recolección de Residuos Sólidos se alimentará permanentemente de los resultados de las Campañas Educativas llevadas a cabo por la Municipalidad, pues uno de los mensajes principales de la Campaña girará en torno al *como separar en origen*. La Optimización de la Operación de

Separación en Origen será la forma más eficaz de mejorar el rendimiento de todas las instalaciones posteriores en el sistema de gestión de residuos.

2.5.3.1. Lineamientos Técnicos

- Dividir la Zona de Implementación por Sub-Zonas o Sectores lo cual ayudará a definir el recorrido de Recojo del Material Reciclable de manera vecinal, así como facilitará las labores de crecimiento del programa. Ayudarse de Sistemas de Información Geográfico.
- En un sistema de recojo selectivo, los materiales reciclables separados en origen, son recogidos dentro de la(s) bolsa(s) de color respectiva (se recomiendan bolsas de polietileno de baja - mediana densidad). Como las viviendas, escuelas y comercios participantes en el programa no tienen que transportar los reciclables lejos de la acera, los programas de acera tienen una mayor participación vecinal que los programas de centros de recolección selectiva (centros autorizados para el acopio de reciclables).
- Habrá que ser estrictamente cuidadosos con la metodología de recojo²¹ empleada y nos deberemos asegurar que el residente la conozca para que no haya problemas operativos. Al ser la partida que suele generar más costos, se buscará lograr una alta tasa de participación y alta eficiencia de empleo de recursos, es decir, no cometer errores u omisiones en el momento operativo de recojo.
- El crecimiento de un programa de manejo de residuos sólidos deberá ser ordenado en cuanto al sistema de recojo selectivo vecinal. Se procurará que el plano de recojo no presente vacíos, de manera tal que se optimicen horas-hombre y combustible. Se

²¹ Ver Anexo 3 – Sobre Recojo.

- recogerá la totalidad de los predios de una calle, de lo contrario se esperará la confirmación antes de incluir el predio en la ruta.
- Cuando la unidad móvil llegue al lugar de Recolección, los ayudantes recolectores irán recogiendo la(s) bolsa(s) de color llena(s) de acuerdo a la fecha acordada (que el municipio tome la iniciativa de dar la bolsa o si lo deja en manos del residente, eso formará parte de los acuerdos a los que se lleguen). Las unidades móviles de recojo (unidades compactadotas o del tipo baranda) transportarán el material a la Planta de Tratamiento de Residuos Sólidos en el transcurso del día y/o de la noche.
- Para el Sistema Comercial de Recojo Selectivo se podrían instalar módulos especiales en supermercados y espacios comerciales de la comunidad que puedan ser recogidos en horarios adecuados que eviten robo del material, etc.
- Se deberá supervisar la recolección selectiva verificando el cumplimiento del itinerario del recojo por sectores así como su adecuado transporte a la Planta de Procesamiento
- En algunos casos se podría solicitar el apoyo de la policía municipal en el momento del Recojo, pues podría darse la posibilidad de enfrentamientos con recicladores informales.
- El grado de separación al que deberá llegar el residente en casa o en oficinas irá de acuerdo al nivel de maduración del Programa. Será demasiado riesgoso para el logro de los objetivos, pedirle al residente que separe los residuos en demasiados rubros.

2.5.3.2 Indicadores de Eficiencia de Operación

Como parte de la verificación o del control de los procesos se requerirán índices o tasas que permitan mostrar eficiencias operativas y en cada uno de los casos definir recursos de solución de los problemas técnico – operativos presentados. Entre los principales indicadores mencionaremos los siguientes:

Tasa de participación, término utilizado para indicar el porcentaje de viviendas, escuelas o empresas que separan regularmente sus reciclables. Se podrá medir la participación de una comunidad definiendo como unidad de conteo el predio en el caso doméstico y la escuela o empresa en el caso comercial.

Tasa de reciclaje, es el porcentaje total de los materiales reciclables respecto al peso de los residuos sólidos totales.

Tasa de desviación neta, representa el porcentaje en peso de los residuos totales que no son vertidos o incinerados, y que nos mostrará que tan eficientemente se reduce la disposición de estos en rellenos sanitarios.

Tasa de captura, es el porcentaje en peso de un material específico dentro del flujo de residuos que realmente se separa para su aprovechamiento.

2.5.3.3. Implementación de Centros de Recolección Selectiva

Puede darse la posibilidad de implementar centros de recolección selectiva paralelamente al recojo selectivo normal y en este caso existirían básicamente dos alternativas para la naturaleza de su manejo:

- **Por motivaciones voluntarias**, es posible que tenga inicialmente inconvenientes de participación reduciéndose estos a medida que el mensaje concientizador vaya dando efecto. Los costos de instalación serán bastante bajos.
- **Por motivaciones monetarias**, pues funcionarán como centros de recompra de residuos.

2.5.3.4. Elección de Vehículos de Recojo

El número y tipo de vehículos necesarios para la recolección selectiva de inertes estará en función de los volúmenes de residuos generados²². Para una adecuada elección de vehículos para la recolección en acera, se deberán tomar en cuenta los siguientes criterios:

- **Capacidad:** La capacidad necesaria de un vehículo depende de la cantidad, volumen y peso por recolectar diariamente.
- **Dimensiones del vehículo:** La forma física del vehículo, su longitud, ancho y altura es importante para determinadas áreas de recojo por ejemplo calles estrechas, espacio libre limitado etc.
- **Flexibilidad:** Para que el vehículo pueda adaptarse a los cambios en el tipo de materiales recolectados.
- **Características de diseño:** Deberá ser el más apropiado de acuerdo a las características tecnológicas del tratamiento de los residuos, además de las condiciones físicas, climáticas o topográficas en que se presente el programa.
- **Costos:** El costo de compra de las unidades de recolección depende del presupuesto que se maneje en el programa. Los costos podrían reducirse adecuándose las unidades existentes.

²² Ver Anexo 5 – Cálculo del número de unidades de recojo requerido.

2.5.3.5. Recolección por contenedor

Los sistemas de contenedor son idóneos para la recolección de residuos sólidos procedentes de centros de acopio, escuelas o centros comerciales del distrito establecidos con una alta generación, porque se utilizan contenedores relativamente grandes.

El uso de contenedores grandes reduce el tiempo de manipulación, así como las desagradables acumulaciones y condiciones poco sanitarias asociadas al uso de contenedores más pequeños. Este sistema es ventajoso porque para su transporte solo se necesita de una unidad porta contenedor y es manipulado por un conductor.

2.5.4. PROGRAMAS DE REAPROVECHAMIENTO

El reaprovechamiento de los residuos puede realizarse por distintas vías:

- El reciclaje de residuos de tiempo de descomposición prolongado (en este estudio los denominamos inertes) con valor de cambio, como el vidrio, el papel, las latas o los plásticos.
- El compostaje y la elaboración de humus y/o harina orgánica a partir de restos orgánicos.
- El aprovechamiento energético vía combustión o producción de biocombustibles.

El presente estudio está orientado al reaprovechamiento vía reciclaje de residuos *inertes* con valor de cambio. Por ello, nos detendremos a describir sólo este tipo de reaprovechamiento.

2.5.4.1. Planta de Procesamiento de Residuos Sólidos

a. **El Diseño dependerá de la Alternativa de Recojo escogida.** Los diseños de los sistemas para procesar residuos mezclados difieren según la instalación, de acuerdo al grado de Separación con el que se recogen los residuos. Por ello se realizó la diferenciación respecto a las Alternativas de Recojo.

- **Alternativa 1:** Para plantas que recepcionarán residuos sólidos recogidos en Bruto será importante tener un espacio adecuado para una primera fase de descomposición aerobia (inyección de aire a lo largo de todo el flujo descargado) de la fracción orgánica, y posteriormente separar de este flujo los residuos inertes con valor de cambio, cuya clasificación es factible con un sistema de fajas transportadoras.
- **Alternativa 2:** Aquí los residuos llegan de manera separada y deben existir los espacios bien definidos para poder procesar cada tipo de residuo (orgánicos e inertes).

b. **Se deberá considerar la normativa técnica vigente.** Así por ejemplo, de acuerdo a la normativa vigente se deberá disponer adecuadamente el espacio y la ubicación en el terreno en la planta de segregación de manera tal que las unidades móviles de recolección ingresen fácilmente a depositar los residuos sólidos recogidos y puedan desplazarse realizando otro tipo de tareas o para que las operaciones de manejo de rechazo no sean factores de riesgo para el personal de planta. De esa misma manera se deberán seguir las pautas para la construcción e implementación de la infraestructura.

c. **Implementar adecuadas técnicas de procesamiento.** El procesamiento de los residuos sólidos separados en origen deberá estar caracterizado por la elaboración de materiales de una calidad muy alta destinados a los mercados finales. Las técnicas de procesamiento a implementar estarán relacionadas a la

técnica de recolección implementada. Para asegurar que los materiales reciclados serán comercializables, el sistema de procesamiento deberá tener la capacidad de mejorar los materiales en varias de sus especificaciones además, de contar con la suficiente flexibilidad técnica en caso de aparecer nuevos mercados.

2.5.4.2. Operaciones con Residuos Sólidos Inertes

Las principales operaciones utilizadas en el procesamiento son: la reducción de tamaño, la separación por tamaño, la separación por densidad, la separación por campo magnético y eléctrico, la compactación, el transporte y el almacenamiento.

2.5.4.2.1. Reducción de Tamaño

Las aplicaciones típicas incluyen molinos, prensas y trituradoras de distintas características, y los factores a considerar en la selección de equipamiento son los siguientes:

- Materiales que se van a triturar
- Requisitos de tamaño
- Método de la alimentación del material a triturar
- Características Operacionales
- Requisitos de almacenamiento y transporte

Una vez seleccionados los equipos, habrá que considerar lo siguiente:

- **Cuestiones de Seguridad:** Los dispositivos de reducción de tamaño, son potencialmente peligrosos si no se utilizan los procedimientos correctos en su diseño y operación. Un peligro común es la trituración accidental de recipientes plásticos que contengan compuestos volátiles, como gasolina o disolventes, emitiendo así vapores explosivos.

- **Sistemas de seguridad:** Los controles eléctricos deben ser instalados dentro de envolturas a prueba de explosiones, para evitar chispas.

2.5.4.2.2. Separación por tamaño

Es el proceso unitario utilizado típicamente en los residuos sólidos no seleccionados, que implica la separación de una mezcla de materiales en dos o más porciones mediante el uso de una o más superficies de criba.

2.5.4.2.3. Separación por densidad

Se refiere al proceso unitario utilizado en los residuos sólidos no seleccionados y de los materiales recuperados con la finalidad de separar los materiales según su densidad (fracción ligera, fracción pesada) y sus características aerodinámicas. Los tipos de equipamiento incluyen: clasificación neumática, flotación y separación de medios densos.

2.5.4.2.4. Lavado y Secado del Material

Incluye las operaciones unitarias que involucran un intercambio de energía, contacto material-agua y deshumidificación del mismo. Los factores a tomar en cuenta son las características físicas y químicas del material, y de las operaciones previas así como los requerimientos de las posteriores.

2.5.4.2.5. Separación por campo eléctrico y magnético

Se refiere a los procesos unitarios, en los que los materiales se separan según su carga electrostática y su permeabilidad magnética. Una aplicación típica incluye: la separación de plásticos o la separación de

materiales férreos y no férreos. Los tipos de equipamiento incluyen: electroimanes e imanes.

2.5.4.2.6. *Densificación (compactación)*

Utilizado típicamente en los materiales recuperados, con el fin de incrementar la densidad de los materiales residuales para almacenarlos y transportarlos más eficazmente. Los tipos de equipamiento incluyen: el empacamiento (compactación) y la peletización.

2.5.4.2.7. *Manipulación de materiales*

Incluyen los procesos unitarios utilizados para el transporte y el almacenamiento de residuos sólidos y materiales recuperados. Los tipos de equipamiento incluyen: cintas transportadoras, contenedores de almacenamiento y equipamiento móvil (palas frontales. Elevadoras, etc.)

2.5.5. PROGRAMAS DE ELIMINACIÓN CONTROLADA

Para la fracción de residuos que no poseen valor de cambio habrá que asegurar darle una adecuada disposición. Para ello, se deberá utilizar estaciones de incineración controlada y/o rellenos sanitarios.

2.5.5.1 Rellenos Sanitarios

Un relleno sanitario es una obra de ingeniería destinada a la disposición final de los residuos sólidos domésticos en el suelo, en condiciones controladas que minimizan los efectos adversos sobre el medio ambiente y el riesgo para la salud de la población. La obra de ingeniería consiste en preparar un terreno, colocar los residuos y extenderlos en capas delgadas, compactarlos para reducir su volumen y

cubrirlos al final de cada día de trabajo con una capa de tierra de espesor adecuado.

Un relleno sanitario planificado ofrece, una vez terminada su vida útil, excelentes perspectivas de una nueva puesta en valor del sitio gracias a su eventual utilización en otros aspectos como la realización de actividades silvoagropecuarias en el largo plazo. El relleno sanitario es un sistema de tratamiento, y a la vez una disposición final de residuos sólidos, donde se establecen condiciones para que la actividad microbiana sea de tipo anaeróbico (ausencia de oxígeno). Este tipo de método es el más recomendado para realizar la disposición final de los residuos sólidos en países como el nuestro, pues se adapta muy bien a la composición y cantidad de residuos sólidos urbanos producidos.

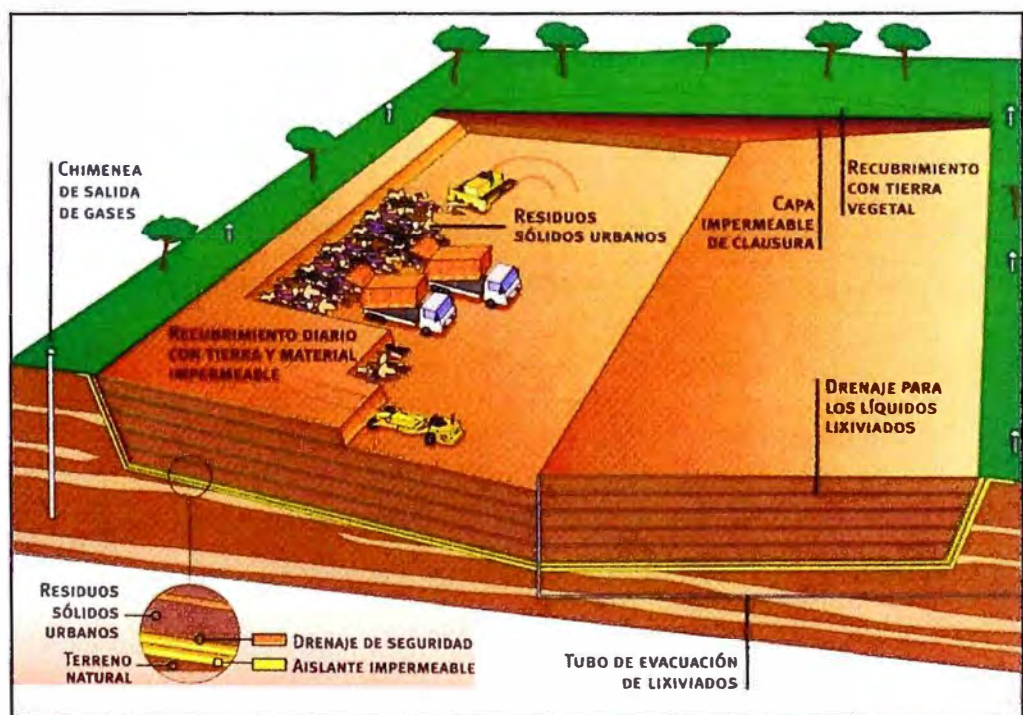


Figura 2.1. Relleno Sanitario

Entre los requerimientos generales que se encuentran en normativa de rellenos sanitarios tendremos:

- El sitio debe tener espacio necesario para almacenar los residuos generados por el área en el plazo definido por el diseño.
- El sitio es diseñado, localizado y propuesto para ser operado de forma que la salud, las condiciones ambientales y el bienestar sea garantizado.
- El sitio es localizado de tal manera de minimizar la incompatibilidad con las características de los alrededores y de minimizar el efecto en los avalúos de estos terrenos.
- El plan de operación del sitio se diseña para minimizar el riesgo de fuego, derrames y otros accidentes operacionales en los alrededores.
- El diseño del plan de acceso al sitio se debe hacer de forma de minimizar el impacto en los flujos.

2.5.5.2. Incineración Controlada

La incineración es el procesamiento térmico de los residuos sólidos mediante oxidación química, dando como productos finales gases calientes de combustión y cenizas. La recuperación de energía se hace mediante el intercambio de calor procedente de los gases de combustión.

Para que la incineración sea controlada, ésta debe ceñirse a los sistemas de incineración de residuos sólidos ya diseñados: residuos sólidos no seleccionados (quemados en bruto), y residuos sólidos procesados en

forma de combustible derivado de residuos. Los *quemados en bruto* son el tipo predominante. En un sistema de incineración se le da un procesamiento mínimo a los residuos (pre-clasificación y trituración), además de que el operario desde la grúa separa los objetos claramente inservibles antes de introducirlos a la tolva de alimentación del sistema. A pesar de esto último el sistema deberá diseñarse para recibir cualquier cosa inclusive residuos de característica peligrosa.

Gracias a los sistemas de recuperación de calor, es que se da la incineración controlada a partir de las cámaras de combustión con pantallas de agua y de las calderas de calor residual. Aquí esencialmente el calor de los residuos quemados es transferido a un fluido productivo (agua) mediante un gradiente de temperatura entre los gases de combustión y el fluido productivo para emplearlo en otros procesos productivos.

2.5.6. PROGRAMA ADMINISTRATIVO – COMERCIAL

2.5.6.1. Lineamientos Técnicos.

- ***El Plan deberá presentar la dinámica de cualquier proyecto de un ente privado que busque rentabilidad en general.*** Se apoyará en su zona contable, de negociaciones, administrativas propiamente dichas, de Investigación y Desarrollo. Se buscará la optimización del uso de recursos económicos y humanos en todas las operaciones involucradas.
- ***Se deberá haber explorado el mercado.*** Los resultados de la Exploración de Mercado permitirán tomar buenas decisiones respecto a los precios a negociar para cada material, así como conocer las tendencias estacionales que estos presentan.

- ***Analizar alternativas de comercialización.*** Por ejemplo, existen dos maneras de entrega del material recuperado: por “Entrega a Domicilio” o por “Recojo en Planta”. La ventaja de la primera opción es que se tiene entero control sobre la disponibilidad del espacio requerido y las unidades móviles necesarias, es decir, se pueden diseñar itinerarios (aunque esta alternativa implica contar con unidades para el despacho del material). De lo contrario se estará en función del cliente, y por lo tanto el espacio y el cumplimiento del itinerario diario escapará en muchos casos a nuestro Control. Para tomar la decisión de entrega del material deberá hacerse un análisis de costos.

2.6. QUINTA ETAPA: ANÁLISIS ECONÓMICO

Para lograr un buen acercamiento a la proyección de inversiones y análisis de rentabilidad del proyecto será necesario en esencia tomar todos los elementos de costos posibles en el análisis.

Por ello, se deberá contar con información actualizada de los costos de equipos y tecnologías existentes, así como de todo el material y equipamiento necesario para cada operación. En todo caso, cuando inicie la exploración se verá que en el camino se presentará constantemente más de una alternativa, por ello se deberá encontrar la función óptima para cada parámetro analizado.

2.6.1. ESTRUCTURA DE COSTOS IMPLICADOS EN EL PLAN

A continuación se proponen costos tentativos a considerar en la evaluación. Sin embargo, estos se adecuarán a las características de cada Plan.

2.6.1.1. Costos de Diagnóstico – Programas Piloto

| <i>Costos de Inversión</i> | |
|-------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Infraestructura | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Oficina de Investigación. ▪ Computadoras en red con conexión a Internet. ▪ Escritorios y Material de Oficina. ▪ Telefax |
| Búsqueda bibliográfica | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Internet ▪ Libros de Consulta ▪ Suscripción a Revistas. |
| Pruebas Preliminares | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Caracterización ▪ Generación Per Cápita ▪ Poder Calorífico ▪ Otras pruebas |
| Asesorías Preliminares | |
| Diseño de Programas del Plan | |

| <i>Costos Operativos</i> | |
|-----------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Personal | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Investigadores ▪ Supervisores. ▪ Encuestadores. |
| Estudios de Mercado | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Material para Encuestas. |
| Asesorías eventuales | |
| Movilidad – Coordinaciones | |
| Materiales de Oficina | |

2.6.1.2. Costos de Programa Educativo

| <i>Costos de Inversión</i> | |
|-------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Infraestructura | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Oficina. ▪ Equipo Móvil Educativo. ▪ Implementos de Oficina. ▪ Proyector de transparencias. ▪ Cañón multimedia. |
| Unidad Móvil Educativa | |

| <i>Costos Operativos</i> | |
|--------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Personal | <ul style="list-style-type: none"> • Diseñador gráfico • Capacitadores • Educadores |

| |
|-----------------------------------------------|
| Implementos de Comunicación permanente |
| Material para campañas |
| Publicidad |
| Movilidad |

2.6.1.3. Costos de Recojo Selectivo

| | |
|-------------------------------------|--|
| <i>Costos de Inversión</i> | |
| Unidades de Recojo Selectivo | |
| Implementos para el personal | |

| | |
|--------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Costos Operativos</i> | |
| Operarios | <ul style="list-style-type: none"> • Supervisores de campo • Choferes • Ayudantes |
| Combustible de Unidades | |
| Mantenimiento | |
| Bolsas de recojo | |

2.6.1.4. Costos de Procesamiento – Eliminación Controlada

| | |
|----------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Costos de Inversión</i> | |
| Planta de Tratamiento | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Maquinaria. ▪ Infraestructura Principal. |
| Línea de Procesamiento Complementario | |

| | |
|------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Costos Operativos</i> | |
| Costos Operativos | <ul style="list-style-type: none"> • Servicios. • Combustible. • Mantenimiento. |
| Costos de Disposición Final | <ul style="list-style-type: none"> • Transporte. • Disposición. |
| Mano de Obra | |

2.6.1.5. Gastos Administrativos

| <i>Costos de Inversión</i> | |
|-------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Infraestructura | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Oficina. ▪ Implementos de Oficina. |
| Unidades Móviles de Despacho | |

| <i>Costos Operativos</i> | |
|-------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| Operarios | <ul style="list-style-type: none"> • Chóferes. • Ayudantes. |
| Gasolina | |
| Personal Área Administrativa | |
| Gastos Administrativos | |

2.6.1.6. Análisis Económico Integral

Aquí además del análisis de costos se realizará el análisis de ingresos y con ello y los principales indicadores de rentabilidad de proyectos se realizarán los respectivos análisis económicos periódicos y/o proyectados de manera tal que se logre un permanente control de costos durante todo el horizonte de planeamiento.

2.7. SEXTA ETAPA: OPTIMIZACIÓN Y CONTROL DE CAMBIOS DEL PLAN

Este entregable es fundamental pues permitirá asegurar el cumplimiento de los objetivos y requerimientos de calidad planteados en el diseño y en ejecución en todas las fases del plan, desde el diagnóstico hasta la ejecución misma de cada uno de los programas mediante mediciones regulares del avance para identificar las variaciones con respecto al plan y poder tomar las acciones correctivas del caso. Por ello el diseño de esta etapa marcará las características de aseguramiento de calidad del plan.

2.7.1. LINEAMIENTOS TÉCNICOS

- Estará a cargo de una unidad constituida por el equipo gestor. Ellos se encargarán de definir los modelos de acuerdo a la experiencia, capacitación y a la búsqueda bibliográfica sobre los cuales se sustenten las mejoras y se definan los óptimos de operación.
- Los modelos definidos buscarán un óptimo empleo de los recursos con la más alta eficiencia en la obtención de resultados. El control integrado de cambios deberá determinar la ocurrencia de un cambio y la magnitud de su impacto en el plan. Para lo anterior se puede echar mano de la programación lineal, softwares simuladores, programas elaborados en hojas de cálculo o algoritmos expresados en softwares de programación. Lo anterior deberá realizarse en cada uno de los programas del plan.
- El equipo de Investigación definirá los criterios para la elección de las prioridades en el manejo de funciones de optimización. Una alternativa podría ser el porcentaje de costos en los que incurre cada uno de los programas respecto al costo total.
- Las estrategias de optimización se sustentarán en *informes de rendimiento* de las implementaciones realizadas y en *pedidos de cambios operativos*. Los modelos empleados se obtendrán de los programas piloto realizados previamente, donde se realizarán todos los ensayos que permitan obtener los modelos mencionados para todos los programas (de educación, de recojo, de procesamiento, de ventas).
- Los *pedidos de cambios operativos* para la Optimización de cualquier proceso se deberán solicitar adjuntando el detalle de monitoreo de los mismos y el sustento cualitativo y cuantitativo de la mejora esperada.

2.8. SÉPTIMA ETAPA: ESTRATEGIAS DE IMPLEMENTACIÓN E INTEGRACIÓN DEL PLAN

Una vez diseñados todos los entregables anteriores, el equipo técnico deberá contar con un marco operativo bien detallado de las estrategias de implementación de cada uno de los componentes propuestos y como estos se van a integrar de manera que se optimice el uso de los recursos asignados realizándose ordenadamente las actividades planteadas y definiéndose áreas operativas responsables del cumplimiento de las mismas en todas las fases operativas del plan.

2.8.1. LINEAMIENTOS TÉCNICOS

- La integración de los diferentes elementos del plan permitirá establecer las estrategias de implementación del mismo. Los procesos descritos en el plan deberán poseer la naturaleza integradora. El equipo gestor deberá tener la visión interna del plan diferenciando los componentes del *Desarrollo del Plan*, la *Ejecución del Plan* y el *Control Integrado de Cambios del plan*.
- Las políticas de implementación del plan las definirá la alta dirección y estará acorde al planeamiento técnico realizado por el equipo gestor. Es decir la implementación de cada uno de los elementos diseñados deberá presentar sustento en recursos requeridos, calidad ofrecida y plazo establecido.
- El primer paso para la correcta implementación de un Plan de Gestión de Residuos Sólidos es la *decisión de la alta dirección*. Esta determinación deberá ser coherente en el tiempo, pues los resultados tardarán en verse.

- Se deberán fijar plazos coherentes para cada uno de los programas que componen el plan. En este tipo de proyectos se tiene que trabajar de a pocos, para alcanzar la solidez esperada y la respuesta efectiva del público. Se recomienda seguir un cronograma progresivo iniciándose con programas piloto.
- Formar un Equipo Técnico Multidisciplinario de Formulación de la Gestión de la Integración por Miembros Permanentes y Miembros Asesores.
- Designar el cuerpo técnico de Control del Plan, integrado por los Supervisores de cada programa. Será indispensable el concurso de profesionales en comunicación, ingeniería, ciencias del medio ambiente, administración, sociología, etc.
- Algunas técnicas para realizar una buena gestión de implementación son: el uso de metodologías de planificación en formularios o plantillas, el uso de sistemas de información de dirección de proyectos (paquetes de programación), reuniones de trabajo (revisiones de estado), etc.
- Realizar convenios con Instituciones Educativas, Entidades Comerciales y Organizaciones sin fines de lucro para facilitar el alcance de los objetivos y metas de cada uno de los Programas y del Plan en su Conjunto.

CAPÍTULO 3

IMPLEMENTACIÓN DE LA LÍNEA DE PROCESAMIENTO DE RESIDUOS PLÁSTICOS TIPO PET

3.1. INTRODUCCIÓN

Habiendo ya establecido las pautas para la Implementación del Plan de Manejo de Residuos Sólidos de la comunidad, distrito, provincia o región, el equipo gestor estaría listo para desarrollar el siguiente paso: el diseño de los Proyectos que otorgarán valor agregado a los programas.

La elaboración de proyectos de valor agregado corresponde a la cuarta Etapa: *Elaboración de los Programas*, específicamente en los *Programas de Reaprovechamiento*.

El proyecto del procesamiento del plástico tipo Pet presenta alto interés, entre otras razones por encontrarse en una proporción considerable en peso y aún mayor en volumen en cualquier flujo de residuos domiciliarios actualmente, y por ser un residuo que presenta una tendencia creciente de consumo local e internacional; asimismo su reciclaje permite la conservación de recursos no renovables como el petróleo o el agua.

Para poner en marcha el proyecto mencionado se deberá haber corroborado la existencia de suficiente mercado para el material en mención, ya sea por requerimiento interno o por alguna alianza estratégica con distritos o comunidades vecinas, además de haberse revisado los lineamientos técnicos de la legislación vigente.

En este capítulo se mencionará y explicará la descripción del diseño y el costeo de la línea de procesamiento del plástico reciclable, y en el capítulo 5, se mostrará la aplicación, donde se incluye la corrida con un programa interactivo en el que, introduciéndose una serie de datos de entrada, se mostrarán el dimensionamiento y costeo respectivo.

3.2. INFLUENCIA DE LOS PROGRAMAS PREVIOS A LA LÍNEA DE PROCESAMIENTO DE PET RECICLADO.

3.2.1. PROGRAMA EDUCATIVO COMUNITARIO – SEPARACIÓN EN ORIGEN

Un inadecuado diseño de programas de concienciación con el público impactará decisivamente en los resultados del diseño ingenieril propuesto y por ende, en el óptimo rendimiento del sistema establecido, expresándose en una menor producción a la esperada (elevados costos fijos).

Por lo tanto, existe la necesidad de implementar programas agresivos (tal como se describió en el punto 2.5.2.1 del Cap. 2) para convencer al vecino de integrarse. La concienciación es el primer paso necesario que llevará a la aceptación o al rechazo de un servicio de recolección selectiva. El gestor deberá planificar la *estrategia* como un profesional del marketing.

Si el Programa Educativo es efectivo, ello se mostrará en un elevado rendimiento en el sistema de recolección. En casa el residente separará mejor los residuos de acuerdo al sistema de segregación elegido por la municipalidad. Es el resultado directo de la participación e identificación del público con el Programa. Una buena separación en origen, elevará el rendimiento en la recolección del material que llega a la planta, y por lo tanto permitirá conseguir altas cantidades de producción de material procesado.

3.2.2 RECOLECCIÓN Y TRANSPORTE DEL MATERIAL RECICLABLE

Un buen diseño del Sistema de Recojo Selectivo permitirá optimizar la cantidad de Residuos Sólidos que llegarán a la Planta de Procesamiento.

El tipo de recolección selectiva más frecuente se denomina *Recolección en acera*. La otra posibilidad es en la que el generador transporte los reciclables hasta una instalación de recolección selectiva o de recompra. La recolección en acera proporcionará mucho más material per cápita, pero es la alternativa más cara. El objetivo será demostrar que mediante la alternativa más cara se obtienen reciclables comercializables en cantidades mayores y que lograrán justificar los costos a realizar en este sistema.

La *Tasa de Captura* descrita en el capítulo anterior interesará mucho, pues se empleará para indicar el porcentaje en peso de un material elegido dentro del flujo de residuos que realmente se separa para el reciclaje, que en nuestro caso es el Pet. Esta medición es de gran importancia para establecer el éxito de un programa de recolección del material reciclable individual.

Se estima que, mensualmente, el 85 por 100 de las viviendas tendrán algún grado de participación en un programa de recolección en acera bien diseñado y correctamente difundido, si es que se elige la alternativa educativa (Alternativa de Recojo 2 descrita en el capítulo anterior). Sin embargo, esta alta *tasa de participación* no necesariamente corresponderá a una alta *tasa de captura*, pues esto dependerá de qué tan bien esté segregando el residente. De no lograr los objetivos se podría plantear reforzamiento en el programa educativo.

3.2.3 OBTENCIÓN Y CONTROL DE DATA DEL PROCESO INTEGRAL

El éxito de un Plan de Segregación de residuos sólidos se mide además de su capacidad para reducir la cantidad de desechos en los vertederos e incineradoras y definir los mejores procedimientos, en el análisis de Costos de Operación del Plan. Se deberán llevar a cabo las evaluaciones económicas adecuadas para determinar qué métodos operativos tienen más sentido desde el punto de vista económico.

La inversión y los costos de operación no necesariamente se cubrirán con la venta de materiales. La magnitud de estos costos obliga al sistema a manejarse con toda la eficacia posible. Como ayuda para la toma de decisiones, es fundamental obtener los datos del sistema de manera periódica para una amplia gama de parámetros del programa. A continuación describiremos los métodos de obtención de datos que deberán recopilarse, los métodos de análisis de estos datos y las técnicas para controlar los costos de un programa de reciclaje.

Los datos necesarios para planificar y gestionar un buen programa de segregación en origen serán de carácter general (por ejemplo, *composición del flujo de residuos, número de habitantes, distancia promedio de la localidad al punto de disposición final o a la planta de tratamiento, etc.*), con el fin de asegurar la correcta contabilidad gubernamental. Antes de obtener y analizar los datos, será importante determinar los objetivos de uso de los datos y con ello se diseñará el sistema de obtención y gestión de data del programa.

Esta data se utilizará para conocer distintos parámetros²³, como el volumen del material desviado del flujo de residuos, la tasa de participación mensual, el número de predios servidos, la fuente de residuos, la tasa de captura, la frecuencia

²³ Parámetros necesarios para el diseño de los distintos Programas.

de participación mensual, el tamaño del itinerario, el tiempo para completar el itinerario, el número y tamaño de contenedores por cargamento, etc. Estos parámetros influyen de manera directa en los resultados económicos y en los requerimientos del mercado que presente el proyecto.

Respecto al Flujo de Material Reciclable

Ya que los mayores beneficios de un programa están directamente relacionados a la cantidad de materiales recolectados, la primera tarea en la obtención de datos será estimar la cantidad de material que deberá recuperarse.

Esta se calculará multiplicando la cantidad total de residuos generados por el porcentaje de material reciclable caracterizado en el flujo de residuos y por la tasa de participación estimada.

Después se recomienda realizar un análisis de sensibilidad para determinar los tonelajes anuales de reciclables seleccionados que podrían recuperarse a partir de diversas tasas de recuperación. En el caso del material de nuestro estudio, el flujo que hayamos determinado se multiplicará por el porcentaje caracterizado del Pet y por su respectiva *tasa de participación y captura*.

Respecto al Sondeo mercantil de Materiales

Después de identificar los materiales reciclables, habrá que investigar los mercados potenciales (esa metodología de información se definirá en el cap. 4).

Las consideraciones más importantes serán la comprobación de que el valor mercantil justifique el costo del reciclaje del material seleccionado y de que los costos de disposición evitados hacen rentable el proyecto.

Datos sobre Itinerarios:

- *Nivel de participación,*
- *Volumen de material que se recolecta*
- *Eficacia operativa*
- *Tasa de Captura*
- *Productividad por itinerario*
- *Horas trabajadas por equipo de operarios*
- *Tasa de Recolección Global*
- *Productividad de los operarios.*

Los datos que deben obtenerse incluirán:

- *Identificación del itinerario de recolección*
- *Identificación del Equipo de Operarios*
- *Total de Direcciones recogidas*
- *Total de Camiones llenos*
- *Peso de un camión lleno con flujo de reciclables*
- *Tiempo en el itinerario*
- *Tiempo entre paradas*
- *Densidad de población*
- *Kilómetros del itinerario*
- *Otros datos interesantes.*

La información puede obtenerse de manera manual, automatizada o semi-automatizada. La elección deberá considerar: *recursos disponibles, tamaño del sistema, tiempo disponible y Requisitos de datos.* Sin embargo, se recomienda utilizar en la actualidad un Sistema Automatizado que incluya por ejemplo, Sistemas de Información Geográfico, Control de manejados en ordenadores.

Frecuencia de obtención de datos

Variará según el tipo de estos. Por ello, para algunos se realizarán reportes diarios, algunos semanales, mensuales, e inclusive trimestrales, semestrales o anuales.

Para la obtención de estos datos se prepararán formatos que el encargado de cada unidad deberá desarrollar. Inicialmente se les brindará capacitación a los trabajadores para el llenado de estos formularios y posteriormente se les asistirá en campo, resolviendo de esta manera las dudas que puedan presentarse.

El análisis de los datos deberá ser exacto y oportuno. Se recomienda manejar y presentar la información en algún formato de hoja de cálculo definido donde la relación numérica – operacional entre las filas y las columnas puedan expresar la información requerida para la toma de decisiones. Finalmente, toda esta información se empleará para el análisis de costos (ver aplicación en el capítulo 5).

3.3. ESQUEMA BÁSICO DEL PROCESO

Una vez conocida la influencia de las operaciones previas descritas en el plan (programa educativo y de recojo) y de identificar las variables controlables para hacer óptimo el uso de los recursos asignados, el equipo estará listo para dar lugar al siguiente paso: la *Elaboración de los Proyectos Específicos* para darle valor agregado a los materiales que forman parte del flujo de residuos de una comunidad.

A continuación se hace el planteamiento del esquema general de la planta de Pet post-consumo recuperado, para su aplicación en cualquier comunidad urbana que haya comprobado respuesta para el material plástico tipo Pet.

3.3.1. DIAGRAMA DE FLUJO DE LA LÍNEA DE PROCESAMIENTO

Una vez elaborado el diagrama de flujo de la línea de procesamiento (Diagrama 3.1), se realizará el diseño de los equipos, que será función del material que se desea separar (el pet).

En el diagrama de Flujo se puede observar la secuencia que tomará el material a ser procesado, por cada uno de los equipos involucrados en el proceso.

3.3.2. PAUTAS PARA EL DISEÑO DE LOS EQUIPOS INVOLUCRADOS

3.3.2.1. Balance de Materia del Proceso de Obtención del Material PET Molido

El diseño de los equipos mencionados en el punto anterior no se podrá llevar a cabo si primero no se realiza un balance de masa en todas las líneas del diagrama, para ello el único dato de entrada necesario es la cantidad de producto (PET molido) requerido. En su defecto la data de entrada será el material que se puede procesar²⁴

3.3.2.2. Asunciones²⁵

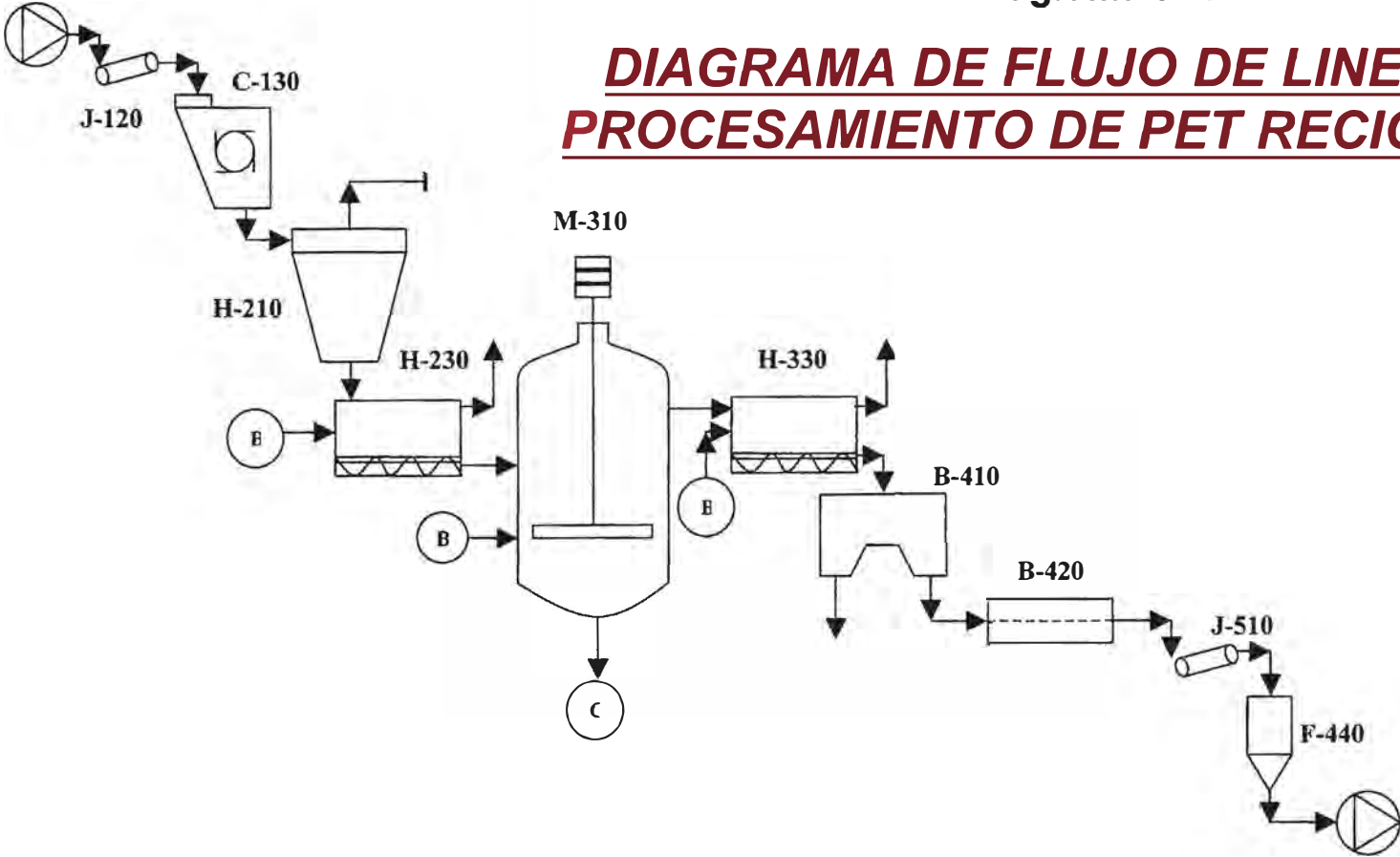
Se asume la relación máxima en peso PP/PET, porcentajes en peso y humedad, y los resultados de las pruebas de tamizado, secado y flotación realizadas con material procesado en la Empresa Gexim S.A.C.

²⁴ La demanda del material recuperado podrá satisfacer cualquier volumen de procesamiento, por ello el dato de flujo por procesar será el que mandará en el tamaño de línea.

²⁵ Ver Anexo 4 - Diseño de Equipos - Asunciones

Diagrama 3.1.

DIAGRAMA DE FLUJO DE LINEA DE PROCESAMIENTO DE PET RECICLADO



Dichas pruebas sirvieron para obtener una serie de datos que permiten elaborar un balance de masa de todo el proceso, además de las especificaciones de los equipos, como el tamaño, la potencia requerida, etc.

Finalmente, se ingresa la cantidad de material no procesado que requeriríamos para obtener el flujo procesado requerido, que es función del mercado.

3.3.2.3. Descripción de los Equipos del Proceso.

Para el diseño de los equipos se tendrá en cuenta lo siguiente ²⁶:

- Asunciones, que se expondrán de manera adecuada, analizada con criterio, que surgen de una lógica propia y de la experiencia ingenieril.
- Los recursos disponibles del programa, donde el dato de ingreso inicial (flujos) indica lo que se posee.
- Los requerimientos del proyecto, donde el resultado será igual a lo que el mercado requiere.
- Los datos físicos, como por ejemplo, densidades de los materiales, dimensiones del material, velocidad de sedimentación, condiciones atmosféricas, etc.
- Los parámetros y variables del proceso, como el tamaño de corte del material, diámetro de partícula a separar, humedad superficial del material, etc. Muchos de estos datos son obtenidos de las pruebas elaboradas.

²⁶ Ver aplicación en el Anexo 4 – Diseño de Equipos

A continuación se describirán brevemente los equipos involucrados en el proceso
26

J-120, J-510: Transportador de banda.

El transportador de banda tiene como objetivo transportar el material, tal como llega a la fábrica, a la siguiente operación unitaria de molienda, a una velocidad que permita cubrir los requerimientos planteados. La velocidad y la anchura de la banda, son funciones del flujo másico, de la densidad de masa del material y del tamaño de los mismos.



Imagen 3.1. Transportador de banda

La potencia requerida para impulsar un transportador de banda tiene 5 componentes: la potencia para impulsar la banda de vacío, para desplazar la carga en contra de la fricción de las partes giratorias, para elevar y hacer descender la carga, para vencer la inercia al poner el material en movimiento y para hacer funcionar un descargador basculante de banda, en caso que se requiera.

La banda deberá ser de material sintético de alta resistencia, con una estructura en base de acero inoxidable con faja de caucho, incluye barandas laterales, bandeja deslizadora de descarga, patas de apoyo sobre ruedas; adicional: un panel eléctrico de marcha/parada.

C-130: Cortadora - Molino

El molino tiene como objetivo, por la operación de cortado, que el PET sea reducido de tamaño, obtener hojuelas de plástico, las cuales caen por gravedad por una malla de apertura que uno desee pasar, que se encuentra en la parte inferior hacia un depósito del molino.

El plástico cae a la tobera de alimentación, luego es molido por el corte de tres cuchillas que giran en un eje axial impulsadas por un motor eléctrico y una banda de transmisión y la acción de cuchillas fijas que son las contrapartes de las rotatorias.

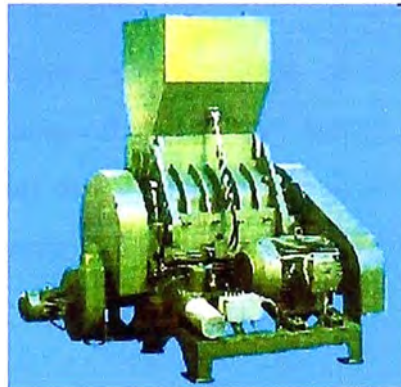


Figura 3.2 Molino de Cuchillas

El tamaño de las cortadoras de cuchillas giratorias, dependerá del flujo de partículas. La cámara de molienda diseñada específicamente para el sector soplado, posee una tolva de alimentación de entrada inclinada, motor balanceado equipado con cuchillas de larga vida, cajón de descarga a embudo para extracción, además de contar con una rejilla de orificios; adicional: tablero eléctrico de mando del tipo multipotencias.

H-210: Ciclón – Extractor de Polvos

El ciclón – extractor de polvos tiene como objetivo separar partículas sólidas de tamaño reducido, en este caso polvo, de una corriente de plástico molido y aire.



*Figura 3.3. Ciclón
Extractor de Polvo*

El equipo es un sistema de extracción en depresión, con un motor del ventilador; el ciclón decantador cuenta con estructura de apoyo regulable y aplicada a la estructura del molino, deberá de poseer un manga filtro vertical; adicional: con accionamiento eléctrico incorporado en el tablero eléctrico de mando del molino.

H-230, H-330: Tina de flotación:

La tina de flotación tiene como objetivo, separar el polímero PET del PP, en la tina flotará el PP y sedimentará hacia el fondo (donde se encuentra un tornillo sin fin); aquí se aprovechara las diferentes densidades de los sólidos dispersos en el medio dispersante (agua).

El tamaño (ancho por largo) dependerá de la velocidad de sedimentación de la partícula que se desea sedimentar, así como su tamaño y densidad.

Se adicionará al equipo un transportador de tornillo sin fin, que permita la salida de la torta sedimentada, y el tamaño y su potencia será función de la

densidad de la torta y del flujo másico. El material de la tina será de acero inoxidable, y contará en la parte superior (altura del agua en la tina), con unos rodillos giratorios, los cuales permitirán el movimiento continuo de la superficie del agua.

M-310: Lavadora:

La lavadora tendrá como objetivo el lavado del material molido, debido a la fricción mutua del material y el agua, causada por la alta rotación del rotor con sus cuchillas. El proceso se efectúa en lotes, y la carga del material se hace en forma manual, y la descarga de la misma manera.



Fig 3.4. Agitador – Mezclador

El tamaño de la lavadora será función del lote que se va a lavar y de la cantidad del agua de limpieza en el sistema, y la potencia dependerá de las características del sistema, como densidad de las partículas y tamaño, densidad del medio dispersante, tiempo de lavado, forma de agitación.

El sistema será fabricado de acero inoxidable, que contará con una cuchilla de acero inoxidable, una bomba eléctrica y una rejilla especial (el cual atrapa la espuma y la suciedad).

B-410: Centrífuga:

La centrífuga tendrá como objetivo reducir el nivel de humedad superficial del material a niveles menores del 5%. Se diseñará para que trabaje en forma continua, ya que se necesitará que la alimentación al secador sea en forma continua.

La potencia y el tamaño de la centrífuga, dependerán de la humedad de ingreso del material y del flujo másico de entrada. El tipo de centrífuga está determinado por el tipo de material.

B-420: Secador – Transportador Neumático:

El sistema incluirá un ventilador de gran potencia (dependerá de la densidad aparente de material a transportar y de su flujo másico) que será capaz de transportar el material a través de una tubería larga de secciones verticales y horizontales, con el propósito no sólo de secar el material, sino también transportarlo a la siguiente operación unitaria, el ciclón convencional.

Se indicará la velocidad de arrastre de las partículas en el transportador neumático, el porcentaje de humedad de entrada y el de salida, el flujo de sólidos, el flujo de gas.

F-440: Recipiente de Almacenamiento:

Lo único que se requiere para determinar el volumen del recipiente, es conocer la estadía del material, la producción diaria y la densidad del mismo. Se sugiere que el material de almacenamiento sea de acero inoxidable.

3.3.3. EVALUACIÓN ECONÓMICA²⁷

El presente estudio también contempla el costeo de la línea de procesamiento, desde la participación del material materia de estudio (el pet como porcentaje, resultado de la caracterización realizada) en el programa Educativo hasta el gasto administrativo generado por su venta. La aplicación se verá en el programa descrito en el capítulo 5 y se espera sea aplicativa a cualquier Comunidad Urbana que desee evaluar costos aproximados del Procesamiento de Pet tomando algunos datos iniciales de su flujo de Residuos. Los Costos de Inversión así como de Procesamiento también se toman en cuenta.

3.3.3.1. Cálculo de Costos de Inversión.

Los costos de capital involucran:

- Costos de local.
- Costos de Compra de Equipo
- Costos de Instalación (se aplicará un factor de instalación)
- Capital de Trabajo (20% Costo Módulo Simple)²⁸.

El Costo de Módulo simple será el Costo de compra de Equipo más el Costo de Instalación. Por Capital de Trabajo se entiende el necesario para poner en funcionamiento el proceso.

²⁷ Ver Anexo 5 – Costeo de Equipos

²⁸ Diseño y Economía de los Procesos de Ingeniería Química; Ulrich – Pag. 302

3.3.3.2. Cálculo de Costos de Gestión – Implementación del Plan.

Los costos del Plan de Manejo Municipal de Residuos Sólidos, involucra todos los costos directos e indirectos para la implementación del Plan, quiere decir que están involucrados los costos de inversión (local, edificación, equipos, materiales), costos educativos, costos de recolección, costos administrativos de gestión y costos de segregación.

No se considerará todo el costo del Plan al proyecto específico de reciclado de PET, sólo se le considerará el porcentaje de Pet en el Flujo de residuos sólidos inertes con valor de cambio, dato obtenido de la caracterización realizada.

3.3.3.3. Cálculo de Costos de Procesamiento.

Los costos de procesamiento involucran a los costos directos e indirectos para la elaboración del producto. Se toma en cuenta los costos de acondicionamiento del material así como los costos por servicios y mano de obra.

3.3.3.4. Análisis De Rentabilidad.

Se evalúan los índices de Valor Presente Neto (VPN), la Tasa Interna de Retorno (TIR), el Valor Presente Neto Acumulado (VPNA) y el tiempo de Recupero de la Inversión.

3.3.3.5. Optimización Económica.

La optimización económica irá de la mano con el modelamiento de las operaciones que forman parte del plan. Al haberse identificado las variables sobre las que se tiene control, el objetivo será generar funciones de operatividad con costos encontrando los óptimos en cada caso.

CAPÍTULO 4

MERCADO Y APLICACIONES DEL PLÁSTICO MOLIDO TIPO PET

4.1 ANÁLISIS DEL ENTORNO.

4.1.1. ANÁLISIS FODA DEL SECTOR INDUSTRIAL DE PET Y LOS PLÁSTICOS

OPORTUNIDADES

- El reciente crecimiento del mercado peruano de envases de plástico es producto directo del boom de las gaseosas económicas que a costos muy bajos vienen saturando el mercado.
- La legislación peruana promueve e incentiva al reciclaje de los residuos sólidos. Al encontrarse el Pet en una considerable proporción, a largo plazo tendremos una mejor perspectiva del reaprovechamiento de este en la industria, creando nuevas líneas de productos finales y desarrollo industrial.
- Debido al acontecimiento del gas de Camisea, en el futuro se crearía la primera planta petroquímica del Perú, lo que traería consigo nuevos productos sin necesidad de exportarlos y con la ventaja que los precios serían menores, incentivando a la industria al consumo de los plásticos.

FORTALEZAS

La producción de envases plásticos es la que mayor participación tiene en la estructura productiva de la rama (45%), la cual está asociada al favorable

desarrollo del comercio de bebidas gaseosas y productos alimenticios envasados, productos farmacéuticos y de aseo personal. La estructura de la producción de plásticos²⁹ es la siguiente: envases (36.8%), partes y piezas (13.2%), construcción (10.5%), menaje de casa (10.5%), vestimenta (10.5%), artículos de oficina (9.2%), juguetes (5.3%) y compuestos (4%).

- Aún cuando algunos artículos fabricados en plástico tienen una fuerte competencia con los productos de materiales alternos tales como el vidrio, los cerámicos, etc., se puede afirmar que en nuestro país no hay una tendencia significativa a ser reemplazados por estos. Lo anterior se debe, principalmente a la ligereza y menor costo del plástico, ya que la economía es un factor clave en la decisión de compra del consumidor peruano.
- Históricamente, el público peruano ha mostrado una gran preferencia hacia el uso de artículos de material plástico. Dicha preferencia es latente en todos los estratos socio económicos de la población, para quienes se ofrece una gran variedad de productos acorde con sus necesidades particulares.

DEBILIDADES

- Se resalta el crecimiento aceptable que logró el sector, sin embargo la fuerte dependencia de los insumos importados afectados por altos aranceles y el contrabando hacen difícil pronosticar resultados para las siguientes décadas.
- Es difícil competir con países que producen materias primas y tienen mejores condiciones de costo de producción para poder abastecer al mercado. No existe aún una industria petroquímica. Nuestra materia prima es importada, por lo que tenemos que pagar aranceles, flete, desaduanaje, etc.

²⁹ Ver en el Anexo 3.6. – Relación de los Principales Plásticos y Aditivos en aquellas empresas que participan en el Índice del Volumen Físico en la fabricación de Productos Plásticos

AMENAZAS

- Los costos de la materia prima presentan una tendencia al alza. En el último año esto se ha debido al incremento del precio internacional del petróleo. Alta dependencia de la cuenta de resultados de precios no controlables, tanto de materias primas como de producto final.
- Las materias primas (petróleo) principales para la fabricación de plásticos, son recursos naturales no renovables.

4.2 REQUERIMIENTOS TÉCNICOS DEL PRODUCTO COMERCIALIZABLE.

Las pruebas y los ensayos que se le elabora al material reciclado para conocer sus características tanto físicas como químicas servirán de referencia, para así compararlo con otros materiales y evaluar así la calidad del mismo.

A continuación, se nombrarán los ensayos que se hacen al material PET, tanto reciclado como virgen. Estas pruebas son mayormente realizadas en grandes fábricas del plástico, que hacen productos de PET en base a material virgen. Son muy escasas las fábricas de PET reciclado que exigen algunos de las siguientes pruebas³⁰:

1. Color, brillo y transparencia. (UNE 53386, UNE 53387, ASTM D 2244, DIN 5033, DIN 6174)
2. Densidad (UNE 53020, ASTM D 1505, DIN 53479)
3. Absorción de agua (UNE 53028, DIN 53495, ISO 62)
4. Dureza Shore (UNE 53130, ASTM D 2240, ISO 868)
5. Humedad
6. Presencia de volátiles, otros contaminantes
7. Contenido de PVC, Poliiolefina, celulosa.

³⁰ Ver en el anexo 3 – Pruebas de calidad para el PET reciclado -- <http://www.plasunivers.com>

El tamaño del material es importante, muchas empresas exigen de manera casi exclusiva que el tamaño del material sea el que ellos requieren, de 3/8 pulgadas o de ½ pulgada.

Existen pruebas elaboradas³¹, con equipos de planta piloto y de laboratorio, con materiales de pet virgen y de PET reciclado 100% post-consumo, las que arrojaron los siguientes resultados:

- **Viscosidad Intrínseca:**

PET virgen: 0.792 dl/g

PET reciclado 100% post-consumo: 0.783 dl/g

- **Resistencia en el punto de fluencia:**

PET virgen: 56.7 N/mm²

PET reciclado 100% post-consumo: 55.8 N/mm²

- **Módulo a la tracción:**

PET virgen: 2650.5 N/mm²

PET reciclado 100% post-consumo: 2592.7 N/mm²

- **Resistencia al Impacto:**

PET virgen: no rompe

PET reciclado 100% post-consumo: no rompe

Estas pruebas ayudan a demostrar que el PET post-consumo es apto para la fabricación de nuevos materiales, el único cuidado que habría que tenerse y tomar en cuenta es que no sea para consumo humano directo (por ejemplo menaje, si no es en fabricación con un porcentaje de insumos vírgenes).

³¹ Centro Tecnológico de Plásticos y Elastómeros de Argentina.

4.3 INVESTIGACIÓN E IDENTIFICACIÓN DEL MERCADO.

Para dimensionar el tamaño de nuestro mercado, primero debemos de conocer la participación de la materia en estudio (el PET) en el mercado local, con el objetivo de encontrar sus aplicaciones en algún proceso productivo.

Según la información recolectada ³², se aprecia que el consumo del PET importado en el mercado peruano es creciente en los últimos 4 años, y tiende a seguir creciendo en los años siguientes, esto confirma lo expuesto en el análisis FODA.

Siendo nuestro país netamente consumista de PET virgen, razón por la cual encontraremos en nuestro flujo de residuos sólidos material Pet virgen, se puede decir que las oportunidades de comercializar Pet reciclado es mucho mayor; la iniciativa local de utilizar este material es incipiente, pero tiene muy buena perspectiva el crecimiento de este nuevo tipo de industrias, a nivel internacional, está más generalizado y más diverso, y las opciones son bastante mayores.

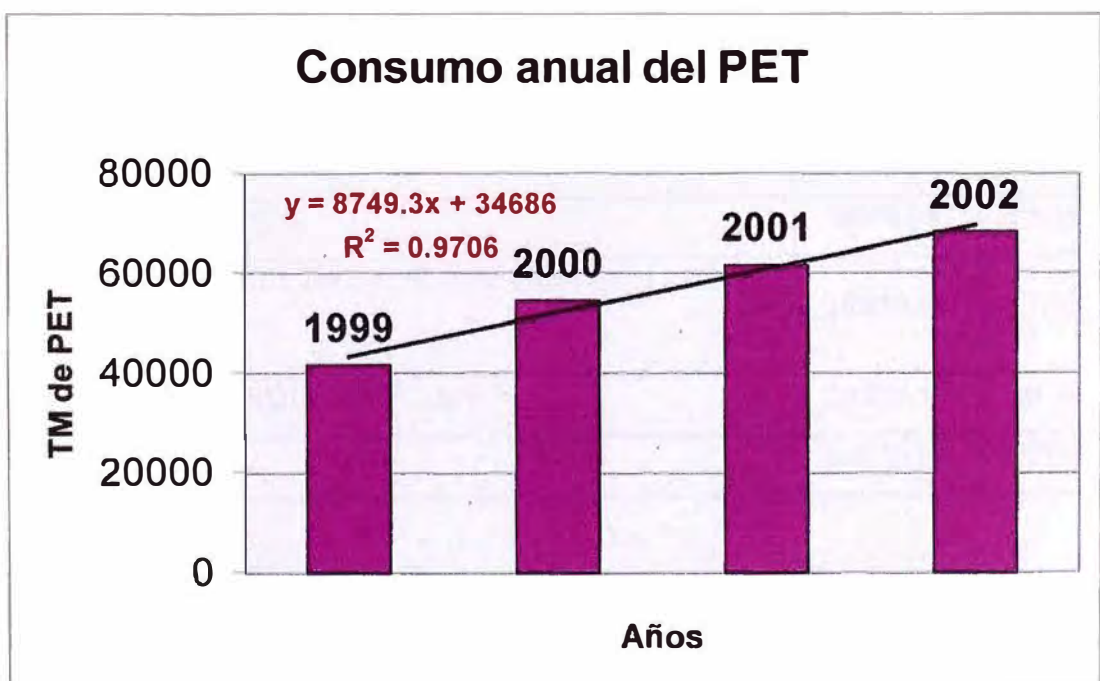


Fig. 4.1. Consumo Anual del Pet Virgen en el País

³² Información recopilada en Infocorp: <http://www.infocorp.com.pe>

Las empresas que consumieron en el año 2001 el PET importado virgen son las siguientes:

| EMPRESAS | PET (TM) | % Part. |
|---------------------------------------------|-----------------|--------------------|
| MINISTERIO DE DEFENSA-CUARTEL GENERAL FA | 0.01 | 0.00 |
| SOCIEDAD QUÍMICA ALEMANA S.A. | 0.20 | 0.00 |
| QUIMICA ANDERS SAC | 1.75 | 0.00 |
| A W FABER CASTELL PERUANA S A | 5.25 | 0.01 |
| EUROFORM SRL | 9.79 | 0.02 |
| EUROPLAST S.A.C. | 9.93 | 0.02 |
| QUIMICA SUIZA S A | 20.00 | 0.03 |
| CORPORACION DE INDUSTRIAS PLASTICAS S A | 46.00 | 0.08 |
| EMPRESA DE TRANSPORTES INDUSTRIALES S A | 100.02 | 0.16 |
| MANUFACTURAS DEL SUR S A | 593.87 | 0.98 |
| ALICORP S.A. | 819.51 | 1.35 |
| TEXFINA S A | 1500.86 | 2.47 |
| PET PRODUCTS INTERNATIONAL DEL PERU S.A. | 2560.00 | 4.21 |
| EMBOTELLADORA RIVERA S.A. | 4530.00 | 7.45 |
| FILAMENTOS INDUSTRIALES S A | 6568.00 | 10.81 |
| ALUSUD PERU S.A. | 8657.00 | 14.24 |
| SCHMALBACH-LUBECA PLAST.CONTAID.PERU SA | 10920.51 | 17.97 |
| SAN MIGUEL INDUSTRIAL SA | 24433.17 | 40.20 |
| Total: | 60776.00 | 100% |

**Tabla 4.1. Empresas consumidoras de PET:
Consumo Anual y % de Participación en el mercado.**

Las Fábricas que proveen a las empresas locales de resinas de PET (en todas sus formas), son las siguientes:

| EMPRESAS | PET (TM) | % Part. |
|--------------------------------------------|-----------------|--------------------|
| F.N.C. TRADING CO. LTD. | 38.0 | 0.1 |
| BOGO TRADING CO. LTD. | 100.0 | 0.2 |
| KOSA ARTEVA SPECIALTIES S. DE R.L. DE C.V. | 540.0 | 0.9 |
| OXYDE CHEMILCAL, INC | 600.0 | 1.0 |
| RHODIA-STER FIBRAS E RESINAS LTDA | 689.0 | 1.2 |
| HANWHA CORPORATION | 774.0 | 1.3 |
| TONG YANG AMERICA, INC. | 1060.0 | 1.8 |
| MITSUI PLASTICS, INC. | 1200.0 | 2.0 |
| CNC CONTAINERS CORPORATION | 1520.0 | 2.6 |
| ENKA DE COLOMBIA S.A. | 1600.0 | 2.7 |
| SUDAMTEX DE VENEZUELA C.A. S.A.C.A. | 1943.9 | 3.3 |
| NAN YA PLASTIC CORP., AMERICA | 2060.0 | 3.5 |
| EASTMAN CHEMICAL LTD. | 3421.8 | 5.8 |
| FIBRAS QUIMICAS S.A. DE C.V. | 4616.9 | 7.8 |
| SSANG YONG CORPORATION CHEMICAL TEAM | 7986.0 | 13.5 |
| FAR EASTERN TEXTILES LTD. | 10870.9 | 18.4 |
| WELLMAN, INC. | 19990.2 | 33.9 |
| | 59010.6 | 100% |

Tabla 4.2. Fábricas proveedoras de PET al mercado Peruano.

Cada una de estas empresas son reconocidas en el extranjero, pero visitando las páginas web de algunas de estas observamos que no sólo hacen resinas de material virgen listo para ser soplado (si se tratase de preformas), sino que se trata de grandes empresas que se encargan de obtener un producto a base

de material reciclado, que sirve como materia prima en otros procesos productivos.

4.3.1 MERCADO INTERNACIONAL. APLICACIONES.

- En todas partes del mundo encontramos empresas y compañías dispuestas a comprar el material reciclado, con una serie de aplicaciones diferentes. Algunas trabajan con el material adquirido en forma compacta (sin molienda, sin etiqueta y tapa, sin lavado químico), otras con material listo para ser utilizado como materia prima en su proceso productivo (en pellets). El pedido varía según la aplicación industrial que le den.
- A nivel Mundial encontramos focos importantes de comercio de Pet recuperado. **Ver Anexo 3: Análisis de la Demanda Mundial del Pet.**
- A nivel Regional, la tendencia es la promoción de la comercialización de materiales reciclables (entre ellos el PET en todas las etapas de recuperación) a través de las “Bolsas de Residuos”. En ellas, el interesado en comercializar sus materiales deberá llenar formularios donde precise datos del producto requerido u ofrecido y datos de la empresa. Algunas bolsas existentes son:
 - Brasil: <http://www2.ciesp.org.br/bolsa/index2.htm>
 - Chile: <http://www.asimet.cl/briir/default.asp>
 - Colombia: <http://www.borsi.org/inicial.asp>
 - Argentina: <http://www.arpet.org>
 - Perú: <http://www.ipes.org/bolsa/bolsaresiduos.htm>

En el anexo 3 también encontraremos algunas referencias adicionales, estos están situados en la región de Sur América.

Entre las aplicaciones más atractivas que se les da en Europa y el resto del mundo tenemos las siguientes:

a. TEXTIL Y VESTIMENTA:

- Pull-over (Pull-over en polar)
- Sweat-shirt (% material reciclado: 50 %)
- Tee-shirt (% material reciclado: 50 %)
- Polos (Polo mangas cortas en malla picada 193 g/m². 50% PET reciclado).
- Gorra (% material reciclado: 89 %).
- Cintas (% material reciclado: 89 %).
- Almohadas.
- Peluches.
- Moquetas.

b. ARTICULOS DE OFICINA

- Portalápices
- Lapicero

c. ARTICULOS DE OCIO

- Yo-Yo (100% reciclado).

d. OTROS

- Escobas.
- Trapeador.

4.3.2 MERCADO LOCAL. APLICACIONES.

Los segregadores suelen recoger todo lo que ellos creen servible, así que la variación de botellas usadas de tipo PET es muy amplia. El siguiente cuadro ayudará a los futuros comercializadores a conocer las aplicaciones del material que están comprando.

| Tipos de Botellas / USO | | Destino / Tipo de Reciclado | |
|----------------------------------------------------------------|----------------------------------------|-----------------------------|---------------------------------|
| PET transparente | Refrescos, Agua, Aceite, Vinagre | Fibras Placas | Rec. mecánico |
| PET azul claro transparente | Agua | Fibra Placas (polioles) | Rec. mecánico Rec. químico |
| PET verde transparente | Agua Refrescos | Flejado | Rec. mecánico |
| De color opaco, blanco, otro PET transparente. | Detergentes Perfumes. | Polioles (compuestos) | Rec. químico (Rec. Mecánico) |
| Botellas aislantes de color recubiertas de PA, EVOH, PEN | Cerveza Zumo de Frutas, etc. | Botellas (compuestos) | Rec. químico (Rec. Mecánico) |

4.3.2.1 Empresas que consumen Pet virgen en el Perú.

En el Cuadro 4.1., se muestran las principales empresas que consumen PET virgen (Pet proveniente de fábricas extranjeras), en su proceso productivo.

De la Tabla 4.1. se obtiene que aproximadamente el 55% del consumo total de PET en el mercado, es destinado a la industria textil y el 45% a la industria del plástico (industria variada: envases de gaseosas carbonatadas, botellas de aceites, etc.). Son cerca de 61,000 TM de PET que se consumieron el año 2001.

Tipos de productos que se fabrican en:

| | |
|-------------------------------|---------------------------------------|
| ALICORP S.A. | Botellas de PET: botellas de aceites. |
| TEXFINA S A | Fibras textiles. |
| PET PRODUCTS INTERN. DEL PERU | Botellas de PET y preformas. |
| EMBOTELLADORA RIVERA S.A. | Botellas de PET, para gaseosas. |
| FILAMENTOS INDUSTRIALES S A | Fibras textiles. |
| ALUSUD PERU S.A. | Botellas y preformas de PET. |
| SCHMALBACH-LUBECA | Botellas de PET. |
| SAN MIGUEL INDUSTRIAL SA | Fibras textiles |

El PET que las empresas compran para realizar sus productos de consumo en el mercado local es muy diverso, esto depende especialmente de la materia prima de PET, así tenemos:

- Chips de Poliéster textiles.
- Chips de poliéster en gránulos.
- Preformas.
- Resina grado botella.
- Resina textil.

4.3.2.2 Principales Focos de Mercado de PET a nivel nacional

Se han identificado algunos nodos de mercado interesantes a nivel nacional. En el sur, por ejemplo tenemos a la ciudad de Arequipa, cuya actividad

va creciendo en interés; el mercado del Norte del País es interesante, pues permitiría un probable intercambio comercial con las ciudades fronterizas de Ecuador.

Sería interesante realizar una investigación más profunda de las potencialidades de algunos mercados en el país. De una exploración preliminar encontramos un contacto en el sur del país:

Arequipa:

Asociación Benéfica Remar

Calle Lircay 106 San Martín de Socabaya

Telf : 054-435914

Email : armandojaimes@hotmail.com

Contacto : Armando Jaimes

4.3.2.3 Principales Comercializadores de PET reciclado a nivel local (Lima)

En los últimos años, se han ido creando pequeñas empresas que trabajan con el material segregado plástico tipo PET, suministrados principalmente por segregadores informales.

Las empresas que se encargan del molido y peletizado de plásticos son las que están expuestas en el Cuadro 4.2.

Las empresas que realizan un producto final para el consumo humano, creando nuevas necesidades para el mercado del plástico, se encuentran en el Cuadro 4.3.

Cuadro 4.1. - Principales empresas que consumen PET Virgen

| RUBRO | EMPRESA | DIRECCIÓN | TELEFONOS | MAIL - PAG. WEB |
|-----------------|--------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| TEXTIL | San Miguel Industrial | Av. Industrial 491 – Lima | 336-5428 | barra@smi.com.pe www.smi.com.pe |
| | Filamentos Industriales S.A. | Av. Nicolás Arriola 824 – 3er piso, Urb. Santa Catalina – La Victoria. | 224-8400 | g_general@gm.com.pe |
| | Texfina | Av. Guillermo Dansey 2217-2225 – Lima 01; Av. Bocanegra 135 – Callao | 315-4000; 574-1470 | texfina@texfina.com |
| PLASTICO | Schmslbach-Lubeca | Av. Nicolás Arriola 824 of. 305 Santa Catalina – La Victoria | 476-1414 | peru-office@s-lubeca.com.pe |
| | Alusud | Calle A 185 – Urb. Bocanegra - Callao | 484-0700 | |
| | Embotelladora Rivera S.A. | Av. 9 de Diciembre 113 (Barranca); Panamericana Sur Km.144 (Cañete); AV Venezuela 2271 (El Cercado); Av. del Ejército 1260 (Magdalena) | 235-4366 (Barranca); 581-2737 (Cañete); 425-8000 (Cercado); 264-1562 Mag. del Mar) | |
| | Pet Products internacional del Perú | CL Pacto Andino 124 Chorrillos | 252-2020 | |
| | Manufacturas del Sur S.A. | Parque Maldonado 160 – Lima 21 | 330-2620 | madsasub@terra.com.pe ; madsavta@terra.com.pe |

Cuadro 4.2. - Empresas que se encargan del molido y peletizado de plásticos.

| Nº | NOMBRE DE LA EMPRESA | DIRECCIÓN | DISTRITO | TELÉFONO | ACTIVIDADES |
|----|-----------------------------|-------------------------------------------------|------------------------|----------|------------------------------|
| 1 | Augusto Dávila Passapera | Coop. José Olaya Mz. A Lote6 - La Campiña | Chorrillos | | Alquila servicios para moler |
| 2 | Carlos Espinoza | AA. HH. Santa Isabel | Surco | 287-0733 | Comercializa plástico molido |
| 3 | Carlos Reyna | AA. HH. Buenos Aires | Chorrillos | | Molido de plástico |
| 4 | Collaplast | Tarma 129 - Urb. El Bosque | Ate Vitarte | 326-2688 | Molido (Scrap) |
| 5 | Cooperativa Los Socios | Jr. Asteroides Mz. S Lote 5 | Chorrillos | 467-6730 | Polietileno para inyección |
| 6 | Ecoplast | Panamericana Sur Km 17.5 Mz. C Lote 5 | Villa El Salvador | | Molido |
| 7 | Elva María Sierra Peña | Mz. B Lote 1 - Asoc. PP.FF. Campoy | San Juan de Lurigancho | | Molido (Scrap de PVC) |
| 8 | Emiliano Cruzado Sánchez | Av. Guardia Peruana s/n | Chorrillos | | Molido y peletizado |
| 9 | Eusebio Macedo | Av. Cordillera Negra y Av. Misti - Delicias III | Chorrillos | 258-1074 | Moedor plástico |
| 10 | Fidel Acosta | AA.HH. Mariscal Cáceres Mz. G Lote 3 | Surco | | PVC molido y peletizado |
| 11 | Manuel Soto | Av. Guardia Civil cuadra 3 | Chorrillos | 467-8294 | Molido y peletizado |
| 12 | Pascual Zamudio Mendoza | Altura Hospital Bravo Chico | El Agustino | | Molido plástico |
| 13 | Plastico Huascarán | Av. El Bosque 824 | San Juan de Lurigancho | 387-0177 | Molido PET |
| 14 | Pretell | Av. Guardia Civil 377 | Chorrillos | | Molido plástico |
| 15 | Reciplast | Av. Santa Anita 785 - Villa Marina | Chorrillos | 254-5244 | Molido y peletizado |
| 16 | Replast S.R.L. | Gral. Murillo Mz. O-1 Lote 16 | Chorrillos | 251-0361 | Molido y peletizado |
| 17 | Ricardo Morán | Pacto Andino 275 - Urb. Villa | Chorrillos | | Molido |
| 18 | Ricardo Pérez | Jr. Perseo 292 (altura Av Los Faisanes) | Chorrillos | 467-8665 | Molido polipropileno |
| 19 | Saúl Santiago Torres Vargas | AA. HH. Santa Isabel Mz. M Lote 12, Com. 14 | Surco | | Servicio de molido |
| 20 | Sr. Fernández | Av. Micaela Bastidas s/n | Villa El Salvador | | Molido plástico |
| 21 | Sr. Roberto | AA. HH. Mcal. Cáceres Mz. F Lote 5 | Surco | | Servicio de molienda |
| 22 | Vicente Figueroa | Agencia Municipal Campoy | San Juan de Lurigancho | | Molido (Scrap) |
| 23 | Víctor Oliveros | AA. HH. Sarita Colonia – Vizcacheras | San Juan de Lurigancho | 531-2871 | Molido plástico |

Cuadro 4.3. - Empresas que transforman al PET molido en producto comercializable

| Nº | NOMBRE DE LA EMPRESA | DIRECCION | DISTRITO | TELEFONO | ACTIVIDADES |
|-----------|-------------------------------------|--------------------------------------------------|----------------------|-------------------|------------------------------------|
| 1 | Sr. Aguirre | Calle San Augusto cuadra 1 - Villa Marina | Chorrillos | | Soplado |
| 2 | Sr. Carlos Cléber | Av. Augusto Durand 2141 | San Luis | 473-9585 | Productos diversos de plásticos |
| 3 | Cotiplast | Av. El Engranaje 229 - Urb. Industrial La Milla | San Martín de Porres | 431-1162 | Baldes, lavatorios |
| 4 | Diseños Plásticos San Andrés S.R.L. | Av. Argentina 5920 | Callao | 464-7721 426-3743 | Adornos navideños, pilimilis, etc. |
| 5 | Enpla Falcon | Comité 15 Mz X Lote 1 - Santa Isabel | Chorrillos | | Botellas plástico |
| 6 | Envases Plásticos Lima | Av. Santa Anita 128 - Villa Marina | Chorrillos | | Productos diversos de plásticos |
| 7 | Fabri Plast S.A. | Luis Galvani 140 – Urb. Industrial Sta. Rosa | Ate Vitarte | 474-3718 | Inyección, soplado |
| 8 | Gerbo Tafal | Frente a ENACE Surquillo | Surquillo | | Productos diversos de plásticos |
| 9 | Hoyos | Jr. El Sodio 252 | Los Olivos | | Galoneras |
| 10 | Imposa | Av. Augusto Durand y Av. San Luis | San Luis | | Productos diversos de plásticos |
| 11 | Industrial Santa Anita | Av. Sta. Anita 271 - Villa Marina | Chorrillos | | Portahuevos de plástico |
| 12 | Sr. José Castro | Jr. Paruro 1150 | Lima | 466-1070 | Tapas, bases para licuadoras |
| 13 | Kepa S.R.L. | M. Tellería 1120 - Chacra Ríos | Lima | | Baldes para pintura, soplado |
| 14 | Martín Chaqui Lossio | Salta 2181 - Chacra Ríos | Lima | 472-5411 | Plástico soplado |
| 15 | Momo Plastic S.A. | Jr. Acomayo 257 | Lima | 423-7857 423-4996 | Plástico soplado |
| 16 | Mundo Plast | Mz. E-2 Lote 6 - Parque Industrial. | Villa El Salvador | 493-0763 | Juguetería |
| 17 | Panamericana | Jr. Santo Tomás cdra. 1 (Av. Sta. Anita cdra. 5) | Chorrillos | 254-2299 254-0961 | Botellas plástico |
| 18 | Plásticos 77 | Av. Rosa y Toro 195 | San Luis | | Productos diversos de plásticos |
| 19 | Plásticos JOFSA | Av. Venegas 898 | Surco | 477-9635 477-2046 | Productos diversos de plásticos |
| 20 | Plásticos Santa Teresa | Av. Los Faisanes 204 - La Campiña | Chorrillos | 468-2460 | Chiferos, inyección en plásticos |
| 21 | Plastitub | Calle Universo V-10 - La Campiña | Chorrillos | | Productos diversos de plásticos |
| 22 | Sr. Raúl Remis | Felipe Santiago Crespo 152 | San Luis | | Productos diversos de plásticos |

4.4. RECOMENDACIONES PARA EL ESTUDIO DE MERCADO

Se hacen las siguientes recomendaciones:

- Tomar en cuenta Mercados locales, nacionales e Internacionales. Para ello se podrán utilizar diversos recursos como páginas amarillas, Internet, Estudios de Mercado, visitas a plantas recicladoras, asociaciones nacionales e internacionales de comercio, revistas sobre reciclaje, universidades e instituciones especializadas y Estudios diversos.
- Evaluar la demanda globalizada de nuestro producto, ya que no solo consiste en venderlo a las empresas, sino averiguar que es lo que elabora con el, para saber si estos nuevos productos elaborados tienen alguna tendencia estacional.
- Analizar a las empresas, tanto locales como nacionales e internacionales, si estas están involucradas en los mercados intermedios o los mercados finales, para así tener una idea general de la producción de estas empresas, y estar preparados para cambios en la demanda.
- Tener cuadros elaborados a partir de información veraz, por ejemplo para las empresas locales, se podrá tener todo tipo de información, recurriendo a las llamadas telefónicas o visitas personalizadas.
- Dar la máxima información posible acerca del producto que se está comercializando, desde donde procede, hasta sus características físicas, como color, tamaño, etc. Mientras mayor información se da, mayor será el interés del posible comprador, además si la información incluye fotografías del producto (y si fuese posible del proceso), mucho mejor.

CAPÍTULO 5

PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE UNA LÍNEA DE PROCESAMIENTO DE PET RECICLADO EN EL MARCO DE UN PLAN DE MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS: CASO MUNICIPALIDAD DE SANTIAGO DE SURCO

5.1 INTRODUCCIÓN

Una vez descrito en los capítulos anteriores el marco teórico, el diseño de un plan de manejo de residuos así como de la línea de procesamiento de Pet reciclado, y el análisis de mercado para este, ya estamos listos para realizar el análisis y la aplicación respectiva para el caso de la municipalidad de Santiago de Surco.

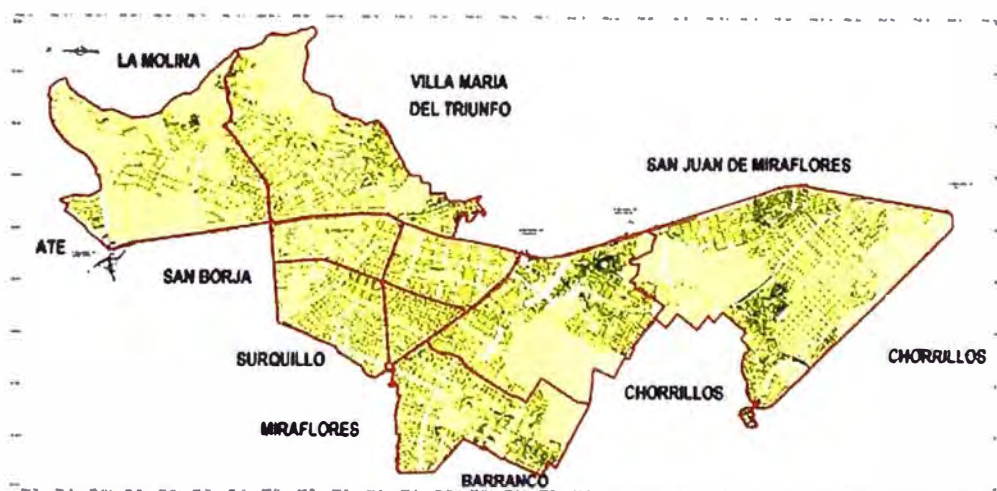
Para poder diseñar la línea de procesamiento de Pet reciclado previamente describiremos la actual política de manejo de residuos sólidos que lleva la municipalidad, su estructura de costos, un análisis del marco legal existente y del mercado estudiado previamente.

Posteriormente mostraremos el desarrollo de un programa interactivo (en formato de Visual Basic) formulado para facilitar el análisis técnico – económico de esta propuesta. Se realizará la corrida con la data de la municipalidad de Santiago de Surco. El programa puede emplearse para analizar el proyecto de implementación de una línea de procesamiento en cualquier comunidad urbana, sirviendo como instrumento para la toma de decisiones.

5.2 DATOS DEL DISTRITO

Santiago de Surco es uno de los 42 distritos de la provincia de Lima Metropolitana. Se ubica en el centro-sur de la Provincia. Tiene una superficie de 34,75 Km² y una población aproximada de 250 000 habitantes³³.

Limita por el Norte con los distritos de La Molina, Ate Vitarte y San Borja, por el Sur con Chorrillos, por el Este con La Molina, Villa María del Triunfo y San Juan de Miraflores y por el Oeste con los distritos de San Borja, Miraflores, Surquillo y Barranco (ver Mapa 5.1). Tiene una temperatura media anual de 20°C.



Mapa 5.1. Distrito de Santiago de Surco

5.3 MANEJO ACTUAL DE RESIDUOS SÓLIDOS EN LA MUNICIPALIDAD DE SANTIAGO DE SURCO

Desde el año 1996 la municipalidad es la encargada del manejo de los residuos sólidos en el distrito. Para ello cuenta con una flota de unidades que comprende camiones compactadores, camiones baranda, contenedores de residuos, camiones porta contenedores, camiones para recoger maleza, triciclos

³³ Proyección al 2002 – Base INEI.

para transportar el material barrido en las calles hasta los puntos de acopio y un camión madrina.

Además, cuenta con personal que se encarga del barrido de calles de toda la ciudad, sector por sector. Para facilitar el diseño de las operaciones de recojo el distrito se dividió en 9 sectores.

El municipio de Santiago de Surco realiza actualmente el recojo de los residuos domiciliarios de dos maneras:

- **Recojo normal** (residuos orgánicos, inertes y especiales mezclados) de manera nocturna. Los 17 camiones compactadores que recogen diariamente y de manera nocturna la basura de todo el distrito, realizan la transferencia en una planta ubicada en el distrito de Villa el Salvador, mientras que el camión madrina se encarga del transporte de los residuos desde este lugar hasta el relleno sanitario Portillo Grande (Lurin).



Imagen 5.1. Unidad empleada para el recojo nocturno

- **Recojo Selectivo** de manera diurna y actualmente de carácter piloto. Los residuos inertes que se manejan en el programa de recojo selectivo se recogen con 3 camiones baranda que los trasladan a una planta piloto de segregación de residuos sólidos para su posterior comercialización. El material de rechazo producto de la incorrecta segregación en origen se desvía a la planta de transferencia mencionada anteriormente.

5.4 IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN DE MANEJO SELECTIVO DE RESIDUOS SÓLIDOS DE LA MUNICIPALIDAD DE SANTIAGO DE SURCO.

Al implementarse el manejo selectivo de residuos sólidos en el distrito, este se ha beneficiado ambiental y socialmente a corto plazo, y lo hará económicamente cuando el programa haya alcanzado la suficiente participación como para que la suma de las utilidades generadas por la comercialización de los residuos y el ahorro en costos de disposición o de compra de insumos orgánicos sea mayor que los costos generados por el programa.

A continuación realizaremos el análisis de la implementación de las etapas que componen el plan detallado en el capítulo 2 del presente estudio. Será importante tomar en cuenta que se realiza este análisis en una gestión que ya tiene una serie de lineamientos establecidos y en una institución que tiene una estructura organizacional definida.

5.4.1 PRIMERA ETAPA: Concepción Integral del Plan

La municipalidad cuenta para el programa de recojo selectivo con profesionales de todos los campos, los cuales aportan permanentemente su experiencia en la labor que le toca desempeñar. Se toman en cuenta los principales

factores que tienen que ver con el manejo de los residuos, propios de un gobierno municipal. El equipo gestor cuenta con la participación de personal técnico de la Oficina de Proyectos Especiales y de la Dirección de Servicios a la Ciudad y Medio Ambiente.

Los objetivos planteados y sobre los cuales se sustentó la implementación del manejo selectivo de los residuos son los siguientes:

Ambientales:

- Reducción de la contaminación generada por los residuos sólidos evacuados en el relleno sanitario utilizado (en aguas subterráneas y suelo por lixiviados, y en aire por emisiones gaseosas de los residuos en descomposición).
- Reducción de los volúmenes a disponer en los rellenos sanitarios, y por lo tanto, menor uso de tierras en rellenos, menor área contaminada.
- Menor consumo de recursos naturales gracias al reciclaje de los residuos.

Económicos:

- Reorientación del uso de recursos antes empleados, pues se reducirá el costo total de disposición.
- Generación de ingresos por comercialización del material procesado, que serán orientados a mejorar la calidad de vida de los vecinos del distrito.

Sociales:

- Creación de puestos de trabajo no calificado.
- Creación de puestos de trabajo calificado.

- Fomento de la formalización del sector de residuos, a sabiendas que el manejo de los mismos es inadecuado actualmente, contribuyendo a la proliferación de problemas en la salud de los recicladores informales y sus familias.
- Educación Ambiental mostrando las ventajas de una adecuada gestión de los residuos.

5.4.2 SEGUNDA ETAPA: Desarrollo del Diagrama de Flujo del Plan

Se aplicaría el esquema expuesto en el Capítulo 2 (ver Diagrama 2.2.), es decir, una estructura detallada de trabajo dividido en 7 grandes entregables o etapas, cada una con sus respectivos componentes y cada componente con sus respectivas actividades.

5.4.3 TERCERA ETAPA: Diagnóstico Pluridisciplinario del Plan

Analizaremos las ventajas de la implementación del manejo selectivo de los residuos sólidos desde sus cuatro perspectivas:

5.4.3.1 Diagnóstico Socioeconómico:

Como resultado del diagnóstico tenemos las siguientes afirmaciones:

- El distrito cuenta con población de todos los estratos sociales, sin embargo, el programa trabajará con la población que no sea considerada como pobre.
- Existen zonas comerciales interesantes y conjuntos habitacionales donde se requerirá una coordinación algo mas cuidadosa para la participación de los moradores en el programa. La mayoría del distrito cuenta con casas-habitación.

- Es necesaria la mano de obra no calificada y calificada para el procesamiento de los residuos en instalaciones especializadas.
- Se deberá velar por la mejora de las condiciones sanitarias de los trabajadores y sus respectivas familias.
- Existe la tendencia a la formalización del sector, lo cual generará la necesidad de extender la misma en toda la capital.
- La sensibilización realizada a los residentes en temas medioambientales ha sido muy bien recibida y se deberá seguir promoviendo su participación en el programa.

5.4.3.2 Diagnóstico Técnico - Operativo:

Aquí analizaremos el porcentaje del total del flujo de residuos sólidos generados en el distrito que podrán recuperarse y que no irán a disponerse finalmente en algún relleno sanitario, además de reinsertarse al Sistema productivo evitando consumos innecesarios de materias primas, además de describir la operatividad actual en el recojo.

El distrito de Santiago de Surco cuenta actualmente con 250,000 habitantes. Si tomamos aproximadamente como generación per-cápita 1kg/hab/día debido a los comercios existentes y le añadimos la cantidad de maleza que se produce tendremos:

| Tipo de residuos | Cantidad (toneladas / día) |
|--------------------------|-----------------------------------|
| Residuos sólidos urbanos | 250,00 |
| Maleza | 35,00 |
| Total | 285,00 |

Fuente: Inei 2002, Municipalidad de Santiago de Surco – Proyecciones al 2002.

El total de estos residuos se ha estado evacuando indiscriminadamente hasta hace algunos años al relleno sanitario. El relleno sanitario de Portillo Grande está escasamente controlado (no tiene tratamiento de lixiviados por ejemplo), y es por lo tanto un foco de contaminación ambiental. Los residuos dejados allí contienen materiales que se descomponen en muy largo tiempo, como los plásticos y el vidrio; materia orgánica, que se degrada rápidamente liberando líquidos y gases contaminantes; y desechos peligrosos, como pilas o aceites usados que contienen metales pesados tóxicos, restos de solventes, pinturas, insecticidas, medicinas, y cuya descomposición con el paso del tiempo produce lixiviados que contaminan el suelo y las aguas subterráneas por percolación.

La propia presencia del relleno sanitario es un foco de propagación de plagas de roedores e insectos que pueden transmitir enfermedades, y constituye un tipo de contaminación visual, ocasionando la pérdida del valor del terreno y sus alrededores. Se comentó inicialmente que el distrito se había separado en 9 sectores. El noveno sector no se tomará en cuenta para el análisis pues los residentes reutilizan sus residuos, por ello:

| Residuos | Cantidad (toneladas / día) |
|---------------------------------------|-----------------------------------|
| Residuos Totales | 250,00 |
| Residuos Sector 9 | 30,00 |
| Residuos sólidos aprovechables | 220,00 |

Fuente: Municipalidad de Santiago de Surco – Dirección de Servicios a la Ciudad y Medio Ambiente - Promedio Anual 2000 – Proyección 2002-2003.

El cálculo aproximado toma en consideración las caracterizaciones realizadas con los materiales procesados en la Planta de Segregación (sólo de inertes) y su proyección a todo el distrito. La diferencia la constituirán los materiales inertes sin valor de cambio. El porcentaje de materia orgánica lo tomaremos de la caracterización del año 1999 (46,5%).

Considerando ahora que del total de 285,00 toneladas de residuos emitidas diariamente 164,05 toneladas (57.5%) podrían ser recicladas, sólo restarían 120,95 t. que requerirían ser dispuestas en el relleno sanitario.

El siguiente cuadro indica la composición promedio de los residuos sólidos urbanos de los sectores 1 a 8.

| Residuos aprovechables | Porcentaje | Cantidad (toneladas / día) |
|-------------------------------|-------------------|---------------------------------------|
| Residuos orgánicos | 46,50 | 102,30 |
| Residuos inorgánicos | 53,50 | 117,70 |
| Con valor de cambio | 12,16 | 26,75 |
| ▪ Papel blanco | 1,09 | 1,28 |
| ▪ Papel archivo | 4,35 | 5,12 |
| ▪ Papel periódico | 3,99 | 4,70 |
| ▪ Cartón | 1,40 | 1,92 |
| ▪ Latas | 3,81 | 4,51 |
| ▪ Plástico | 1,58 | 1,86 |
| ▪ PET | 1,50 | 1,76 |
| ▪ Vidrio | 4,75 | 5,60 |
| Sin valor de cambio | 41,34 | 120,95 |

Fuente: Municipalidad de Santiago de Surco – Dirección de Servicios a la Ciudad y Medio Ambiente - Estudio de la composición de los R.S.U. de Surco en julio, setiembre y octubre del 2000

De todo esto se obtiene que en Surco pudieran ser aprovechados:

| | |
|--------------|------------------------------------------|
| 102,30 t/día | Residuos orgánicos |
| 26,75 t/día | Residuos inorgánicos con valor de cambio |
| 35,00 t/día | Maleza |
| <hr/> | |
| 164,05 t/día | Total |

Por lo tanto:

- Un porcentaje importante de los residuos desechados en el relleno sanitario pueden ser reaprovechados: el papel, plásticos, vidrios, latas y materia orgánica, reinsertándolos al sistema productivo y evitando el consumo innecesario de recursos naturales.
- Además de los residuos inertes, el compost obtenido de la maleza y otros residuos orgánicos es un mejorador natural del suelo, que ayuda a devolver a la tierra los nutrientes que los cultivos o parques y jardines municipales consumen. Su uso favorece la disminución del consumo de fertilizantes sintéticos contaminantes. Asimismo, se puede elaborar humus enzimático y harina orgánica para alimento de cerdos.

La sensibilización *puerta a puerta*, el recojo selectivo (de carácter piloto) y la operatividad en la planta piloto de residuos sólidos inertes se están realizando de manera eficiente, obteniéndose todos los datos que permitirán su correcto escalamiento a nivel distrital.

5.4.3.3 Estudio de Mercado:

El estudio de mercado arroja una demanda bastante interesante para casi todos los residuos inertes que pueden recuperarse. Se dan buenos precios en papel, cartón, envases de plástico, vidrio y metales.

Actualmente se están clasificando en la planta piloto hasta 19 residuos, y se pueden seguir clasificando en más sub-productos aún.

5.4.3.4 Diagnostico Económico:

El municipio al contar con una partida ya establecida de recojo de residuos, requerirá comparar los costos adicionales por recogerlos selectivamente

con los ingresos generados por comercialización de los mismos, el ahorro generado por la no disposición de los mismos en el relleno sanitario y el generado por la elaboración de compost o humus para las áreas verdes del distrito.

Se puede proyectar el precio por tonelada vendida de acuerdo a los resultados de la exploración de mercado, además se conoce el costo de disposición por tonelada y el costo de insumos para las áreas verdes del distrito fácilmente reemplazables por material orgánico procesado (humus o compost). Por ello, podrían compararse estos ingresos con los probables egresos (costos generales del programa anuales) para así cuantificar los beneficios económicos.

| | |
|------------------------------------|------------------------------------|
| INGRESOS | |
| Ahorro anual de Disposición | A |
| Venta Anual de material recuperado | B |
| Ahorro insumos fertilizantes | C |
| EGRESOS | |
| Costos máximos del Programa | Deberá ser menor que : $A + B + C$ |

Nota: Este análisis económico deberá realizarse para comprobar los beneficios económicos para la implementación del Plan de Manejo Selectivo de Residuos Sólidos. El costeo del mismo no es objetivo del presente estudio. El costeo que contempla el programa elaborado en Visual Basic, toma en cuenta los costos del programa que indirectamente afectan la manipulación del pet como componente del flujo de residuos (ver detalle más adelante).

5.4.3.5 Diagnóstico Administrativo - Legal:

De acuerdo a la Ley General de Residuos Sólidos publicada el año 2000 y a distintas ordenanzas redactadas antes y después de esa fecha, la tendencia en cuanto al manejo de residuos es a hacerlo selectivamente.

Lo recomendable es planificar el progresivo cumplimiento y/o adecuación de la realidad actual en el manejo de los residuos al de las normativas específicas.

Se deberán establecer las funciones de las diferentes oficinas municipales que intervendrán en el manejo de los residuos sólidos.

5.4.4 CUARTA ETAPA: Elaboración de los Programas del Plan

- El análisis preliminar habrá que reforzarlo con caracterizaciones periódicas y un permanente análisis legal y de mercado. Será fundamental contar con una base de datos sólida para el permanente diseño y optimización de las operaciones posteriores.
- Las sugerencias y observaciones sobre el programa educativo y de Recojo Selectivo pueden tomarse de las dadas en los lineamientos técnicos en el Capítulo 2. Se deberá dar mayor énfasis al empleo de Medios de Comunicación a medida de irse implementado el Programa de Manejo Selectivo de Residuos en todo el distrito, así como a la supervisión permanente del Recojo Selectivo.
- En el Programa de Reaprovechamiento se abren algunas posibilidades como el análisis de factibilidad de proyectos que permitan darle valor agregado a la fracción orgánica e inorgánica. Puede ser por ejemplo, implementando la línea de Pet descrita en este Estudio. La eliminación de residuos deberá ir reduciéndose de acuerdo al crecimiento del programa.
- Los lineamientos técnicos para la parte comercial – administrativa serán los descritos en el capítulo correspondiente.

5.4.5 QUINTA ETAPA: Análisis Económico

- Deberá hacerse una recopilación de la data histórica de costos que intervienen en el Programa Integral de Manejo de Residuos, además de proyecciones válidas para determinado horizonte de planeamiento.

5.4.6 SEXTA ETAPA: Estrategias de Optimización

- Las funciones de optimización en cada programa deberán ser válidas después de una profunda observación y supervisión de cada operación. Por ello, se deberá garantizar el suficiente personal para que implemente estas mejoras en todos los programas optimizando recursos municipales disponibles.
- Se recomienda realizar Estudios de Tiempos y Movimientos para las operaciones que comprenden los Programas de Sensibilización, Recojo Selectivo, Procesamiento y Venta del Material procesado. Con ello se encontrarán óptimos en el rendimiento del personal que opera los mismos, además de poderse proyectar los requerimientos del mismo, infraestructura y/o equipamiento.

5.4.7 SÉPTIMA ETAPA: Estrategias de Implementación

- La manera como se han implementado hasta el día de hoy los programas en el Manejo Selectivo de los Residuos (de manera piloto) ha tenido en general buenos resultados, aunque la falta de personal y presupuesto no hayan permitido lograr aún óptimos de rendimiento.
- Se deberá planificar el crecimiento del programa teniendo como sustento los resultados de los Estudios de Tiempos y Movimientos.

5.5 ANÁLISIS PREVIO A LA IMPLEMENTACIÓN DE LA LÍNEA DE PROCESAMIENTO DE PET RECICLADO.

Tomaremos en cuenta para el análisis el Marco Legal en el que podremos desenvolvemos para la manipulación de un material que forma parte del flujo común de residuos sólidos domiciliarios, así como del Mercado en el que se pueda contar con márgenes favorables de negociación.

5.5.1 MARCO LEGAL VIGENTE

Este análisis lo haremos específicamente para conocer los alcances y limitaciones legales respecto al manejo del Pet Reciclado, su procesamiento y comercialización, tanto en mercados locales como internacionales. Para ello, resaltamos algunos puntos de la Ley General de Residuos Sólidos (ver análisis en el Anexo 1) y el Reglamento de la Ordenanza Municipal de Manejo de Residuos Sólidos de la Municipalidad Metropolitana de Lima (ver análisis en el Anexo 1).

Sobre la Ley General de Residuos Sólidos:

- Dentro de sus principales lineamientos de política (Art. 4°), se indica la necesidad de desarrollar y usar tecnologías de producción y comercialización que favorezcan su reaprovechamiento de manera adecuada.
- El Ministerio de Salud es el encargado de regular los aspectos técnico – sanitarios en el procesamiento de residuos a través de DIGESA.

- Si la línea de procesamiento va a pertenecer a una infraestructura de procesamiento, ésta deberá contar con la aprobación y autorización de funcionamiento de la Municipalidad Provincial.
- Si se deseara importar residuos (por ejemplo Pet Reciclado) con fines de tratamiento, se deberá contar con la aprobación de DIGESA.
- La comercialización del material procesado será realizado por alguna empresa debidamente registrada en el Ministerio de Salud.
- Para el procesamiento del material recuperado, los operarios deberán contar con todos los implementos de Seguridad y Salud Ocupacional pertinentes.
- Si la línea de procesamiento se va a incluir en un Proyecto de Infraestructura de Tratamiento, éste deberá ser aprobado por la Comisión Técnica Municipal de Calificación de Proyectos de la Municipalidad Provincial de Lima, con la debida presentación del EIA correspondiente aprobado por DIGESA y la opinión técnica favorable de la Dirección General de Medio Ambiente del Ministerio de Transportes, Comunicaciones, Vivienda y Construcción.

Sobre el Reglamento de la Ordenanza 295 – MML³⁴:

Lo descrito por la Ley General de Residuos es aplicable en este reglamento. Se tendrá que tomar en cuenta toda la normatividad técnica específica para el caso del Transporte, Tratamiento y Comercialización de los Residuos Sólidos (el Pet naturalmente forma parte del flujo de residuos analizado).

³⁴ Ver Anexo 1 – Reglamento de la Ordenanza 295.

5.5.2 MARCO COMERCIAL

De lo anteriormente analizado se sugiere:

- Solo hacer tratos comerciales con empresas debidamente registradas en la Dirección General de Salud (DIGESA) como las Empresas Comercializadoras de Residuos Sólidos (EC-RS) o con empresas foráneas existentes legalmente. Además, conocer las actividades que realizan las empresas con las que se mantenga actividad comercial.
- Fomentar la formalización de las personas y/o entidades que intervienen en el manejo de los residuos sólidos urbanos, con el fin de conocer a través de ellos los centros informales de operación y el mercado que exploran.
- Realizar análisis económicos comparativos con las alternativas de comercialización del material de acuerdo a sus mercados (local, nacional, regional o mundial).

5.6 DISEÑO BÁSICO DE LA LÍNEA DE PROCESAMIENTO DE PET RECICLADO

Para el Diseño Básico y el Costeo de la Línea de Procesamiento de Pet Reciclado emplearemos una Hoja de Cálculo interactiva en entorno Excel diseñada con el objetivo de emplearse en cualquier comunidad urbana.

5.6.1 HOJA DE CÁLCULO: DISEÑO Y COSTEO DE LA LÍNEA DE PROCESAMIENTO DE PET RECICLADO

Esta hoja de cálculo tiene como objetivo facilitar el diseño y costeo de una línea de procesamiento de PET reciclado en el marco de un plan de manejo integral de residuos sólidos urbanos, pues solo requerirá de la introducción de ciertos datos de entrada, realizando iterativamente cálculos que arrojan como resultados finales el dimensionamiento de los equipos, el costeo de la línea y sus principales indicadores económicos que permitirá al equipo gestor municipal tomar decisiones.

A continuación, presentaremos un resumen de los resultados de la corrida teórica realizada con la Hoja de Diseño planteada. Ver corrida completa en el Anexo 5.

5.6.2 DATOS INICIALES DEL DISTRITO

- **Población actual:** 250 000 habitantes
- **Porcentaje de Residuos Sólidos Inertes con valor de cambio:** 18.03%
- **Número de vehículos en operación actualmente:** 20
- **Número de viajes por vehículo:** 2
- **Capacidad Útil estimada por vehículo:** 12m³
- **Densidad de Residuos Sólidos:** 520 kg/m³

De lo anterior calculamos:

- **Generación Per Cápita:** 0.998 Kg. / hab.-día

5.6.3 PRUEBAS PRELIMINARES

5.6.3.1 Caracterizaciones Realizadas al Material Segregable.

Tomaremos las últimas 5 caracterizaciones del Programa (Noviembre 2002, Diciembre 2002, Enero 2003, Febrero 2003 y marzo 2003). Será de sumo interés conocer la composición del flujo de residuos sólidos reciclables que se manejan en el Programa. A continuación, mostraremos el cuadro resumen de Resultados de las caracterizaciones realizadas:

| MATERIAL | NOV-2002 | DIC-2002 | ENE-2003 | FEB-2003 | MAR-2003 | PROM. |
|------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Pet | 6.4 | 6.4 | 6.0 | 7.1 | 7.0 | 6.5 |
| Plástico Duro | 4.5 | 4.6 | 4.3 | 6.1 | 5.2 | 4.9 |
| Tetrabrick | 1.3 | 1.1 | 0.8 | 1.1 | 1.2 | 1.1 |
| Bolsas Plásticas | 1.4 | 1.3 | 0.9 | 1.6 | 1.7 | 1.4 |
| Papel Blanco | 2.5 | 3.8 | 3.6 | 3.8 | 4.4 | 3.6 |
| Papel Periódico | 13.9 | 12.7 | 13.1 | 16.5 | 16.2 | 14.5 |
| Papel Archivo | 13.4 | 16.7 | 14.2 | 13.8 | 13.3 | 14.3 |
| Vidrio | 12.5 | 13.6 | 15.5 | 12.6 | 12.2 | 13.3 |
| Cartón | 8.0 | 5.6 | 5.3 | 4.9 | 5.4 | 5.9 |
| Estucado | 5.4 | 6.9 | 7.3 | 5.4 | 5.7 | 6.1 |
| Latas Fierro | 7.2 | 6.3 | 6.4 | 6.3 | 6.4 | 6.5 |
| Latas Aluminio | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 |
| Rechazo | 23.3 | 20.8 | 22.4 | 20.7 | 21.1 | 21.7 |
| Total | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 |

Por lo tanto, se tomará como porcentaje de Pet en el flujo de Residuos Inertes del distrito:

| |
|--------------------------------------------------|
| % Pet en el Flujo de RR.SS.Inertes = 6.5% |
|--------------------------------------------------|

5.6.3.2. Composición de la botella de PET a segregar.

En esta prueba se hará la medición del peso de las botellas de plástico post-consumo así como sus respectivas tapas (de polipropileno), con el objetivo de encontrar las relaciones mínimas y máximas probables entre ambos materiales respecto a su peso.

- Peso Botella chica: 25 gramos
- Peso Botella Mediana: 55 gramos
- Peso Botella Grande: 70 gramos
- Peso Tapa Polipropileno: 3.1 gramos

Por lo tanto, la relación promedio existente entre el peso del Polipropileno y el del PET presente en las tapas será:

| |
|--------------------------------------------|
| $\text{Peso PP} / \text{Peso PET} = 0.076$ |
|--------------------------------------------|

En el anexo N° 4 se pueden ver más detalles de las relaciones entre los componentes y de la relación promedio, siendo esta última el valor utilizado para obtener las composiciones iniciales en el balance de materia.

5.6.4 INGRESO POR VENTAS

5.6.4.1 Precio del Producto/tonelada

El precio se obtuvo de la exploración de Mercado tanto a nivel nacional como internacional, fijándose un precio de S/. 1000 por tonelada procesada.

5.6.4.2 Ahorro/tonelada

El ahorro por tonelada de material segregable inerte se fijó en relación al monto por tonelada que se está dejando de recoger de manera nocturna debido al recojo diurno de carácter piloto que se está realizando del material segregable inerte. Es decir, el material reciclable que se recoge de día, al no recogerse de noche está produciendo un ahorro en transporte (el relleno sanitario queda a 40 km, la planta piloto a 4 km), en transferencia (el administrador de la planta de transferencia cobra 14 soles por tonelada transferida) y en disposición final (el administrador del relleno sanitario cobra 18 soles por tonelada dispuesta).

Para el cálculo del monto se hicieron pruebas de carga en unidades compactadoras de material segregable hallándose su densidad de carga (204 kg/m^3) se hizo una relación en función de la densidad del material segregable inerte y de la densidad de los residuos que normalmente se recogen de noche (500 kg/m^3) de manera tal, que tomándose como referencia los costos de transporte, transferencia y disposición final de estos últimos se obtuvo el costo del ahorro generado.

El cálculo realizado con data de la municipalidad arrojó un monto de ahorro de S/.147,2 por tonelada de residuos inertes con valor de cambio que se deja de disponer (tomando en cuenta los tres componentes de ahorro descritos anteriormente).

5.6.5 INVERSIÓN

5.6.5.1 Inversión Directa

Estará representada por el equipamiento necesario para la línea de producción de Pet Scrap planteado, el terreno y costos directos menores de producción.

5.6.5.1.1 Diseño de Equipos

Para el Diseño del Proceso se tomaron en cuenta las pruebas preliminares realizadas así como las especificaciones técnicas de diseño de cada equipo mostradas en el Anexo 4. El Diseño Propuesto se realizará para una proyección de procesamiento que cubriría el 100% del Distrito (Aprox. 500 Kg/h de Pet Producido).

Especificaciones Técnicas de los Equipos

De acuerdo a la Hoja de Diseño del Anexo 4, obtenemos los siguientes resultados:

| EQUIPO | ESPECIFICACIONES TÉCNICAS |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p style="text-align: center;">FAJA TRANSPORTADORA</p> | <ul style="list-style-type: none"> - Dimensiones: 4m largo x 0.5m ancho - Material: Jebe - Potencia del Motor: 1 Hp - Pendiente: 23° - Flujo a procesar: Hasta 500 kg/h |
| <p style="text-align: center;">MOLINO CUCHILLAS ROTATORIAS</p> | <ul style="list-style-type: none"> - Potencia del Motor: 37.5 Hp (250 kg/h) - Dimensiones: 0.72 m (ancho) x 0.72m (largo) x 0.9m (alto) - Cuchillas: Dos estacionarias y tres móviles (375mm y 355mm de longitud respectivamente) de acero inoxidable - Criba: 10mm. |
| <p style="text-align: center;">TORNILLO SINFÍN 1 (Salida de molino – entrada ciclón)</p> | <ul style="list-style-type: none"> - Longitud: 4m - Diámetro: 2.2pulg - Material: acero al carbono - Potencia: 1Hp - Flujo a procesar: 500 kg/h |

| | |
|---------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| TORNILLO SINFÍN 2 (Fondo de las tinas de flotación) | <ul style="list-style-type: none">- Diámetro: 2.5pulg- Longitud: 3m- Material: acero inoxidable- Potencia: 0.5 Hp- Flujo a procesar: 500 kg/h |
| TORNILLO SINFÍN 3 (Salida de las tinas de flotación) | <ul style="list-style-type: none">- Diámetro: 2.5 pulg.- Ángulo de elevación: 45°- Longitud: 0.85m- Material: acero inoxidable- Flujo a procesar: 500 kg/h. |
| CICLÓN EXTRACTOR DE POLVOS | <ul style="list-style-type: none">- Diámetro : 0.42m- Potencia: 0.5 Hp- Flujo a procesar: hasta 500 kg/h |
| TINAS DE FLOTACIÓN | <ul style="list-style-type: none">- Dimensiones: 3m largo, 1m ancho, 0.6m alto- Material: Acero Inoxidable- Flujo: hasta 500 kg/h |
| LAVADORA | <ul style="list-style-type: none">- Diámetro: 1.4m- Altura: 1.2m- Potencia: 20 Hp- Material: Acero Inoxidable- Flujo a procesar: 500 kg/h- Rejilla atrapa espuma en el borde interno. |
| CENTRÍFUGA | <ul style="list-style-type: none">- Longitud: 0.9m- Diámetro: 0.7m- Potencia: 40 Hp- Flujo a procesar: 500 kg/h |
| SECADOR NEUMÁTICO | <ul style="list-style-type: none">- Longitud horizontal: 12.0m- Longitud vertical: 4.7m- Diámetro tubería: 0.56m- Potencia Ventilador: 20Hp |

5.6.5.1.2 Costeo de Equipos e instalación.

| EQUIPO | COSTO AÑO 0 (S/.) |
|------------------------------------|--------------------------|
| Faja Transportadora | 8500.00 |
| Molino de Cuchillas | 23400.00 |
| Tornillos sin fin (5) | 18700.00 |
| Ciclón Extractor | 20400.00 |
| Lavadora | 21200.00 |
| Cámara de Flotación | 21200.00 |
| Centrífuga | 12700.00 |
| Secador neumático | 25500.00 |
| Recipiente Almacenamiento | 6400.00 |
| Balanza industrial | 2100.00 |
| TOTAL (incluye instalación) | 235100.00 |

Notas:

- El costo de instalación será el 55% del costo de compra de los equipos.
- En el año 4 se compra un segundo molino de las mismas características del primero por requerimientos de producción.
- En el año 10 se invierte en el molino, centrífuga, secador y ciclón.
- En el año 14 se invierte en el molino de reemplazo del molino comprado en el año 4.
- El costeo de los equipos se realizó por cotización con proveedores nacionales de acuerdo a las características de diseño establecidas.

5.6.5.2 Inversión Indirecta

Estará representada por los costos de inversión que implica llevar la materia prima (pet segregado en origen) a la línea de procesamiento. Es decir, la

inversión realizada en los programas de Sensibilización, Recojo y Segregación en una Planta de Tratamiento de Residuos Sólidos.

Los costos de inversión se representarán como el porcentaje en peso (6.5%) del pet respecto al flujo de residuos sólidos inertes con valor de cambio.

| ITEM | COSTO AÑO 0(S/.) |
|----------------------------------------|-------------------------|
| Instalaciones de Segregación | 100000.00 |
| Equipos de Protección | 1700.00 |
| Costo de Unidades de Recojo (2) | 76000.00 |
| Costo Local | 60000.00 |
| TOTAL | 396575.00 |
| TOTAL INDIRECTO (6.5%) | 25777.38 |

Nota: El monto total está afectado por el 5% como factor de seguridad.

5.6.5.3 Depreciación

Se asumirá una depreciación lineal a 10 años en el molino, secador, centrífuga y extractor de polvos. El resto de equipos tienen tiempo de vida estimado de 20 años. En el caso de las instalaciones de segregación de residuos inertes y las Unidades de Recojo Selectivo, se toma en cuenta 20 años con depreciación lineal.

5.6.6 COSTOS

Se tomarán todos los costos que directa o indirectamente genera el procesamiento del plástico, desde la sensibilización realizada para una adecuada segregación en origen hasta los gastos de comercialización.

5.6.6.1 Costos Directos

Serán los costos que tienen directa relación con la producción del Pet scrap. Básicamente costos de producción y mano de obra.

| ITEM | COSTO AÑO 1 (S/.) |
|--------------------------------|--------------------------|
| Energía Eléctrica | 11800.00 |
| Agua | 4800.00 |
| Operarios | 55400.00 |
| Supervisor de Molino | 18000.00 |
| Jefe Producción | 24000.00 |
| Gastos de Mantenimiento | 8400.00 |
| Gastos Varios | 6100.00 |
| COSTO TOTAL | 128600.00 |

5.6.6.2 Costos Indirectos

Serán los costos que indirectamente afectan la producción del Pet scrap. Son los costos realizados en la sensibilización previa a la segregación en origen, en el transporte de los mismos hasta la planta de tratamiento y el respectivo procesamiento previo que asegure su separación del resto de residuos inertes con valor de cambio.

| ITEM | COSTO AÑO 1 (S/.) |
|--------------------------------------------------------|--------------------------|
| Sensibilización, Recojo y Segregación en Planta | 325200.00 |
| MONTO TOTAL | 325200.00 |
| MONTO INDIRECTO (6.5%) | 21150.00 |

5.6.6.3 Gastos Administrativos

Representados por los gastos de oficina, materiales, personal de apoyo, etc. El monto asciende a S/. 24000 anuales.

5.6.6.4 Gastos de Ventas

Representados por los gastos relacionados a las comercialización del material procesado. El monto anual asciende a S/. 48000.

5.6.7 PLANEAMIENTO

Estará en las manos del equipo gestor la labor de planeamiento de la Gestión Integral de los Residuos. Se deberá programar tanto el horizonte de planeamiento como la tendencia de crecimiento del Plan.

5.6.7.1 Horizonte de Planeamiento

Se está realizando la corrida para un proyecto con Horizonte de Planeamiento de 20 años.

5.6.7.2 Tendencia de Crecimiento

Se está planteando un crecimiento de 9000 predios anuales.

5.6.8 ESTADO DE GANANCIAS Y PÉRDIDAS PROYECTADO

Este estado económico proyectado permitirá el conocimiento año a año de la Utilidad Neta. Ver Corrida en el cuadro correspondiente del Anexo 5.

5.6.9 FLUJO DE CAJA PROYECTADO

Este estado económico proyectado permitirá calcular el Flujo Neto de Fondos necesario para el cálculo de los indicadores de rentabilidad. El Costo de los equipos se calculará de acuerdo a sus características técnicas y al factor de escalamiento correspondiente. Ver Corrida en el cuadro correspondiente del Anexo 5.

5.6.10 INDICADORES DE RENTABILIDAD

Aquí se calcularán con las debidas corridas de los Estados Financieros y con un horizonte de planeamiento de 20 años, los siguientes indicadores: Relación Beneficio / Costo, Tasa Interna de Retorno, Valor Actual Neto, Valor Actual Neto Acumulado e Índice de Retorno.

| INDICADOR DE RENTABILIDAD | VALOR |
|--------------------------------------|-----------------------|
| Relación Beneficio / Costo | 2.09 |
| Tasa Interna de Retorno (TIR) | 31.12% |
| Valor Actual Neto (VAN) | 931100 |
| Índice de Retorno | 7 años 6 meses |

CONCLUSIONES

- 1. La implementación de una línea de procesamiento de plástico reciclable tipo Pet es técnica y económicamente viable (ver indicadores económicos en la aplicación en Santiago de Surco) en un Plan de Manejo Municipal bien estructurado, teniendo garantizado un mercado suficientemente sólido que pueda absorber la oferta.*
- 2. Las labores de investigación previas al Diseño de cada Programa componente de un Plan de Manejo Selectivo de Residuos serán fundamentales para identificar las potencialidades y debilidades de la Zona de Estudio.*
- 3. Los beneficios ambientales y sociales hacen largamente positiva la implementación de un Plan de Manejo Selectivo de Residuos Sólidos Urbanos.*
- 4. Las Hojas de Cálculo entregadas con este Estudio para el Diseño de la Línea de Procesamiento y la Evaluación de Costos permitirán a cualquier comunidad interesada en el procesamiento del Pet contenido en su flujo de residuos facilitar su análisis de implementación. Deberá acompañar a este análisis, la exploración de mercado correspondiente.*

5. *Si se decide implementar una línea de procesamiento de Pet o de algún otro material, se sugiere contemplar la posibilidad de aliarse estratégicamente con comunidades vecinas para enfrentar con mayor solidez los mercados.*

6. *De acuerdo a la experiencia realizada, se recomienda cuando se decida implementar un Plan de Manejo integral selectivo de residuos sólidos, comenzar por escalas piloto para ir afinando procedimientos teóricos que permitan su fácil y óptimo escalamiento a nivel distrital o regional. No olvidar tomar en cuenta todos los factores que intervienen en el manejo de residuos sólidos.*

BIBLIOGRAFÍA

1. ULRICH D.
 - Diseño y Economía de los Procesos de Ingeniería Química. EE.UU. Pág. 10-17, 29-40, 75-90, 273-288

2. TCHOBANOGLIOUS, G. – THEISEN, H. – VIGIL, S.
 - Gestión Integral de Residuos Sólidos. Volúmenes I y II. Ed. McGraw – Hill. 1994. Pág. 46-69, 81-100, 115-140, 183-215, 221-269, 279-300, 611-642, 989-1003.

3. LUND, HERBERT.
 - Manual McGraw Hill del Reciclaje. Volumen I y II. Ed. Mc Graw – Hill. 1996. Tomo 1: 3.1 – 3.29, 4.6 – 4.22, 9.1 – 9.8, 14.1 – 14.31; Tomo 2: 22.2 – 22.7, 24.5 – 24.29, 28.1 – 28.16, 30.3 – 30.29, 33.1, 33.15, 34.1 – 34.10.

4. PERRY, R. – CHILTON, C.
 - Biblioteca del Ingeniero Químico. Editorial Mc-Graw – Hill. Quinta Edición. 1985. Tomo 2: 5-24 – 5-54, 5-69 – 5-72, 6-21 – 6-23; Tomo 5, 19-100 – 19-115, 20-85 – 20-98; Tomo 3: 7-1 – 7-12, 8-64 - 8-65, 12-2 – 12-12.

5. PORRAS SOSA, EMILIO
 - Economía de los Procesos – Libro del Curso. Lima. Cap. IV, VII, VIII.

6. GUTIERREZ, P. – ESPINOZA, O.
 - Guía Técnica para el Reciclaje de Residuos Plásticos. IPES. 1996

7. IPES – PEMTEC
 - Reciclando en el Cono Sur. Lima. 1997. Pág. 10, 20.

8. MUÑIZ, FORSYTH, RAMIREZ, PEREZ-TRIMAN Y LUNA VICTORIA – ABOGADOS
 - Informe sobre la Legislación Ambiental en el Perú. Lima. 1999. Pág. 9, 17, 18, 21.

9. CONAM – Programa de Naciones Unidas para el Ambiente
 - Informe Nacional sobre el Estado del Medio Ambiente –. Mayo 2001. Editorial Martha Alvarez. Pág. 66.

10. UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
 - Laboratorio de Operaciones Unitarias – Agitación. Lima. 1998.

11. FESSENDEN, R. – FESSENDEN, J.
 - Química Orgánica. México. Grupo Editorial Iberoamérica. 1983. Pág. 616, 645.

12. CUANTO S.A. – WEBB, R. – FERNANDEZ BACA, G.
Anuario Estadístico PERÚ '97 en Números. Lima. Cuánto S.A. Pág. 182-186.

ANEXOS

ANEXO 1
Legislación Ambiental Peruana

Contiene:

Análisis del Marco Legal Ambiental

Anexo 1.1

ANÁLISIS DEL MARCO LEGAL

ANTECEDENTES LEGALES

La Legislación Ambiental Peruana presenta características bastante particulares. Tomando en cuenta las Normas de acuerdo a jerarquías, la Constitución Política del Perú de 1933 habla muy claramente del cuidado y protección de un ambiente equilibrado.

El primer intento en el país por sistematizar el tratamiento sobre legislación Ambiental de manera Orgánica estableciendo un marco dentro del cual deben desarrollarse las regulaciones específicas de cada sector fue el Código del Medio Ambiente y los Recursos Naturales expedido en 1990. Se estableció en forma posterior a la definición del concepto de Autoridad Competente con la finalidad de velar por la consistencia de la regulación ambiental de cada sector, así como resolver los conflictos de competencia que pudieran plantearse entre las diversas entidades del sector público

COMPETENCIAS DE LA LEGISLACIÓN NACIONAL AMBIENTAL ACTUAL

En todos los organismos de los Estados se incorporan competencias de carácter ambiental:

- El Poder Legislativo lo hace con su Comisión de Ambiente, Ecología y Amazonía.

- El Poder Ejecutivo, con todos sus Ministerios y Sectores de Administración Pública, desde la propia Presidencia del Consejo de Ministros (que dirige el Consejo Nacional del Ambiente).
- En cuanto al Poder Judicial no existen salas especializadas en cuestión ambiental, pero la creciente legislación viene siendo aplicada. Además existen diversos organismos autónomos, entre los que cabe destacar las Municipalidades, la Defensoría del Pueblo, Ministerio público, la Contraloría de la Nación, etc.

ORDEN JERÁRQUICO DE LEYES O NORMAS VIGENTES.

Nivel I: Constitución Política del Perú, creada a través del Poder Constituyente.

Nivel II: Normas con rango de ley, creadas o autorizadas por el Poder Legislativo las cuales pueden ser:

- *Leyes* (p.ej Ley Forestal y de Fauna Silvestre);
- *Decretos Legislativos*, los expide el Poder Ejecutivo bajo la autorización del Congreso (p.ej. el Decreto Legislativo 613 – Código del Medio Ambiente y los Recursos Naturales);
- *Decretos Leyes*, se expiden bajo los gobiernos de Facto (p.ej. Decreto Ley 17752 - Ley General de Aguas);
- *Resoluciones Legislativas*, son normas por las cuales el Estado Peruano incorpora en la legislación interna determinados Convenios y Tratados Internacionales, algunas Ordenanzas Municipales; etc.

- **Códigos**, son normas con rango de ley que pretenden un tratamiento mas sistematizado y coherente en relación con un tema o área muy importante (p.ej. el Código Penal, el Código Civil, Código del Medio Ambiente y Recursos Naturales, etc.);
- **Leyes Orgánicas**, requieren el voto de la mitad más uno de los miembros del Congreso para su aprobación.

Nivel III: Decretos Supremos, que son normas que expide el Poder Ejecutivo en ejercicio de sus funciones.

Nivel IV: se encuentran las normas de menor jerarquía expedidas por algún sector o Ministerio que regulan aspectos más específicos y puntuales , como **Resoluciones Ministeriales o Resoluciones Directorales**.

MECANISMOS JURÍDICOS PARA LA PROTECCIÓN AMBIENTAL

A los cuales puede acudir cualquier persona natural o jurídica pueden ser:

- **Acciones Constitucionales** (Amparo, Corpus Data, Inconstitucionalidad, Popular, Cumplimiento).
- **Acciones Penales** (por Delitos contra el Medio Ambiente).
- **Acciones Civiles** (para hacer valer un derecho por ejemplo de indemnización por algún daño ambiental).
- **Acciones Administrativas** (sanciones de parte de la Autoridad Sectorial correspondiente).

El Consejo Nacional del Ambiente (CONAM)

Es la entidad encargada de resolver los conflictos de competencia que puedan suscitarse entre entidades del sector público que pudieran considerar tener competencia sobre un determinado tema.

El concepto de Autoridad competente presente en el CMARN¹ fue establecido a raíz de la promulgación del Decreto Legislativo 757 -Ley marco para el Crecimiento de la Inversión Privada-. Dicha norma estableció que las autoridades competentes en materia de aplicación de las disposiciones contenidas en el Código son los ministerios de los diversos sectores en que se desarrolla la actividad de los agentes económicos por lo cual se ha evitado algún caso de doble imposición de multas.

La Aplicación práctica de las disposiciones de protección al medio ambiente ha sido realizada en mayor medida por los subsectores a cargo del Ministerio de Energía y Minas, habiéndose dictado reglamentos propios para los subsectores minero, eléctrico y de hidrocarburos.

ANÁLISIS DE LAS NORMAS LEGALES PERUANAS REFERIDAS AL MEDIO AMBIENTE.

Este análisis tiene como objetivo ubicar al lector en el preciso contexto legal en el que nos encontramos actualmente. Analizaremos:

- **Constitución Política del Perú**
- **Decreto Legislativo 613 “Código del Medio Ambiente y los Recursos Naturales”,**
- **Decreto Legislativo 757 “Ley Marco para el Crecimiento de la Inversión Privada”,**
- **Decreto Supremo N° 019-97-ITINCI “Reglamento de Protección Ambiental para la Industria Manufacturera”**

- **Ley general de Residuos Sólidos (27314),**
- **Proyecto de Reglamento de la Ley General de Residuos Sólidos.**
- **Ordenanza 295 /MML “Sistema Metropolitano de Gestión de Residuos Sólidos”.**

CONSTITUCIÓN POLÍTICA DEL PERÚ

Publicada el 30 de Julio de 1993 y promulgada el 29 de Diciembre del mismo año contiene Normas referidas al Medio Ambiente y a los Recursos Naturales. Da el Marco General a partir del cual se deberán regir todas las disposiciones que sobre el tema se dicten.

El **Art. 2º** sintetiza la relación existente entre la persona y el medio que la rodea dándole el cariz de *derecho* de todas las personas a gozar de un ambiente sano. De la misma manera el **Art. 67º** contiene las principales disposiciones de carácter ambiental e indica que el Estado determinará la Política Nacional del Ambiente.

El cumplimiento de crear un marco regulatorio de índole ambiental corresponde en la práctica al ministerio de cada sector, así como a instituciones y organismos especialmente creados para este fin como el CONAM (Consejo Nacional del Ambiente).

DECRETO LEGISLATIVO N° 613: CÓDIGO DEL MEDIO AMBIENTE Y DE LOS RECURSOS NATURALES

Promulgada el 7 de Septiembre de 1990 y publicada el 8 de septiembre del mismo año, constituye, después de la Constitución la norma mas importante en

relación a la protección de la ecología en el Perú, por lo tanto *prevalece sobre cualquier otra norma contraria a la defensa del Medio Ambiente y los Recursos Naturales* (Art. XII – Título Preliminar).

Aquí se brinda el Marco dentro del cual la legislación actual se desarrolla. Se manifiesta además que el *causante del deterioro ambiental correrá con el costo de manejo de los Residuos* (ver Art. 1° en el anexo 2).

Los **Estudios de Impacto Ambiental** adquieren vital importancia en nuestra legislación a partir de la promulgación de este decreto. (ver Art. 9°, 10° y 11° en el Anexo 2)

Además se establecen las medidas de seguridad y las prohibiciones por parte del sector industrial en el manejo de sus residuos (ver Art. 14° y 15°). Indica la facultad de inspeccionar estas actividades por parte de la Autoridad Ambiental (Art. 22°) que promueva la incorporación de adelantos científicos para reducir y eliminar el efecto contaminante (ver Art. 26°).

Este Código es muy claro en cuanto a la Participación Ciudadana y al papel que esta puede ejercer sobre asuntos ambientales (ver Art. 35°). Se establece la promoción sobre la recuperación, minimización y reciclaje que el Estado está obligado a realizar (ver Art. 106°). Finalmente se especifican algunas actividades por las que una entidad puede tenerse como infractora (Ver Art. 114°).

DECRETO LEGISLATIVO N° 757: LEY MARCO PARA EL CRECIMIENTO DE LA INVERSIÓN PRIVADA

Esta norma fue promulgada el 8 de Noviembre de 1991 y publicada el 13 de Noviembre del mismo año. Determina básicamente cuales son las autoridades competentes en materia ambiental, facultadas para fiscalizar el cumplimiento de las normas y sancionar en caso de incumplimiento.

Entre los principales preceptos ambientales tocados en esta norma son se enmarca el Art. 50°. Aquí se refiere al papel que cumplen las autoridades sectoriales en la fiscalización y supervisión de actividades que puedan generar impacto.

REGLAMENTO DE PROTECCIÓN AMBIENTAL PARA LA INDUSTRIA MANUFACTURERA. DECRETO SUPREMO N° 019-97-ITINCI

Al ser la propuesta un proceso de transformación de material, podría ser tratada como una actividad perteneciente a la Industria Manufacturera. Los principales lineamientos de la Política Ambiental que presenta este reglamento son: el *Principio de Prevención, la creación y el mantenimiento constante de información técnica especializada y propiciar el Reciclaje.*

La **Autoridad Competente** en materia ambiental para la industria manufacturera es el **Ministerio de Industria, Turismo, Integración y Negociaciones Internacionales (MITINCI)**, que se encarga de aprobar los Estudios de Impacto Ambiental y los Programas de Adecuación y Manejo Ambiental, además de fiscalizar el efecto Ambiental producido por las actividades industriales.

En el Art. 6° se especifican las obligaciones del titular. Será de gran utilidad la lectura de los Art. 11°, 16° y 23° para conocer la metodología a seguir para el manejo de EIA, así como el establecimiento del papel que tiene el MITINCI sobre la regulación y normativa de límites máximos permisibles.

La norma materia de comentario prioriza la Prevención, promoviendo prácticas que reduzcan o eliminan la generación de sustancias contaminantes, así como alentando la capacitación del personal de la industria a fin de conocer los métodos y técnicas que contribuyan a conservar el medio ambiente.

LEY GENERAL DE RESIDUOS SÓLIDOS. LEY 27314 (PUBLICADA EL 21 DE JULIO DE 2000)

Con esta ley, el Gobierno Peruano creó el Marco Jurídico para una gestión integral de los Residuos Sólidos. Esta ley trae como innovaciones el énfasis en las medidas de su minimización y de reaprovechamiento tomando en consideración todo el ciclo de vida de los productos y la importancia de promover la iniciativa y la participación activa de la población, la sociedad organizada y el sector privado.

Aquí se distinguen dos ámbitos de Gestión: *Municipal* y *No Municipal*. El CONAM y el Ministerio de Salud regulan su funcionamiento. En el Ámbito Municipal se deben manejar Residuos Domiciliarios, Comerciales y similares a éstos. En el Ámbito No Municipal se deben manejar residuos peligrosos, industriales, hospitalarios y de construcción.

Encontraremos sus principales Lineamientos de Política (ver Art. 4° en el anexo 2). Además se especifica la Competencia del CONAM (ver Art. 5°). Cada ministerio se encargará de fiscalizar las actividades de su sector relacionadas al manejo de contaminantes, pero en esta Ley se define el papel específico que tiene la Dirección General de Salud del Ambiente (DIGESA) perteneciente al Ministerio de Salud (ver Art. 6°, 7°). Los alcances de regulación y control que tienen las municipalidades se especifican de igual manera (ver Art. 9° y 10°). Será importante mencionar la especificación en el Art. 11° de la no obligación de los centros urbanos con menos de 5000 habitantes de cumplir con esta normativa en su totalidad.

Esta Ley además determina el concepto de los Residuos Sólidos y su clasificación (Art. 14° y 15°). El Registro de las Empresas Prestadoras de Servicio y Comercializadoras (EPS-RS y EC-RS respectivamente) lo llevará a cabo el Ministerio de Salud (ver Art. 19°). La ley en su Art. 20° también se refiere al cuidado existente sobre las condiciones de higiene y equipamiento a tomar en

cuenta: En el Art. 26° se habla del fomento a la participación privada. En el Art. 31° se especifica la importancia de realizar los Estudios de Impacto Ambiental y los Programas de Adecuación y Manejo Ambiental y la metodología de su aprobación.

Los Art. 40° y 41° indican los derechos y obligaciones de la población, así como el incentivo de la participación ciudadana. El Art. 43° sugiere el establecimiento por parte de las autoridades sectoriales y municipales de condiciones favorables para las personas o entidades que desarrollen acciones de minimización, segregación o reaprovechamiento.

El Art. 44° especifica la promoción por parte del Estado peruano de actividades relacionadas al manejo ambiental. Este artículo pone en el debate el papel que cumplen en la sociedad los recicladores informales pues ellos desarrollan actividades con las características anteriormente mencionadas y para lo cual las autoridades sectoriales y municipales deberán establecer condiciones favorables. Hay muchas posibilidades y planteamientos a tomar en cuenta que se discutirán mas adelante. En cuanto a la creación de mercados de subproductos que formen parte de una cadena de reciclado, el estado deberá fomentarla.

PROYECTO DE REGLAMENTO DE LA LEY GENERAL DE RESIDUOS SÓLIDOS.

Título I: Disposiciones Generales. Indica que este Reglamento normará la Gestión de Residuos Sólidos a fin de que sea apropiada (Art. 1°). Además indica que la aplicación del mismo se hará en todo el Territorio nacional (Art. 2°).

Título II: Autoridades Competentes. Indica las autoridades encargadas de vigilar, fiscalizar y promover el adecuado manejo de Residuos Urbanos: el CONAM, el Ministerio de Salud, los Ministerios u organismos regulatorios y las

Municipalidades Provinciales y Distritales (Art. 4°). Asimismo se indican las funciones para cada uno (ver Art. 5° - 6° - 7° - 8°)

Título III: Manejo de Residuos Sólidos. Las Empresas Prestadoras de Servicio de Residuos Sólidos (EPS-RS) y las empresas comercializadoras de Residuos Sólidos (EC-RS) deberán inscribirse en los registros que la DIGESA administra (Art. 10°). Las empresas antes mencionadas deberán remitir un informe a la autoridad sanitaria de su jurisdicción que involucre todos los datos del mes anterior (Art. 15°). Aquellas municipalidades que realizan la prestación de servicios y comercialización de residuos directamente deberán contar con un Ingeniero Sanitario Colegiado a cargo del Proyecto y se adecuarán a las características de las EPS-RS en un plazo de 18 meses (Art. 16°). Se indica que la segregación de residuos solo esta permitida en la fuente de generación o en las instalaciones de tratamiento establecidas (Art. 17°).

Título IV: Minimización, Reaprovechamiento y Comercialización. Los Criterios para instalar Plantas de Reaprovechamiento y comercialización se indican en el Art. 59°. Los estudios preliminares necesarios para la instalación de estas plantas de Reaprovechamiento se indican en el Art. 60°. El reaprovechamiento incluirá el reciclaje, recuperación o reutilización (Art. 65°). Las características de las instalaciones de comercialización y las operaciones de Acondicionamiento Previo a la misma se indican en los Art. 68° - 69°.

Título V: Infraestructura de Residuos Sólidos. Los requisitos para la selección de áreas de Infraestructura se establecen en el Art. 70°. El uso de terrenos de propiedad privada deberá contar con el consentimiento expreso del titular o con la declaración expresa de necesidad pública, de acuerdo a Ley (Art. 72°). Las Operaciones de Tratamiento centralizado de residuos del ámbito de Gestión Municipal se detallan en el Art. 80°. Habría que añadir que el procesamiento de algún material en especial como los plásticos se enmarcarían en el numeral 6 de este artículo.

Título VI: Importación y Exportación de Residuos Sólidos del territorio Nacional. El Art. 95° indica claramente que la importación, exportación y tránsito de residuos se regula internacionalmente por el Convenio de Basilea (Ver Art. 96° y 97° en el Anexo). El procedimiento administrativo se especifica en el TUPA del Ministerio de Salud (Art. 100°). Las actividades de importación o exportación estarán a cargo de las EC-RS registradas y autorizadas por las autoridades competentes (Art. 105°).

Título VII: Empresas Prestadoras de Servicio y Empresas Comercializadoras de Residuos Sólidos. Las EPS-RS podrán prestar los siguientes servicios: limpieza de vías públicas, recolección y transporte, Transferencia, tratamiento o Disposición Final (Art. 107°). Las EPS-RS deberán tener a cargo de la dirección técnica a un Ingeniero Sanitario Colegiado y las EC-RS contarán con un Ingeniero Colegiado de la misma manera (Art. 109°). Las operaciones que podrán realizar las EC-RS se indican en el Art. 113°.

Título VIII: De la Información. *Aquí se manifiesta la obligación de difundir la información por parte de las EPS-RS y EC-RS a las autoridades sectoriales correspondientes, y éstas a su vez al CONAM para que emita su informe anual de Estado del Ambiente (Art. 120°-122°). Toda información se pondrá a disposición del público.*

Título IX: Fiscalización y Registro de Auditores. Las especificaciones para el buen desenvolvimiento del Auditor se especifican en los Art. 124°, 125° y 126° donde se indican los documentos objeto de auditoría y la información complementaria a auditar. Asimismo se definen los procedimientos de Auditoría (Art. 129° - 134°).

Título X: Responsabilidad, Incentivos, Infracciones y Sanciones. Se indica que la responsabilidad será solidaria si el generador le entrega los residuos a una persona natural distinta de las especificadas en el reglamento. Por ello el titular

correspondiente será el EPS-RS o EC-RS (Art. 140°). Dentro de los incentivos que se mencionan se encuentran los Beneficios Tributarios, apoyo en Licitaciones y concursos públicos, difusión de nombres de empresas con buen desempeño (Art. 143°). Las Infracciones se dividen en tres niveles: leves, graves y muy graves. El detalle de las mismas y las sanciones correspondientes se podrán leer en los Art. 146° - 147° - 148° (Ver anexo).

Disposiciones Complementarias. Se especifica el plazo (no mayor a un año) para la formulación de normas técnicas para el manejo de Residuos de acuerdo al Sector por parte de los siguientes Ministerios: Agricultura, Industrias Turismo Integración y Negociaciones Comerciales Internacionales, Energía y Minas, Pesquería, Transporte y Salud. Asimismo las Municipalidades Provinciales formulará y aprobará el reglamento de manejo de residuos sólidos de gestión municipal en un plazo no mayor de 6 meses. La adecuación de las municipalidades en EPS-RS y EC-RS se efectuará en un plazo no mayor a 18 meses. Las Municipalidades podrán inscribirse como EPS-RS o EC-RS si es que cumplen con las exigencias según corresponda.

REGLAMENTO DE LA ORDENANZA N° 295/MML “SISTEMA METROPOLITANO DE GESTIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS”.

Mediante Decreto de Alcaldía N° 147 con fecha 10 de Diciembre del 2001 se aprobó el Reglamento de la Ordenanza N° 295/MML “Sistema Metropolitano de Gestión de Residuos Sólidos” considerando la Ley General de Residuos Sólidos (Ley N°273-4) publicada el 21 de Julio del 2000 que establece los derechos, obligaciones, atribuciones y responsabilidades de la sociedad para asegurar una gestión y manejo de los residuos sólidos, sanitaria y ambientalmente adecuada, con sujeción a los principios de minimización, prevención de riesgos ambientales y protección de la salud y el bienestar de la persona humana.

Este Reglamento consta de 180 artículos, 2 Disposiciones Transitorias y 8 Disposiciones Finales. Esquematizaremos el reglamento existente incidiendo en puntos que consideramos impertinentes y resaltando aportes valiosos. Reestructuraremos un Reglamento que pueda ser aplicable a Nivel Nacional con Metodologías adecuadas.

2.4 DISCUSIÓN SOBRE EL MARCO LEGAL AMBIENTAL

Anotaciones sobre la LEY DE RESIDUOS SÓLIDOS:

- En el Artículo 4° se menciona como uno de los lineamientos de política ambiental el *establecer acciones destinadas a evitar la contaminación del medio acuático*, faltaría añadir CONTAMINACIÓN DEL AIRE Y DEL SUELO.
- Debido a que en el Artículo 11° se menciona la no obligatoriedad de cumplir con algunos artículos de la Ley si no es económicamente viable. Por ello nuestras indicaciones se restringirían a algo mas de 200 ciudades en el país.
- En el artículo 19° se dice que las empresas que van a ser objeto de reindustrialización de los residuos sólidos, deberán de ser registradas en el Ministerio de Salud. Las empresas textiles peruanas que por ejemplo elaboren artículos de ropa con PET reciclado deberían acercarse al Ministerio de Salud además del Ministerio de Industria a registrarse.
- Llama la atención la especificación que indica el Artículo 27°. Se indica que *para hacerse cargo de la prestación de servicios de residuos sólidos, las EPS-RS deberán estar debidamente registradas en el Ministerio de Salud y deberán contar con un ingeniero sanitario colegiado calificado para hacerse cargo de la dirección técnica de las prestaciones*. Craso error y restricción,

pues existen muchos profesionales que no tomaron esa especialidad en antegrado, pero realizaron una especialización en manejo de residuos sólidos.

- Podría adecuarse al establecimiento de *eco – tasas* para las empresas contaminadoras (productoras de envases por ejemplo), que deberá ser manejado por la municipalidad para emplearlos en una correcta gestión de estos residuos.

Sobre el PROYECTO DE REGLAMENTO DE LA LEY DE RESIDUOS SÓLIDOS

- En el Art. 10° no se especifica el plazo de vigencia del registro para una EPS-RS y una EC-RS. (ver artículo 29 de la ley)
- En el Art. 16° se brinda la posibilidad a las municipalidades de prestar servicios y realizar actividades de comercialización de residuos en un plazo no mayor a 18 meses de aprobado el reglamento.
- El artículo 17°, incide sobre la única forma de segregación, lo cual en nuestra realidad es falso, ya que también se da de manera muy informal. La política ambiental no especifica sanción alguna para los buceadores. Una manera de promover la formalización de los mismos es inversión por parte de las Autoridades competentes.
- El artículo 19°, habla de la prohibición de la disposición final en lugares no autorizados (infracción grave). Se tendrá que analizar la propiedad de los terrenos donde funcionan actualmente botaderos para que los mismos se clausuren o cumplan de acuerdo a un cronograma con la normativa técnica adecuada.

- Lo limitante es que se hace referencia al artículo 27° de la Ley de Residuos Sólidos donde se habla de la obligatoriedad en la dirección técnica de un Ingeniero Sanitario Colegiado.
- En el Art. 23° se especifica la coordinación que deberá existir entre las municipalidades provinciales y las distritales para la formulación de sus planes de gestión integral de residuos.
- En todas las Secciones del Capítulo III (Residuos Sólidos del Ámbito de Gestión no Municipal) del título III (Manejo de Residuos) existen omisiones del término residuos peligrosos pues en algunos casos solo se habla de residuos, y esto podría prestarse a confundir al lector del reglamento.
- En el Art. 61° se habla de la presentación de un Programa de Adecuación y Manejo Ambiental en un plazo de 6 meses pero no se habla del plazo de ejecución.
- En el Art. 88° y en el Art. 109° se insiste en la obligatoriedad de contar en la dirección técnica con un Ingeniero Sanitario Colegiado para el manejo de un Relleno Sanitario. Es una especificación muy limitante para el universo de profesionales completamente hábiles para ejercer tal función.

***Sobre el REGLAMENTO DE LA ORDENANZA N° 295/MML
“SISTEMA METROPOLITANO DE GESTIÓN DE RESIDUOS
SÓLIDOS”.***

- El Art. 5° indica la obligación de volúmenes y tipos de Residuos a recolectar, transportar y dar la disposición final por parte de las municipalidades distritales.

Habría que manejar la estadística de los RR.SS. generados en promedio en el país (datos conocidos) para recomendar en todo caso qué porcentaje del total generado las municipalidades tienen la obligación de manejar. Por ello la creación de la oficina nacional de estadística de RR.SS. es fundamental. El Problema es que los volúmenes que se especifican son únicos y cada distrito tiene distinta Producción Per Cápita.

- En el **Art. 8º** indica que es bastante recomendable la separación en origen, los colores que se indican son **azul para orgánicos, verde para inorgánicos recuperables y negro para residuos inservibles.**

Aquí se incurre en un error, pues estos colores no tienen ningún sustento técnico y además no han sido sujetos a discusión por las municipalidades distritales, pues algunas de ellas ya se habrían estado implementando programas con otro tipo de colores. Podrían ser azul para orgánicos, verde o anaranjado (anaranjado ayudaría a diferenciar mejor) para inorgánicos y negro para inservibles. Habría que realizar un estudio de costos para saber hasta que punto la población podría comprarlas o las empresas que contaminan pagan una eco-tasa para cubrir la distribución de éstas.

- En el **Art. 11º**: En la primera etapa será solo sugerido pues no todas las familias tendrán la posibilidad de adquirir estos recipientes. Podría realizarse algún convenio para que en las multifamiliares y solares se implementen recipientes de 3 colores para su fácil manejo.
- **Art. 37º**: para que puedan operar deberán pasar exámenes de emisión de gases y/o otro recomendado por el DMTU. *Es demasiado exigente el tiempo de antigüedad. (5 años).*

- **DISPOSICIONES TRANSITORIAS** → *se indica que el plazo para que las municipalidades distritales implementen esta ordenanza fue de 180 días (plazo vencido al 10 de Junio del 2002).*

Es demasiado pedir 180 días, debería darse un plan paulatino de implementación, por plazos e ir haciendo el seguimiento plazo a plazo.

ANEXO 2

NORMATIVA TECNICA

Contiene:

Norma Técnica 1
Muestreo – Método de Cuarteo

Norma Técnica 2
Peso Volumétrico in situ

Norma Técnica 3
Selección y Cuantificación de Productos

Norma Técnica 4
Preparación de Muestras en Laboratorio para su análisis

Norma Técnica 5
Determinación de Humedad

Norma Técnica 6
Determinación de pH – Método Potenciométrico

Norma Técnica 7
Determinación de Cenizas

**Correspondiente a la Norma Técnica de la Secretaría
de Desarrollo Urbano y Ecológico (SEDUE)**

*Dirección General de Prevención y Control de la Contaminación
Ambiental – Especificaciones Técnicas para la elaboración de Proyectos
Ejecutivos de Manejo y Disposición Final de residuos Sólidos Municipales*

Anexo 2.1

NORMA TECNICA 1

MUESTREO- METODO DE CUARTEO

1. OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACIÓN

Esta Norma Técnica, establece el método de cuarteo para residuos sólidos municipales y la obtención de especímenes para los análisis en el laboratorio. Para aquellos residuos sólidos de características homogéneas, no se requiere seguir el procedimiento descrito en esta Norma.

2. REFERENCIAS

Esta Norma se complementa con las siguientes Normas Técnicas: Peso volumétrico “in-situ” y Selección y Cuantificación de subproductos.

3. METODO DE CUARTEO

Para el cuarteo, la muestra debe ser representativa de la zona o estrato socioeconómico del área en estudio, obtenida según Norma Técnica de Generación.

3.1 Aparatos y Equipo

- Báscula de piso, con capacidad de 200 Kg
- Bolsas de polietileno de 1.10 m x 0.90 m y calibre mínimo del N° 150 para el manejo de los subproductos (tantas como sean necesarias).
- Palas curvas
- Bieldos
- Overoles
- Guantes de carnaza

- Escobas
- Botas de hule
- Cascos de seguridad
- Mascarillas protectoras
- Papelería y varios (cédulas de campo, marcadores, ligas, etc.)

3.2 Procedimientos

Para efectuar este método de cuarteo, se requiere la participación de cuando menos tres personas. El equipo requerido antes descrito, estará de acuerdo con el número de personas que participen en el cuarteo.

Para realizar el cuarteo, se toman las bolsas de polietileno conteniendo los residuos sólidos, resultado del estudio de generación. En ningún caso se tomarán más de 250 bolsas para efectuar el cuarteo.

El contenido de dichas bolsas se vaciará formando un montón sobre un área plana horizontal de 4m x 4 m de cemento pulido o similar y bajo techo. El montón de residuos sólidos se traspaleará con pala y/o biello, hasta homogeneizarlo, a continuación se divide en cuatro partes aproximadamente iguales A B C y D (Fig. del anexo y se eliminan las partes opuestas A y C o B y D repitiendo esta operación hasta dejar un mínimo de 50 Kg de residuos sólidos, con los cuales se debe hacer la selección y cuantificación de subproductos de acuerdo a la Norma Técnica de Caracterización.

De las partes eliminadas del primer cuarteo, se toman 10 Kg aproximadamente de residuos sólidos para los análisis del laboratorio físicos, químicos y biológicos, con el resto se determina el peso volumétrico de los residuos sólidos "in-situ", según Norma Técnica.

La muestra obtenida para los análisis físicos químicos y biológicos debe trasladarse al laboratorio en bolsas de polietileno debidamente selladas e identificadas (véase marcado), evitando que queden expuestas al sol durante su transporte, además se debe tener cuidado en el manejo de la bolsa que contiene la muestra para que no sufra ninguna rotura.

El tiempo máximo de transporte de la muestra al Laboratorio, no debe exceder las 8 horas. Se han considerado, las cantidades anteriores como óptimas, sin embargo, estas pueden variar de acuerdo a las necesidades. Sólo en el caso de que la cantidad de residuos sólidos sea menor a 50 Kg, se recomienda repetir la operación de cuarteo.

4. MARCADO

La muestra se identifica. con una etiqueta, la cual debe contener la siguiente información:

- N° de folio de la cédula de campo para el cuarteo
- Hora y fecha del envío
- Localidad
- Municipio
- Estado
- Procedencia de la muestra (estrato socioeconómico)
- Temperatura y humedad relativa del ambiente
- Peso de la muestra en kilogramos
- Datos del responsable de la toma de muestra y observaciones.

5. INFORME DE CAMPO

En el informe se debe indicar lo siguiente:

- Localidad, Municipio y Estado
- Fecha y hora del cuarteo
- Procedencia de la muestra (Estrato Socioeconómico)
- Condiciones climatológicas.
- Cantidad de residuos sólidos tomados para el cuarteo, en Kg)
- Cantidad de residuos sólidos obtenidos para la selección de subproductos, en Kg
- Cantidad de residuos sólidos para los análisis físicos, químicos y biológicos en Kg.
- Datos del responsable del cuarteo
- Observaciones

Anexo 2.2

NORMA TECNICA 2

PESO VOLUMETRICO "IN-SITU"

1. OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACION

Esta Norma Técnica, establece un método para determinar el peso volumétrico de los residuos sólidos municipales en el lugar en el que se efectuó la operación de "cuarteo".

2. REFERENCIAS

Esta Norma se complementa con las siguientes Normas Técnicas:
Muestreo- Método de Cuarteo.

3. DESCRIPCION DE LA OPERACION

Para determinar el peso volumétrico "in-situ", se toman los residuos eliminados de la primera operación del cuarteo, la cual se realiza según Norma Técnica de muestreo- método de cuarteo".

3.1 APARATOS Y EQUIPO

- Báscula de piso con capacidad de 200 kilogramos
- Tambos metálicos de forma cilíndrica con capacidad de 200 L
- Palas curvas
- Overoles
- Guantes de carnaza
- Escobas
- Recogedores

- Botas de hule

- Mascarillas

Papelería y varios necesarios para la operación (cédulas de campo, marcadores, etc.).

3.2 PROCEDIMIENTO

Para efectuar esta determinación se requiere de cuando menos 2 personas. El equipo requerido antes descrito está de acuerdo con el número de personas que participen en la determinación.

Antes de efectuar la determinación se verificará que el recipiente este limpio y libre de abolladuras; así como también que la báscula esté nivelada. A continuación se pesa el recipiente vacío, tomando este peso como la tara del recipiente. En caso dado de no conocer la capacidad del recipiente, esta se determina a partir de las formulaciones aritméticas existentes según sea la geometría de dicho recipiente.

A continuación, llenar el recipiente hasta el tope con residuos sólidos homogeneizados, obtenidos de las partes eliminadas del primer cuarteo según la norma técnica “muestreo- método de cuarteo”. Golpee el recipiente contra el suelo tres veces dejándolo caer desde una altura de 10 cm. Nuevamente agregue residuos sólidos hasta el tope teniendo cuidado de no presionar al colocarlos en el recipiente, esto con el fin de no alterar el peso volumétrico que se pretende determinar.

Se debe tener cuidado de vaciar dentro del recipiente todo el residuo, sin descartar los finos. Para obtener el peso neto de los residuos sólidos, se pesa el recipiente con estos y se resta el valor de la tara.

Cuando no se tenga suficiente cantidad de residuos sólidos para llenar el recipiente se marca en éste, la altura alcanzada y se determinará dicho volumen.

4. CALCULO

El peso volumétrico de residuos sólidos se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$P_v = P/V$$

En donde:

P_v = Peso volumétrico del residuos sólido, en Kg/m^3

P = Peso de los residuos sólidos (peso bruto menos tara), en Kg.

V = Volumen del recipiente en m^3

Anexo 2.3
NORMA TECNICA 3
SELECCION Y CUANTIFICACION DE
SUBPRODUCTOS

1. OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACION

Esta Norma Técnica establece la selección y el método para la cuantificación de subproductos contenidos en los Residuos Sólidos Municipales.

2. REFERENCIAS

Esta Norma se complementa con las siguientes Normas Técnicas:
Muestreo - Método de. Cuarteo.

3. APARATOS Y EQUIPO

- Báscula de piso con capacidad de 200-Kg.
- Balanza granataria con capacidad de 20 Kg y sensibilidad de 1 g
- Cribas
- Mascarillas
- Recogedores
- Overoles
- Escobas
- Botas de hule
- Guantes de carnaza
- Treinta bolsas de polietileno de 1.10 m x 0.80 m y calibre mínimo de 150
- Papelería y varios (cédulas de campo, marcadores, ligas, etc.)

El equipo antes descrito estará en función del número de participantes en la determinación que marca esta Norma, se requiere para ello, cuando menos de dos personas.

4. SELECCION

4.1 Obtención de la Muestra

La muestra se extrae como se establece en la Norma Técnica de Muestreo – Método de Cuarteo y se toman como mínimo 50 Kg, procedentes de las áreas del último cuarteo que no fueron eliminadas.

4.2 Procedimiento

Con la muestra ya obtenida como se establece en 5.1, se seleccionan los subproductos depositándolos en bolsas de polietileno hasta agotarlos, de acuerdo con la siguiente clasificación:

- Algodón
- Cartón
- Cuero
- Residuo fino (todo material que pase la criba DGN N° 10 (2 mm))
- Envases de cartón encerado
- Fibra dura vegetal (esclerénquima)
- Fibras sintéticas
- Hueso
- Lata
- Loza y cerámica
- Madera
- Material de construcción
- Material ferroso

- Material no- ferroso
- Papel
- Pañal desechable
- Plástico rígido y de película
- Poliuretano
- Poliestireno expandido
- Residuos alimenticios (véase observaciones)
- Residuos jardinería
- Trapo
- Vidrio de color
- Vidrio transparente
- Otros

5. CUANTIFICACION

Los subproductos ya clasificados se pesan por separado en la balanza granataria y se anota el resultado en la hoja de registro.

El porciento en peso de cada uno de los subproductos se calcula con la siguiente expresión:

$$PS = G1/G \times 1,00$$

En donde:

PS = Porciento del subproducto considerado

G = Peso del subproducto considerado, en Kg; descontando el peso de la bolsa empleada.

Anexo 2.4
NORMA TECNICA 4
PREPARACION DE MUESTRAS EN LABORATORIO
PARA SU ANALISIS

1. OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACION

La presente Norma Técnica, establece el método de Preparación de muestras en el laboratorio para su análisis.

2. REFERENCIAS

Esta Norma se complementa con las siguientes normas técnicas: Muestreo-Método de Cuarteo, Determinación de Humedad.

3. APARATOS Y EQUIPO

- Balanza granataria de 20 kg y sensibilidad de 1 g
- Guantes de Camaza
- Escobilla
- Mascarilla protectora
- Tijeras de jardinero
- Recogedores
- Pala de jardinero
- Lentes protectores
- Molino triturador
- Frascos de vidrio de color ámbar y cuello esmerilado de 2 L de capacidad

4. PROCEDIMIENTO

Verificar si la muestra esta debidamente identificada, de no estarlo se anota en el reporte del laboratorio.

A continuación se procede, a vaciar la muestra de residuos sólidos, en una área limpia y seca del laboratorio; para que con tijeras de jardinero se desmenucen tales residuos. Con una pala de jardinero se homogeneizan los residuos sólidos y mediante el método de cuarteo, se obtiene una muestra representativa de 1 Kg la cual se vierte dentro de un molino triturador para obtener un producto homogéneo y de tamaño semejante a la arena gruesa. De dicho producto, se toma la cantidad necesaria para realizar inmediatamente la determinación de humedad. El resto del producto obtenido de la molienda, se depositará en frascos de vidrio los cuales se almacenan a 4°C; para realizar las demás determinaciones físicas, químicas y biológicas en las siguientes ocho horas.

Anexo 2.5

NORMA TECNICA 5

DETERMINACION DE HUMEDAD

1. OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACION

Esta Norma Oficial Mexicana establece el método llamado de Estufa que determina el por ciento de humedad, contenido en los residuos sólidos municipales; se basa en la pérdida de peso que sufre la muestra cuando se somete a las condiciones de tiempo y temperatura que se establecen en esta Norma, considerando que dicha pérdida se origina por la eliminación de agua.

2. REFERENCIAS

Esta Norma se complementa con las siguientes Normas Técnicas vigentes:
Preparación de Muestras en Laboratorio para su Análisis.

3. OBTENCION DEL ESPECIMEN PARA EL ANALISIS

De la muestra obtenida y preparada según la Norma Técnica se toma el espécimen en cantidad suficiente para efectuar la determinación por duplicado.

4. APARATOS Y EQUIPO

- Balanza analítica con sensibilidad de 0.001 g
- Espátula para balanza
- Estufa con temperatura 423 K (150 C) con sensibilidad de 1.5 C, capaz de mantener una temperatura constante.
- Cajas de aluminio con tapa de 250 ml
- Guantes de asbesto

- Desecador con deshidratante
- Equipo usual de laboratorio.

5. PROCEDIMIENTO

- 5.1 Se coloca la caja abierta y su tapa en la estufa a 393 k durante dos horas, transcurrido ese tiempo se tapa la caja dentro de la estufa e inmediatamente se pasa al desecador durante dos horas como mínimo o hasta obtener peso constante.
- 5.2 Se vierte la muestra sin compactar hasta un 50 % del volumen de la caja.
- 5.3 Se pesa la caja cerrada con la muestra y se introduce destapada a la estufa a 333 k (60°C) durante dos horas, se deja enfriar y se pesa nuevamente. Se repite esta operación las veces que sea necesario hasta obtener peso constante (se considera peso constante cuando entre dos pesadas consecutivas la diferencia es menor al 0.01 %).

NOTA: Durante este procedimiento deben utilizarse pinza.

6. CALCULOS

El porcentaje de humedad se calcula con la siguiente fórmula:

$$H = (G-G1)/G \times 100$$

Donde:

H = Humedad en porcentaje

G = Peso de la muestra húmeda en gramos

G1 = Peso de la muestra seca en gramos

NOTA: Se tendrá en cuenta que para obtener G y G1, se debe descontar el peso de la caja.

7. REPRODUCCION DE LA PRUEBA

La diferencia máxima permisible entre determinaciones efectuadas por duplicado, no debe ser mayor al 1%, en caso contrario se recomienda repetir la determinación.

Anexo 2.6
NORMA TECNICA 6
DETERMINACION DEL pH- METODO
POTENCIOMETRICO

1. OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACION

La presente Norma establece el Método potenciométrico para la determinación del valor del pH en los residuos sólidos. El cual se basa en la actividad de los iones hidrógenos presentes en una solución acuosa de residuos sólidos al 10%.

2. REFERENCIAS

Esta Norma se complementa con las siguientes Normas Técnicas actualmente vigentes: Preparación de muestras en Laboratorio para su Análisis.

3. OBTENCION DEL ESPECIMEN PARA EL ANALISIS

De la muestra obtenida y preparada según la Norma Técnica, se toma un espécimen de 20 g para realizar la determinación por duplicado.

4. APARATOS Y EQUIPO

- Balanza analítica con sensibilidad de 0.001 g
- Potenciómetro con compensador de temperatura, electrodo de vidrio y electrodo de referencia.
- Agitador magnético con magnetos recubiertos de teflón o agitador mecánico.
- Termómetro de vidrio con escala de 263 k a 392 k (-10 °C a 120°C).

5. MATERIALES Y REACTIVOS

- Solución amortiguadora de pH = 4.0, pH = 7.0 y pH = 11.0
- Agua destilada

1. PROCEDIMIENTO

- Se calibra el potenciómetro con las soluciones amortiguadoras de pH = 4, pH = 7, y pH = 11, según sea el tipo de residuos sólido por analizar.
- Se pesan 10 g de muestra y se transfieren a un vaso de 250 ml.
- Se añaden 90 ml de agua destilada.
- Se mezclan por medio del agitador durante 10 minutos
- Se deja reposar la solución durante 30 minutos.
- Se determina la temperatura de la solución. Se sumergen los electrodos en la solución y se hace la medición del pH.
- Se sacan los electrodos y se lavan con agua destilada.
- Se sumergen los electrodos en un vaso de precipitado con agua destilada.

NOTA: Para el manejo cuidado que se deben tener con el potenciómetro es necesario seguir las indicaciones y recomendaciones del fabricante.

2. CALCULOS

El valor del pH de la solución es la lectura obtenida en la carátula del potenciómetro, cuando los electrodos se sumergen en ella.

3. DE LA PRUEBA

La diferencia máxima permisible en el resultado de pruebas efectuada por duplicado no debe exceder 0.1 unidades de pH, en caso contrario se debe repetir la determinación.

Anexo 2.7
NORMA TECNICA 7
DETERMINACION DE CENIZAS

1. OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACION

Esta Norma Técnica establece el método para la determinación de cenizas de los residuos sólidos municipales

2. REFERENCIAS

Esta Norma se complementa con las siguientes Normas Técnicas actualmente vigentes: Preparación de Muestras en Laboratorio para su Análisis.

3. OBTENCION DEL ESPECIMEN PARA EL ANALISIS

De la muestra obtenida y preparada según la Norma Técnica se toma el espécimen en cantidad suficiente para efectuar la determinación por duplicado.

4. APARATOS Y EQUIPO

- Balanza gramataria con sensibilidad de 0.1 g.
- Mufla.
- Crisol de porcelana o platino de 50 ml.
- Desecador que contenga algún deshidratante adecuado con indicador de saturación.
- Equipo usual de laboratorio.

5. PROCEDIMIENTO

- 5.1 La muestra se seca hasta peso constante a 333 K (60 C) y se deja enfriar en el desecador.
- 5.2 Se pone a peso constante el crisol a temperatura de 473 K (200 C) durante dos horas, se deja enfriar en el desecador y se pesa.
- 5.3 Se transfieren al crisol aproximadamente 20 g de la muestra seca (que se inicia en 6.1) y se pesa con aproximación de 0.1 g.
- 5.4 Se calcina en la mufla a 1073 K (800 C) hasta obtener peso constante (se recomienda comprobar el peso constante transcurrida una hora) se deja enfriar en el desecador y se pesa.

NOTA: Se debe evitar que la muestra quede expuesta a corrientes de aire.

6. CALCULOS

El porcentaje de cenizas en base seca se calcula con la siguiente fórmula:

$$C = (G3 - G1)/(G2-G1) \times 100$$

En donde:

C = Porcentaje de cenizas en base seca

G1= Peso del crisol vacío, en g

G2= Peso del crisol mas la muestra seca, en g

G3= Peso del crisol mas la muestra calcinada en g

7. REPRODUCCION DE LA PRUEBA

La diferencia máxima permisible entre determinaciones efectuadas por duplicado no debe ser mayor del 1%, en caso contrario se debe repetir la determinación.

ANEXO 3 INFORMACION COMPLEMENTARIA

Contiene:

Sobre el Recojo

***Resumen descriptivo de Tecnologías
de Planta de Tratamiento de
Residuos Sólidos***

***Pruebas de Control de Calidad
de Pet Reciclado***

***Análisis de la Demanda
Mundial de Pet Reciclado***

***Reciclado Químico – Metanólisis:
Proceso Petretec***

***Relación de los Principales Plásticos y
Aditivos en aquellas empresas que
participan en el Índice del
Volumen Físico en la
fabricación de Productos Plásticos***

Anexo 3.1

SOBRE EL RECOJO SELECTIVO

Se deberá diseñar tanto el transporte y la recolección de los residuos sólidos municipales, de acuerdo con los siguientes lineamientos:

a).- Selección del Método de Recolección.

Se deberá seleccionar el método de recolección más adecuado a utilizar, tanto para residuos sólidos domésticos, como para los provenientes de otras fuentes de tipo municipal, tales como, comercios, mercados, hoteles, restaurantes y hospitales. La selección del método de recolección por emplear, deberá hacerse, tomando en cuenta los siguientes factores:

- Economía del sistema
- El método o métodos que prevalecen en la localidad
- Resistencia al cambio por los usuarios del sistema y/o por los prestadores del servicio.
- Topografía de la localidad
- Trazo y vialidad establecidas en la localidad

Los posibles métodos de recolección a seleccionar, serán los que a continuación se enlistan, o bien algún híbrido de ellos que por las características de la localidad en cuestión, así lo justifique:

- De esquina
- De acera
- De llevar y traer
- De contenedores

Una vez seleccionado el método por emplear, se deberá dar una descripción detallada del mismo, estableciendo las obligaciones del conductor del vehículo, de los recolectores y de los usuarios del sistema. Incluso el método se deberá presentar en forma gráfica con el fin de ilustrarlo, para una carrocería de carga trasera.

b).- Selección del Equipo de Recolección.

Se seleccionará el tipo de equipo para cumplir con el servicio de recolección, con base en los siguientes puntos:

- Método de recolección elegido
- Economía del sistema
- Traza de la localidad
- Vialidad de la localidad
- Topografía de la localidad
- Superficie de rodamiento de las calles de la población.
- Versatilidad del equipo por emplear.

Habiéndose seleccionado el tipo de vehículo por emplear en la recolección de los residuos sólidos municipales, se deberá seleccionar el chasis y la carrocería (caja) más adecuados para la situación particular que presenta la localidad, a partir de las posibles opciones que determine el mercado nacional con respecto a tal equipo.

Para lo anterior, se deberán analizar cada uno de los siguientes puntos:

b.1.- Selección de la Potencia del Motor.

Esta será la necesaria para vencer la resistencia debida a la pendiente de la calle y la resistencia que le pueda ofrecer el viento. Dicha potencia, depende del

tipo de pavimento de la calle o carretera, del peso bruto del vehículo, de la velocidad que desarrolle el vehículo y del área frontal expuesta al viento.

La potencia, se calculará mediante la siguiente fórmula:

$$P = 1.013 \{ 0.0037V [aW + PW + 0.0047 SV^2] \}$$

Donde:

P: Potencia requerida en H.P.

V: Velocidad promedio del vehículo en Km/ hr.

a: Coeficiente adimensional que depende del tipo de pavimento donde se transite.

W: Peso bruto total que incluya la carga y el peso propio en Kg.

p: Pendiente de la calle o carretera en %

S: Superficie frontal expuesta al viento en m².

b.2.- Selección del Combustible para el Motor.

Deberá seleccionarse, teniendo en cuenta las características que ofrece la adquisición de un chasis con motor de gasolina o diesel.

b.3.- Selección del Chasis.

Se han fijado Normas para los vehículos de carga, teniendo en cuenta las cargas admisibles en el proyecto de puentes y alcantarillas en las carreteras.

Estas Normas se refieren a las distancias entre los ejes de los vehículos y las cargas máximas que pueden tolerarse sobre las llantas. Dentro de estos términos de referencia, se admitirán las siguientes dimensiones máximas que deben tener los vehículos.

b.4.- Selección de los Ejes

La carga que actúa sobre el eje, es función del peso propio del chasis, el peso de la carrocería de recolección y el peso de la basura. Los ejes, trasero y delantero se seleccionarán, con base en la distribución del peso de las cargas sobre cada uno y en función de la capacidad de carga del vehículo considerado,

La capacidad de las muelles debe estimarse deduciendo el peso de los ejes de que se trate, así como el de ruedas, frenos y muelles, del peso total a transmitir por el eje a la superficie de rodamiento, dividiendo entre dos.

b.5.- Revisión del Bastidor.

Considerando la importancia de la función que los miembros del bastidor juegan en. La buena operación del vehículo, se deberá revisar el bastidor del chasis elegido en función de sus dimensiones, material y forma del mismo. La resistencia del bastidor, deberá ser expresada en términos de la resistencia del momento flexionante; éste mide la cantidad de flexión que el bastidor pueda resistir con seguridad sin causarle deformación permanente.

El momento flexionante resistente, se calculará con la siguiente expresión:

$$M_t = (S) (f)$$

Donde:

S = Módulo de sección en cm^3

f = Esfuerzo admisible máximo de trabajo del material del bastidor en Kg/cm^2 .

Para tal fin, el bastidor semejará una viga doblemente apoyada con una voladizo y carga uniformemente repartida.

b.6.- Revisión de las Llantas

Las características de las llantas y su presión de inflado deberán apegarse a lo recomendado por el fabricante para el peso bruto vehicular, con el fin de lograr mayor vida útil y mejor servicio.

c).- Frecuencia de Recolección

Se deberá establecer una frecuencia de recolección, para cada zona, sector, estrato socioeconómico y/o tipo de fuentes generadores de origen municipal según sea el caso. Esta frecuencia podrá ser diaria o cada dos y tres veces por semana; lo cual dependerá de la generación per cápita diaria de residuos sólidos y de su contenido orgánico.

d).- Determinación del Número del Vehículo.

Se realizará un análisis detallado para determinar el número de vehículos recolectores necesarios y de reserva para llevar a cabo la recolección de los residuos sólidos municipales en general; de acuerdo con los siguientes criterios:

d.1.- Heurísticamente

Para poblaciones menores a 100,000 habitantes tal determinación se deberá realizar mediante métodos heurísticos. Solo en caso de que el personal designado por la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología para supervisar el proyecto lo considere conveniente, se aplicarán otro tipo de métodos para dicha determinación.

d.2.- Determinísticamente

Para poblaciones mayores a 100,000 habitantes, excepto que el personal de la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología de la Dirección General de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental designado para la supervisión del proyecto considere oportuno y pertinente la aplicación de otros métodos, la determinación del número de vehículos será óptimo y se hará estableciendo y resolviendo un problema de programación entera, compuesto por la función económica y sus restricciones, donde el objetivo es minimizar costos y maximizar el equipo. El problema antes descrito, puede ser planteado en otros términos para ser resuelto mediante otros métodos de optimización.

e) .- Diseño del Macroruteo.

Para tal diseño si deberán delimitar las zonas de servicio, despreciando el problema del ruteo individual y tomando en cuenta las siguientes consideraciones:

- Las fronteras naturales, como vías férreas, carreteras, ríos, parteaguas, barrancas y calles muy transitadas que crucen la población.
- Las diferentes densidades de población y el tipo de residuos sólidos.
- Las diferentes fuentes municipales generadores de residuos sólidos, además de las casas- habitación.
- Los estratos socioeconómicos en que se haya subdividido la localidad.
- Los métodos de recolección que hayan sido propuestos para cumplir el servicio de recolección, en la localidad.
- El tiempo y la distancia empleados para un viaje redondo hasta el sitio de disposición final.

Cuando se hayan delimitado las zonas de servicio, se deberán distribuir las unidades de la flotilla de recolección a dichas zonas de servicio; tomando en cuenta los tiempos estándar obtenidos a partir de los estudios de tiempos y

movimientos que hayan sido realizados. Dicha distribución podrá hacerse en forma heurística para poblaciones menores a 100,000 habitantes, y con métodos determinísticos (MODELO DEL TRANSPORTE), para poblaciones mayores a tal concentración de habitantes proponga otras opciones para ello, a partir de que la localidad presente características muy especiales. Los resultados de este diseño, deben complementarse con un plano que muestre la asignación de vehículos a las áreas de servicio, indicando número de área, número y tipo de vehículo, cantidad de residuos por recolectar, frecuencia de recolección, tiempos estimados de recolección y recorrido, etc.

f).- Diseño de Microruteo.

Se deberá diseñar para cada zona de servicio, la ruta que minimice tiempos de recorrido del vehículo recolector asignado a dicha zona de recolección, mediante el macroruteo.

El diseño del micro-ruteo, podrá realizarse mediante el empleo de métodos heurísticos o métodos determinísticos, según sea el número de habitantes por atender de la localidad en cuestión. El empleo de métodos heurísticos para el diseño, se hará con base en el siguiente criterio:

| Nº HABITANTES EN LA LOCALIDAD | TIPO DE DISEÑO |
|-------------------------------|----------------|
| 100,000 o menos | Heurístico |
| Mayor de 100,000 | Determinístico |

Es importante aclarar que los criterios antes mencionados, servirán para determinar el tipo de diseño a emplear en cualquier población; sin embargo.

El empleo de los métodos determinísticos se deberá hacer de acuerdo con los siguientes lineamientos:

Metodo de Recoleccion Modelo Deterministico a emplear

De llevar y traer Algoritmo del “cartero chino”.

De parada fija Algoritmo para resolver el problema del agente viajero

De contenedores Algoritmos para resolver el problema del agente viajero.

El diseño de las microrutas, deberá plasmarse en forma integrada en un plano de la localidad a buena escala; así como en forma separada, en planos de menor tamaño por zonas o área de recolección, (un plano por zona). Las indicaciones sobre como presentar la información complementaria correspondiente al diseño que nos ocupa, se pueden consultar en la sección referente a la presentación del proyecto, de estos términos de referencia.

Anexo 3.2
DESCRIPCIÓN DE TECNOLOGÍAS DE
PLANTAS DE TRATAMIENTO DE
RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS
RESUMEN

TECNOLOGÍA DE TRATAMIENTO 1: Con Recojo Selectivo

DESCRIPCIÓN GENERAL

Esta instalación de tratamiento servirá para cubrir las necesidades del procesamiento de la fracción orgánica como de la inerte reciclable de un flujo de residuos domiciliarios. Nombraremos las operaciones que componen cada Proceso.

Proceso de Segregación y tratamiento de Residuos Inertes

Esta operación se realiza empleando un sistema de fajas transportadoras a lo largo del cual operarios debidamente capacitados se encargan de clasificar. Entre las operaciones principales tenemos:

- Dosificación del material
- Segregación del material
- Acarreo del material
- Prensado
- Pesado y Almacenamiento
- Líneas paralelas de valor agregado (molienda de plásticos, de vidrio, etc.)
- Control de calidad

Proceso de Elaboración de Compost

Se contempla la producción de un mejorador de suelos en base a la descomposición aerobia de la maleza en nave cerrada con control de dosificación de aire y agua. Las naves contarán con un sistema de control de olores. Las operaciones principales son:

- Recepción
- Picado
- Armado de la cama de compost
- Descomposición aerobia
- Volteo – riego
- Tamizado
- Control de calidad
- Embalaje

Proceso de Elaboración de Harina Orgánica

A partir de restos de comida es posible en un sistema de elaboración similar al de la harina de pescado elaborar un producto que puede servir como alimento balanceado para cerdos, gallinas, etc. Las principales operaciones que involucran este proceso son:

- Recepción del material
- Dosificación del material
- Picado
- Secado
- Molienda
- Control de calidad
- Embalaje

TECNOLOGÍA DE TRATAMIENTO 2: Recojo Bruto

Los residuos al ser recogidos de manera conjunta se descargarán en la Planta, donde inicialmente se procederá a romper las bolsas mecánicamente, siendo los residuos introducidos en bioceldas para la higienización y compostaje. Después de 7 días los residuos serán sacados de las bioceldas y sufrirán un proceso mecánico para la separación de la parte Orgánica (compost) de la parte inorgánica.

La parte orgánica, después de 15 días de maduración final, será utilizada en la recuperación de terrenos absolutamente improductivos en zonas marginales urbanas y en la creación de pequeñas y medianas empresas agrícolas.

La parte inorgánica será enviada a la cadena de separación para la recolección de los materiales inertes con valor comercial como el plástico, el papel, vidrio y materiales metálicos.

El material no recuperable será enviado al relleno sanitario.

Nota: Si se desea conocer más detalles sobre esta tecnología consultar con www.rossato.it y con la bibliografía recomendada.

Anexo 3.3

ENSAYOS DE CONTROL DE CALIDAD PARA PET RECICLADO

Los métodos de análisis térmico tienen gran importancia en la caracterización de los materiales termoplásticos debido a la gran relación existente entre sus propiedades y la temperatura. Los ensayos normalizados, como el **Índice de Fluidéz** o la **Temperatura de reblandecimiento *Vicat***, son los más utilizados por la industria debido a su rapidez, sencillez y comodidad. Otras técnicas muy usadas son: *Calorimetría diferencial de barrido (DSC)*, *Análisis termogravimétrico (TGA)* y el *Análisis térmico mecánico dinámico (DMTA)*.

Índice de Fluidéz (UNE 53200, DIN 53735):

Consiste en calentar una muestra del material en un horno y aplicar sobre dicha masa fundida un pistón con una carga normalizada. Se cuantifica la cantidad de material fundido que atraviesa una boquilla por unidad de tiempo. El ensayo se realiza con poca velocidad de cizallamiento.

Un peso molecular promedio elevado se traduce en índices de fluidéz bajos, es decir, la masa fundida tiene una viscosidad elevada, como la que se requiere para la extrusión. Un peso molecular promedio bajo equivale a índices de fluidéz altos, es decir, la masa fundida presenta una viscosidad baja, ideal para la inyección. Los índices de fluidéz habituales se sitúan en el intervalo de 0,5 g/ 10 min a 40 g/ 10 min.

A partir de la diferencia de índices de fluidéz antes y después de la transformación se puede sacar la conclusión acerca de la degradación sufrida por

el material durante la misma, es decir, el peso molecular promedio es menor debido a la rotura de las cadenas moleculares.

Temperatura de reblandecimiento Vicat (UNE 53118, DIN 53460, ISO 306)

Este método permite estudiar el reblandecimiento de los termoplásticos cuando la temperatura aumenta. El ensayo consiste en determinar la temperatura a la que un punzón cilíndrico de acero ha penetrado dentro de la probeta una profundidad de $1 \pm 0,1$ mm.

Para ello, se sumergen las probetas en un líquido de acondicionamiento térmico, después se carga el punzón con un peso constante y se calienta el líquido a 50 ó 120 ° C/h. El peso utilizado es de 10 N para el método A y de 50 N para el método B. Las probetas tendrán un espesor entre 3 y 6 mm y unas dimensiones de 10 x 10 mm.

Calorimetría diferencial de barrido. (DSC)

Es la más simple y universalmente empleada de las técnicas térmicas. En la calorimetría de barrido diferencial la muestra y la referencia se someten a una temperatura que aumenta en forma continua; en este caso, se agrega calor sobre la muestra o la referencia, a modo de mantenerlas a una temperatura idéntica. El calor agregado que se registra, compensa el que se pierde o se gana como consecuencia de reacciones endotérmicas o exotérmicas que tienen lugar en la muestra.

El material de referencia debe de cumplir una serie de características para no desvirtuar la medida realizada: no debe experimentar eventos o procesos térmicos en el intervalo de temperatura a estudiar, no debe reaccionar con el crisol que lo contiene o con los termopares y su conductividad térmica debe ser similar a la de la muestra.

Generalmente, se utiliza como referencia un crisol vacío. La preparación de la muestra es importante para reducir la resistencia térmica en el sensor del equipo. Así se evitan gradientes de temperatura dentro de la muestra y el consiguiente fallo de la señal registrada. Por esta razón, las muestras ideales son films o muestras que ocupen perfectamente la parte inferior del crisol. Suele ser necesario cortar las muestras voluminosas en los trozos más pequeños posibles y presentarlas antes de meter en el crisol. A continuación, se sella el crisol con una tapa.

Puede emplearse una purga de gas por varias razones: para eliminar el gas y vapores formados en la célula durante el análisis -la célula de medida es así protegida de gases corrosivos (por ejemplo, halógenos)-; para desplazar el oxígeno atmosférico y evitar la oxidación no deseada de la muestra; para la introducción de un gas reactivo para investigar su reacción química con la muestra.

Tiene varias aplicaciones: determinación de puntos de fusión de fases cristalinas; estudios sobre la influencia de la historia térmica en la fusión de polímeros; estudios sobre la influencia de la densidad del polietileno u otros polímeros en los fenómenos de fusión y cristalización; estudios sobre la influencia de los pretratamientos; determinación de pureza; determinación de procesos de fusión y de cristalización y determinación de tiempos de inducción en oxidaciones isotérmicas de polímeros.

Otras aplicaciones: determinación de transiciones vítreas de 2 orden; determinación de recristalización exotérmica y fusión de polímeros semicristalinos; medición de capacidades caloríficas, entalpías de fusión, temperaturas de transición, calores específicos, datos sobre procesos cinéticos, datos sobre polimerización isotérmica, sobre reacciones químicas resultantes de aditivación de polímeros a alta temperatura.

Análisis Termogravimétrico (TGA)

En este análisis se mide el cambio de peso de una muestra bajo condiciones isoterma o bajo calentamiento o enfriamiento programado, usualmente en forma lineal. La deflexión de la escala de la balanza se compensa automáticamente por medio de una unidad moduladora eléctrica, y utilizando sensores adecuados se logra que la señal eléctrica sea directamente proporcional a la variación en peso de la muestra.

Este método se usa principalmente para investigar procesos de secado (desorción); reacciones de descomposición; pirólisis bajo gas inerte como el nitrógeno; o la oxidación en aire de oxígeno. Descomposiciones estequiométricas permiten determinar el contenido. Mezclas de sustancias orgánicas indican la cantidad de material volátil (orgánico) y de cenizas (cargas). En muchos casos, el rango de temperatura de descomposición hace posible la identificación y caracterización de la muestra.

En resumen, la TGA se puede emplear para investigar cualquier proceso físico o químico que incluya un cambio de peso en el material. Una atmósfera de gas alrededor de la muestra tiene una importante influencia sobre los análisis termogravimétricos. Son varias las ventajas que supone su introducción: retirar gases o vapores producidos en la célula de medida que podrían alterar el balance final; reducir la condensación de productos en las partes frías del equipo; eliminar la presencia de gases corrosivos; reducir las reacciones secundarias; desplazar el oxígeno por medio de un gas inerte y evitar oxidaciones no deseadas; introducir un gas reactivo que actúe sobre la muestra y actuar como refrigerante para el mecanismo de la balanza. Aplicaciones: detección de aditivos en plásticos; detección de contenido en agua, componentes volátiles y cenizas y examen de procesos de descomposición.

Análisis térmico mecánico dinámico (DMTA).

El ensayo consiste en someter a la muestra a un movimiento oscilatorio forzado de frecuencia fija y medir en función de la temperatura el desfase en la respuesta del material. Esto permite obtener una gráfica de la variación del módulo elástico dinámico en función de la temperatura y de la frecuencia empleada.

Esta técnica es muy sensible y permite medir temperaturas de transición vítrea mejor que la calorimetría diferencial de barrido (DSC). También es adecuada para determinar temperaturas máximas de utilización de materiales termoplásticos.

ENSAYOS MECÁNICOS

Los ensayos mecánicos permiten la determinación de datos específicos de los termoplásticos (resistencia y módulo elástico) necesarios para su aplicación en el diseño de ingeniería o en el control de calidad.

Tracción (UNE 53 023, ASTM D 638, DIN 53455, ISO 527)

Consiste en deformar una probeta haltera, a lo largo de su eje mayor, a velocidad constante y aplicando fuerza hasta su rotura. Las probetas pueden ser moldeadas por inyección, o mecanizadas a partir de placas moldeadas por compresión. Se les da un acondicionamiento normalizado. Su espesor es alrededor de 3 ó 4 mm.

Ambos extremos de la probeta se sujetan fuertemente en las mordazas de una máquina de ensayo (Ilustración 4). Las mordazas se separan a velocidad constante de 1, 2, 5, 10, 10, 50, 100, 200, 500 mm/ min., tirando de la probeta

desde ambos extremos. El esfuerzo es registrado gráficamente frente a la deformación (alargamiento).

Las propiedades de tracción son la mejor indicación de la resistencia de un material. La fuerza necesaria para tirar la probeta se determina conjuntamente con el alargamiento de rotura. El módulo elástico, es la relación del esfuerzo a la deformación por debajo del límite proporcional del material. Es el dato de tracción más útil, porque las piezas se deberán diseñar de tal manera que los esfuerzos estén por debajo de este valor.

Hay un gran beneficio en el alargamiento moderado, pues esta cualidad permite absorber los impactos y choques rápidos. Así, el área total bajo la curva esfuerzo-deformación, es un índice de la tenacidad global del material. Una material con una resistencia a la tracción muy alta y poco alargamiento será quebradizo.

Para medir el alargamiento con precisión se necesita un dispositivo electrónico (extensómetro) de medición fina del mismo, sobre todo para determinar el módulo de elasticidad. Si la longitud de la probeta sufre un estiramiento muy considerable (>50 mm), como puede ser en el caso de termoplásticos biorientados o láminas blandas, basta con medir la variación de distancia entre mordazas para determinar el alargamiento.

Flexión (UNE 53022, DIN 53452, ASTM D 790, ISO 178)

Las probetas se fabrican por prensado o inyección. Son rectangulares. Ésta se coloca en un equipo similar al empleado en el ensayo de tracción, pero que dispone de dos soportes distanciados entre sí de $16 \times$ espesor (mm). Se aplica una carga en el centro de la probeta a una velocidad determinada y al igual que en tracción se registra la gráfica fuerza – deformación (flecha).

La resistencia y el módulo elástico se determinan a partir de los valores de fuerza máxima y la relación fuerza – flecha. Los valores obtenidos en flexión son similares a los obtenidos por tracción.

Para materiales flexibles o que no rompen por doblado no se realiza este ensayo.

Impacto

Hay dos métodos de ensayo: el Impacto *Charpy*, descrito por las normas UNE 53021, ASTM D 256, DIN 53453, y el Impacto *Izod*, definido en las normas UNE 53193 y ASTM D 256. Los resultados de ambos ensayos no son comparables debido a las diferencias en cuanto a la geometría de las probetas y de las entallas.

En general, los plásticos son muy sensibles a los esfuerzos súbitos de un impacto y especialmente si las probetas tienen una entalla.

En el impacto *Charpy* los extremos de las muestras descansan horizontalmente sobre apoyos y el martillo impacta en el punto central, entre los dos apoyos. Por el contrario en el ensayo *Izod* la probeta se sujeta por un extremo y el martillo golpea en el otro.

Los valores de resiliencia (J / mm^2) obtenidos en ensayos de impacto no son utilizables para el cálculo o diseño de piezas. Sin embargo, permiten diferenciar entre plásticos a tenor de su diferente sensibilidad al impacto con o sin entalla, por lo que son ampliamente utilizados como ensayos de control de calidad.

ENSAYOS FÍSICOS

Son ensayos normalizados sencillos, que permiten una caracterización fiable de material.

Densidad (UNE 53020, ASTM D 1505, DIN 53479)

Consiste en determinar la masa por unidad de volumen, normalmente se expresa en g/cc. Las normas describen hasta cuatro métodos para determinar esta magnitud. Los mas sencillos son mediante empuje hidrostático y mediante picnomómetro. En ambos casos, el material necesario es muy corriente (balanza y picnomómetro).

Absorción de agua (UNE 53028, DIN 53495, ISO 62)

Consiste en cuantificar el agua retenida por el termoplástico en condiciones normalizadas. Es una prueba muy sencilla que sólo precisa de una balanza y un baño termostático. Se expresa en mg o en % y se suele hacer por inmersión de las probetas a 23° C durante 24 h aunque también pueden realizarse ensayos a largo plazo para representar la absorción de agua en función del tiempo de inmersión, o del tiempo hasta saturación.

Por contacto con el agua o por acción de la humedad del ambiente, las piezas de plástico absorben agua en una cantidad que depende en gran manera de la estructura y composición del plástico. Los plásticos polares como la PA absorben mucha humedad; en cambio, los no polares como el PE, PP, PS Y PTFE muy poca.

La velocidad con que se absorbe el agua depende en gran medida de la relación superficie/ volumen de la pieza. Por ello los ensayos comparativos deberán efectuarse con probetas de medidas exactas e idénticas.

La absorción de agua implica una alteración de las características de la pieza o del material. En general se reducen la resistencia y la dureza, aumentando la tenacidad. El aspecto puede resultar perjudicado por la aparición de zonas mates o lechosas. Empeoran las características dieléctricas. La absorción de agua puede significar también hinchamiento y alteración de las dimensiones.

Dureza Shore (UNE 53130, ASTM D 2240, ISO 868)

Consiste en evaluar la dureza superficial del material midiendo la profundidad que alcanza una punta de acero normalizada cuando se presiona contra el material. Se puede medir con instrumentos simples (ver durómetro en la Ilustración 5).

La superficie de apoyo y de la muestra deberán ser lisas y de caras paralelas. El durómetro se coloca sobre la muestra con paralelismo de caras con ayuda de un dispositivo apropiado. La presión aplicada por estos aparatos es de 12,5 N en la *Shore A* y de 50 N en la *Shore D*.

El método *Shore A* se aplica a plásticos blandos, por ejemplo PVC plastificado. El método *Shore D* se emplea para plásticos más duros. La dureza *Shore* se expresa en unidades de *Shore A* o *D*. Son posibles diferencias de 2-3 unidades *Shore*. Es muy importante realizar la medida siempre al mismo tiempo, 3 ó 15 s.

Contenido en materiales volatiles. (UNE 53090, UNE53269, ASTM D 2584)

Permite cuantificar el contenido en cenizas de los materiales. Consiste en determinar la variación de masa experimentada por el material al someterlo a calcinación.

Para realizar el ensayo se introduce un crisol con la muestra en el interior de horno *mufla* a 600° C y se mantiene hasta pesada constante.

Debido a la sencillez de sus medios (horno *mufla*, balanza, mechero) y la información suministrada (contenido en refuerzo o en carga inorgánica) se emplea frecuentemente en el control de calidad de materiales.

ENSAYOS DE ASPECTO

Este conjunto de ensayos merece un apartado especial debido a la gran importancia que tienen especialmente en piezas decorativas o simplemente exteriores. En estos casos se hace fundamental que el color y el brillo de la pieza sean idénticos a las del resto del equipo.

Otro problema relacionado con el aspecto es cuantificar cuándo y cómo va ha deteriorarse el aspecto de pieza con el uso.

Color, brillo y transparencia. (UNE 53386, UNE 53387, ASTM D 2244, DIN 5033, DIN 6174)

Son ensayos sencillos que se realizan mediante equipos altamente automatizados (colorímetro, brillómetro o espectrofotómetro ultravioleta visible).

La medición del color consiste en determinar la intensidad de luz que atraviesa tres filtros normalizados (triestímulos X, Y, Z) en condiciones de exposición definidas (geometría y fuente de iluminación). Existen diversos parámetros para caracterizar el color, su relación con los valores de X, Y, Z están descritos en las normas anteriormente indicadas. En general los colorímetros hacen las conversiones para expresar las medidas en el parámetro deseado.

El brillo se determina midiendo la cantidad de luz reflejada por la muestra cuando incide una luz con una geometría definida.

La transparencia se determina como la cantidad de radiación absorbida por el material en función de su frecuencia. Se emplea un espectrofotómetro.

Envejecimiento acelerado

Son ensayos en que se emplean equipos que simulan con mayor o menor acierto las condiciones meteorológicas a las que se ven sometidas las piezas exteriores.

Existen dos tipos de equipos, que son función de la fuente de radiación que emplean: con lámparas ultravioleta visible. Son equipos sencillos como el indicado en Ilustración 8. Trabajan con condensación de agua y no permiten el control de la humedad relativa durante el ensayo. La radiación empleada para la simulación es muy agresiva especialmente en la zona del cercano visible.

con lámparas de arco de *Xenón*. Son equipos más sofisticados que introducen diversos filtros con los que consiguen una mejor simulación del espectro de radiación emitido por el sol. Durante el ensayo permiten un mejor control de las condiciones de humedad relativa.

Ver mas información en:

<http://webferret.search.com/click?wf,+2Bcontrol+2Bde+2Bcalidad+2Bal+2BplE1stico+2Breciclado,,www.plastunivers.es2Fpu2F592FR59PNensayos.htm,,fastsearch>

Anexo 3.4.

Análisis de la Demanda Mundial de Pet Reciclado

En la gráfica 3.A.1. se puede observar que las tres regiones, en donde uno puede hacer mas contactos alrededor del mundo es en América del Norte, liderado por México, luego en Europa liderada por España y finalmente en América del Sur, liderada por Colombia, las tres regiones mencionadas ocupan el 81% de todos los focos de información recolectados, y los tres países líderes de dichas regiones, ocupan el 50%.

En la gráfica 3.A.2 se aprecia con mas claridad lo mencionado en el punto anterior, siendo México el país con mayor información de empresas recicladoras de PET y de plásticos, ocupando así el 20% del total de la lista, de la misma forma le sigue España con un 18% y finalmente Colombia con 11.5%.

Cuatro de los cinco países con mayor información, se trata de países de habla hispana, lo cual nos ayuda muchísimo en el nivel de comunicación, además son países que siempre a lo largo de nuestra historia hemos tenido relaciones comerciales, lo cual nos ayudaría bastante en el ámbito de exportación al momento de entablar precios.

Nº Total de regiones en el Cuadro 3.A.1.: 6

Nº Total de países en la lista: 28

Nº Total de empresas el Cuadro 3.A.1.: 79

EMPRESAS RECICLADORAS DE PET Y DE PLÁSTICOS A NIVEL MUNDIAL

| REGIÓN | PAÍS | ACTIVIDAD | EMPRESA | REFERENCIAS |
|---------------|---------------|----------------------------------------------------------------|----------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| EUROPA | ESPAÑA | Recogo urbano de residuos plásticos (PET y PE) | Algo Nuevo S.L. | C/ Almendralejo, 137008 Salamanca Telf : 923192428 Mail: cmhr@usuarios.retecal.es Contacto : Emiliano de Tapia |
| | | Reciclado de plástico post-industrial. | Aligoplast, S.A | E-01013 BARRACHI Nº13 VITORIA ALAVA Telf : 945-281066; Fax : 945-281511 Mail: aligoplast@euskalnet.net |
| | | | Gestora Catalana de Residuos,S.L | C/Torrent Tortuguer nº33.Naves 3-5. P.I.Can Salvatella. 08210 Barberá del Vallés Barcelona Telf : 902245555; Fax: 937182570 gescatresiduos@gescatresiduos.com |
| | | Fabricación de plásticos reciclados. | Arcoplast Termoplasticos, S.L. | P.I. Calle I Parcela, 6 Apart, 50 31592 Cintruenigo -Navarra- tf.: 620 24 14 94; Fax: 699 09 56 25 Contacto: Pedro Cánovas |
| | | Recuperación de: PE, PP, PS, Poliamida, PVC, ABS, PET y otros. | Essi Plast ,S.L. | C/Cipres Nº.19 Pol. Ind. "El Guijar" 28500 Arganda del Rey Madrid Telf: 918710812; Fax: 918710812 Email : ESSIP@eresmas.com Contacto : Manlio Padovano Valeri. |
| | | Reciclador o distribuidor de materiales plásticos. | FURERPLASTICK,S.L | Via Augusta, 158 3º 2º 08006 Barcelona Telf: 93-209 70 90; Fax:93-202 27 26 Mail: furterplastick@terra.es Persona de contacto BERTOLIN |
| | | Compra y venta de PET Postindustrial. | Limar Belda , S.L | Camino Val de la Horca s/n 50800 Zuera Zaragoza Tel:34 976694706 Fax:34 976694707 Email : limarbelda@hotmail.com Contacto: Jose Manuel Fernandez |
| | | Compra venta de materiales termoplásticos | Polinord | Rda. San Pedro, 13, 6º1ª 08010 Barc. Telf : 93.2702322; Fax : 93.2702322 Email : ampolinord@terra.com Persona de contacto : A.Martínez |

EMPRESAS RECICLADORAS DE PET Y DE PLÁSTICOS A NIVEL MUNDIAL

| REGIÓN | PAÍS | ACTIVIDAD | EMPRESA | REFERENCIAS |
|---------------|-----------------|--------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| EUROPA | ESPAÑA | Ofrecen PET para la industria textil | Raomi S.A | c/Luis de Hoyos Sainz, 194 28030 Madrid Telf: 917734156; Fax: 915267229 Email : raomi@inicia.es Contacto : Tatiana Davidovitch |
| | | Fabricantes de escama y granzas de PET de envases de post consumo. | Recuprod, SL | Pol. Ind. la Devesa 43750 Flix Tarragona - España Telf: 977 411243; Fax: 977411242 Email : Recuprod@recuprod.com |
| | | Reciclado de productos plásticos | R.P. GENERAL INDUSTRIES ESPAÑOLA, S.L. | Ronda del Poniente, 3E, 3ºB Los Jardines de San Isidro 28850 Torrijon de Ardoz (Madrid) TEL/FAX : +34 91 656 6888 E-MAIL : figi@pream.net http://www.general-industries.com/ |
| | | Recuperación de materias plásticas | Semaplas S.L. | Ctra. Arazuri s/n 31170 Iza Navarra Telf : 0034 948 302017 Fax : 0034 948 302020 Email : semaplas@sernaplas.com URL : www.sernaplas.com Contacto : Benedicto Alonso |
| | | Distribuidores de materiales plasticos en granza | Suministros Plasticos Europeos, S.ASPE,S.A | C/Francia, 11-13 08769 Castellvi de Rosanes Barcelona Telf: 93-776.53.84; Fax: 93-774.01.42 Email : LEDESMA@SPESA.COM URL: www.spesa.com |
| | | Reciclador de todo tipo de materiales plásticos | WURSI, S.L | Pol. Ind. Can Volart Nave A-5 Ctra. Nacional 152 (km 22) 08150 Parets del Vallés Barcelona Telf : 935621523; Fax : 935624764 Email wursi@abaforum.es |
| | PORTUGAL | Reciclador o distribuidor de materiales plásticos | Sirplaste | Casal da Cortiça apart 327 2401-973 Leiria Telf: +351 244 870070; Fax: +351244 870071 Email: sirplaste@sirplaste.pt URL www.sirplaste.pt Contacto : Ricardo Pereira |

EMPRESAS RECICLADORAS DE PET Y DE PLÁSTICOS A NIVEL MUNDIAL

| REGIÓN | PAÍS | ACTIVIDAD | EMPRESA | REFERENCIAS |
|---------------|-------------------|---------------------------------------------------|----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| EUROPA | INGLATERRA | Reciclador o distribuidor de materiales plásticos | Longfield Chemicals Ltd | Hawthorn Farm, Tarvin Road WA6 6UZ Frodsham Cheshire Telf : +44 1928 739977 Fax: +44 1928 739582 Email : nick.carroll@longfield-chemicals.co.uk URL: http://www.longfield-chemicals Contacto: Nick Carroll |
| | | | Waste Care Services Ltd | 144 HydePark Street G3 8BW Glasgow Telf : 44+141 221 2119 Fax : 44+ 141 221 0410 Email : wastecareservice@aol.com ContactO : David Naylor |
| | ALEMANIA | Reciclaje de materiales plásticos | CABKA Plast GmbH | Neue Weinsteige 71 70180 Stuttgart Telf : +49/711/24 89 98-25 Fax : +49/711/24 89 98-18 URL: www.recover-group.de Contacto : Sandra Gudemann |
| | | Vendedores de PET scrap | WTC PAul Moro | PoBox1642 80000 Munich BY Telf : 01605243244 Email : wtcpmoros@hotmail.com Persona de contacto : Paul Moros |
| | FRANCIA | Reciclaje de materiales plásticos | INTELLEKT & SYNTHESIS LTD | 18 Rue de Belzunce 75010 Paris Tel : 00331 4282 7190 Fax: 00331 4023 0997 Mail: iintellekt@waika9.com Contacto: M. Alexander |
| | HOLANDA | Reciclaje de materiales plásticos | SONEPA Plastic Industries , Inc. | Hendrikstraat 17 3314 ZM Dordrecht ZH Telf (31)-78-6316536 Fax: (31)-78-6315739 E.mail sonepa@quicknet.nl ContactO: Abid Raja |

EMPRESAS RECICLADORAS DE PET Y DE PLÁSTICOS A NIVEL MUNDIAL

| REGION | PAÍS | ACTIVIDAD | EMPRESA | REFERENCIAS |
|-------------|------------------|----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ASIA | TAIWAN | Gran importador de cualquier tipo de material plástico. | Prochase Enterprise Co., Ltd . | No 46 , Shiangchuan Road , TaLi city 412 Taichung Telf: 886-424950695; Fax: 886-424926307 Email : prochase@ms36.hinet.net URL : www.prochase.com.tw Contacto : Simon Lin |
| | HONG KONG | Compradores y vendedores de todo tipo de material plástico. | Pacific Rise Development Ltd | Rm A&B, 13/F, Hon Hing Commercial Bldg, 22 Kansu Street, Yaumatei Telf: 852-27837926; Fax: 852-27837951 Email : prd@hknet.com Contacto : Belinda Chan |
| | | Compradores de scrap de todo tipo de material plástico (post industrial también) | ManiLinks Company | Flat B 3/F Lee May Building 788-790 Nathan Road Kowloon Telf: 852 2789 3282; Fax: 852 2319 2772 Email : ericchou@netvigator.com Contacto: Eric CHOU |
| | CHINA | Compradores de todo tipo de material plástico (post industrial también) | Hua da Plastics Material Co.,Ltd. | #56 Huichen Gangzhou Avenue East 529100 Xinhui Guandong Telf: 86-750-6666140; Fax: 86-750-6617817 Email : huadaplastics@21cn.net Contact Person : Tina Shee |
| | | Reciclaje sracp de todo tipo de material plástico | Shandong Huayuan I/E Co. Ltd. | No. 245 Jingliu Road 250021 Jinan Shandong Telf: 86 531 794 5040; Fax: 86 531 793 6243 Email : lishmail@public.jn.sd.cn Contacto : Haitao Shao |
| | INDIA | PET Formers. | Irusha Indias | 181/15, Industrial Area, Phase 1, Chandigarh - 160002 Email : irushaindia@satyam.net.in ContactO: Subhash Dogra |
| | MALAYSIA | Reciclaje sracp de todo tipo de material plástico | United Teh & Sons Sdn. Bhd | 08600 Sungai Petani Kedah Malaysia Telf : 6-04-4387049; Fax : 6-04-4387048 Email : utssb@tm.net.my Ms. Regina |

EMPRESAS RECICLADORAS DE PET Y DE PLÁSTICOS A NIVEL MUNDIAL

| REGIÓN | PAÍS | ACTIVIDAD | EMPRESA | REFERENCIAS |
|----------------------------------|---------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| AMERICA DEL NORTE | MEXICO | Compra y/o venta de plásticos reciclados (reciclador y/o distribuidor de materiales plásticos). | ABA | Carr. Fed.Méx.Toluca # 5799 Col. Loma del padre Cuajimalpa 05020 Distrito Federal D.F Mexico Telf : 58-13-26-65; Fax : 58-13-26-65 Email : vaznaje18@hotmail.com URL : Carr.Fed.Méx.toluca#5799 Persona de contacto : Jesus Vazquez Nava |
| | | | Avaco de México | Av. Juarez No.138 76800 San Juan del Río Queretaro Telf : 427-27-28669; Fax : 427-27-28669 Email : avaco02@hotmail.com Persona de contacto : Julio Alberto Avalos |
| | | | Carso Plasticos S.A | Felipe Angeles # 1344 Colonia San Isidro 44710 Guadalajara Jalisco Telf : 52-3-6551724; Fax : 52-3-6651990 Email : carsoplasticos@hotmail.com Contacto : Lic. Carlos Fco. Perez Prieto |
| | | | Glezco Plásticos SA de CV | Independencia #111Pob. Lopez Cotilla 45615 Tlaquepaque Jalisco Mexico Telf: (5233) 36010188; Fax: (5233) 36011120 Email : horacio@glezcocorp.com URL: www.glezcocorp.com |
| | | | Polimeros de Baja California, S.A. de C.V. | Av. Ferrocarril #455 Col. Libertad Parte Baja Tijuana CP 22300 Baja California, Norte Mex. Telf : (52)66831849; Fax : (52)66829255 Email : pbbortiz@pacnet.com.mx |
| | | | Reciclables ALEMCO | Betelguese 126-A Col. El Sol 76130 Santiago de Queretaro, Queretaro Mexico Telf / Fax : (014) 2-20-10-47; Email : alemco_gro@starmedia.com Contacto : Alejandro A. Corona Lima |
| | | | Reciclados Tarahumara | Carretera Panamericana km 21 1/2 Cd. Juarez Chihuahua Mexico Telf : (16) 18-86-98; Fax : (16) 18-72-43 Email : eduardo2d@hotmail.com Contacto : Bernardo Moncayo Herrera |

EMPRESAS RECICLADORAS DE PET Y DE PLÁSTICOS A NIVEL MUNDIAL

| REGIÓN | PAÍS | ACTIVIDAD | EMPRESA | REFERENCIAS |
|-----------------------------------------------|-------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| AMERICA DEL NORTE | MEXICO | Compra y/o venta de plásticos reciclados (reciclador y/o distribuidor de materiales plásticos). | Recuperadora de Plásticos "Joandian" | Margaritas N°9 Col. la Negraeta , Corregidora 76925 Queretaro Queretaro Mexico Telf : 0142-2 -25-27-95 Fax : 0142-2-25-27-95 Email : joandian@prodigy.net.mx Contacto : Mauricio Bracho Loaeza |
| | | | R. P. & M. Enterprises, S. A. de C. V. | Gobernador Curiel #3323 Colonia Felipe Angeles 44990 Guadalajara Jalisco, Mexico Telf : 52-(3) 675-1412 Fax : 52-(3) 670-7284 Email : becerraruelas@rpmrecyclers.com URL : www.rpmrecyclers.com Contacto : Sr. Martín Becerra Ruelas. |
| | | | CyCOSA | Av. Tonalá # 40-A 45400 Tonalá Jalisco Mex. Telf : 52-3-6831898; Fax : 52-3-6834754 Email : cycosamx@hotmail.com Personas de contacto : Mauricio Gutierrez Montes y/o Rigoberto Escudero Herrera |
| | | | GPM Reciclados | Akumal 77506 Cancún Quintana Roo Telf : 998-820-1522 Email : gpmreciclados@glorem.com Persona de contacto : Raúl Reyes |
| | | Venta de PET, PVC y PE de alta y baja densidad post-consumo | Comercializadora ARSEKA, S.A de C.V. y RAGA, Const. Inmb. y Consultoria Integral, S.A de C.V. | 1ª Cda. de Fco. Sarabia N° 12, Col. El Molino, Del. Iztapalapa, México, D.F. C.P. 09830 Telf : 01(55)30594247 y 26521551 Fax : 01(951)5152696 Email : corderous@hotmail.com URL : gagr70@hotmail.com Persona de contacto : Juan Carlos Cordero, Gilberto García, Cesar Rocha |
| Ofrece molienda de PVC , PET y policarbonato. | Dargnet Plasticos | Cabo Finisterre 316 Gabriel Hernandez 07080 Mexico DF Telf : 26514152; Fax : 26514152 Email : vidal76@prodigy.net.mx Persona de contacto : Mª Teresa García Vidal | | |

EMPRESAS RECICLADORAS DE PET Y DE PLÁSTICOS A NIVEL MUNDIAL

| REGIÓN | PAÍS | ACTIVIDAD | EMPRESA | REFERENCIAS |
|----------------------------------|---------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| AMERICA DEL NORTE | MEXICO | Compra: desperdicios limpios de todo tipo de PE. Venta: peletizado de baja densidad para película, calibres gruesos y delgados. | Distribuidora de especialidades Plásticas | San Andres N°17 Col Porvenir Jiutepec Morelos Mexico Telf : (017773)14 29 61 Email : rbl_1975@yahoo.com Persona de contacto : Ramiro Barajas Lopez |
| | | Compra de plásticos post-industrial. Venta de plástico reciclado y resina virgen | Glezco Plásticos SA de CV | Independencia #111 - Pob. Lopez Cotilla 45615 Tlaquepaque Jalisco Mexico Telf: (5233) 36010188; Fax: (5233) 36011120 Email : horacio@glezcocorp.com URL: www.glezcocorp.com |
| | | Compramos PET en fardos/pacas | Grupo Simplex SA de CV | Ave. la Estanzuela 102 Col. Ant Estanzuela 64237 Monterrey Nuevo Leon Telf: 528181040400 EXT 115; Fax: EXT 112 Email : gmitre@gsimplex.com URL : www.gsimplex.com Persona de contacto : Gonzalo mitre |
| | | Reciclador de hules y plásticos | Hules y Plásticos de Mexico | Cihuatl No100 edif"b" 107. Col. Ricardo Flores Magon 09824 Mexico D.F Telf : 56462884 Email : lalomor@terra.com.mx Contacto : Eduardo Morales Mendez |
| | | Consumo de PET y HDPE. | Ingeniería y Servicios Mercantiles , S.A. de C.V | Moctezuma # 183 Cuitzeo CP 45965 Jalisco Telf : (52) 392 22288 Email : carlos_flores09700@yahoo.com Contacto : Carlos Flores Cervantes |
| | | Distribuimos plásticos para el reciclaje: PET, PE, PP | Javrix S.A. de C.V.v | Av. Paseo del Popocatepetl 35 Col. Arboledas de Guadalupe 72260 Puebla Telf : 222 2 35 41 12 Fax : 222 2 35 41 12 Email : jqcasti@avantel.net Contacto : Germán Campos Stivalet |
| | | Se Ofrece Polietileno de alta, ABS y PET entre otros | Mina recicladores | Luis e Erro No. 69 Cd. Satelite Naucalpan C.P. 53100 Edo. de Mexico Telf : 01 55 62 77 69; Fax : 01 58 08 16 61 Email : mina@contactomx.com Persona de contacto : Victor Mina |

EMPRESAS RECICLADORAS DE PET Y DE PLÁSTICOS A NIVEL MUNDIAL

| REGIÓN | PAÍS | ACTIVIDAD | EMPRESA | REFERENCIAS | |
|----------------------------------|---------------|--------------------------------------------------------------------|-------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| AMERICA DEL NORTE | MEXICO | Demando PET reciclado post-consumo y post-industrial Molido lavado | Nuga Polimeros | Blvd Hidalgo 716 Colonia El retiro Leon C.P. 37222 Guanajuato Mexico Telf : 7185513; Fax : 7173608 Email : abel282001@yahoo.com.mx Persona de contacto : Abel Nuñez | |
| | | Venta de plastico PET reciclado (extrusion) | Recicla | calle 59 # 595 por 76 y 78 Santiago Centro 97000 Mérida Yucatan México Telf : 0199-23-28-04; Fax: 0199-232804 Email : abelardoaguilar@hotmail.com Persona de contacto : Abelardo Aguiar | |
| | | Comercializador de PET residuos de botellas de refrescos. | Recycling Plastyc | Gijon 403 - 25107 Saltillo Coahuila Mexico Telf/Fax : 0184321041 Email : porto381@yahoo.com Persona de contacto : Cruz Porto Ramirez | |
| | USA | Reciclador o distribuidor de materiales plásticos | | Engineered Plastics Corporation | 420 Kenmore Boulevard 44301 Akron Ohio Telf : +1 330-376-7700 Email : info@epcakron.com URL : http://www.epcakron.com Contact person : James Rauh |
| | | | | Plastic Nation Inc | Boca Raton FL Telf : 561-482-9300 Email nathan@plasticrecyclers.com Contact Person : Nathan Seskin |
| | | | | Plastic Revolutions, Inc | 103 W Harrison Street P.O. Box 1616 27323-1616 Reidsville NC USA Telf : (336) 349-2800 Fax : (336) 349-2818 Email edhandy@plasticrevolutions.com Direccion: http://www.plasticrevolutions.com Contacto : Ed Handy |
| | | | | Commercial Plastics Recycling, Inc. | 1212 N. 39th Street, Suite 109 33605 Tampa Florida U.S.A. Telf: (813) 248-4212; Fax: (813) 248-5634 Mail: alfonsol@cprinc.net Persona de contacto : Alfonso E. Larrea |

EMPRESAS RECICLADORAS DE PET Y DE PLÁSTICOS A NIVEL MUNDIAL

| REGION | PAIS | ACTIVIDAD | EMPRESA | REFERENCIAS |
|--------------------------------------------------------------|--------------------|-----------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| AMERICA DEL NORTE | USA | Venta de resinas plasticas prime/virgen y fuera de grado. | Orion International (USA) | Richmond, Virginia Tel: (804) 967-9422; Fax: (804) 967-9466 E-mail: orion3@ix.netcom.com Persona de contacto : Javier Donado |
| | CANADA | Reciclador y distribuidor de materiales plásticos | Haycore Canada | 822 Halpern Dorval QC Canada C.P H9B 1V1 Telf : 514-636-3610 Fax : 514-636-2053 Email : paul@haycore.com URL : www.haycore.com Persona de contacto : Paul Bonneau |
| CENTRO AMÉRICA | PANAMÁ | Compañía dedicada al reciclaje de plásticos y otros. | RE.C.S.A INC | Cia. Dedicada al reciclaje 320054 Colon , República de Panama Telf : (507) 615 - 4160 Fax : (507) 430 - 5117 Email : jcampos@intermare.com.pa |
| | PUERTO RICO | Plásticos reciclados post industriales, LdpeFim. Hdep Soplado y otros | U.S. Recycling INC | Carr. 712 Barrio la Ploena 00751 Salinas P.R US State Telf : 787-824-5717 Fax : 787-824-4163 Email : usrecycling@aol.com Persona de contacto : Ismael Lopez Rivera |
| | CUBA | Comercializadora de productos plásticos reciclados. | Desequip Import - Export | Via Blanca y Linea de Ferrocarril - San Miguel del Padrón Habana C. Habana Cuba Telf : 951055/951056/950942/ Fax : 951054 Email : DAYAERNES@YAHOO.ES Contacto : Ernesto Gonzalez Acosta |
| | GUATEMALA | Compra y venta de LDPE, HDPE, PET, PP. | Ecoplast, S.A. | 14 Calle 4-57 zona 12 Ciudad de Guatemala, Guatemala Telf : (502) 473-2126; Fax : (502) 473-2005 Email : ecoplast@guate.net Persona de contacto : Ernesto Gil |
| Comercializadora de resinas plasticas recicladas y virgenes. | | Proceplast | 18c.16-35 zona11 0011 Guatemala Telf : (502)515-4651; Fax: (502)473-2873 Email : proceplas@terra.com.gt | |

EMPRESAS RECICLADORAS DE PET Y DE PLÁSTICOS A NIVEL MUNDIAL

| REGIÓN | PAIS | ACTIVIDAD | EMPRESA | REFERENCIAS |
|-----------------------|-----------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| CENTRO AMÉRICA | REPÚBLICA DOMINICANA | Compra y venta de resinas recicladas. | Omni Internacional, S.A. | Carretera La Isabela #20, Cuesta Hermosa II Santo Domingo República Dominicana Telf : (809) 566-3229; Fax : (809) 565-4615 Email : omni_internacional@hotmail.com |
| | | recolectar grandes cantidades de plasticos postconsumer,pet y hdep | Scrapdominican | Calle 13 #31 Gurabo Santiago Santiago Dominican Republic Telf : 809-736-8023; Fax: 809-587-5451 Email : scrapdominican@yahoo.com Persona de contacto : Ronny Nuñez |
| SUR AMERICA | COLOMBIA | Compramos toda clase de materiales plasticos recuperados y residuos industriales | Andria Logística Ltda | Calle 145 No. 23 - 06 Of. 204 Bogotá Cundinamarca Colombia Telf : 6268604 - 6143517 Email : vezid.quintero@andrialogistica.com |
| | | Reciclador y/o distribuidor de materiales plásticos | Cycosa Colombia | Calle 28 N #6 n 81 piso 2 33520 Cali Valle Telf : 57-92-6671474/90 FAX : 57-92-6671469 Email : cargutmon@hotmail.com Persona de contacto : Carlos Alberto Gutierrez y/o Guillermo Gutierrez |
| | | | Ecoplast Ltda | Crespo Cra 4TA. # 67-92 Cartagena Bolivar Telf : 6561201 Email : jvillanueva@hotmail.com Persona de Contacto : Jorge Villanueva |
| | | | ERT Industrias Plásticas | Calle 17 No. 8 – 18 Barrio San Nicolas Cali Valle Colombia Telf : 888-1479 Email : ivonnep@agecoldex.com.co Persona de contacto : Erick Ramirez |
| | | | Reciclar | Cra 16 N. 27-10 Barrio San Nicolas. Pereira Telf : 6-3361228 o 6-3266917 Email : jcrios@interco.net Contacto : Juan Carlos Rios Correa |
| | | | Reciclar E.A.T. | Empresa Asociativa de Trabajo - Calle 36A # 42-108 Palmira Valle del Cauca 57 Colombia Telf : 092-2715966; Fax : 092-2699000 Email : nacho1032@hotmail.com |

EMPRESAS RECICLADORAS DE PET Y DE PLÁSTICOS A NIVEL MUNDIAL

| REGIÓN | PAÍS | ACTIVIDAD | EMPRESA | REFERENCIAS |
|------------------------|-----------------|--------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| SUR AMERICA | COLOMBIA | Reciclador y/o distribuidor de materiales plásticos | Reinplas Ltda | Cra. 19 No. 35-02 Oficina 322 Bucaramanga Sandander Colombia Telf : 6703918 - 6475973 Fax : 6703918 Telf : rosyps@hotmail.com Rosa Angelina Perez Sierra |
| | | Compra de policarbonato para proceso de extrusion. | Reciplast | Autop Sur 10-90 Bogota Cundinamarca Colombia Telf : 7771577 Fax : 2675525 Email : holmanstick@hotmail.com Persona de contacto : Holman Rodriguez |
| | | Comercialización nacional e internacional de PET, PVC y Polietileno. | Tecnogaia | K 37B 4-57 BL 12 OF. 204 Puente Aranda Bogota D.C. Colombia Telf : 057-1-3600390 Fax : 057-1-2084334 Email : noniesvida@colombia.com Persona de contacto : Jose Cubillos Ortiz |
| | ECUADOR | Compra y venta de PET, Servicios de moliendas | RESUDA S.A. | Urdenor AV. Ppal. MZ 204 V-14 Guayaquil Guayas Ecuador Telf : 593-9-484104/ 9-611064 Fax: 593-4-381104 Email : resuda_cl@yahoo.com / r_rchile@yahoo.com Persona de contacto : Jorge Luis Romero |
| | | Sistema de reciclaje de plásticos y otros. | Servitem Sociedad Civil | Ferroviana Alta Calle Nariz del Diablo #685 Quito Pichincha Ecuador Telf : 646853; Fax : 646853 Email : servitemsc@andinanet.net URL : www.servitemsc.com |
| | CHILE | Compra venta de excedentes industriales. Reciclados plasticos. Materias primas | Geotal | San Alfonso 1515 Santiago Santiago Chile Telf : 56-2-6837946 Fax : 56-2-6837946 Email : geotal@entelchile.net URL : http://geotal.hypermart.n Persona de contacto : Italo Ponce C. |

EMPRESAS RECICLADORAS DE PET Y DE PLÁSTICOS A NIVEL MUNDIAL

| REGIÓN | PAIS | ACTIVIDAD | EMPRESA | REFERENCIAS |
|------------------------|------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| SUR AMERICA | CHILE | Empresa recicladora de plasticos | Plasticos Procesa | Loteo Ind el Alamo Parcela 6 Lampa Santiago Region Metropolitana Chile Telf/Fax : 56-2-8427005 Email : resicla@ctcinternet.cl Persona de contacto : Adan Lizama |
| | | Empresa Lider en recuperación y exportación de materias primas plásticas recicladas. | Reciclajes Industriales de América S.A. | Volcán Lascar Poniente No. 770 Santiago Pudahuel Chile Telf : 56-2-9493517 Fax : 56-2-9493508 Email : ryrreciclaje@hotmail.com |
| | ARGENTINA | Compra de todo tipo de plástico. | Smart Trading Argentina | Libertador 468 1426 Buenos Aires Capital Telf : 541144065400 Fax : 541147764035 Email : gros@fibertel.com.ar Persona de contacto : Lucas Gros |
| | VENEZUELA | Distribuidores de preformas para el soplado de botellas de PET | Linea Uno C.A. | Calle Los Cedros #6 El Castaño. 2102 Maracay Aragua Venezuela Telf : 005843 412937 Fax: 005843 412937 Email: petconsult@hotmail.com Persona de contacto : Roberto Maldonado |
| | | Reciclador o distribuidor de materiales plásticos | Tuberplas | Ub. Las Dalias n. 29 La Grita Tachira Venezuela Telf : 0414-7060483 Email : transmedical35@hotmail.co |
| | PARAGUAY | recuperación del todo tipo de plásticos. Contamos mensualmente con 120 ton/mes de PET molido y limpio | Reciclajes del Paraguay S.A | Boggiani 7430 - Asunción Central Paraguay Telf : 595 21 504739 Fax : 595 21 504740 Email : rpicg@quanta.com.py Persona de contacto : Carolina López |
| | BRASIL | Compro Garrafas PET enfardadas em grande quantidade | Braazpet Reciclagem LTDA. | Rua Iris Meimberg, nº 200 - Bairro Barro BrancoCotia - São Paulo - Brasil - CEP. 06705-150 Fone (0xx.11) 4616.9030 ou 3495 Celular (0xx.11) 9711.3413 - Roberto Goncalves |

EMPRESAS RECICLADORAS DE PET Y DE PLÁSTICOS A NIVEL MUNDIAL

| REGIÓN | PAÍS | ACTIVIDAD | EMPRESA | REFERENCIAS |
|------------------------|------------------|----------------------------------------|-----------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| SUR AMERICA | BRASIL | Recicladores de PET | Td&co Reciclagem de Termoplasticos Ltda | Rua Gaspar de lemos 209 Santo Andre São Paulo C.P.09170-040 Telf : 055114971 8027 Fax : 0551149721506 mail: td@uol.com.br carlosgimenez@ajato.com.br Persona de contacto : Carlos Gimenez |
| | BOLIVIA | Empresa recicladora de PET peletizado. | Plasgar | León de la Barra 539 - La Paz - Bolivia Telf : 822952 Email : plasgar@bolivia.com Persona de contacto : Grover Tenorio |
| OCEANÍA | AUSTRALIA | Compradores de plásticos reciclados. | Louey Hay Trading Pty Ltd | 3 Dight Ave North Balwyn - Melbourne, VIC, Australia 3104 Tel: 9859 3510; Fax: 9859 0368 Email : shazaa@hotmail.com |

EMPRESAS RECICLADORAS DE PET Y DE PLÁSTICOS A NIVEL MUNDIAL

PARTICIPACIÓN DE LAS EMPRESAS RECICLADORAS POR REGIÓN

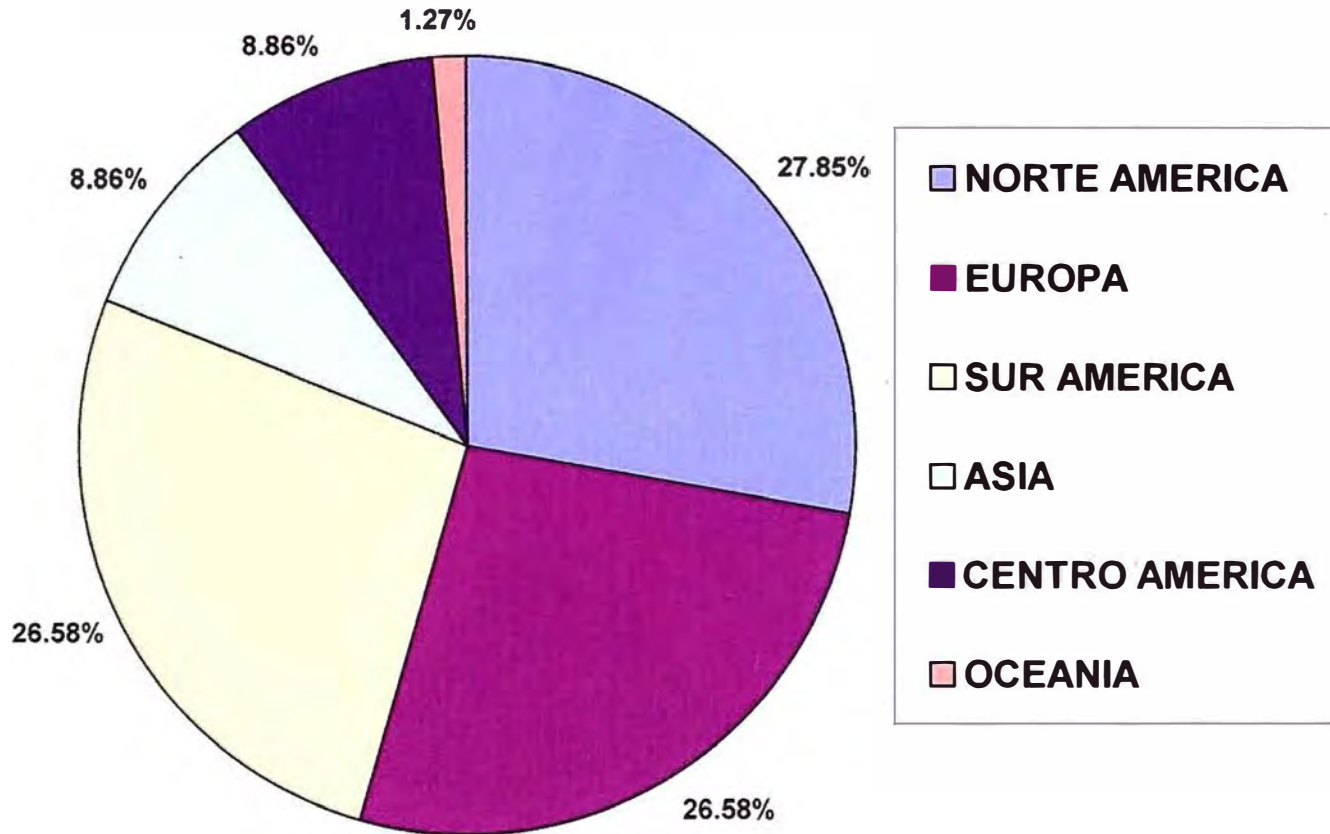


Gráfico 3.A.1

EMPRESAS RECICLADORAS DE PET Y DE PLÁSTICOS A NIVEL MUNDIAL

PARTICIPACIÓN DE LAS EMPRESAS LÍDERES A NIVEL MUNDIAL

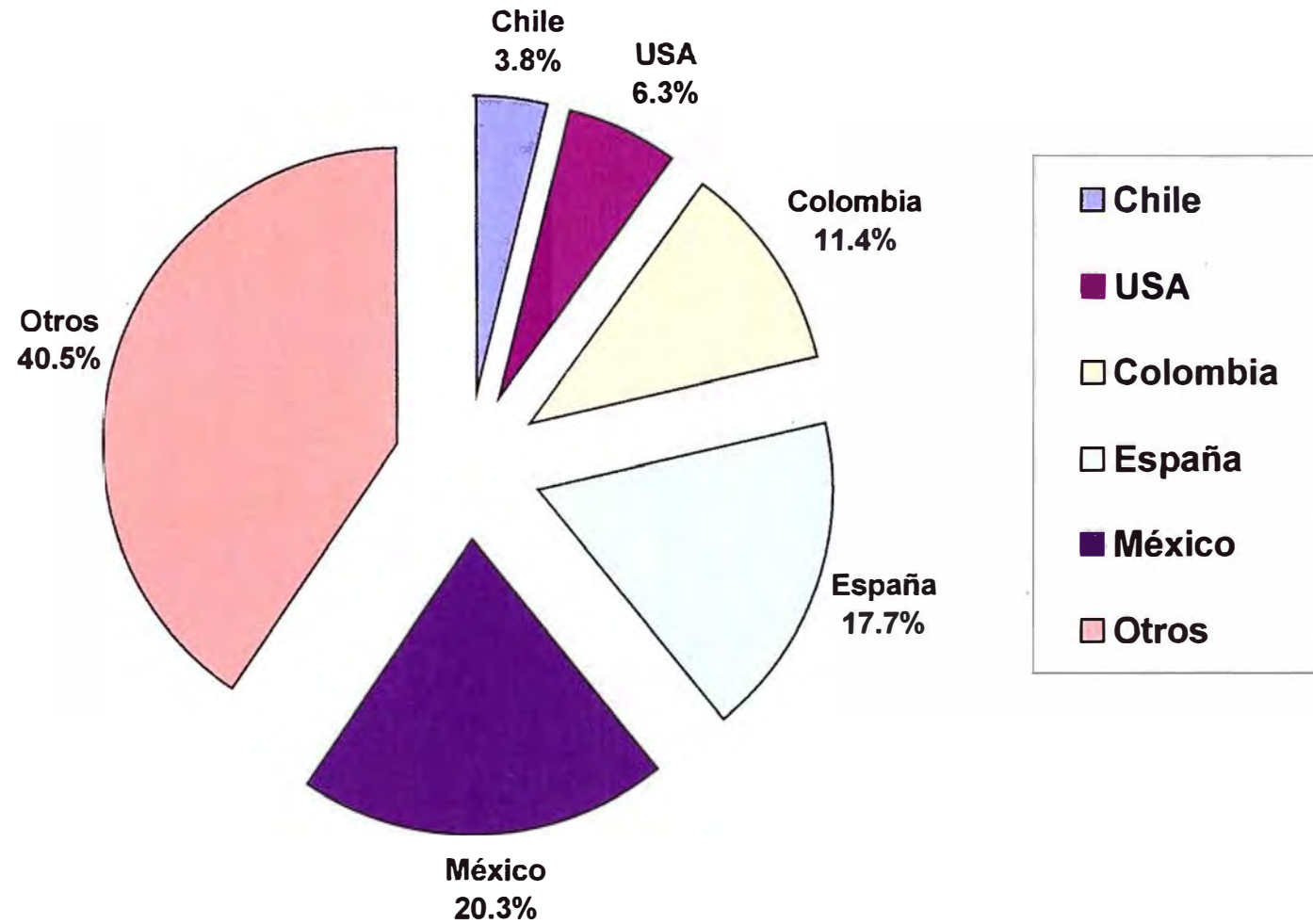


Gráfico 3.A.2

Anexo 3.5

RECICLADO QUÍMICO – METANÓLISIS: PROCESO PETRETEC

Tecnología de Regeneración de Poliéster: El Proceso Petretec

La empresa Dupont tiene una larga historia en el reciclado de plásticos. Fueron los primeros en reprocesar mecánicamente el PET comenzando en 1988.

Enfocados en el problema del reciclado del PET, Dupont desarrolló cuatro objetivos, los cuales fueron:

- Evitar el vertido de los materiales de desecho de poliéster.
- Aumentar el conocimiento del aspecto positivo de los materiales de poliéster al público.
- Reducir el consumo general de los derivados del petróleo.
- Mantener el valor químico del poliéster.

Para lograr estos objetivos Dupont desarrolló una tecnología de reciclado completamente nueva. A este proceso se le conoce como Tecnología de Regeneración del Poliéster (Petretec). La compañía invirtió 12 millones de dólares en transformar una planta existente para operar con la nueva tecnología de recuperación. El proceso Petretec puede tratar films de poliéster, fibras y plásticos con niveles de contaminantes muchos mayores que los aceptados en el reciclado mecánico como material reciclable. El proceso Petretec utiliza reacciones químicas basadas esencialmente en "descondensar" las moléculas de poliéster.

El proceso Petretec comienza con la determinación de los niveles de contaminantes en el PET de desecho. Cualquier PET que contenga metales, tintes u otros materiales que interferirían en el reciclado son separados y destinados al reciclado mecánico, vertido o incineración. El PET remanente se disuelve en

DMT a temperaturas por encima de los 220 °C, formándose una disolución de desecho de PET en DMT. En una reacción de transesterificación despolimerizante, el PET reacciona con metanol para producir los monómeros originales del polímero. La reacción se lleva a cabo a escala industrial en un reactor de metanólisis a 260-300 °C, y una presión de 340-650 kPa.

Del reactor de metanólisis, el DMT y el etilen glicol (EG), mezclados con un exceso de metanol, pasan a través de una columna de eliminación de metanol. El metanol eliminado de esta manera se recicla en el proceso. El DMT y el EG forman un azeótropo que impide su separación por destilación. Para conseguir esto, los químicos de la Dupont añaden p-toluato de metilo (MPT) en este punto del proceso Petretec. Con ello se forma un azeótropo de MPT y EG, que permite la separación del DMT de los otros dos componentes. El destilado MPT/EG forma una solución de dos capas. La superior está enriquecida con MPT y puede reciclarse en el proceso. El DMT sigue una destilación fraccionada para aumentar su pureza. Este proceso se refleja en el Diagrama 3.5.1.

La enorme ventaja de esto, es que se reproducen monómeros idénticos a aquellos empleados como material de partida en la reacción de polimerización. Por consiguiente, no existen límites en los usos del PET hecho a partir de ellos. Esto supone una reducción en la dependencia de los productos petroquímicos para la producción. Dupont desarrolla el proceso Petretec en su instalación situada en Cape Fear en Carolina del Norte. La planta tiene una capacidad de procesado de 100 millones de libras al año.

Proceso Dupont - Tecnología de Regeneración del Poliéster (Petretec)

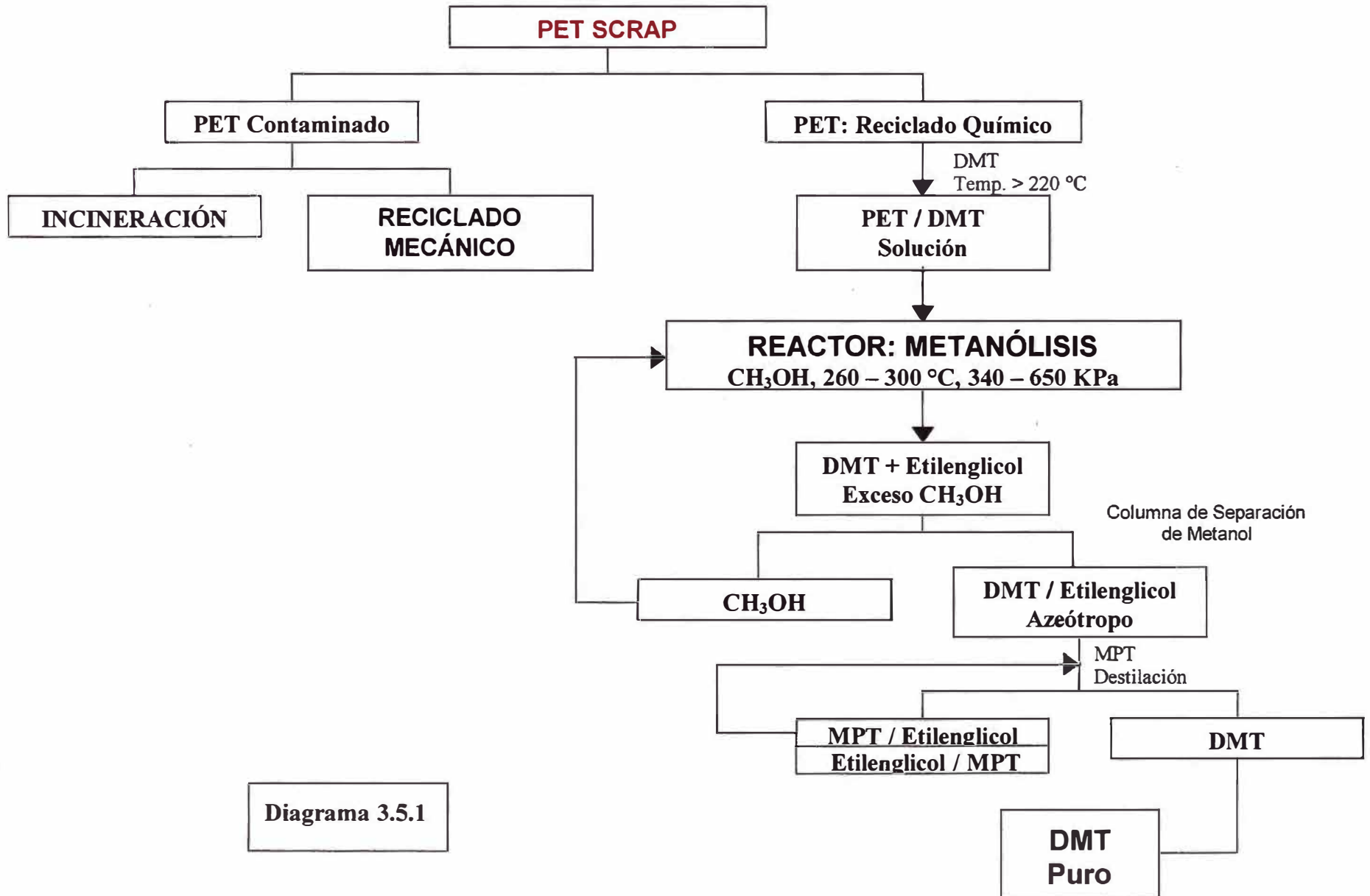


Diagrama 3.5.1

Anexo 3.6

RELACIÓN DE LOS PRINCIPALES PLÁSTICOS Y ADITIVOS EN AQUELLAS EMPRESAS QUE PARTICIPAN EN EL ÍNDICE DEL VOLUMEN FÍSICO EN LA FABRICACIÓN DE PRODUCTOS PLÁSTICOS

| 2 0 0 2 | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------------|------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|---------------------|------------------|
| DESCRIPCION | U.M. | ENERO | FEBRERO | MARZO | ABRIL | M | E | S | E | S | SEPTIEMBR | OCTUBRE | NOVIEMBR | DICIEMBR | (ENERO - DICIEMBRE) | % Partici pación |
| 01. Polietileno | KG | 1,827,767.6 | 2,336,706.0 | 2,335,706.1 | 2,637,356.0 | 2,421,947.5 | 2,207,371.1 | 2,207,934.0 | 2,257,907.5 | 2,115,474.9 | 2,423,210.8 | 2,505,971.1 | 2,212,980.6 | 27,490,333.1 | 19.67% | |
| 02. Poliestireno | KG | 241,454.1 | 215,871.5 | 163,224.0 | 131,586.9 | 191,835.5 | 166,936.8 | 157,597.0 | 172,241.0 | 116,627.5 | 138,495.0 | 249,673.5 | 196,204.0 | 2,141,746.8 | 1.53% | |
| 03. Polipropileno | KG | 2,191,950.6 | 1,979,619.3 | 2,174,558.1 | 2,543,846.3 | 2,570,565.2 | 2,403,559.5 | 2,507,868.9 | 2,594,840.5 | 2,600,674.5 | 2,567,941.6 | 2,234,266.2 | 2,114,052.7 | 28,483,743.3 | 20.38% | |
| 04. P.V.C. | KG | 2,096,078.2 | 2,203,928.8 | 1,773,991.0 | 1,992,700.5 | 1,913,169.1 | 1,833,063.4 | 1,873,480.4 | 1,727,357.3 | 2,142,838.3 | 2,161,751.4 | 2,069,272.5 | 1,675,299.0 | 23,462,929.9 | 16.78% | |
| 05. Plastificantes D.O.P. | KG | 128,939.0 | 209,788.0 | 129,935.0 | 178,661.0 | 125,819.0 | 142,910.0 | 125,064.0 | 131,551.0 | 148,965.0 | 193,047.0 | 202,332.0 | 174,507.0 | 1,891,518.0 | 1.35% | |
| 06. Masterbatch | KG | 71,342.0 | 76,379.6 | 77,564.5 | 94,404.9 | 97,733.5 | 97,165.4 | 102,467.0 | 94,255.9 | 95,690.3 | 85,627.9 | 100,486.5 | 80,799.3 | 1,073,916.7 | 0.77% | |
| 07. Sulfato Tribásico de Plomo | KG | 2,590.5 | 1,194.9 | 1,855.0 | 2,841.2 | 1,030.0 | 1,574.0 | 2,197.1 | 1,930.4 | 2,687.5 | 2,510.3 | 2,600.5 | 2,205.2 | 25,016.5 | 0.02% | |
| 08. Resina Pet para Envases | KG | 4,699,001.8 | 4,155,378.9 | 4,802,717.4 | 4,660,867.4 | 4,525,560.4 | 4,188,425.8 | 4,795,205.5 | 4,108,298.6 | 4,121,448.9 | 4,880,492.8 | 4,904,388.1 | 5,381,443.0 | 55,223,228.7 | 39.50% | |

EMPRESAS

Alicorp S.A. (4,8) (Paralizada desde Febrero 2002)
 Alusud Perú S.A. (3,6,8) (Producción desde Enero 96)
 Amanco del Perú S.A. (1,4) (Absorbe a Interquímica S.A. desde Noviembre 99) (Producción desde Enero 96)
 Artesco S.A. (2,3,4,6)
 Bakelita y Anexos S.A. (1,2,3) (Paralizada desde Junio 2002)
 Compañía Peruana de Envases S.A. (1,3) (Paralizada desde Noviembre 99)
 Corporación de Industrias Plásticas S.A. (1,2,4,5,8)
 Corporación Inca Sur S.A.C. (1,3) (Paralizada desde Setiembre 2001) (Ex-Duraplast S.A. desde Octubre 2000)
 Corporación J.R. Lindley S.A. (8) (Producción desde Enero 98)
 Embotelladora Caplina S.A. (4) (Paralizada desde Marzo 2001)
 Envases Colapsibles del Perú S.A. (1,3) (Producción desde Enero 2000)
 Fábrica Peruana Etermit S.A. (1) (Producción desde Enero 98)
 Productos Favel S.A. (1,2,4,6) (Planta comprada a Glacesa S.A. desde Enero 2002) (Producción de Glacesa S.A. desde Enero 1996)
 Flexo Plast S.A. (1,3)
 Idiesia Artículos Plásticos S.A. (1,2,3,4,6)
 Industrias del Envase S.A. (1,2,3,6)
 Industrias Incorporadas S.A. (8) (Paralizada desde Julio 97)
 Industrias Santa María S.A. (4,5)
 Interquímica S.A. (1,4,5,7) (Absorvida por Amanco del Perú S.A. desde Noviembre 99)
 Jafe S.A. (1,3)
 Nicoll Eterplast S.A. (4)
 Norsac S.A. (1,3,6)
 Packaging Products del Perú S.A. (4,5) (Ex-Crown Cork del Perú S.A. desde Julio 2001)
 Peruplast S.A. (1,3,6)
 Pet Products Intematinal del Perú S.A. (8) (Producción desde Enero 99)
 Pisopak Perú S.A.C. (4,5)
 Planinsa S.A. (4,5) (Paralizada desde Setiembre 99)
 Plástica S.A. (1,2,4,5,7)
 Plásticos Fort S.A. (4) (Paralizada desde Agosto 2000)
 Policel del Perú S.A. (1,3,6)
 Polísacos S.A. (3,6)
 Productos Paraíso del Perú S.A.C. (1,6)
 Productos Plásticos Industriales Inca S.A. (1,2,3,4)
 Productos Plásticos S.A. (1,4,5,7)
 Reicolite Peruana S.A. (1,2,3,4)
 Sacos del Pacífico S.A. (1,3,6) (Paralizada desde Enero 99)
 Sacos del Sur S.A. (1,3,6)
 Sacos Pisco S.A. (1,3,6)
 San Miguel Industrial S.A. (8) (Producción desde Enero 96)
 Schmalbach Lubeca P.C. del Perú S.A. (8) (Producción desde Enero 99)
 Surpack S.A. (3,6)
 Tech Pak S.A. (1,3,6) (Ex-Polifilm S.A. desde Setiembre 95)
 Técnica Comercial Peruana S.A. (1,4) (Paralizada desde Abril 2000)
 Tuboplast S.A. (1,4)
 Viplastic Perú S.A. (1,3,4)

ANEXO 4
DISEÑO DE EQUIPOS

Contiene:

Balance de Materia
Diseño de Equipos

BALANCE DE MATERIA

Se tiene = **42.19** Kg/h de insumo.

Leyenda = **FX-Y**

Donde: **F** = Indica Flujo, en Kg/hr
X = Indica el número de flujo, según el diagrama descrito.
Y = Indica el componente a tratar, teniendo:

- 1 = Componente PET
- 2 = Componente PP
- 3 = Componente Etiqueta
- 4 = Componente Agua
- 5 = Componente

BALANCE I

Consideración: alrededor del 5% del material que es colocado en la faja, se cae.

Material caído = **5.00%**

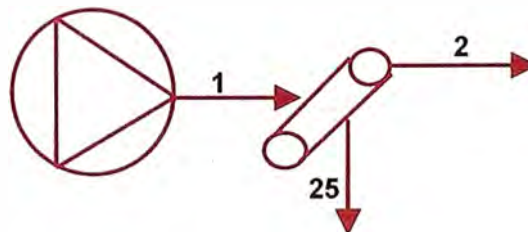
| | |
|-------------|---------------|
| F1 | 44.30 |
| F25 | 2.11 |
| F2 | 42.19 |
| X1-1 | 0.9131 |
| X1-2 | 0.0691 |
| X1-3 | 0.0178 |
| X25-1 | 0.9131 |
| X25-2 | 0.0691 |
| X25-3 | 0.0178 |
| X2-1 | 0.9131 |
| X2-2 | 0.0691 |
| X2-3 | 0.0178 |

$$F1 = F25 + F2$$

$$X1-1(F1) = X25-1(F25) + X2-1(F2)$$

$$X1-2(F1) = X25-2(F25) + X2-2(F2)$$

$$X1-3(F1) = X25-3(F25) + X2-3(F2)$$



BALANCE II

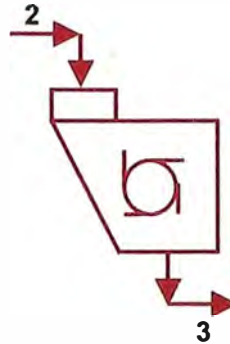
| | |
|------|--------|
| F2 | 42.190 |
| F3 | 42.190 |
| X2-1 | 0.9131 |
| X2-2 | 0.0691 |
| X2-3 | 0.0178 |
| X3-1 | 0.9131 |
| X3-2 | 0.0691 |
| X3-3 | 0.0178 |

$$F2 = F3$$

$$X2-1(F2) = X3-1(F3)$$

$$X2-2(F2) = X3-2(F3)$$

$$X2-3(F2) = X3-3(F3)$$



BALANCE III

De la muestra tomada del flujo 4 encontramos que cerca del 1% de PET del F3, es eliminado en el F4, cerca del 1% del PP en el F3, e, y alrededor del 50% de las etiquetas del F3, es eliminado en el F4.

| | % Eliminado |
|-----------|-------------|
| PET | 1.0% |
| PP | 1.0% |
| ETIQUETAS | 50.0% |

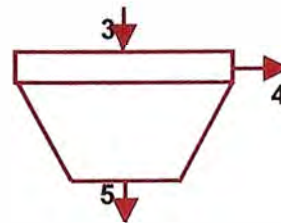
| | |
|------|---------------|
| F3 | 42.19 |
| F4 | 0.79 |
| F5 | 41.40 |
| X3-1 | 0.9131 |
| X3-2 | 0.0691 |
| X3-3 | 0.0178 |
| X4-1 | 0.4874 |
| X4-2 | 0.0369 |
| X4-3 | 0.4758 |
| X5-1 | 0.9212 |
| X5-2 | 0.0697 |
| X5-3 | 0.0091 |

$$F3 = F4 + F5$$

$$X3-1(F3) = X4-1(F4) + X5-1(F5)$$

$$X3-2(F3) = X4-2(F4) + X5-2(F5)$$

$$X3-3(F3) = X4-3(F4) + X5-3(F5)$$



BALANCE IV

- 1.- De las pruebas tomadas, se está considerando una humedad residual del 20% en las salidas del F8 y F6, según las pruebas hechas de humedad.
- 2.- Inicialmente la tina está lo suficientemente llena para realizar la operación, y se considera el F7 como reposición de la humedad (para facilitar el B.M.).
- 3.- De las pruebas tomadas, mínimo el 98% del PET es recuperado en el F6 y máximo hay un arrastre del 5% de etiquetas en el F6.

| | |
|------------------|-------|
| Humedad = | 20.0% |
| PET recuperado = | 98.0% |
| PP arrastre | 5.0% |

| | |
|------|---------------|
| F5 | 41.40 |
| F7 | 10.35 |
| F6 | 46.90 |
| F8 | 4.85 |
| X5-1 | 0.9212 |
| X5-2 | 0.0697 |
| X5-3 | 0.0091 |
| X5-4 | 0.0000 |
| X7-1 | 0.0000 |
| X7-2 | 0.0000 |
| X7-3 | 0.0000 |
| X7-4 | 1.0000 |
| X6-1 | 0.7969 |
| X6-2 | 0.0031 |
| X6-3 | 0.0000 |
| X6-4 | 0.2000 |
| X8-1 | 0.1573 |
| X8-2 | 0.5652 |
| X8-3 | 0.0775 |
| X8-4 | 0.2000 |

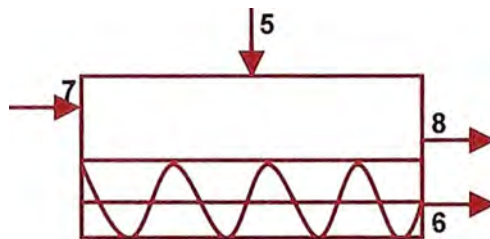
$$F5 + F7 = F6 + F8$$

$$X5-1(F5) + X7-1(F7) = X6-1(F6) + X8-1(F8)$$

$$X5-2(F5) + X7-2(F7) = X6-2(F6) + X8-2(F8)$$

$$X5-3(F5) + X7-3(F7) = X6-3(F6) + X8-3(F8)$$

$$X5-4(F5) + X7-4(F7) = X6-4(F6) + X8-4(F8)$$



BALANCE V

1.- De las pruebas tomadas, máximo el 1% del PET y el 1% del PP es retenido en la lavadora, considerando así que esta cantidad es eliminada en el F10.

| | % Eliminado |
|-----|-------------|
| PET | 1.00% |
| PP | 1.00% |

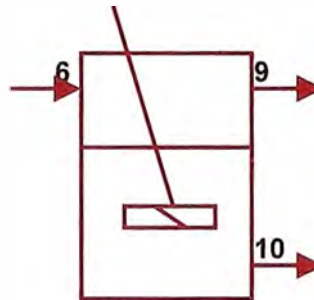
| | |
|-------|---------------|
| F6 | 46.90 |
| F9 | 46.43 |
| F10 | 0.47 |
| X6-1 | 0.7969 |
| X6-2 | 0.0031 |
| X6-4 | 0.2000 |
| X9-1 | 0.7969 |
| X9-2 | 0.0031 |
| X9-4 | 0.2000 |
| X10-1 | 0.7969 |
| X10-2 | 0.0031 |
| X10-4 | 0.2000 |

$$F6 = F9 + F10$$

$$X6-1(F6) = X9-1(F9) + X10-1(F10)$$

$$X6-2(F6) = X9-2(F9) + X10-2(F10)$$

$$X6-4(F6) = X9-4(F9) + X10-4(F10)$$



BALANCE VI

1.- De las pruebas tomadas, máximo el 1% del PET y mínimo el 95% del PP del F9 es eliminada en el F12.

| | % Eliminado |
|-----|-------------|
| PET | 1.0% |
| PP | 95.0% |

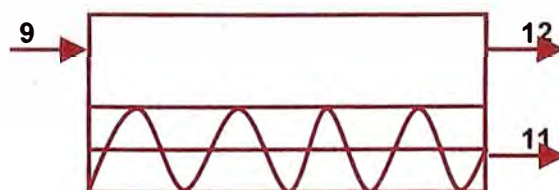
| | |
|-------|---------------|
| F9 | 46.43 |
| F11 | 45.80 |
| F12 | 0.63 |
| X9-1 | 0.7969 |
| X9-2 | 0.0031 |
| X9-4 | 0.2000 |
| X11-1 | 0.7998 |
| X11-2 | 0.0002 |
| X11-4 | 0.2000 |
| X12-1 | 0.5853 |
| X12-2 | 0.2147 |
| X12-4 | 0.2000 |

$$F9 = F11 + F12$$

$$X9-1(F9) = X12-1(F12) + X11-1(F11)$$

$$X9-2(F9) = X12-2(F12) + X11-2(F11)$$

$$X9-4(F9) = X12-4(F12) + X11-4(F11)$$



BALANCE VII

- 1.- Se diseñará una centrifuga que elimine la humedad superficial, para que de como máximo 4% de humedad en la salida de la centrifuga.

Humedad = 4.0%

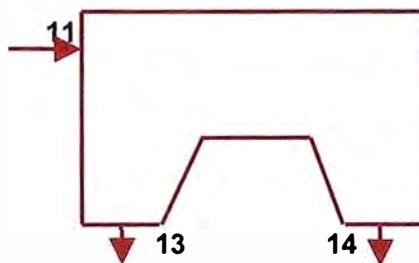
| | |
|-------|---------------|
| F11 | 45.80 |
| F13 | 7.63 |
| F14 | 38.17 |
| X11-1 | 0.7998 |
| X11-2 | 0.0002 |
| X11-4 | 0.2000 |
| X13-1 | 0.0000 |
| X13-2 | 0.0000 |
| X13-4 | 1.0000 |
| X14-1 | 0.9598 |
| X14-2 | 0.0002 |
| X14-4 | 0.0400 |

$$F11 = F13 + F14$$

$$X11-1(F11) = X13-1(F13) + X14-1(F14)$$

$$X11-2(F11) = X13-2(F13) + X14-2(F14)$$

$$X11-4(F11) = X13-4(F13) + X14-4(F14)$$



BALANCE VIII

- 1.- Las consideraciones tomadas para el balance de masa del secador, se toman a partir de las condiciones atmosféricas, del flujo de aire, etc. Los detalles del balance másico, están en la hoja **Secador**.
- 2.- Se requiere que el material que sale del secador deba de tener una humedad máxima el 0.5%.

Humedad = 0.50%

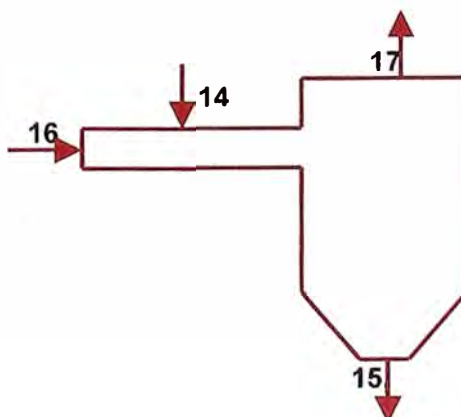
| | |
|-------|---------------|
| F14 | 38.17 |
| F16 | 242.35 |
| F17 | 243.70 |
| F15 | 36.82 |
| X14-1 | 0.9598 |
| X14-2 | 0.0002 |
| X14-4 | 0.0400 |
| X16-1 | 0.0000 |
| X16-2 | 0.0000 |
| X16-4 | 1.0000 |
| X17-1 | 0.0000 |
| X17-2 | 0.0000 |
| X17-4 | 1.0000 |
| X15-1 | 0.9948 |
| X15-2 | 0.0002 |
| X15-4 | 0.0050 |

$$F14 + F16 = F15 + F17$$

$$X14-1(F14) + X16-1(F16) = X15-1(F15) + X17-1(F17)$$

$$X14-2(F14) + X16-2(F16) = X15-2(F15) + X17-2(F17)$$

$$X14-4(F14) + X16-4(F16) = X15-4(F15) + X17-4(F17)$$



BALANCE IX

1.- De las datos tomados, se obtiene como máximo que un 5% del F15, es llevada en la corriente F19.

$$\text{Arrastre} = \boxed{5.00\%}$$

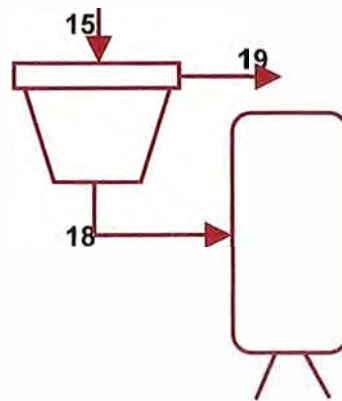
| | |
|-------|--------------|
| F15 | 36.82 |
| F19 | 1.84 |
| F18 | 34.98 |
| X15-1 | 0.9948 |
| X15-2 | 0.0002 |
| X15-4 | 0.0050 |
| X19-1 | 0.9948 |
| X19-2 | 0.0002 |
| X19-4 | 0.0050 |
| X18-1 | 0.9948 |
| X18-2 | 0.0002 |
| X18-4 | 0.0050 |

$$F15 = F19 + F18$$

$$X15-1(F15) = X19-1(F19) + X18-1(F18)$$

$$X15-2(F15) = X19-2(F19) + X18-2(F18)$$

$$X15-4(F15) = X19-4(F19) + X18-4(F18)$$



$$\text{Relación producto / insumo} = \boxed{0.8291}$$

COMPOSICIÓN DE LAS BOTELLAS DE PET A SEGREGAR

La composición de las botellas de PET, se determinará de la siguiente manera:

- 1° Separar de la botella PET, todo lo que no sea de dicho material, como la etiqueta, la tapa de PP y otros restos que llegan en la botella.
- 2° Seleccionar las botellas libres de otros componentes, en tres categorías: chico, mediano y grande.
- 3° Calcular el porcentaje de participación de dichas categorías:

Botella chica = 35%
 Botella mediana = 40%
 Botella grande = 25%

- 4° Calcular el peso promedio, según la categoría descrita.

Peso Promedio de botella chica = 25 grs.
 Peso Promedio de botella mediana = 55 grs.
 Peso Promedio de botella grande = 70 grs.

- 5° Calcular el peso promedio de la tapa de PP y de la etiqueta:

Peso de la tapa de PP = 3.1 grs.
 Peso de la etiqueta = 0.8 grs.

Con los datos anteriores podemos encontrar las relaciones mínimas y máximas probables entre el PET, PP y las etiquetas respecto a su peso, para luego ponderar y así obtener un valor promedio, que nos sirva como dato inicial en el Balance de masa.

| | Bot. Peq. | Bot. Med. | Bot. Gr. | Promedio |
|------------------|-----------|-----------|----------|----------|
| PET | 86.51% | 93.38% | 94.72% | 91.31% |
| PP | 10.73% | 5.26% | 4.19% | 6.91% |
| Etiquetas | 2.77% | 1.36% | 1.08% | 1.78% |

De la tabla se puede obtener la relación promedio en peso entre el PP y PET:

$$\text{Peso (PP / PET)} = 0.076$$

Con los datos señalados anteriormente, podemos obtener la densidad del material a transportar, el cual será necesarios para el diseño de la faja transportadora.

| Tipo de | Vol. Prom. | Peso Prom. | ρ (Kg./m ³) | % de | ρ TOTAL |
|---------------------|------------|------------|------------------------------|------|--------------|
| Bot. Chica | 0.5 | 25 | 50.0 | 35% | 38.0 |
| Bot. Mediana | 1.5 | 55 | 36.7 | 40% | |
| Bot. Grande | 3 | 70 | 23.3 | 25% | |

Consideración: se pudo apreciar mediante una corrida que el espacio vacío entre las botellas es realmente considerable, aproximadamente 60%, y su reducción depende de la velocidad de la faja y de la rapidez de alimentación del material hacia la faja, entonces:

$$\begin{aligned} \% \text{ Volumen de aire} &= 60\% \\ \rho_{\text{TOTAL}} (\text{Kg./m}^3) &= 15.2 \end{aligned}$$

ALMACÉN INICIAL

El Diseño del Área requerida para el almacenamiento inicial de las botellas de Pet requerirá tomar algunas asunciones para las características de almacenamiento

| | | |
|---------------------------------|---------------|-------------------|
| Altura del Material Acumulado = | 2 | m |
| Tiempo Acumulación = | 24 | h |
| Flujo requerido = | 50-500 | Kg/h |
| Densidad Promedio material = | 38 | Kg/m ³ |

Cálculo Área requerida Almacén Inicial

$$A = (Q)(Ta)/(Dens.)/(Alt)$$

Donde:

- A = Área Requerida (m²)
- Q = Flujo Másico (Kg/h)
- Ta = Tiempo Acumulación máxima (h)
- Dens = Densidad Material (kg/m³)
- Alt = Altura del Material Acumulado (m)

| Q (Kg/h) | A (m ²) |
|------------|---------------------|
| 42.19 | 13.3 |
| 50 | 15.8 |
| 100 | 31.6 |
| 150 | 47.4 |
| 200 | 63.2 |
| 250 | 78.9 |
| 300 | 94.7 |
| 350 | 110.5 |
| 400 | 126.3 |
| 450 | 142.1 |
| 500 | 157.9 |

Como se puede apreciar el área requerida al comienzo del proyecto es el mínimo.

Área del Almacén al final del proyecto = 160.0 m²

FAJA TRANSPORTADORA

Material a Transportar: Botellas plásticas de Pet con tapas de polipropileno y etiquetas; el volumen de las botellas, varía desde los 250 ml. Hasta los 3000 ml.

Trabajaremos para el Diseño con la siguiente fórmula para determinar la velocidad de la faja:

$$Q/\rho = (a)(h)(v)$$

Donde:

Q = Flujo Másico Necesario Kg/s
 ρ = Densidad del Material Kg/m³
 a = ancho del material en la fa m
 h = alto del material en la faja m
 v = Velocidad de la faja m/s

Datos Constantes de Diseño:

a = **0.4** m
 h = **0.1** m
 ρ = **15.2** Kg/m³

| Q (Kg/h) | v (m/s) |
|--------------|---------------|
| 44.30 | 0.0304 |
| 100 | 0.0685 |
| 150 | 0.1028 |
| 200 | 0.1371 |
| 250 | 0.1713 |
| 300 | 0.2056 |
| 350 | 0.2399 |
| 400 | 0.2741 |
| 450 | 0.3084 |
| 500 | 0.3427 |

Por lo tanto las características de diseño, según el rango de flujo a tratar son:

Longitud Banda Transportadora: **4** m
 Ancho Banda transportadora **0.5** m
 Material Banda Transportadora **Jebe**

Material de la Banda Transportadora: por las características físicas y químicas del PET, utilizar una estructura de Acero con Faja de Caucho, tipo jebe.

La alimentación de la banda se encontrará a 80cm del nivel del suelo (medida óptima que le permite al operario realizar el trabajo sin dificultades).

La pendiente de la faja será función de la altura del molino (ver diseño del molino):

Altura del molino = **1.4** m.
 tura de seguridad = **15** cm.
 Angulo = **23.0** grados

La potencia requerida para impulsar un transportador de banda, tiene cuatro componentes:

- La potencia para impulsar la banda en vacío.
- Para desplazar la banda en contra de la fricción de las partes giratorias.
- Para elevar la carga.
- Para vencer la inercia al poner el material en movimiento.

En este caso, se está hablando de velocidades de operación reducidas, además el material que se está transportando es de densidad baja, entonces la potencia asignada por estos parámetros es casi nula, incluso cuando se trabaja con la máxima velocidad de operación.

Debido a que en la proyección del proyecto se está trabajando con flujos variables, el motor del transportador (trifásicos, de 60 ciclos y 220 volts) sea de velocidad ajustable, en el motor se acoplara un reductor de velocidad de 1:10.

La potencia asignada, según lo visto y analizado en otras especies similares de velocidad y densidad de material a transportar, además de contar con un reductor de velocidad, es aconsejable que la potencia de motor sea de:

Potencia Motor = 1.0 HP

MOLINO

Los plásticos acondicionados por la operación de cortado son reducidos de tamaño obteniéndose el material de aproximadamente 3/8 de pulgada, denominándose a este forma de presentación, **scrap**

La estructura usual comprende un rotor con cuchillas uniformemente espaciadas sobre la periferia, de manera tal que el corte se haga sobre las cuchillas estacionarias en la cubierta. El producto se hace pasar por cribas y el tamaño máximo se controla mediante la abertura de las cribas y el diseño y el funcionamiento del molino.

Se requerirá para el diseño conocer las características del material, su flujo, la relación de reducción de tamaño y con ello se definen las características del equipo.

Información preliminar de diseño:

| | | |
|-------------------------------------------|--------------|-------------------|
| Flujo Másico a tratar = | 42.19 | Kg/h |
| Densidad Aparente Promedio del material = | 28.50 | Kg/m ³ |
| Diámetro máximo del PET molido = | 3/8 | pulg. |

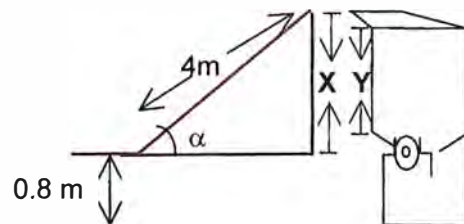
El PET una vez introducido en la tobera de alimentación, es molido por el corte de tres cuchillas que giran en un eje axial impulsadas por un motor eléctrico y una banda de transmisión y la acción de dos cuchillas fijas que son las contrapartes de las rotatorias. Cuando el diámetro de las partículas de PET es de un 3/8 de pulgada o menos, ellas caen por gravedad, por las mallas que se encuentran en la parte inferior hacia el depósito de scrap del molino.

Para obtener el volumen necesario del molino, conocer lo siguiente:

El eje del rotor, encargado del movimiento de las cuchillas móviles, se encontrará a 80 cm. del nivel del suelo.

Como el material de alimentación no debe de exceder la longitud de la cuchilla de corte, entonces este deberá de ser mayor a 12 pulgadas (30 cm aprox.), por lo que se sugiere una cuchilla de longitud de 35 cm o 14 pulgadas.

El molino, tendrá una boca de alimentación, del mismo ancho que la faja, quiere decir de 0.5 m de ancho (igual será el largo), y con una altura de 15 cm con respecto a la cámara de molienda.



De la gráfica:

$$X = (\text{Alt boca de alim.}) + (\text{Alt. Cámara Molienda}) + (\text{Long. Cuchilla})$$

$$X = 15 \text{ cm.} + Y + 35 \text{ cm.}$$

$$X = 0.5 \text{ m.} + Y$$

El ángulo de elevación recomendada, es de 20° a 30°, entonces el rango de X es:

$$X = \text{de } 1.4 \text{ a } 2 \text{ metros}$$

$$Y = \text{de } 0.9 \text{ a } 1.5 \text{ metros}$$

El volumen de la cámara será:

$$\text{Volumen Cámara} = (\text{Ancho}) * (\text{Largo}) * (\text{Altura}) \quad (1)$$

$$\text{Volumen Cámara} = \frac{(\text{Flujo másico}) * (\text{Tiempo residencia})}{(\text{Densidad del material})} \quad (2)$$

Consideraciones:

$$\text{Ancho} = \text{Largo}$$

$$\text{Tiempo de residencia} = 120 \text{ seg.}$$

$$(2) = (1)$$

| Q (Kg/h) | Volumen (m ³) | Y (m) | | | |
|--------------|---------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | | 0.9 | 1.1 | 1.3 | 1.5 |
| | | Ancho | Ancho | Ancho | Ancho |
| 42.19 | 0.049 | 0.23 | 0.21 | 0.19 | 0.18 |
| 100 | 0.117 | 0.36 | 0.33 | 0.30 | 0.28 |
| 150 | 0.175 | 0.44 | 0.40 | 0.37 | 0.34 |
| 200 | 0.234 | 0.51 | 0.46 | 0.42 | 0.39 |
| 250 | 0.292 | 0.57 | 0.52 | 0.47 | 0.44 |
| 300 | 0.351 | 0.62 | 0.56 | 0.52 | 0.48 |
| 350 | 0.409 | 0.67 | 0.61 | 0.56 | 0.52 |
| 400 | 0.468 | 0.72 | 0.65 | 0.60 | 0.56 |
| 450 | 0.526 | 0.76 | 0.69 | 0.64 | 0.59 |
| 500 | 0.585 | 0.81 | 0.73 | 0.67 | 0.62 |

Si se escoge los valores bajos de volumen, para flujos mayores el tiempo de residencia es menor, lo cual no es adecuado según el tipo de operación. Dando como margen hasta 30 seg. por el lado inferior (quiere decir tiempo de residencia mínimo de 90 segundos), se evalúa el siguiente cuadro:

| Q (Kg/h) | VOLUMEN | | |
|--------------|--------------|-----------|-----------|
| | 0.468 | 0.526 | 0.585 |
| | t de res. | t de res. | t de res. |
| 42.19 | 1137.7 | 1279.9 | 1422.1 |
| 100 | 480.0 | 540.0 | 600.0 |
| 150 | 320.0 | 360.0 | 400.0 |
| 200 | 240.0 | 270.0 | 300.0 |
| 250 | 192.0 | 216.0 | 240.0 |
| 300 | 160.0 | 180.0 | 200.0 |
| 350 | 137.1 | 154.3 | 171.4 |
| 400 | 120.0 | 135.0 | 150.0 |
| 450 | 106.7 | 120.0 | 133.3 |
| 500 | 96.0 | 108.0 | 120.0 |

Según las consideraciones tomadas anteriormente se escoge un volumen de 0.468 m³

Pero esta condición, tiene 4 posibilidades de llevarse a cabo, la cual se escogerá según el área requerida para mandar hacer el molino, ya que a menor área, menor costo.

$$\text{Volumen} = (\text{Ancho})^2 * \text{Altura} \quad (3)$$

$$\text{Área} = (4 * \text{Ancho}) * \text{Altura} \quad (4)$$

(3) en (4):

$$\text{Área} = (4 * \text{Volumen}) / \text{Ancho} \quad (5)$$

$$\text{Área} = 1.87 / \text{Ancho}$$

Se aprecia que a mayor valor del Ancho de la cámara, el área requerida es menor.

Entonces:

Ancho de la cámara = 0.72 m.

Largo de la cámara = 0.72 m.

Altura de la cámara = 0.9 m.

Además:

Boca de Alimentación = 500 x 500 mm

Número Cuchillas fijas = 2

Longitud de Cuchillas fijas = 365 mm

Número Cuchillas móviles = 3

Longitud de Cuchillas móviles = 355 mm

Malla con orificios de diámetro = 10 mm

Se recomienda, según el fabricante, un motor de las siguientes características:

Diámetro del rotor = 250 mm

RPM del rotor = 1200 a 1800 rpm

Potencia del motor / flujo = 0.15 HP / (Kg/hr)

| Q (Kg/h) | Pot. (HP) |
|--------------|-------------|
| 42.19 | 6.33 |
| 100 | 15.0 |
| 150 | 22.5 |
| 200 | 30.0 |
| 250 | 37.5 |
| 300 | 45.0 |
| 350 | 52.5 |
| 400 | 60.0 |
| 450 | 67.5 |
| 500 | 75.0 |

Sería adecuado hacer una inversión inicial para satisfacer una producción de 250 Kg/hr , luego podría hacerse otra inversión de la misma dimensión.

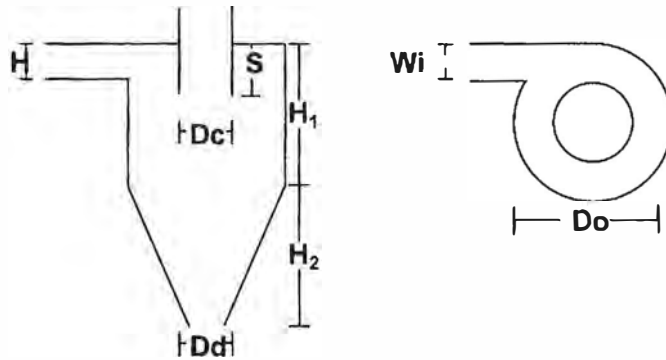
CICLÓN

Se utilizará un ciclón de tipo convencional, para separar de los gránulos obtenido en el molino, polvo y etiquetas.

Para un ciclón convencional, el cual posee caída de presión aceptable, además de poseer eficiencias altas, se tiene la siguiente función de diseño:

$$\begin{aligned} Wi &= 0.25 * Do & S &= 0.625 * Do \\ H &= 0.5 * Do & Dd &= 0.25 * Do \\ H_1 &= 2 * Do & Dc &= 0.5 * Do \\ H_2 &= 2 * Do \end{aligned}$$

Donde Do : Diámetro del ciclón



Diseño del ciclón utilizando las correlaciones de Lapple:

Eficiencia:

$$\eta_d = (d/dp_{0.5})^2 / (1 + (d/dp_{0.5})^2)$$

Donde:

$dp_{0.5}$ = aquel diámetro que la colección es del 50%

La eficiencia del ciclón aumenta cuando el radio del ciclón es reducido, esto implica mayor velocidad tangencial, mayor caída de presión y mayor costo de operación.

El criterio a seguir para el dimensionamiento, es a partir del diámetro de partícula que deseo separar en el ciclón para una eficiencia de **80%**, y tomando un diámetro de partícula con $dp = 0.14$ mm. El diámetro que da la colección del 50 % será, $dp_{0.5} = 0.070$ mm.

Partícula de diámetro que se debe de separar en un 50% de la corriente de gas en un ciclón, está dado por la siguiente formula:

$$dp_{0.5} = (9 * \mu * Wi / (2 * \pi * N * Vc * (\rho_p - \rho)))^{0.5}$$

Sabiendo que:

$$V_c = Q / (H * W_i)$$

$$V_c = 8 * Q / D_o^2$$

$$d_{p,0.5} = (9 * \mu * W_i^2 * H / (2 * \pi * N * Q * (\rho_p - \rho)))^{0.5}$$

$$d_{p,0.5} = (0.28125 * \mu * D_o^3 / (2 * \pi * N * Q * (\rho_p - \rho)))^{0.5}$$

Donde:

V_c : velocidad del gas a la entrada

$d_{p,0.5}$: diámetro de la partícula

ρ_p : densidad de la partícula

N : número de vueltas

μ : viscosidad del gas

D_o : diámetro del ciclón

$$N = 1 / H * (H_1 + H_2/2)$$

$N = 6$, para un ciclón convencional.

Despejando:

$$D_o = (7.1111 * \pi * d_{p,0.5}^2 * N * Q * (\rho_s - \rho) / \mu)^{1/3}$$

Datos:

Requerimiento: $Q = 42.19$ Kg / Hr.

La densidad del PET es: 1400 Kg / m³

$8.371E-06$ m³ / s

Ingresará en la corriente un 99 % de aire.

$$Q = 8.371E-04 \text{ m}^3 / \text{s}$$

Temperatura de ingreso del aire 25 °C

$T = 298.15$ K

Presión de ingreso del aire 750 mmHg

$P = 0.98684211$ atm

La viscosidad del aire: $\mu = 1.8164E-05$ Kg/(m*s)

La densidad del aire: $\rho = 1.162$ Kg/m³

Entonces:

$$D_o = \boxed{0.349} \text{ m} = 13.722 \text{ pulgadas}$$

$$V_c = 0.055 \text{ m/s} = 0.181 \text{ ft/s}$$

Caída de Presión:

$$\Delta P = 0.024 * \rho * V_c^2$$

Donde:

ΔP : caída de presión, en pulg de agua

ρ : densidad del gas, en lb/ft³

V_c : velocidad del gas a la entrada, en ft/s

$$\rho = 0.073 \text{ lb/ft}^3$$

$$\Delta P = 5.697E-05 \text{ pulgadas de agua}$$

El comportamiento del ciclón para diferentes flujos, será el siguiente:

| Kg/hr | 42.19 | 100.00 | 200.00 | 300.00 | 400.00 | 500.00 |
|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|----------|
| Q | 8.68E-04 | 1.98E-03 | 3.97E-03 | 5.95E-03 | 7.94E-03 | 9.92E-03 |
| Do | 0.353 | 0.465 | 0.586 | 0.670 | 0.738 | 0.795 |
| Vc | 0.056 | 0.074 | 0.093 | 0.106 | 0.117 | 0.126 |
| ΔP | 5.837E-05 | 1.013E-04 | 1.608E-04 | 2.107E-04 | 2.55E-04 | 2.96E-04 |

Se puede apreciar, que para flujos mayores se requiere de mayor diámetros del ciclón. Iterando, podemos encontrar el valor de diámetro óptimo que se encuentre en aquel rango, sin que perjudique la eficiencia de ciclón, ni la eficiencia de recolección.

$$\text{Diámetro óptimo del ciclón (m)} = 0.422$$

| Flujo | 42.19 | 100.00 | 200.00 | 300.00 | 400.00 | 500.00 |
|--------------------------------------------------------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Q | 8.68E-04 | 1.98E-03 | 3.97E-03 | 5.95E-03 | 7.94E-03 | 9.92E-03 |
| dp _{0.5} | 0.092 | 0.061 | 0.043 | 0.035 | 0.030 | 0.027 |
| f. Del Ciclón | 70.0% | 84.2% | 91.4% | 94.1% | 95.5% | 96.4% |
| Perfil de eficiencias, para diferentes diámetros de partícula en la corriente. | | | | | | |
| 0.005 | 0.30 | 0.68 | 1.34 | 2.00 | 2.65 | 3.29 |
| 0.01 | 1.18 | 2.65 | 5.17 | 7.56 | 9.83 | 11.99 |
| 0.1 | 54.39 | 73.16 | 84.50 | 89.10 | 91.60 | 93.16 |
| 1 | 99.17 | 99.63 | 99.82 | 99.88 | 99.91 | 99.93 |
| 10 | 99.99 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 |

Se recomienda trabajar con una eficiencia de ciclón del 70%, y con diámetros de ciclón muy elevados, obtendremos eficiencias de ciclón muy reducidas cuando trabajemos en flujos bajos (hablamos de eficiencias de 25 a 45%); y con diámetro de ciclón reducidos, obtendremos eficiencias muy altas, que en la realidad no se suele llegar. Para este tipo de ciclones, y en las condiciones de operación, se puede llegar incluso hasta valores de eficiencia del 98%

Bajo estas premisas, se optó por el diámetro indicado anteriormente (con el que se elaboró el cuadro).

Y bajo estas condiciones:

$$\begin{aligned}
 D_o &= 0.42 \text{ m.} \\
 Q &= 0.002 \text{ m}^3/\text{s} \\
 V_c &= 0.07 \text{ m/s} = 0.246 \text{ ft/s} \\
 \Delta P &= 1.051\text{E-}04 \text{ pulgadas de agua}
 \end{aligned}$$

Diseño del ciclón:

$$\begin{aligned}
 W_i &= 0.11 \text{ m.} \\
 H &= 0.21 \text{ m.} \\
 H_1 &= 0.84 \text{ m.} \\
 H_2 &= 0.84 \text{ m.} \\
 S &= 0.26 \text{ m.} \\
 D_d &= 0.11 \text{ m.} \\
 D_c &= 0.21 \text{ m.}
 \end{aligned}$$

La potencia asignada al ventilador del ciclón, es mínima, ya que la diferencia de presión en el sistema es mínima. El fabricante recomienda, que la potencia del ventilador, dentro de los flujos de operación sea:

$$\text{Potencia del ventilador} = \underline{1/4 - 1/2} \text{ HP}$$

FLOTACIÓN

La tina de flotación es una tina de acero inoxidable, que posee en su base un tornillo sin-fin, el cual recibe el plástico molido tipo PET, y lo extrae de la tina.

La tina recibirá el flujo desde el ciclón el cual se encuentra a una altura de 80 cm. con respecto a la superficie de agua de la tina.

Para determinar el tamaño de la tina, se tomará en cuenta lo siguiente:

1.- Velocidad de sedimentación: la promedio de las partículas se determinó en laboratorio, de la siguiente manera:

Se vierte en una tina o balde, agua, y se coloca el material de diferentes tamaños sobre la superficie del agua, y se mide la velocidad de recorrido de las partículas, en promedio se obtiene:

$$VT = \boxed{4.0} \text{ cm/s}$$

Requerimiento inicial: $Q = 41.40$ Kg. / Hr.

$Q = 11.5$ g / s

Debido que la sedimentación será libre, la altura de la tina de flotación no es un factor de diseño. El área de la salida de la extractora de polvos es importante ya que este determinará el área donde caerá el PET molido junto con el PP.

Experimentalmente se puede determinar el área libre que puede ocupar 11.9 gramos de sólidos sobre una superficie y medir el tiempo que se demora dicha cantidad en vencer la tensión superficial del agua.

Los **11.5** gr. ocupa : **30** cm^2 de área, debido a que el PET demora un cierto tiempo en vencer la tensión superficial del agua, que es aproximadamente de 8 a 15 segundos,

entonces el área requerida será de: **448** cm^2 .

$$A = 0.045 \text{ m}^2$$

Si se tratara de un área cuadrada: $L = 0.212$ m

| Flujo Másico (Kg/hr) | Área Requerida (m^2) |
|----------------------|---------------------------------|
| 41.40 | 0.045 |
| 100 | 0.108 |
| 150 | 0.163 |
| 200 | 0.217 |
| 250 | 0.271 |
| 300 | 0.325 |
| 400 | 0.433 |
| 500 | 0.542 |

Entiéndase como área requerida, el área que el material Pet molido que sale del ciclón, entra en contacto con el agua en la superficie de la tina; esta área no es la misma que el área total de la tina (superficie).

La tina se dividirá en dos partes iguales, en la primera caerá el material, y en la otra mitad (la tina estará dividida por un eje con aletas, que permitirá el movimiento del agua en la superficie, para que se de el libre desplazamiento de las partículas de PP y etiquetas hacia la otra mitad de la tina) se acumulará el material flotante, que sería el PP y las etiquetas.

El ciclón se encontrará a 80 cm. de la superficie de la tina.

El ángulo de la caída del material desde el ciclón a la tina es hasta 25°.

Entonces el diámetro de caída se expande de la siguiente manera.

$$\text{Diámetro} = Dd + (2 * 80 * \text{tg}(20))$$

$$\text{Diámetro} = 74.7 \quad \text{cm.}$$

$$\text{Área} = 0.438 \quad \text{m}^2.$$

El valor de dicha área satisface hasta una demanda de 400 Kg/hr.

Dando un valor de seguridad del 30%, el diámetro será:

$$\text{Diámetro} = 97.1 \quad \text{cm.}$$

Dado este valor, podríamos redondear a que la tina tendrá un ancho de 1m.

$$\text{Ancho} = 1 \quad \text{m}$$

Cuando se llegue a un flujo mayor de 400 (y como máximo 500) lo que ocurrirá es que el área requerida es mayor que el área real de contacto, lo que traerá consigo una acumulación de material por que el área requerida se redujo en 20%. Gracias al valor de seguridad, se cubre la necesidad, por lo tanto no se requerirá comprar otra tina.

El tiempo de sedimentación será lo suficiente como para permitir que la partícula mas pequeña de PET llegue al tornillo sinfín, ubicada al fondo de la tina de flotación.

Para la partícula mas pequeña:

$$\text{Vel} = 0.90 \quad \text{cm/s}$$

$$\text{Tiempo} = 60.00 \quad \text{s}$$

$$\text{Altura} = 0.54 \quad \text{m}$$

Una altura de agua en la tina de 0.5 m es adecuada, sea cual fuera el flujo de carga.

Como en la parte inferior iría un tornillo sin-fin, y estos se caracterizan por ser largos, sería adecuado que la tina fuera mas largo que ancho:

$$3 * \text{ANCHO} = \text{LARGO}$$

$$\text{ÁREA} = \text{ANCHO} * \text{LARGO}$$

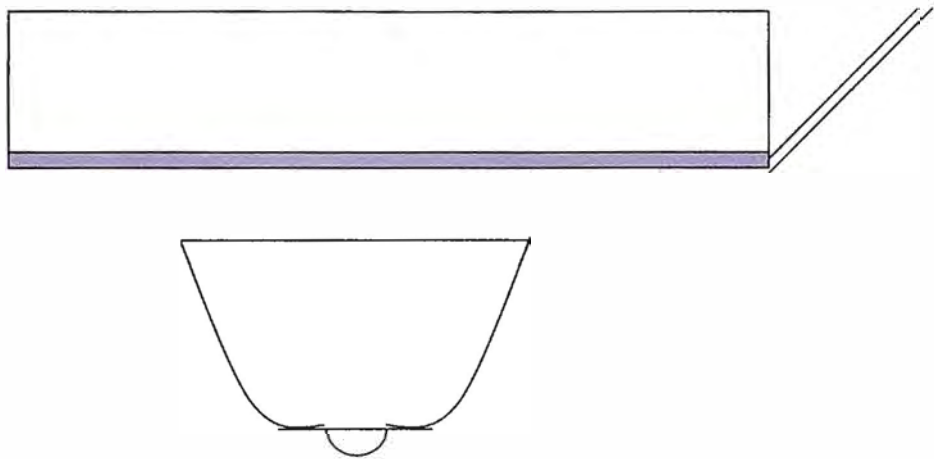
$$\text{ÁREA} = 3 * \text{ANCHO}^2$$

Entonces, para cualquier flujo a tratar, tenemos que el dimensionamiento de la tina será:

| | | |
|----------|-----|---|
| Ancho = | 1.0 | m |
| Largo = | 3.0 | m |
| Altura = | 0.6 | m |

El dimensionamiento de los tornillos sin-fin que están asociados al equipo, se encuentran en la hoja de cálculo: *Tornillo Sin Fin*.

Esquemas de la tina,



TRANSPORTADOR DE TORNILLO SIN FIN

Consisten en un eje de acero sobre el cual esta sujeta una espiral, por un borde, cuyo movimiento rotatorio dentro de un canal provoca el avance del material a lo largo del mismo. El eje va propulsado por un motor mediante engranajes o una cadena.

Material de fabricación recomendado: Acero Inoxidable

El consumo de Energía del Sinfín se evalúa como la suma de las energías necesarias para mover la máquina marchando en vacío, vencer la resistencia de los frotamientos de los cojinetes y la exigida para elevar el material a cierta altura.

La Potencia necesaria para hacer marchar un sinfín se emplea en vencer el rozamiento y engranajes y es siempre relativamente pequeña

Tornillo Sin - Fin acoplado en la base de la tina:

Hallando el diámetro de espiral, según el rango de flujo volumétrico estudiado:

$$\text{Densidad del material Molido (kg/m}^3\text{)} = 1400$$

$$\text{Densidad del material Molido húmedo (kg/m}^3\text{)} = 1160$$

$$\text{Volumen del tornillo (m}^3\text{)} = \pi * d^2 * L / 4$$

$$\text{Volumen efectivo del tornillo (m}^3\text{)} = 0.8 * \pi * d^2 * L / 4 = \pi * d^2 * L / 5$$

$$\text{RPM} = 1$$

$$Q \text{ (m}^3\text{/hr)} = (60 * \text{RPM}) * \pi * d^2 * L / 5$$

$$\text{Longitud (m)} = 3$$

| Q (kg/h) | V (mat.seco) (m ³ /h) | V (mat.hum.) (m ³ /h) | Diametro espiral |
|--------------|-------------------------------------|-------------------------------------|---------------------|
| 46.90 | 0.033 | 0.040 | 0.74 |
| 100 | 0.071 | 0.086 | 1.09 |
| 150 | 0.107 | 0.129 | 1.33 |
| 200 | 0.143 | 0.172 | 1.54 |
| 250 | 0.179 | 0.216 | 1.72 |
| 300 | 0.214 | 0.259 | 1.88 |
| 350 | 0.250 | 0.302 | 2.03 |
| 400 | 0.286 | 0.345 | 2.17 |
| 450 | 0.321 | 0.388 | 2.31 |
| 500 | 0.357 | 0.431 | 2.43 |

Dado que se trabajará con la tina que será dimensionada de tal forma que satisfaga todo el proyecto, entonces se tendrá que fabricar con el requerimiento final de 500 Kg/hr.

| | | |
|------------------------------------------------------|------------|-------------------|
| Diámetro de Espiral = | 2.5 | pulgadas. |
| R.P.M. Máximo = | 5.0 | rpm |
| Capacidad Máxima = | 2.2 | m ³ /h |
| Longitud del Espiral = | 3.0 | m |
| Material del espiral : Acero Inoxidable C-304 | | |

Tomaremos la siguiente fórmula para el cálculo de la Potencia consumida por el Transportador:

$$P = 0.005733 * Q * L$$

Donde:

P = Potencia (HP)
 Q = Flujo Másico (TM/hr)
 L = Longitud (ft.)

Potencia debido al transporte del material

$$P = 0.03 \text{ HP}$$

En este caso, se está hablando de velocidades de operación muy reducidas, al igual que el material que se está transportando es de densidad baja, la potencia asignada por estos parámetros es casi nula, incluso cuando se trabaja con la máxima velocidad de operación.

La potencia asignada, según lo visto y analizado en otras especies similares de velocidad y densidad de material a transportar, además de contar con un reductor de velocidad, es aconsejable que la potencia de motor sea de (datos de fabricante):

$$\text{Potencia Motor} = 0.5 \text{ HP}$$

Tornillo Sin - Fin acoplado a la salida de la tina:

Este tornillo tendrá las mismas características que la diseñada anteriormente, pero tendrá otra longitud, y será que transportará el material afuera de la tina de flotación, además este tornillo tendrá una pendiente, la cual se diseñará de la siguiente manera:

La tina tendrá 50 cm de altura de agua, la salida del material tendrá que ser mayor que dicha altura, el cual se le añadirá un 20%, con lo cual aseguro la salida del material con la menor cantidad de agua posible.

| | | |
|----------------------------------------------------------------|-------------|----|
| Alt. respecto al eje del tornillo incluido dentro de la tina = | 0.6 | m. |
| Angulo de elevación = | 45.0 | ° |
| Largo del tornillo = | 0.85 | m. |
| Potencia Motor = | 1.0 | HP |

Tornillo Sin - Fin a la salida del molino - entrada ciclón:

Hallando el diámetro de espiral, según el rango de flujo volumétrico estudiado:

$$\begin{aligned} \text{Densidad del material Molido (kg/m}^3\text{)} &= 1400 \\ \text{Densidad del material Molido + Aire(25\%)} &= 1050 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volumen del tornillo (m}^3\text{)} &= \pi * d^2 * L / 4 \\ \text{Volumen efectivo del tornillo (m}^3\text{)} &= 0.8 * \pi * d^2 * L / 4 = \pi * d^2 * L / 5 \\ \text{RPM} &= 1 \\ \text{Q (m}^3\text{/hr)} &= (60 * \text{RPM}) * \pi * d^2 * L / 5 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Altura del Tornillo (m)} &= H_{\text{AGUA-TINA}} + H_{\text{SUPERF AGUA - BASE CICLON}} + H_2 + H_1 - H \\ \text{Angulo de elevación} &= 46 \\ \text{Longitud del Tornillo (m)} &= 4.00 \end{aligned}$$

| Q (kg/h) | V material (m ³ /h) | Diametro espiral |
|--------------|-----------------------------------|---------------------|
| 42.19 | 0.040 | 0.64 |
| 100 | 0.095 | 0.99 |
| 150 | 0.143 | 1.21 |
| 200 | 0.190 | 1.40 |
| 250 | 0.238 | 1.56 |
| 300 | 0.286 | 1.71 |
| 350 | 0.333 | 1.85 |
| 400 | 0.381 | 1.98 |
| 450 | 0.428 | 2.10 |
| 500 | 0.476 | 2.21 |

$$\text{Potencia Motor} = \boxed{1.0} \text{ HP}$$

LAVADORA

La lavadora será el equipo que limpiará el material, con ayuda de agentes químicos como el detergente, en un medio acuoso, utilizando agua.

Con muestras obtenidas, se realizó algunos estudios, donde evaluamos el comportamiento del material en proceso de limpieza.

Suciedad del material a moler:

- 1.- Posee tierra, tanto adherida como suelta.
- 2.- Se encuentra melosa.

1ra prueba: se colocó restos de material en estudio en remojo, sin movimiento y sin agentes limpiadores, como resultado se obtuvo que en el material no se había removido la suciedad

2da prueba: se colocó restos de material en estudio en remojo, con movimiento y sin agentes limpiadores, como resultado se obtuvo que en el material se había removido la suciedad ligeramente (suciedad se reduce, pero la melosidad no), notándose que el incremento de la agitación, ayuda a la remoción de la suciedad ligada del material.

3ra prueba: se colocó restos de material en estudio en remojo, con movimiento y con agentes limpiadores (detergente comercial), como resultado se obtuvo que en el material la remoción de la suciedad fue buena (suciedad desaparece considerablemente y la melosidad desaparece por completo), notándose que los factores que permitirían una limpieza excelente serían, la rapidez del movimiento y el tiempo de remojo.

Cabe aclarar que se realizaron diferentes tipos de movimientos, aquel que me permite un menor esfuerzo y una mayor eficiencia de lavado, es el movimiento que da lugar a vórtices y a torbellinos.

De las pruebas realizadas, y de la conclusión tomada con respecto al tipo de movimiento, tendríamos que proponer como se dará este, por cual mecanismo es más conveniente.

El mecanismo sería el siguiente:

Colocar un dispositivo en la base inferior de la lavadora, que acoplada al eje de un motor rote a una elevada revolución, permitiendo así un remolino con gran vórtice.

Otras de las consideraciones, fue la limpieza con diferente proporción en volumen de material con respecto al agua, encontrándose que un volumen de 5 - 10 % en agua es adecuado, teniendo en cuenta, potencia de consumo de energía, tamaño de la lavadora y eficiencia del lavado.

Además el porcentaje de detergente (a nivel laboratorio) usado para las pruebas se consideró entre el 0.35 - 0.8% p/p con respecto al agua.

Consideraciones de diseño:

La operación de lavado es **BATCH**.

Tiempo de carga del material en la lavadora = 1.0 - 1.5 min.

Tiempo de lavado del material en la lavadora = 8.0 - 14.0 min.

Tiempo de descarga del material en la lavadora = 2.5 - 3.5 min.

Tiempo mínimo de operación = 11.5 min.

Tiempo máximo de operación = 19.0 min.

Entonces, el número de operaciones en consideración para una hora de producción es de 3 lotes.

Requerimiento: HQ = **37.5** Kg. / Hr.

Considerando un volumen de PET en la lavadora de = **5%**

El volumen de los sólidos y del agua será el 80% del volumen total de la lavadora.

| Q (Kg./hr.) | Q _{LOTE} | V _{PET} (m ³) | V _{AGUA} (m ³) | V _{AP.} (m ³) | V _{Total} (m ³) |
|----------------|-------------------|------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------------|
| 37.5 | 12.5 | 0.009 | 0.170 | 0.179 | 0.223 |
| 100 | 33.3 | 0.024 | 0.452 | 0.476 | 0.595 |
| 150 | 50.0 | 0.036 | 0.679 | 0.714 | 0.893 |
| 200 | 66.7 | 0.048 | 0.905 | 0.952 | 1.190 |
| 300 | 100.0 | 0.071 | 1.357 | 1.429 | 1.786 |
| 400 | 133.3 | 0.095 | 1.810 | 1.905 | 2.381 |
| 500 | 166.7 | 0.119 | 2.262 | 2.381 | 2.976 |

El volumen de operación de la lavadora será:

$$V_{\text{OPERACIÓN}} = \pi * D^2 * H / 4 \quad \text{m}^3$$

$$D = 1.5 H$$

$$V_{\text{OPERACIÓN}} = \pi * D^3 / 6 \quad \text{m}^3$$

Donde:

D = diámetro efectivo de operación de la lavadora

H = altura efectiva de operación de la lavadora

$$D = (6 * V_{\text{OPERACIÓN}} / \pi)^{1/3}$$

| Q (Kg./hr.) | D _{AP} (m) | H _{AP} (m) | D _T (m) | H _T (m) |
|----------------|---------------------|---------------------|--------------------|--------------------|
| 37.5 | 0.70 | 0.47 | 0.7 | 0.6 |
| 100 | 0.97 | 0.65 | 1.0 | 0.8 |
| 150 | 1.11 | 0.74 | 1.1 | 0.9 |
| 200 | 1.23 | 0.82 | 1.2 | 1.0 |
| 300 | 1.40 | 0.93 | 1.4 | 1.2 |
| 400 | 1.54 | 1.03 | 1.5 | 1.3 |
| 500 | 1.66 | 1.11 | 1.7 | 1.4 |

Observación: en el interior de la lavadora, se le introducirá una malla metálica, de un radio del 90% de la lavadora, la cual poseerá agujeros del tamaño de 1mm, con el objetivo de atrapar la espuma y todo tipo de material indeseable.

Así durante el lavado, la espuma y la suciedad quedan atrapadas entre la parte exterior de la malla metálica y el interior de la lavadora.

De acuerdo a especificaciones de fabricante, se recomienda que para una revolución de 2000 rpm, la potencia asignada a la cuchilla, sea de:

$$\text{Potencia} = \boxed{20.0} \text{ HP}$$

Notas:

- 1.- La carga de agua es por lote, por la acción manual de la válvula.
- 2.- La descarga del agua es por lote, por la acción manual de una válvula acoplada en la base de la lavadora
- 3.- La descarga del material, se dará en forma manual, se retira la malla que se encuentra en el interior de la tina.

Previo la retiro, se agrega por segunda vez agua, lo cual enjuagaría al material (se accina la lavadora por 0.75 - 1.0 minutos).

CENTRIFUGA

La centrifuga, es aquel dispositivo, que basado en el principio conocido, que un sólido gira con gran velocidad en torno a un punto central, a una distancia radial constante, está sujeto a la acción de una fuerza, lo que provocará la filtración de un líquido por un lecho de sólidos porosos sostenidos en un recipiente perforado en rotación.

El tipo de filtro a utilizar en esta operación, es el *filtro centrifugo*.

Dentro de esta gama de filtros centrífugos, el dispositivo mas acorde con la operación, es el filtro centrifugo de malla cónica.

Cuando se hace girar sobre su eje una malla cónica, la fuerza centrífuga impulsará a un líquido a través de las aberturas de las mallas y proporcionará también un componente para fomentar el avance de los sólidos retenidos del diámetro menor al mayor. Aquí, el deslizamiento de los sólidos sobre el cono se ve estimulado por placas perforadas y lisas o secciones de alambres de cuña con las ranuras paralelas de los ejes de rotación, en lugar de las telas de alambre tejidas.

Velocidad de Filtración:

$$Q = \frac{\rho \cdot \omega^2 \cdot (r_2^2 - r_1^2)}{2 \cdot \mu \cdot (\alpha \cdot m_c / (A_L \cdot A_a) + R_m/A_2)}$$

$$A_L = \frac{2 \cdot \pi \cdot b \cdot (r_2 - r_1)}{\ln(r_2/r_1)}$$

$$A_a = \pi \cdot b \cdot (r_2 - r_1)$$

Donde:

- Q = velocidad volumétrica de flujo filtrado, en ft³/s
- ρ = densidad del líquido, en lb/ft³
- ω = velocidad de rotación, en radianes/s
- r₁ y r₂ = radios de la superficie del líquido y la pared interna del recipiente, en ft
- μ = viscosidad del líquido, en lb/(ft*s)
- α = resistencia específica promedio de la torta, en ft/lb
- m_c = masa de la torta sólida en el cesto, en lb
- A_L y A_a = media logarítmica aritmética de las áreas de la torta, en ft²
- R_m = resistencia del medio de filtración, en lb/ft
- A₂ = area del medio de filtración, en ft²
- b = Altura del cesto, en ft.
- r₁ = radio del a superficie interna de la torta, en ft.

Bajo esta ecuación de diseño, se le mandó a la empresa , Representaciones Westfalia Separator SAC (Venezuela), 250 grs. De PET molido, para que realicen pruebas para el diseño.

Datos enviados solicitados:

$$Q = < 7.5 \cdot 10^{-5} - 9.8 \cdot 10^{-4} > \text{ft}^3/\text{s}$$

$$\rho = 62.428 \text{ lb}/\text{ft}^3$$

$$\mu = 6.71 \cdot 10^{-4} \text{ lb} \cdot (\text{ft}/\text{s})$$

después de realizarse los análisis respectivos y discutirse los parámetros de diseño, los rangos estimados de diseño por los rangos establecidos de Flujo Volumétrico (Q), son los siguientes:

$$\omega = 3000 - 4000 \text{ radianes/s}$$

$$b = 1.65 - 2.8 \text{ ft.}$$

$$r_2 = 1.0 - 2.0 \text{ ft.}$$

$$\text{Potencia} = 35 - 40 \text{ HP}$$

El uso de una malla metálica en la centrifuga de diámetro de 1 mm, es adecuado para la filtración del agua.

La carga a la centrifuga será en la forma manual, y será del tipo batch.

SECADOR

Secadores de transportador neumático:

La velocidad del gas debe ser lo suficiente para levantar y transportar el sólido. Descripción: un secador de transportador neumático consta de un tubo o conducto largo que lleva un gas con alta velocidad, un ventilador para impulsar dicho gas, un dosificador apropiado para agregar y dispersar los sólidos particulados en la corriente de gas y un colector de ciclón u otro equipo de separación para la recuperación final de los sólidos del gas.

Los transportadores neumáticos son apropiados para materiales granulados y de movimiento libre cuando se encuentran dispersos en la corriente de gas, de manera que no se adhieren a las paredes del transportador, ni se aglomeran.

La evaporación de la humedad superficial se lleva acabo básicamente a la temperatura de bulbo húmedo del aire.

La cantidad de aire necesario y la carga de sólidos al gas se fijan de acuerdo con la carga de humedad, la Temperatura de aire a la entrada y la humedad del aire a la salida.

La velocidad del gas en el ducto portador debe ser suficiente para transportar a la partícula mas grande.

Para fines de cálculo, a menudo se utiliza una velocidad igual a 75 ft/s calculada a la temperatura del aire de salida. Si lo que prevalece es la humedad superficial, la fuerza impulsora de la temperatura para secar, se acercará a la media logarítmica de las depresiones de bulbo húmedo del gas, en la entrada y la salida (la temperatura de los sólidos de salida se acercará a la temperatura de bulbo seco del gas de salida)

Se cree que el efecto importante de la velocidad de un transportador neumático es la diferencia entre la velocidad del gas y el de los sólidos, que es una de las razones por las cuales la porción más importante del secado total, ocurre en la sección de alimentación.

Transmisión volumétrica de Calor:

$$Q_t = (0.5 * G^{0.67} / D) * V * \Delta t_m \quad \dots(1)$$

Q_t : calor total transmitido (BTU/hr)

D : Diámetro del secador (ft.)

G : velocidad de masa del gas (lb/(hr*ft²))

V : Volumen del secador

Δt_m : Media logarítmica de la temperatura de bulbo húmedo del gas de entrada y de salida.

$$G = \rho_{\text{aire-out}} * V_{\text{aire in}} \quad \dots(2)$$

Sabiendo:

$$Qt = Ua * V * \Delta t_m \quad \dots(3)$$

Y un valor muy típico en este tipo de instalaciones es:

$$Ua = 120 \quad \text{BTU} / (\text{hr} * \text{ft}^3 * ^\circ\text{F})$$

Criterio de diseño:

$$L \text{ transportador} < 50 D \text{ transportador}$$

Datos de las condiciones atmosféricas:

| | | |
|--------------------|------------|------|
| Temperatura = | 25 | °C |
| Humedad Relativa = | 95 | % |
| Presión = | 750 | mmHg |

1) Hallando la Presión de vapor de saturación del agua:

$$\ln(p^\circ) = A - B / (T + C)$$

Constante de Antoine para el agua:

$$A = 16.5362$$

$$B = 3985.44$$

$$C = -38.9974$$

$$p^\circ = 23.866 \quad \text{mmHg}$$

2) Hallando la Presión de vapor del agua:

$$H_R = p/p^\circ * 100$$

$$p = H_R * p^\circ / 100$$

$$p = 22.673 \quad \text{mmHg}$$

3) Hallando humedad absoluta (H) y humedad absoluta de saturación (H_S):

$$H = (M_{\text{H}_2\text{O}} / M_{\text{AIRE}}) * p / (P - p)$$

$$M_{\text{H}_2\text{O}} = 18.02 \quad \text{gr/gr-mol}$$

$$M_{\text{AIRE}} = 28.97 \quad \text{gr/gr-mol}$$

$$H = 0.0194 \quad \text{gr}_{\text{H}_2\text{O}}/\text{gr}_{\text{AIRE}}$$

$$H_S = 0.0204 \quad \text{gr}_{\text{H}_2\text{O}}/\text{gr}_{\text{AIRE}}$$

4) Hallando el Volumen Húmedo:

$$V_H = (0.00283 + 0.00456 * H) * (T + 273.15)$$

$$V_H = 0.8701 \quad \text{m}^3/\text{Kg}_{\text{Aire}}$$

5) Hallando el calor húmedo:

$$C_s = 1005 + 1884 \cdot H$$

$$C_s = \mathbf{1.0415} \quad \text{KJ}/(\text{Kg} \cdot ^\circ\text{C})$$

6) Hallando la Temperatura de Rocío:

$$T_{\text{ROCIO}} = -B/(\text{LN}(p)-A) - C$$

$$T_{\text{ROCIO}} = \mathbf{24.14} \quad ^\circ\text{C}$$

7) Hallando la Temperatura de Bulbo húmedo:

$$T_{\text{BH}} = T - \lambda/C_s \cdot (H_{\text{S-BH}} - H)$$

$$\lambda = \mathbf{2502.3} \quad \text{KJ}/\text{Kg}$$

La temperatura de bulbo húmedo será una función de la Humedad.
Iteración para hallar la temperatura de bulbo húmedo:

1. El calculo empieza con el valor de la Humedad Absoluta como primera iteración.
2. Con la formula de temperatura de bulbo húmedo, hallo el valor.
3. Con el valor hallado de temperatura de bulbo húmedo y 100% de humedad relativa, hallo el valor de la humedad.
4. Comparo el valor de humedad en el punto uno con el hallado en el punto tres, y seguir con la iteración hasta que la diferencia de ambos valores sea igual o menor que un error.

Tabla: Aumento 0.0002

| iteración | $H_{\text{S-BH}}$ | T_{BH} | p° | H_s | ΔH |
|-----------|-------------------|-----------------|--------------|----------------|------------|
| i=1 | 0.01939 | 25.0 | 23.87 | 0.02044 | 0.001054 |
| i=2 | 0.01959 | 24.5 | 23.19 | 0.01985 | 0.000260 |
| i=3 | 0.01979 | 24.0 | 22.54 | 0.01927 | -0.000519 |
| i=4 | 0.01999 | 23.6 | 21.90 | 0.01871 | -0.001282 |
| i=5 | 0.02019 | 23.1 | 21.28 | 0.01816 | -0.002030 |
| i=6 | 0.02039 | 22.6 | 20.67 | 0.01763 | -0.002764 |

El número de iteraciones será dependiente del porcentaje de humedad relativa (mientras mas cerca está del 100% habrá menos iteraciones) y del aumento de la humedad en la tabla de iteraciones.

Una vez conocido el rango donde se podría encontrar el valor de la humedad, encontrar el valor mas próximo, jugando con los valores que estén en dicho rango:

| $H_{\text{S-BH}}$ | T_{BH} | p° | H_s | ΔH |
|-------------------|-----------------|--------------|----------------|----------------|
| 0.01966 | 24.36 | 22.97 | 0.01965 | 0.00000 |

Resumen:

| | | |
|----------------------|---------|-----------------------------|
| Temperatura = | 25.00 | °C |
| Humedad Relativa = | 95.00 | % |
| Presión = | 750.00 | mmHg |
| H = | 0.01939 | gr H ₂ O/gr AIRE |
| H _s = | 0.02044 | gr H ₂ O/gr AIRE |
| V _H = | 0.87013 | m ³ /Kg Aire |
| C _s = | 1.04153 | KJ/(Kg*°C) |
| T _{ROCIÓ} = | 24.14 | °C |
| T _{IBH} = | 24.36 | °C |

Suponer que se calienta el aire con resistencias eléctricas a una temperatura de:

$$T = \boxed{45.0} \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T = 113.0 \text{ } ^\circ\text{F}$$

Entonces a estas nuevas condiciones:

$$P_V^\circ = 71.83 \text{ mmHg}$$

$$P_V = 22.673 \text{ mmHg}$$

$$H = 0.01939 \text{ gr agua/ gr aire seco}$$

$$H_R = 31.57 \text{ \%}$$

Datos de las nuevas condiciones:

$$\begin{aligned} \text{Temperatura} &= 45.0 \text{ } ^\circ\text{C} \\ \text{Humedad Relativa} &= 31.57 \text{ \%} \\ \text{Presión} &= 750 \text{ mmHg} \end{aligned}$$

1) Hallando la Presión de vapor de saturación del agua:

$$p^\circ = 71.827 \text{ mmHg}$$

2) Hallando la Presión de vapor del agua:

$$p = 22.673 \text{ mmHg}$$

3) Hallando la humedad absoluta (H):

$$H = 0.0194 \text{ gr H}_2\text{O/gr AIRE}$$

4) Hallando el Volumen Humedo:

$$V_H = 0.9285 \text{ m}^3/\text{Kg Aire}$$

5) Hallando el calor húmedo:

$$C_s = 1.0415 \text{ KJ}/(\text{Kg} \cdot ^\circ\text{C})$$

6) Hallando la Temperatura de Rocío:

$$T_{\text{ROCÍO}} = 24.14 \text{ } ^\circ\text{C}$$

7) Hallando la Temperatura de Bulbo húmedo:

$$\lambda = 2502.3 \text{ KJ}/\text{Kg}$$

Tabla: Aumento = 0.001

| iteración | H _{S-BH} | T _{BH} | p° | H _S | ΔH |
|-----------|-------------------|-----------------|-------|----------------|-----------|
| i=1 | 0.01939 | 45.0 | 71.83 | 0.06588 | 0.046490 |
| i=2 | 0.02039 | 42.6 | 63.45 | 0.05749 | 0.037101 |
| i=3 | 0.02139 | 40.2 | 55.94 | 0.05013 | 0.028740 |
| i=4 | 0.02239 | 37.8 | 49.20 | 0.04367 | 0.021278 |
| i=5 | 0.02339 | 35.4 | 43.17 | 0.03799 | 0.014604 |
| i=6 | 0.02439 | 33.0 | 37.80 | 0.03301 | 0.008622 |
| i=7 | 0.02539 | 30.6 | 33.01 | 0.02864 | 0.003250 |
| i=8 | 0.02639 | 28.2 | 28.76 | 0.02480 | -0.001586 |

| H _{S-BH} | T _{BH} | p° | H _S | ΔH |
|-------------------|-----------------|-------|----------------|----------|
| 0.025900 | 29.4 | 30.78 | 0.0266 | 0.000720 |

Resumen:

| | | |
|----------------------|---------|-----------------------------|
| Temperatura = | 45.00 | °C |
| Humedad Relativa = | 31.57 | % |
| Presión = | 750.00 | mmHg |
| H = | 0.01939 | gr H ₂ O/gr AIRE |
| H _S = | 0.02662 | gr H ₂ O/gr AIRE |
| V _H = | 0.92849 | m ³ /Kg Aire |
| C _S = | 1.04153 | KJ/(Kg·°C) |
| T _{ROCÍO} = | 24.14 | °C |
| T _{BH} = | 29.36 | °C |

¿CUAL ES LA VELOCIDAD MÍNIMA DEL AIRE PARA PODER TRANSPORTAR EL MATERIAL DE UN EXTREMO AL OTRO EN EL SECADOR-TRANSPORTADOR??

Igualando la ec (1) y la (3), e ingresando la ec (2), tenemos:

$$U_a = 0.5 * (\rho_{\text{aire-out}} * V_{\text{aire-in}})^{0.67} / D$$

$$\rho_{\text{aire-out}} = 0.0405 * (460 + T_{\text{aire-in}}) * (0.622 + H_{\text{s-out}})$$

Donde:

H_{s-out} = Humedad de saturación, condiciones de salida.

$$\rho_{\text{aire-out}} = 0.0664 \text{ lb/ft}^3$$

Reemplazando valores:

$$D = 0.00068 * (V_{\text{aire in}})^{0.67}$$

$V_{\text{aire in}}$: velocidad del aire en la entrada del secador, en ft/hr

A partir de esta relación, hallar el valor del diámetro del secador-transportador, teniendo como referencia el valor mínimo de velocidad de ingreso.

Velocidad mínima de arrastre de las partículas en suspensión en aire, cuando el transporte es realizado en tuberías horizontales:

$$V_{C,h} = 270 * (\rho_s / (\rho_s + 62.3)) * D_s^{0.40}$$

Donde:

$V_{C,h}$: velocidad mínima de arrastre, en ft/s

ρ_s : densidad de la partícula sólida, en lb/ft³

D_s : diámetro de la partícula mas grande, en ft

Analizando la página 5-71 del Perry

Dimensiones de la partícula mas grande que se podría estar transportando neumáticamente

$$\begin{aligned} a &= 12 \text{ mm.} \\ b &= 12 \text{ mm.} \\ h &= 0.1 \text{ mm.} \end{aligned}$$

$$D_s = 3.018 \text{ mm.}$$

$$D_s = 9.90E-03 \text{ ft}$$

$$\rho_s = 1400 \text{ Kg / m}^3$$

$$\rho_s = 87.399 \text{ lb/ft}^3$$

$$V_{C,h} = 24.886 \text{ ft/s}$$

$$V_{C,h} = 89590.8 \text{ ft/hr}$$

$$V_{C,h} = 7.585 \text{ m/s}$$

Para el caso de tuberías verticales:

$$V_{C,h} = 910 * (\rho_s / (\rho_s + 62.3)) * D_s^{0.60}$$

$$V_{C,h} = 33.3 \text{ ft/s}$$

$$V_{C,h} = 119976.3 \text{ ft/hr}$$

$$V_{C,h} = 10.2 \text{ m/s}$$

Entonces, trabajando en todas las condiciones de alta y baja temperatura encontramos un factor de diseño interesante, es aumentar la temperatura del aire, que inicialmente se encuentra a condiciones atmosféricas, en 20°C. esto dará un fuerte gradiente de temperatura, y ocurrirá así el secado deseado.

Diseño de la tubería:

$$\begin{aligned} \text{Diámetro} &= 0.56 \text{ m.} \\ \text{Longitud} &= 16.70 \text{ m.} \\ \text{Volumen} &= 4.06 \text{ m}^3 \\ \text{Volumen} &= 143 \text{ ft}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_{\text{BH OUT}} &= 84.85 \text{ } ^\circ\text{F} \\ T_{\text{BH IN}} &= 75.85 \text{ } ^\circ\text{F} \\ \Delta t_m &= 80.26 \end{aligned}$$

$$\text{TIEMPO} = 30.84 \text{ seg.}$$

Potencia del ventilador:

$$\text{Potencia} = V_{\text{aire in}} (\text{m/s}) * \text{Área} (\text{m}^2) * \Delta P$$

$$\text{Área} = 2.62 \text{ ft}^2$$

$$\text{Vel} = 36.66 \text{ Ft/s}$$

$$\Delta P = \rho * (V^2/2g * (F_1 + F_2*L/D + F_3*N + H))$$

Donde:

ρ = peso específico de la mezcla polvo/aire (Kg/m^3)

V = velocidad media del aire (m/seg)

F_1 = Constante para considerar las pérdidas en la zona de aceleración debidas a turbulencias, reaceleración de partículas en colisión con la pared, etc.

F_2 = Coeficiente de rozamiento para tubos rectos.

F_3 = Coeficiente de rozamiento para codos.

L = longitud de la tubería (m)

D = Diámetro interior de la tubería (m)

N = Número de codos en ángulo recto.

H = Elevación vertical (m)

g = Aceleración de la gravedad = 9.8 m/seg^2

Los datos para cada uno de estos parámetros son:

$$v = 15.00$$

$$V = 11.17$$

$$F_1 = 2.50$$

$$F_2 = 0.04$$

$$F_3 = 0.50$$

$$L = 16.70$$

$$D = 0.56$$

$$N = 3.00$$

$$H = 4.70$$

$$g = 9.80$$

$$\Delta P = v * (V^2/2g * (F_1 + F_2*L/D + F_3*N + H))$$

$$\Delta P = 553.03 \text{ Kg/m}^2$$

$$\text{Potencia} = \boxed{20} \text{ HP}$$

RECIPIENTE ALMACENAMIENTO FINAL

Para el Diseño del Recipiente Final de Almacenamiento será necesario tomar en cuenta la relación Producto/Insumo obtenida del Balance de Materia (se tomará el R mayor) además del tiempo máximo de acumulación de almacenamiento requerida.

Se recomienda una relación Altura/diámetro del recipiente igual a 1 para ahorrar costos operativos de elevación del material hasta el tope del recipiente. No se escogió una relación menor por requerimiento de espacio.

Información Preliminar:

Relación Producto/Insumo = **0.83**
 Tiempo Máximo Acumulación (Ta) = **24** h
 Relación Altura/diámetro = **1**
 Densidad Producto = **1400** Kg/m³

Cálculo de las Dimensiones del Recipiente Almacenamiento:

$$V = (R)(Q)(Ta)/(Dens)$$

Donde:

V = Volumen Recipiente Almacenamiento (m³)
 R = Relación Producto/Insumo
 Q = Flujo Alimentación (Kg/h)
 Dens = Densidad Producto (Kg/m³)
 Ta = Tiempo Máximo Acumulación (h)

Además:

d = Diámetro Recipiente (m)
 h = Altura Recipiente (m)

Entonces:

| Q (Kg/h) | V (m3) | D = h (m) | h(m) |
|----------|--------|-----------|------|
| 100 | 1.42 | 1.22 | 1.35 |
| 150 | 2.13 | 1.39 | 1.55 |
| 200 | 2.84 | 1.54 | 1.71 |
| 250 | 3.55 | 1.65 | 1.84 |
| 300 | 4.26 | 1.76 | 1.95 |
| 350 | 4.97 | 1.85 | 2.06 |
| 400 | 5.69 | 1.93 | 2.15 |
| 450 | 6.40 | 2.01 | 2.24 |
| 500 | 7.11 | 2.08 | 2.32 |

Por lo tanto:

Material Almacenamiento: Acero Inoxidable
 Dimensiones del Recipiente: ver Tabla
 Recomendación Relación h/d: 1

SISTEMA DE EMPAQUE

Para la Elección del Sistema de Empaque se tomará en cuenta inicialmente el flujo másico de producto a embolsar.

Información preliminar para el Diseño:

Tipos de empaque **Bolsas de Polietileno de Alta Densidad de 50 kg**

Relación Producto/Insumo **0.83**

Cálculo de Número de Bolsas a empacar por hora:

$$\text{Bolsas/h} = Q_{\text{producto}}/P_{\text{bolsa}}$$

Donde:

Bolsas/h = Número de bolsas empacadas por hora, 1/h

Q_{producto} = Flujo Másico Producto, Kg/h

P_{bolsa} = Peso de bolsa embalada

| Peso por Bolsa (Kg/bolsa) | $Q_{\text{alimentacion}}$ (Kg/h) | Q_{producto} (Kg/h) | Bolsas /Turno |
|------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------|------------------|
| 50 | 100 | 82.9 | 14.0 |
| | 150 | 124.4 | 20.0 |
| | 200 | 165.8 | 27.0 |
| | 250 | 207.3 | 34.0 |
| | 300 | 248.7 | 40.0 |
| | 350 | 290.2 | 47.0 |
| | 400 | 331.7 | 54.0 |
| | 450 | 373.1 | 60.0 |
| 500 | 414.6 | 67.0 | |

Por lo tanto:

Sistema de Embalaje: **Manual**

Número de Operarios: **2**

Material Embalaje: **Bolsas polietileno Alta Densidad**

Capacidad Bolsa **50 kg**

Forma de Sellado **Termosellado**

ANEXO 5

HOJA DE CALCULO

Contiene:

***Corrida del Programa de Aplicación:
Diseño y Costeo de una Línea de
Procesamiento de Pet en una Gestión
De Residuos Sólidos Municipales***

Anexo 5.1
HOJA DE CÁLCULO:
DISEÑO Y COSTEO DE UNA LÍNEA DE PROCESAMIENTO
DE PET RECUPERADO EN UNA GESTIÓN DE RESIDUOS
SÓLIDOS MUNICIPALES
CASO: MUNICIPALIDAD DE SANTIAGO DE SURCO

A continuación describiremos la secuencia de cálculo que sigue la Hoja de Cálculo presentada. La corrida se realiza con los datos de la Municipalidad de Santiago de Surco.

CUADRO: CÁLCULO DEL INDICADOR DE GENERACIÓN PER CÁPITA

En este Cuadro se plantean 2 alternativas de ingreso de datos para el cálculo de la Generación Per Cápita:

- a. **Tipo Manual:** Ingreso de datos del distrito conociendo sus principales variables:
 - Número actual de Habitantes a los cuales se les da el servicio de recolección de residuos.
 - Número de vehículos en Operación que recogen el número de habitantes designado anteriormente.
 - Número de viajes que realiza cada vehículo en Operación.
 - Capacidad útil promedio del vehículo de recojo
 - Densidad de los residuos en el vehículo de recojo

Diseño y Costeo de la Línea de Procesamiento de PET, Procesado en una Gestión de Residuos Sólidos Municipales

Realizado por los Bachilleres UNI:

Jose Carlos Lama (Tesisista)

Renzo Matos (Tesisista)

Renato Menéndez (Programación)

INICIO

*Universidad Nacional de Ingeniería
Lima-Perú 2003*

INDICADOR DE GENERACION PER CAPITA

*Todos los datos se ingresan en los cuadros amarillos.

Para datos conocidos del Distrito

Ingrese los siguientes datos:

| | |
|--------------------------------------------|--------------|
| Nombre del Distrito: | Surco |
| No. de habitantes o Población: | 250000 |
| No. de vehículos en Operación: | 20 |
| No. de viajes por vehículo | 2 |
| Capacidad util estimada por vehículo (m3): | 12 |
| Densidad de los Residuos Sólidos (Kg/m3): | 520 |
| Producción Per Capita = | 0.998 |

BORRAR

siguiente

AUTOMATICO

En caso de no tener datos del distrito

Seleccione un Distrito de las listas

Producción Per Capita:

distrito

Santiago de Surco ▼ 1

Población (en miles):

distrito

Santiago de Surco ▼ 250

BORRAR

siguiente

Con todo lo anterior se obtiene *Generación Per Cápita de Residuos Sólidos* con la fórmula descrita en el capítulo 1.

- b. **Tipo Automático:** Ingreso del nombre del distrito sin conocer sus principales características:

Con el nombre elegido del menú propuesto se encontrará la *Población* y la *Generación Per Cápita* introducida en una base de datos adjunta a la Hoja de Cálculo.

En cualquiera de las dos opciones al encontrar el dato de *Generación Per Cápita* se procede con el siguiente cuadro.

Nota: Ver en el cuadro la corrida con los datos de la Municipalidad de Santiago de Surco.

CUADRO: CÁLCULO DE LA CANTIDAD DE RESIDUOS SÓLIDOS INERTES PRODUCIDOS CON VALOR DE CAMBIO

En este Cuadro se plantean 2 alternativas de ingreso de datos para el cálculo del Porcentaje de Residuos Sólidos Inertes con valor de Cambio:

- a. **Tipo Manual:** Ingreso de datos del distrito conociendo el porcentaje de residuos sólidos inertes obtenido de una Previa Caracterización. Con el dato anterior se obtiene el peso de Residuos Sólidos Inertes generado por día, valor que nos permitirá costear indirectamente el Proyecto.
- b. **Tipo Automático:** Ingreso del estrato socioeconómico promedio: Con el nombre elegido del menú propuesto se encontrará el *Porcentaje de Residuos Sólidos Inertes con valor de Cambio* y su respectivo *Peso de*

Residuos Sólidos Inertes con valor de cambio por día, la data es introducida en una base de datos adjunta a la Hoja de Cálculo.

En cualquiera de las dos opciones al encontrar el dato de *Residuos Sólidos Inertes con valor de Cambio* se procede con el siguiente cuadro.

Nota: Ver en el cuadro la corrida con los datos de la Municipalidad de Santiago de Surco.

CUADRO: PROYECCIÓN ESTIMADA DEL PROYECTO

En este cuadro se introducirán los siguientes datos:

- *El Horizonte de Planeamiento*. La Hoja de Cálculo es lo suficientemente flexible para realizar cálculos y proyecciones en el rango que va desde 1 hasta los 40 años con el objetivo de analizar la rentabilidad del proyecto.
- *El Número de Predios o casas de la zona de Estudio*. Aquí se introducirá el número de predios que tiene la zona de estudio actualmente (año 0).
- *El Número de predios inicial del Proyecto*. Será el número con el que se empezará el recojo selectivo de los residuos inertes con valor de cambio.
- *Número de años en los que se desea llegar a servir a la totalidad de predios*. Dependerá de la planificación del Equipo Gestor.

Nota: Ver en el cuadro la corrida con los datos de la Municipalidad de Santiago de Surco.

CARACTERIZACION DE RESIDUOS SOLIDOS

¿Existen datos de caracterización?

| | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| si | Para una producción per capita de 0.9984 Kg/hab-día y una población de 250000 habitantes | NO |
| <p>Ingrese el % de Residuos Sólidos Inertes con Valor de Cambio</p> <p>%W = <input style="width: 80px;" type="text" value="18.03%"/></p> <p>Peso de Residuos Sólidos con valor de cambio es :</p> <p>Wrsi = <input style="width: 80px;" type="text" value="45002.88"/> Kg/día</p> <p style="text-align: right;">BORRAR</p> <p style="text-align: center;">⇐ ⇐</p> | <p>Elija la opción que mejor represente al distrito en estudio:</p> <p>Resid. Alto Ingreso</p> <p>%W = <input style="width: 80px;" type="text" value="21.80%"/></p> <p>Wrsi = <input style="width: 80px;" type="text" value="54412.8"/></p> <p style="text-align: right;">BORRAR</p> <p style="text-align: center;">⇐ ⇐</p> | |

CUADRO: COSTOS INDIRECTOS DEL PROYECTO

a. Factores Educativos:

Capacitadores:

- ***Productividad del Capacitador (predio/capacitador-hora):*** Este dato es sugerido. Fue hallado en base a la experiencia realizada en la Municipalidad de Santiago de Surco de sensibilizar al vecino *puerta a puerta* inscribiéndolo en el Programa.
- ***Número de horas por turno de trabajo:*** Se sugiere de igual manera un número prudencial de horas al día que garanticen una sensibilización con calidad.
- ***Número de días al mes:*** Número de días laborables.
- ***Número de meses al año:*** Número de meses laborables
- ***Número de turnos al día:*** De acuerdo al Programa de Trabajo.

Resultados:

- **Número de Capacitadores Requeridos.**

No de Capacitadores = No de predios / (product.capacitador x h/turno x día/mes x mes/año x turno/día x año en que se llega al total de predios)

b. Costos de Recojo

Bolsas:

- ***Densidad de Residuos Inertes:*** Se puede tomar una densidad aproximada de los residuos que se pueden embolsar y transportar (40 kg/m³).
- ***Volumen de la Bolsa que recepcionará los residuos inertes:*** El volumen de la bolsa se calcula tomando en cuenta el peso total generado en la zona

de estudio, la densidad de los residuos inertes y el número de predios a recoger.

Resultados:

- **Número de Bolsas entregadas y recogidas por semana.**

No de bolsas/sem = Gen.percápita x predios iniciales del proyecto / (densidad inertes en unidad de recojo x volumen de bolsa)

Unidades de Recojo:

- **Volumen de la Unidad de Recojo Selectivo:** Se recomienda que la unidad sea del tipo baranda (si es que se debe tener cuidado con el manejo del vidrio).
- **Número de Viajes al Día:** Depende de la planificación realizada.

Resultados:

- **Número de Unidades de Recojo Selectivo**

No Unidades Recojo = Peso Residuos Sólidos/día / (densidad inertes) / (volumen de unidad de recojo) / (no de viajes al día)

- **Número de Choferes de Unidad**

No de choferes = No de unidades de recojo selectivo

- **Número de Ayudantes de Unidad**

No de Ayudantes = No de choferes x 2

Productividad del Segregador:

- ***De acuerdo al Tipo de Segregador:*** Se elegirá del menú cualquiera de los dos casos realizados en la municipalidad de Santiago de Surco: del *tipo mesa o del tipo faja*. El valor propuesto en la Hoja de Cálculo es producto de pruebas de rendimiento realizadas. Se sugiere tomar los valores propuestos.
- ***Número de Horas por turno de trabajo:*** Se deberá incluir el número de horas laborables.
- ***Número de turnos por día:*** Dependerá de la planificación realizada.

Resultados:

- **Número de Segregadores**

$$\text{No de Segregadores} = \text{Peso residuos sólidos inertes/día} / (\text{productividad segregador}) / (h/\text{turno}) / (\text{turno/día})$$

c. Costos de Combustible***Consumo de Gasolina:***

- ***Número de Galones por kilómetro recorrido:*** Valor que puede aproximarse.
- ***Número de Predios por Unidad por día:*** Valor calculado directamente de datos anteriores por la Hoja de cálculo.
- ***Longitud de Frontis por predio recogido:*** Valor sugerido de acuerdo al recojo realizado. Es el número que indica la distancia entre bolsa recogida.

PROYECCION ESTIMADA DEL PROYECTO

Ingrese los siguientes datos:

- 1. Horizonte de Planeamiento:** (se sugiere 20 años)
- 2. a) No. de predios actual en la zona de estudio:** (5000 como minimo)
- b) Tendencia demografica:**
- No. de predios iniciales del proyecto:**
- 5. No. de predios al final del proyecto:** (10% del No. De predios)
- 4. Indique en cuantos años desea llegar al No. Total de Predios:**

BORRAR



Resultados:

- **Consumo de Gasolina (gal/día-unidad).**

Consumo de Gasolina = gal/km x predios/unidad x distancia por predio recogido x No de viajes al día.

Nota: Ver en el cuadro la corrida con los datos de la Municipalidad de Santiago de Surco.

CUADRO: COSTOS INDIRECTOS DE INVERSIÓN

Este cuadro contempla el análisis de cuatro variables:

a. Costo del Local. El costo aquí contemplado le corresponderá al área que ocuparía la línea de segregación de residuos sólidos inertes y contemplará introducir las variables *Área Requerida* y *Costo por metro cuadrado* obteniéndose como resultado el *Precio del Local*.

b. Costo del Sistema de Segregación. El costo se estimará de experiencias previas o diseños básicos de acuerdo a la tecnología propuesta. En principio se cotizará un sistema de fajas de segregación con sus estructuras y equipos complementarios del caso.

c. Costo de las Unidades de Recojo. Aquí se contemplará la inversión por unidad en el primer año que se requiere realizar para cumplir paulatinamente con el recojo proyectado.

d. Equipos de Protección Personal. Se realiza un estimado del costo de inversión necesario de los equipos de protección estimados para los operadores tanto del Recojo Selectivo como del procesamiento de los residuos sólidos inertes.

COSTOS INDIRECTOS DEL PROYECTO

FACTORES EDUCATIVOS:

| | | | |
|----------------------|---------------------------------------|----|------------------------|
| CAPACITADORES | <i>Productividad del capacitador:</i> | 5 | <i>predio/cap-hora</i> |
| | <i>No. de horas/turmo de trabajo:</i> | 6 | |
| | <i>No. de días/mes:</i> | 22 | |
| | <i>No. de meses/año:</i> | 11 | |
| | <i>No. turnos/día:</i> | 1 | |

RESULTADOS

No. Capacitadores =

No. Bolsas/semana =

COSTO DE RECOJO:

| | | | |
|-------------------------------------|----------------------------------------------------------|------|----------------------|
| Bolsas | <i>Densidad de Inertes:</i> | 40 | <i>Kg/m3</i> |
| | <i>Volumen de la bolsa:</i> | 0.07 | |
| Unidades de recojo | <i>Volumen de la unidad de recojo:</i> | 25 | <i>m3/unid-viaje</i> |
| | <i>No. de viajes al día:</i> | 3 | |
| Productividad del segregador | <i>Tipo segregador</i> <input type="text" value="Mesa"/> | 35 | <i>Kg/seg-hr</i> |
| | <i>No. de horas/turmo de trabajo:</i> | 8 | |
| | <i>No. de turnos/día</i> | 1 | |

Unid. recojo =

No. Choferes =

No. Ayudantes =

No. Segregadores =

COSTO DE LA GASOLINA:

| | | |
|----------------------------|-------------------------------------|--------|
| Consumo de Gasolina | <i>No. Galones/Km recorrido</i> | 0.0286 |
| | <i>No. Predios/unidad día</i> | 301 |
| | <i>Longitud frontis/predio (km)</i> | 0.04 |

Consumo de gasolina = gal/dia-ud

BORRAR



Como resultado se podrá escoger dos alternativas: Costo con local propio o Costo con Local comprado. Luego de escoger se pasa al siguiente cuadro.

Nota: Ver en el cuadro la corrida con los datos de la Municipalidad de Santiago de Surco.

CUADRO: INTRODUCCIÓN FINAL DE DATOS PARA EL ANÁLISIS DE RENTABILIDAD DEL PROYECTO

El grupo final de datos que se introducirán serán los siguientes:

- *Horas laborables por turno*
- *Turnos laborables por día*
- *Días laborables por semana*
- *Semanas por año*
- *Meses por año*
- *Precio de Venta del Pet procesado por tonelada.* Este valor se obtendrá de la exploración de mercado respectivo.
- *Ahorro por disposición por tonelada recogida de residuos inertes con valor de cambio que se recogen para el programa.* El flujo de residuos inertes que se procesarán dejará de disponerse en algún relleno sanitario o vertedero.
- *Precio por bolsa.* El precio que a la municipalidad le cuesta cada bolsa que entrega al vecino para la segregación en origen.
- *Sueldo del Personal.* Contempla el número y sueldo de cada capacitador, ayudante de unidad, segregador en la línea de residuos inertes, chofer, operario en la línea del pet, supervisor de crecimiento, supervisor de línea de pet, jefe de producción, asistente de producción, jefe de comercialización, gastos administrativos
- *Consumo de energía (nuevos soles/tonelada).*

COSTOS INDIRECTOS DE INVERSIÓN

COSTO DEL LOCAL:

Area requerida = m²
Precio/m² = soles
Costo del Local =

SISTEMA DE SEGREGACIÓN:

Costo del Sistema = soles

COSTO DE LAS UNIDADES DE RECOJO:

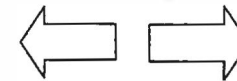
Costo de cada Unidad = soles
Costo Total de Unidades = soles

EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL:

Costo de los equipos = soles

COSTO INDIRECTO DE INVERSIÓN (con local) =

COSTO INDIRECTO DE INVERSIÓN (sin local) =



- *Consumo de agua por mes*
- *Porcentaje de Pet en los Residuos Sólidos Inertes*. Calculado de la caracterización respectiva.

Los datos introducidos permitirán conocer el flujo de pet a procesar por proyectar en el horizonte de planeamiento establecido.

Nota: Ver en el cuadro la corrida con los datos de la Municipalidad de Santiago de Surco.

CUADRO: PROGRAMA DE PRODUCCIÓN Y REQUERIMIENTOS

Aquí se muestra la tendencia de crecimiento del proyecto arrojada por la data registrada anteriormente en el horizonte de planeamiento planteado. De igual manera se observa la cantidad de pet producida en el mismo.

Nota: Ver resultados con los datos de la Municipalidad de Santiago de Surco.

CUADRO: VALOR DE VENTAS

En este cuadro se muestran el valor económico obtenido por año por las ventas realizadas del producto terminado. Incluye también el ahorro producido por la no disposición del mismo en un relleno sanitario.

Nota: Ver resultados con los datos de la Municipalidad de Santiago de Surco.

CUADRO: COSTO DE PRODUCCIÓN DEL PET SCRAP

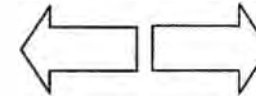
El costo de producción del material para la venta será de dos tipos: *Costos de Operación de la Gestión y Costos directos de Producción del Pet*.

PRODUCCION DE SCRAP PET

**INGRESE LOS SIGUIENTES DATOS
SOLO EN LAS CELDAS AMARILLAS**

| | |
|--------------------------------|---------------|
| Kg RRSSint.v.c. / mes = | 135009 |
| Kg Pet / hr. = | 42.19 |

| | |
|-----------------------------------------|-------|
| Horas/turno = | 8 |
| Turnos/día = | 1 |
| Días/semana = | 6 |
| Semanas/año = | 52 |
| Meses/año = | 12 |
| S/. / TMPet = | 1000 |
| S/. Ahorro de Disposición por TM = | 147.2 |
| Precio por Bolsa = | 0.16 |
| S/. Sueldo del Capacitador = | 600 |
| S/. Sueldo del Segregador = | 770 |
| S/. Sueldo del Ayudante = | 800 |
| S/. Sueldo del Operario = | 770 |
| # de Operarios = | 6 |
| S/. Sueldo del Asistente Producción = | 1000 |
| # de Asistente de Producción = | 1 |
| S/. Sueldo del Supervisor de Molino = | 1500 |
| # de Supervisor de Molino = | 1 |
| S/. Sueldo del Supervisor Crecimiento = | 1500 |
| # de Supervisor de Crecimiento = | 1 |
| S/. Sueldo del Jefe de Producción = | 2000 |
| # de Jefe de Producción = | 1 |
| S./ Sueldo Choferes = | 1260 |
| S./Consumo de energía/ton = | 135 |
| Consumo agua/mes = | 400 |
| Sueldo secretaria +otros = | 2000 |
| Sueldo Jefe Comercializa+otros = | 4000 |
| % en Peso dePET en los RSI = | 6.50% |



Los Costos de Operación de la Gestión se calcularán como los costos de los componentes de la Gestión de los Residuos Sólidos Inertes multiplicados por el porcentaje que representa el pet del flujo en mención.

Los Costos Directos de Producción del Pet se calculan con los datos registrados anteriormente (sexto cuadro).

Nota: Ver resultados con los datos de la Municipalidad de Santiago de Surco.

CUADRO: ESTADO DE GANANCIAS Y PÉRDIDAS

Este cuadro tiene como objetivo calcular la **Utilidad Neta** al año por la implementación del proyecto.

Nota: Ver resultados con los datos de la Municipalidad de Santiago de Surco.

CUADRO: FLUJO DE CAJA PROYECTADO

Este cuadro tiene como objetivo el cálculo del **Flujo Neto de Fondos por año** lo que permitirá encontrar los indicadores económicos posteriores.

Nota: Ver resultados con los datos de la Municipalidad de Santiago de Surco.

CUADRO: CRITERIOS DE EVALUACIÓN DE INVERSIÓN

Aquí se mostrarán los indicadores económicos de inversión: el **Valor Presente Neto (VPN)**, la **Tasa Interna de Retorno (TIR)**, la **Relación Beneficio/Costo (B/C)** y el **Tiempo de Recupero de Inversión (TR)**.

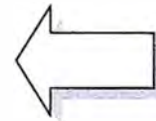
Nota: Ver resultados con los datos de la Municipalidad de Santiago de Surco.

COSTO DE EQUIPOS

(Expresados en moneda constante del año cero)

Ingresar los datos de los costos de los equipos en Miles de Nuevos Soles:

| EQUIPO | Miles de S/. |
|-------------------------|--------------|
| Faja transportadora | 8.50 |
| Molino | 23.40 |
| Tornillo Sinfin (5) | 18.70 |
| Lavadora | 21.20 |
| Cámara de Flotación (2) | 21.20 |
| Centrifuga | 12.70 |
| Secador neumático | 25.50 |
| Ciclón (2) | 20.40 |
| Rec. De Almacenamiento | 6.40 |
| Balanza Industrial | 2.10 |
| Otros | 2.00 |



Costo del Terreno

60,000.00

S/. del año cero

¿Costo Indirecto de Inversión con local o sin local?

C.I.con_Local



S/.

396,585.00

Una vez completado todos los datos elija el tipo de proyección que desea utilizar:

Lineal

Personalizada

¿DESEA USTED COMPRAR ALGUN EQUIPO ADICIONAL?

SI

NO

EVALUACIÓN ECONÓMICA PROYECTADA

PROGRAMA DE PRODUCCIÓN Y REQUERIMIENTOS:

| Año | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
|----------------------|---|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Número de Predios: | | 8000 | 17000 | 26000 | 35000 | 44000 | 53000 | 62000 | 71000 | 80000 | 89000 | 98000 | 107000 | 110985 | 113815 | 116718 | 119695 | 122747 | 125878 | 129088 | 132380 |
| Tendencia: | | 1.0 | 2.1 | 3.3 | 4.4 | 5.5 | 6.6 | 7.8 | 8.9 | 10.0 | 11.1 | 12.3 | 13.4 | 13.9 | 14.2 | 14.6 | 15.0 | 15.3 | 15.7 | 16.1 | 16.5 |
| Requerimiento | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| PET Picado(Kg/hr) | | 35.0 | 74.3 | 113.7 | 153.0 | 192.4 | 231.8 | 271.1 | 310.5 | 349.8 | 389.2 | 428.5 | 467.9 | 485.3 | 497.7 | 510.4 | 523.4 | 536.7 | 550.4 | 564.5 | 578.9 |
| PET Picado(Kg/día) | | 279.9 | 594.7 | 909.5 | 1224.4 | 1539.2 | 1854.0 | 2168.9 | 2483.7 | 2798.5 | 3113.4 | 3428.2 | 3743.0 | 3882.4 | 3981.4 | 4083.0 | 4187.1 | 4293.9 | 4403.4 | 4515.7 | 4630.9 |
| PET Picado(TM/mes) | | 7.3 | 16.5 | 23.6 | 31.8 | 40.0 | 48.2 | 64.4 | 64.6 | 72.8 | 80.8 | 89.1 | 97.3 | 100.9 | 103.5 | 106.2 | 108.9 | 111.6 | 114.5 | 117.4 | 120.4 |

VALOR DE VENTAS

| Año | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
|--------------------------|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Ventas (TM/año) | | 87.3 | 185.5 | 283.8 | 382.0 | 480.2 | 578.5 | 676.7 | 774.9 | 873.1 | 971.4 | 1069.6 | 1167.8 | 1211.3 | 1242.2 | 1273.9 | 1306.4 | 1339.7 | 1373.9 | 1408.9 | 1444.8 |
| Precio (soles/TM) | | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 |
| Ahorro (soles/TM) | | 147 | 147 | 147 | 147 | 147 | 147 | 147 | 147 | 147 | 147 | 147 | 147 | 147 | 147 | 147 | 147 | 147 | 147 | 147 | 147 |
| Ingreso | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Miles soles/mes | | 8.3 | 17.7 | 27.1 | 36.5 | 45.9 | 55.3 | 64.7 | 74.1 | 83.5 | 92.9 | 102.3 | 111.6 | 115.8 | 118.8 | 121.8 | 124.9 | 128.1 | 131.3 | 134.7 | 138.1 |
| Ventas (Miles soles/año) | | 100.2 | 212.9 | 326.6 | 438.2 | 550.9 | 663.6 | 776.3 | 889.0 | 1001.7 | 1114.4 | 1227.0 | 1339.7 | 1389.6 | 1425.1 | 1461.4 | 1498.7 | 1536.9 | 1576.1 | 1616.3 | 1657.5 |

COSTOS DE PRODUCCION DE PET SCRAP

Costo de Operación de la Gestión:

| Año | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
|-------------------------------|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Bolsas | | 30.0 | 63.7 | 97.4 | 131.0 | 164.7 | 198.4 | 232.1 | 265.8 | 299.5 | 333.2 | 366.9 | 400.6 | 415.6 | 426.2 | 437.0 | 448.2 | 459.6 | 471.3 | 483.3 | 495.7 |
| Combustible | | 4.8 | 9.7 | 12.1 | 16.9 | 21.8 | 24.2 | 29.0 | 33.8 | 38.7 | 41.1 | 45.9 | 50.8 | 50.8 | 53.2 | 53.2 | 55.6 | 58.0 | 58.0 | 60.4 | 60.4 |
| Capacitadores | | 14.4 | 14.4 | 14.4 | 14.4 | 14.4 | 14.4 | 14.4 | 14.4 | 14.4 | 14.4 | 14.4 | 14.4 | 14.4 | 14.4 | 14.4 | 14.4 | 14.4 | 14.4 | 14.4 | 14.4 |
| Segregadores | | 147.8 | 147.8 | 147.8 | 147.8 | 147.8 | 295.7 | 295.7 | 295.7 | 295.7 | 295.7 | 443.5 | 443.5 | 443.5 | 443.5 | 443.5 | 443.5 | 443.5 | 443.5 | 443.5 | 443.5 |
| Choferes | | 30.2 | 60.5 | 75.6 | 105.8 | 136.1 | 151.2 | 181.4 | 211.7 | 241.9 | 257.0 | 287.3 | 317.5 | 317.5 | 332.6 | 332.6 | 347.8 | 382.9 | 362.9 | 378.0 | 378.0 |
| Ayudantes | | 38.4 | 76.8 | 96.0 | 134.4 | 172.8 | 192.0 | 230.4 | 268.8 | 307.2 | 326.4 | 364.8 | 403.2 | 403.2 | 422.4 | 422.4 | 441.6 | 460.8 | 460.8 | 480.0 | 480.0 |
| Asistente Producción | | 12.0 | 12.0 | 12.0 | 12.0 | 12.0 | 12.0 | 12.0 | 12.0 | 12.0 | 12.0 | 12.0 | 12.0 | 12.0 | 12.0 | 12.0 | 12.0 | 12.0 | 12.0 | 12.0 | 12.0 |
| Sup. Crecimiento | | 18.0 | 18.0 | 18.0 | 18.0 | 18.0 | 18.0 | 18.0 | 18.0 | 18.0 | 18.0 | 18.0 | 18.0 | 18.0 | 18.0 | 18.0 | 18.0 | 18.0 | 18.0 | 18.0 | 18.0 |
| Gastos Varios | | 29.6 | 40.3 | 47.3 | 58.0 | 68.8 | 90.6 | 101.3 | 112.0 | 122.7 | 129.8 | 155.3 | 166.0 | 167.5 | 172.2 | 173.3 | 178.1 | 182.9 | 184.1 | 189.0 | 190.2 |
| Costos Totales (Miles S./año) | | 325.2 | 443.1 | 520.6 | 638.5 | 756.4 | 996.5 | 1114.4 | 1232.3 | 1350.2 | 1427.6 | 1708.2 | 1826.0 | 1842.5 | 1894.5 | 1906.5 | 1959.1 | 2012.1 | 2025.0 | 2078.7 | 2092.2 |

Costos de Producción de PET SCRAP:

Costo Materia Prima

| Año | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 16 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
|---------------------------|---|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| TM/año | | 87.3 | 185.5 | 283.8 | 382.0 | 480.2 | 578.5 | 676.7 | 774.9 | 873.1 | 971.4 | 1069.6 | 1167.8 | 1211.3 | 1242.2 | 1273.9 | 1306.4 | 1339.7 | 1373.9 | 1408.9 | 1444.8 |
| soles/kg | | 0.2 | 0.2 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 |
| CMP (Miles S./año) | | 21.1 | 28.8 | 33.8 | 41.5 | 49.2 | 64.8 | 72.4 | 80.1 | 87.8 | 92.8 | 111.0 | 118.7 | 119.8 | 123.1 | 123.9 | 127.3 | 130.8 | 131.6 | 135.1 | 136.0 |

Costos Totales para el Procesamiento:

| Año | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 16 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
|--------------------------------------|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Energía eléctrica | | 11.8 | 25.0 | 38.3 | 51.6 | 64.8 | 78.1 | 91.4 | 104.6 | 117.9 | 131.1 | 144.4 | 157.7 | 163.5 | 167.7 | 172.0 | 176.4 | 180.9 | 185.5 | 190.2 | 195.1 |
| Agua | | 4.8 | 10.2 | 15.6 | 21.0 | 26.4 | 31.8 | 37.2 | 42.6 | 48.0 | 53.4 | 58.8 | 64.2 | 66.6 | 68.3 | 70.0 | 71.8 | 73.6 | 75.5 | 77.5 | 79.4 |
| Jefe de Producción | | 24.0 | 24.0 | 24.0 | 24.0 | 24.0 | 24.0 | 24.0 | 24.0 | 24.0 | 24.0 | 24.0 | 24.0 | 24.0 | 24.0 | 24.0 | 24.0 | 24.0 | 24.0 | 24.0 | 24.0 |
| Operarios | | 55.4 | 55.4 | 73.9 | 73.9 | 73.9 | 92.4 | 92.4 | 92.4 | 92.4 | 92.4 | 110.9 | 110.9 | 110.9 | 110.9 | 110.9 | 110.9 | 110.9 | 110.9 | 110.9 | 110.9 |
| Sup. molino | | 18.0 | 18.0 | 18.0 | 18.0 | 18.0 | 18.0 | 18.0 | 18.0 | 18.0 | 18.0 | 18.0 | 18.0 | 18.0 | 18.0 | 18.0 | 18.0 | 18.0 | 18.0 | 18.0 | 18.0 |
| Gasto de Mant. E Ins. | | 8.4 | 8.9 | 9.4 | 9.9 | 10.4 | 10.9 | 11.4 | 11.9 | 12.4 | 12.9 | 13.3 | 13.8 | 14.1 | 14.2 | 14.4 | 14.5 | 14.7 | 14.9 | 15.0 | 15.2 |
| Gastos Varios | | 6.1 | 7.1 | 9.0 | 9.9 | 10.9 | 12.8 | 13.7 | 14.7 | 15.6 | 16.6 | 18.5 | 19.4 | 19.9 | 20.2 | 20.5 | 20.8 | 21.1 | 21.4 | 21.8 | 22.1 |
| CTP (Miles S./año) | | 128.6 | 148.7 | 188.2 | 208.3 | 228.4 | 267.9 | 288.1 | 308.2 | 328.3 | 348.4 | 387.9 | 408.0 | 416.9 | 423.2 | 429.7 | 436.4 | 443.2 | 450.2 | 457.4 | 464.7 |
| Costos Totales (Miles S./año) | | 149.7 | 177.5 | 222.0 | 249.8 | 277.6 | 332.7 | 360.5 | 388.3 | 416.0 | 441.2 | 498.9 | 526.7 | 536.7 | 546.4 | 553.6 | 563.7 | 574.0 | 581.8 | 592.6 | 600.7 |

ESTADO DE GANANCIAS Y PÉRDIDAS - EVALUACIÓN ECONÓMICA (Soles del año 0)

| Año | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
|-------------------------------|---|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Ingreso | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ventas (Miles soles/año) | | 100.2 | 212.9 | 326.6 | 438.2 | 660.9 | 683.6 | 776.3 | 889.0 | 1001.7 | 1114.4 | 1227.0 | 1339.7 | 1389.6 | 1426.1 | 1461.4 | 1498.7 | 1636.9 | 1576.1 | 1616.3 | 1667.6 |
| Egreso | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Costos Totales (Miles S./año) | | 149.7 | 177.5 | 222.0 | 249.8 | 277.6 | 332.7 | 360.5 | 388.3 | 416.0 | 441.2 | 498.9 | 526.7 | 536.7 | 546.4 | 553.6 | 563.7 | 574.0 | 581.8 | 592.6 | 600.7 |
| Utilidad Bruta | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| UB (Miles soles/año) | | -49.6 | 36.4 | 103.6 | 188.4 | 273.3 | 330.9 | 416.8 | 600.7 | 685.6 | 673.2 | 728.1 | 813.0 | 853.0 | 878.7 | 907.8 | 936.0 | 962.9 | 994.3 | 1023.8 | 1056.8 |
| Utilidad Operación | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Gastos Administrativos | | 24.0 | 24.0 | 24.0 | 24.0 | 24.0 | 24.0 | 24.0 | 24.0 | 24.0 | 24.0 | 24.0 | 24.0 | 24.0 | 24.0 | 24.0 | 24.0 | 24.0 | 24.0 | 24.0 | 24.0 |
| Gastos de Ventas | | 48.0 | 48.0 | 48.0 | 48.0 | 48.0 | 48.0 | 48.0 | 48.0 | 48.0 | 48.0 | 48.0 | 48.0 | 48.0 | 48.0 | 48.0 | 48.0 | 48.0 | 48.0 | 48.0 | 48.0 |
| UOp (Miles soles/año) | | -121.6 | -36.6 | 31.6 | 116.4 | 201.3 | 258.9 | 343.8 | 428.7 | 613.6 | 601.2 | 666.1 | 741.0 | 781.0 | 806.7 | 836.8 | 863.0 | 890.9 | 922.3 | 961.8 | 984.8 |
| Depreciación | | 12.6 | 12.6 | 12.6 | 12.6 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.1 | 15.1 | 15.1 | 15.1 | 15.1 | 15.1 | 15.1 | 15.1 | 15.1 | 15.1 | 15.1 |
| Renta Neta | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| RN (Miles soles/año) | | -134.1 | -49.2 | 18.9 | 103.8 | 186.3 | 243.9 | 328.8 | 413.7 | 498.6 | 686.1 | 641.1 | 726.9 | 766.9 | 791.6 | 820.7 | 847.9 | 876.8 | 907.2 | 936.7 | 969.7 |
| Utilidad Neta | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| UN (Miles soles/año) | | 0.0 | 0.0 | 13.2 | 72.6 | 130.4 | 170.7 | 230.2 | 289.6 | 349.0 | 410.3 | 448.7 | 508.2 | 536.1 | 554.1 | 574.5 | 593.5 | 613.1 | 635.0 | 655.7 | 678.8 |

FLUJO DE CAJA PROYECTADO - EVALUACIÓN ECONÓMICA (MS/. del año 0)

FLUJO DE CAJA PROYECTADO - EVALUACIÓN ECONÓMICA (M\$/ del año 0)

| Año | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
|--------------------------------------|---------------|------------|------------|-------------|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Inversiones (Miles soles/año) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Faja transportadora | 8.5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Molino | 23.4 | | | | 23.4 | | | | | | 23.4 | | | | 23.4 | | | | | | |
| Tornillo Sinfin (5) | 18.7 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Lavadora | 21.2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Cámara de Flotación (2) | 21.2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Centrífuga | 12.7 | | | | | | | | | | 12.7 | | | | | | | | | | |
| Secador neumático | 25.5 | | | | | | | | | | 25.5 | | | | | | | | | | |
| Ciclón (2) | 20.4 | | | | | | | | | | 20.4 | | | | | | | | | | |
| Rec. De Almacenamiento | 6.4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Balanza Industrial | 2.1 | | | | | | | | | | 2.1 | | | | | | | | | | |
| Otros | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 |
| Capital Fijo Propio | 251.3 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 25.4 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 86.1 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 25.4 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 |
| Terreno | 60.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| INVERSIÓN | 311.3 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 25.4 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 86.1 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 25.4 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 |
| INVERSIÓN DE LA GESTION | 26.0 | 5.4 | 3.0 | 5.4 | 5.4 | 3.0 | 5.4 | 5.4 | 3.0 | 5.4 | 5.4 | 5.4 | 0.5 | 3.0 | 0.5 | 3.0 | 0.5 | 3.0 | 3.0 | 0.5 | 0.5 |
| UN (Miles soles/año) | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 13.2 | 72.6 | 130.4 | 170.7 | 230.2 | 289.6 | 349.0 | 410.3 | 448.7 | 508.2 | 536.1 | 554.1 | 574.5 | 593.5 | 613.1 | 635.0 | 655.7 | 678.8 |
| DEPRECIACION | 0.0 | 12.581 | 12.599 | 12.609 | 12.626 | 14.980 | 14.990 | 15.008 | 15.025 | 15.035 | 15.053 | 15.070 | 15.088 | 15.090 | 15.099 | 15.101 | 15.111 | 15.112 | 15.122 | 15.132 | 15.133 |
| FNF | -337.3 | 5.1 | 7.6 | 18.4 | 54.5 | 140.5 | 178.3 | 237.7 | 299.6 | 356.6 | 333.8 | 456.4 | 520.8 | 546.2 | 543.3 | 584.6 | 606.1 | 623.2 | 645.2 | 668.3 | 691.4 |

CRITERIOS DE EVALUACIÓN DE INVERSIONES

VPN (año cero,15%)

| Año | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
|----------------------------|---------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| FNF | -337.3 | 5.1 | 7.6 | 18.4 | 54.5 | 140.5 | 178.3 | 237.7 | 299.6 | 356.6 | 333.8 | 456.4 | 520.8 | 546.2 | 543.3 | 584.6 | 606.1 | 623.2 | 645.2 | 668.3 | 691.4 |
| TD = 15% | 1.000 | 1.150 | 1.323 | 1.521 | 1.749 | 2.011 | 2.313 | 2.660 | 3.059 | 3.518 | 4.046 | 4.652 | 5.350 | 6.153 | 7.076 | 8.137 | 9.358 | 10.761 | 12.375 | 14.232 | 16.367 |
| VPN_i 15% | -337.3 | 4.5 | 5.8 | 12.1 | 31.1 | 69.8 | 77.1 | 89.4 | 98.0 | 101.4 | 82.5 | 98.1 | 97.3 | 88.8 | 76.8 | 71.8 | 64.8 | 57.9 | 52.1 | 47.0 | 42.2 |

TIR (año cero)

| Año | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
|----------------------------|---------------|------------|------------|-------------|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| FNF | -337.3 | 5.1 | 7.6 | 18.4 | 54.5 | 140.5 | 178.3 | 237.7 | 299.6 | 356.6 | 333.8 | 456.4 | 520.8 | 546.2 | 543.3 | 584.6 | 606.1 | 623.2 | 645.2 | 668.3 | 691.4 |
| TD = 15% | 1.0 | 1.3 | 1.7 | 2.3 | 3.0 | 3.9 | 5.1 | 6.7 | 8.7 | 11.5 | 15.0 | 19.7 | 25.8 | 33.9 | 44.4 | 58.2 | 76.3 | 100.1 | 131.2 | 172.1 | 225.6 |
| VPN_i TIR | -337.3 | 3.9 | 4.4 | 8.2 | 18.4 | 36.2 | 35.1 | 35.7 | 34.3 | 31.1 | 22.2 | 23.2 | 20.2 | 16.1 | 12.2 | 10.0 | 7.9 | 6.2 | 4.9 | 3.9 | 3.1 |

VPN = 931.1

TIR = 31.12%

Relación Beneficio/Costo (B/C)

| Año | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
|-----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Ingreso | 0.0 | 100.2 | 212.9 | 325.5 | 438.2 | 550.9 | 663.6 | 776.3 | 889.0 | 1001.7 | 1114.4 | 1227.0 | 1339.7 | 1389.6 | 1425.1 | 1461.4 | 1498.7 | 1536.9 | 1576.1 | 1616.3 | 1657.5 |
| Egresos | 0.0 | 149.7 | 177.5 | 222.0 | 249.8 | 277.6 | 332.7 | 360.5 | 388.3 | 416.0 | 441.2 | 498.9 | 526.7 | 536.7 | 546.4 | 553.6 | 563.7 | 574.0 | 581.8 | 592.5 | 600.7 |
| TD = 15% | 1.000 | 1.150 | 1.323 | 1.521 | 1.749 | 2.011 | 2.313 | 2.660 | 3.059 | 3.518 | 4.046 | 4.652 | 5.350 | 6.153 | 7.076 | 8.137 | 9.358 | 10.761 | 12.375 | 14.232 | 16.367 |
| Ingreso | 0.0 | 87.1 | 160.9 | 214.0 | 250.6 | 273.9 | 286.9 | 291.8 | 290.6 | 284.7 | 275.5 | 263.7 | 250.4 | 225.9 | 201.4 | 179.6 | 160.2 | 142.8 | 127.4 | 113.6 | 101.3 |
| Egresos | 0.0 | 130.2 | 134.2 | 146.0 | 142.8 | 138.0 | 143.8 | 135.5 | 126.9 | 118.3 | 109.1 | 107.2 | 98.4 | 87.2 | 77.2 | 68.0 | 60.2 | 53.3 | 47.0 | 41.6 | 36.7 |

B/C = 2.09

Valor Presente Neto Acumulado (VPNA)

| Año | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
|-----------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|
| FNF | -337.3 | 5.1 | 7.6 | 18.4 | 54.5 | 140.5 | 178.3 | 237.7 | 299.6 | 356.6 | 333.8 | 456.4 | 520.8 | 546.2 | 543.3 | 584.6 | 606.1 | 623.2 | 645.2 | 668.3 | 691.4 |
| TD = 15% | 1.000 | 1.150 | 1.323 | 1.521 | 1.749 | 2.011 | 2.313 | 2.660 | 3.059 | 3.518 | 4.046 | 4.652 | 5.350 | 6.153 | 7.076 | 8.137 | 9.358 | 10.761 | 12.375 | 14.232 | 16.367 |
| VPNA | -337.3 | -332.9 | -327.1 | -315.0 | -283.9 | -214.0 | -137.0 | -47.6 | 50.4 | 151.7 | 234.2 | 332.3 | 429.7 | 518.5 | 595.2 | 667.1 | 731.9 | 789.8 | 841.9 | 888.9 | 931.1 |

Año de recupero = 7.49 años

Año de recupero de la Inversión del Proyecto

