

# **“ANÁLISIS DE VIABILIDAD DE UNA INSTALACIÓN DE RECUPERACIÓN DE MATERIALES, DENTRO DEL MARCO DE UN SISTEMA DE MANEJO INTEGRAL DE DESECHOS SÓLIDOS MUNICIPALES”**

Roberto Cedeño Villavicencio<sup>1</sup>, Francisco Medina Peñafiel<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Autor, Escuela Superior Politécnica del Litoral. Trabajo previo al grado de Ingeniero Industrial.

<sup>2</sup> Director de Tesis. B.Sc Oceanografía, Escuela Superior Politécnica del Litoral, 1975. M.Sc. Oceanografía Oregon State University, 1978. M.Sc. Ingeniería Ambiental, University of New of New Orleans, 1994. Profesor de la ESPOL desde 1978.

## **RESUMEN**

En el presente trabajo se describe los pasos para la ejecución de un proyecto de Manejo Integral de desechos sólidos municipales, establecido en los cantones de Daule, Santa Lucía y Palestina, ubicados de la provincia del Guayas. Dentro de los diferentes componentes del manejo integral de desechos, nos enfocamos en el análisis de la parte referente a la recuperación de los desechos que posteriormente podrían ser reciclados. Para realizar las tareas de recuperación de materiales, se plantea la implementación de instalaciones especializadas donde se realicen estas labores, denominadas Instalaciones de Recuperación de Materiales (IRM).

Como parte del estudio, se analiza las características del mercado de los productos reciclables en el Ecuador, para de esa forma saber, que materiales y bajo que parámetros de clasificación es posible su comercialización en el medio.

Se detalla como va a ser el proceso de recuperación de materiales dentro de las instalaciones y los requerimientos técnicos para el cumplimiento del mismo.

De la realización del presente trabajo, se obtiene como resultado, la factibilidad técnica y financiera para implementar el proyecto analizado, y proporciona a los

responsables del proyecto recomendaciones claras sobre las características técnicas y económicas de la instalación planificada.

The present work introduces us to a project of Integrated Management of Solid Wastes, established in the villages of Daule, Santa Lucia and Palestina, located in the province of Guayas, Ecuador. Within the different components of the integrated management of solid wastes, we focused on the analysis of the part referring to the recovery of the waste which could be eventually recycled later. In order to make the task of recovery of material, we plan the implementation of a specialized facility where these kinds of jobs take place; these places are denominated Materials Recovery Facilities (MRF).

As a part of the study, we analyze the characteristics of the market of recyclable products in Ecuador, in order to know which materials and under what parameters of classification it will be possible to commercialize them.

It is detailed the type of process of recovery of materials to be used within the facilities and the technical requirements for it.

From the accomplishment of the present work, it is obtained like result, the technical and financial viability to implement the analyzed project, and provide to the people in charge of the project clear recommendations on the technical and economic characteristics of the planned installation.

## INTRODUCCIÓN

Hay que tener en cuenta que en este trabajo se hace mención al termino recuperación de materiales, ya que se considera que se debe de hacer una distinción entre los términos recuperación y reciclaje, debido a que estas palabras no tienen el mismo significado. **El reciclaje** es un método de tratamiento que implica transformación total o parcial de los residuos, transformación que significa un nuevo producto, con uso similar o diferente al material que le dio origen, pero nunca mantiene las cualidades del producto original. Mientras tanto **la recuperación** es la

simple separación y acopio de materiales del flujo de residuos de aquellos que revisten mayor importancia tanto desde el punto de vista de su valor económico o por su carácter de peligroso o contaminante. Estos residuos bien pueden ser reducidos de volumen a través de medios mecánicos, pero no dejan de perder sus cualidades originales mientras no se produzca una operación de reciclaje o sea, que sean transformados en nuevos productos.

Este trabajo identifica el hecho de la existencia de un tradicional mal manejo de los desechos en los municipios de nuestro país, en donde se abusa e insiste en los botaderos a cielos abiertos con conceptos totalmente antitécnicos. La idea central es presentar un análisis de la viabilidad de aplicar un sistema más tecnificado de los desechos sólidos municipales, siguiendo ejemplos de municipios como el de Guayaquil, Quito, Cuenca y Loja, donde ya se encuentran implementados Rellenos Sanitarios tecnificados y/o planes de Manejo Integral de Desechos Sólidos.

A partir de este hecho, se crea el proyecto MIDES (Manejo Integral de Desechos Sólidos), el cual plantea encontrar soluciones para el manejo de los desechos sólidos municipales dentro de las cabeceras cantonales de Daule, Palestina y Santa Lucía. Dentro de este marco se busca lograr una disminución de los desechos que se enterrarían en el relleno sanitario, mediante la recuperación de materiales que están dentro de los desechos y que podrían ser reciclados.

### **Objetivo General**

El principal objetivo del estudio es analizar la viabilidad comercial, técnica y financiera, para un sistema de recuperación de materiales, obtenidos de los desechos sólidos urbanos de tres cabeceras cantonales en la provincia del Guayas.

### **Objetivos Específicos**

Para desarrollar el trabajo, se realizó una investigación la cual involucra una serie de estudios tales como:

- Estudio de mercado: Se Identifican los desechos reciclables que pueden tener potencial de venta dentro del mercado y las características de clasificación que requieren los potenciales compradores.
- Estudio técnico: en el cual se definen los procesos; sistemas de manejo y almacenamiento de materiales; y los parámetros de diseño de la instalación de recuperación de materiales. En este estudio también se revisan los aspectos organizacionales; ambientales; y de seguridad y salud ocupacional.
- Estudio financiero: detallan las inversiones necesarias, los costos y los gastos en los que incurrirán; para determinar si el proyecto es viable y puede ser implementado.

## **CONTENIDO**

En nuestros países en vías de desarrollo se da una grave contaminación ambiental debido al mal manejo de los residuos sólidos. El problema no radica únicamente en la escasez de dinero, sino a una errada concepción de la gestión por parte de algunas autoridades municipales, La Corporación de Estudios Regionales Guayaquil (CERG) planteó a los Municipios de Daule, Santa Lucía y Palestina la posibilidad de emprender un proyecto conjunto para erradicar el problema, a través de fondos internacionales no reembolsables que iban a ser gestionados por CERG.

En el 2002, la CERG y la FIA (Fundación Inter Americana), suscribieron el contrato de Cooperación con el objeto de financiar la ejecución del proyecto de manejo de los desechos sólidos en los tres cantones de la provincia del Guayas. Las autoridades municipales, al firmar el acuerdo se comprometieron a realizar las gestiones que le competieran para lograr la integración total de las comunidades, cuerpo edilicio y funcionarios municipales, en el objetivo de conseguir un proyecto que los libere del problema de saneamiento ambiental y mejore las condiciones de vida de los

habitantes de cada uno de los centros poblados de sus respectivos cantones. Se estima que los beneficiarios del proyecto serían aproximadamente 46000 habitantes.

Dentro del avance del proyecto, se han realizado las etapas de: i) educación de la población sobre el manejo adecuado de desechos sólidos, ii) importancia de clasificación en la fuente, iii) cierre técnico de los anteriores botaderos y iv) construcción de un relleno sanitario tecnificado. Estando pendiente realizar las fases correspondientes a compostaje y reciclaje. Sobre este último punto enfocamos nuestro estudio y tratamos de detallar una solución y analizar su viabilidad.

### **Estudio de Mercado**

Se analiza el mercado existente en el país, para comercializar desechos que posteriormente son reciclados, para saber que desechos hay que clasificar y en que condiciones se deben de vender. Los principales materiales que tiene mercado para el reciclaje son: Papel, cartón, plástico, metal y vidrio. Aunque el mercado de este último material según resultados del estudio se encuentra muy deprimido, debido al aumento de la competencia de material peruano, por lo que es muy difícil su comercialización.

La demanda de este tipo de materiales están compuestas por industrias que se apoyan en el reciclaje para disminuir la importación de material virgen para sus proceso de producción, como son la industria de envases de vidrio, papeleras y fundidoras. En el caso del consumo de plástico, se encuentra más disperso en pequeñas industrias que se dedican a elaborar productos plásticos de baja calidad o que venden los pellets a industrias, para que los mezclen con materias primas vírgenes.

La cadena de comercialización de este tipo de productos se compone por acopiadores de diferentes grados. Las grandes empresas acopiadoras mayoristas tienen sus proveedores fijos, que son acopiadores medianos. Estos se encargan de comprar a pequeños acopiadores y también a personas particulares que lleven el

material a las bodegas, aunque también sucede que los acopiadores acuden a los domicilios.

Es muy importante identificar las diferentes fracciones de material que se pueden obtener de dentro de los desechos, y las cuales son muy importantes clasificar para obtener mayores ingresos en las ventas. Entre las principales fracciones que se deben de identificar en los diferentes productos están:

- Papel y cartón.- papel bond, kraft, periódico, cartón de primera (poco deteriorado), cartón de segunda (recogido de entre desechos), entre otros.
- Plásticos.- PET (Politereftalato de etilo), PVC (Policloruro de vinilo), PEHD (Polietileno de Alta densidad), entre otros.
- Vidrio.- vidrio blanco, verde y café.
- Metal.- Aluminio, bronce, cobre, plomo, etc.

### **Estudio Técnico de la Instalación de Recuperación de Materiales**

Se identifica el papel que cumple la recuperación de materiales dentro del manejo integral de desechos sólidos; este lo podemos detallar en tres puntos:

- Disminución de los volúmenes de desechos que van a ser enviados al relleno sanitario.
- Buscar fuentes de autogestión para el proyecto de Manejo Integral de Desechos Sólidos, mediante la venta de los materiales recuperados.
- Generación de fuentes de empleo para los habitantes de la zona donde se implementa el proyecto.

Un parámetro importante para diseñar una IRM, es el tipo de desechos que alimentará al proceso que se realice dentro de la instalación. Dentro del proyecto se han identificado dos fracciones de material para la clasificación domiciliaria: los residuos orgánicos perecederos, y otra fracción que reúne a los orgánicos de lenta biodegradación (papel, cartón, plásticos, etc.) y residuos de carácter inorgánico (vidrio metales ferrosos, aluminio, etc.). La clave para la clasificación de los desechos es el uso de recipientes de diferentes colores para cada fracción; para una fácil

comprensión por parte de la población se podría decir que la basura que parece ira en el recipiente de color verde y la basura que no parece se almacenará en el recipiente negro.

Este proyecto de manejo integral de desechos sólidos involucra a tres cantones, por lo que se debería contar con una instalación de recuperación de materiales en cada uno de los cantones. Sin embargo, debido a las diferencias en la generación de desechos en los cantones se aplican diferentes criterios de diseño. En las IRM que se ubican en Santa Lucía y Palestina se realizarán tareas para la clasificación manual de los desechos, mientras que en la IRM de Daule, se utilizará maquinarias que apoyen las tareas de clasificación y recuperación. El estudio se enfoca principalmente en el proceso que se realiza en la instalación mecanizada.

El proceso que se realiza la IRM de Daule integra operaciones de separación, manual y mecánica; y se lo puede describir en los siguientes pasos:

- 1) Recepción de desechos entregados por sistema de recolección municipal.
- 2) Alimentación de banda transportadora, donde se realiza la clasificación de las diferentes fracciones de material.
- 3) Empacado y almacenamiento de materiales.
- 4) Materiales como el papel, cartón y plástico, son prensados para poder disminuir su volumen, logrando mayor eficiencia en el almacenaje y transporte.
- 5) Pesaje de los materiales previos a su venta.

Dentro de los equipos necesarios para la realización del proceso de recuperación de los materiales, podemos mencionar los siguientes:

- Banda transportadora.
- Carros para transporte manual de materiales.
- Prensa hidráulica.
- Balanza.

Según las tasas de recuperación definidas en el proyecto, se estima que, aproximadamente 10% de los desechos que generados en la zona, serían recuperados, por efecto de la implementación de las IRM en los tres cantones.

El sistema de recuperación de materiales, se lo colocaría establecería dentro del contexto de una empresa de economía mixta para el manejo integral de los desechos sólidos en los tres cantones. Alrededor de 24 personas laborarían en el sistema de recuperación de materiales.

Dentro de proyectos de este tipo es muy importante tener en consideración los requisitos ambientales, de salud y de seguridad industrial que se deben de cumplir. Se deben de obtener permisos del Ministerio de Medio Ambiente y del municipio donde se realicen las operaciones. Así mismo se debe de poner mucho énfasis, en la utilización de equipos de protección personal y planes de de salud ocupacional.

### **Estudio Financiero**

Como es común en este tipo de proyectos, el financiamiento de la inversión inicial se logra a través de créditos internacionales no reembolsable, por lo que la meta sería lograr solventar los costos de operación a través de la venta de los materiales recuperados y/o de tasas de recolección y disposición final municipales.

El monto de la inversión inicial es de \$ 185,815, en el que constan el costo de la obra civil; el costo de las máquinas; equipos de clasificación y manipuleo; equipos de oficina, seguridad industrial y mobiliarios. Los ingresos están representados por la venta de los materiales recuperados. En este proyecto, el rubro que más impacta a los costos es el de mano de obra.

Los resultados en cuanto a rentabilidad del proyecto están dados por el valor actual neto (VAN) y la tasa interna de retorno (TIR). El primero determina si el proyecto debe ponerse en marcha si su VAN es igual o superior a cero, siendo la diferencia entre todos los ingresos y egresos, y el segundo evalúa el proyecto en función de la tasa única de rendimiento por período, lo que hace que la totalidad de los beneficios actualizados sean exactamente iguales a los desembolsos expresados. Si esta tasa es superior a la tasa mínima atractiva de retorno (TMAR) el proyecto se debe aceptar; en el estudio realizado se obtuvo los siguientes resultados:

<b>Criterio de evaluación</b>	<b>Flujo del Proyecto</b>
TIR	10.66%
VAN	\$ 70,332
TMAR	5%

Finalmente, con todos los análisis obtenidos, se logró que los resultados económicos financieros fueran satisfactorios y garanticen la viabilidad del proyecto a largo plazo.

## **CONCLUSIONES**

- En el Ecuador existe mercado para el reciclaje de desechos, especialmente para el papel y el cartón; el reciclaje del plástico esta en crecimiento, mientras que en el vidrio se observa un mercado deprimido, por el ingreso de material desde Perú.
- En lo referente a los aspectos técnicos, no hay ningún inconveniente, para la puesta en marcha del proyecto. Las maquinarias pueden ser producidas localmente, y el personal no necesita de una capacitación inicial exigente.
- El resultados de los indicadores financieros utilizados (TIR y VAN), nos dan resultados satisfactorios, lo cual permite decir que el totalmente factible la implementación del sistema de recuperación de material.
- A través de la implementación de la IRM, se logrará una recuperación de aproximadamente el 10% de los desechos, lo cual se interpreta como un aumento en el mismo porcentaje, de la vida útil de relleno sanitario.
- Se logran cumplir con el objetivo de generar fuentes de trabajo en la zona del proyecto.

## REFERENCIAS

1. Herbert Lund, Manual McGraw-Hill de Reciclaje. (McGraw Hill, 1999) Capítulo 24
2. Eva Röben, El Reciclaje Oportunidades para reducir la generación de los desechos sólidos y reintegrar materiales recuperables en el círculo económico, (Municipio de Loja/DED Servicio Alemán de Cooperación Social Técnica, 2003), pp. 1-101
3. Manejo de Desechos Sólidos en el Ecuador (Fundación Natura, 1993) Capítulo 7,8.
4. Gabriel Baca Urbina, Evaluación de Proyectos, (3era. Edición, Mc. Graw Hill), pp. 134-173.
5. George Tchobanoglous, Hilary Theisen, Samuel Vigil, Gestión Integral de Residuos Sólidos (McGraw Hill, 1994), Capítulo 7,9.
6. Gerard Kiely, Ingeniería Ambiental. Fundamentos, Entornos, Tecnologías y Sistemas de Gestión, (McGraw-Hill 1era. Edición, 1999) Capítulo 14.
7. Edda Dilema Silva Jiménez, "Análisis del Sistema de Manejo Integrado de Desechos Sólidos Domésticos de EARTH y su evaluación desde el punto de Vista Social Interno" (Tesis de graduación Escuela de Agricultura de la Región Tropical Húmeda, 2000)
8. Reglamento para el Manejo de los Desechos Sólidos (Acuerdo Ministerial No. 14630. RO/ 991 de 3 de Agosto de 1992)
9. Código de Trabajo del Ecuador (Codificación No. 000. RO/ 162 de 29 de Septiembre de 1997).
10. Maynard, Manual del Ingeniero Industrial, (1era edición en español, McGraw-Hill/Interamericana Editores, 1996.)

---

Roberto Cedeño V.  
Autor

---

Ing. Francisco Medina P.  
Director de Tesis