

# **“Diseño de planta industrial, compra e importación de maquinaria, nacionalización, posicionamiento, montaje, instalación, automatización y puesta en marcha de maquinaria y equipos periféricos, de planta de reciclaje de polietileno de baja y alta densidad, con una capacidad de procesamiento (a la salida) de polietileno peletizado de 2,200 TM anuales.”**

Antonio Valentín Álvarez Montero (1), Hólger Cevallos Ulloa (2)  
Ingeniería Eléctrica, especialización Electrónica (1), MSc. en Gerencia de Proyectos para el Desarrollo (2)  
Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación  
Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL)  
Campus Gustavo Galindo, Km 30.5 vía Perimetral  
Apartado 09-01-5863. Guayaquil-Ecuador  
avalvare@espol.edu.ec (1), hcevallo@espol.edu.ec (2)

## **Resumen**

*El presente documento es la memoria del Proyecto desarrollado en la empresa de transformación de materiales plásticos reciclados denominada Emaris S.A. en el periodo comprendido entre el 03 de mayo del 2010 y el 24 de marzo del 2012.*

*El principal accionista de Emaris S.A., preocupado por los pobres indicadores de gestión que su empresa había presentado durante 8 años consecutivos, contrata a un profesional para que realice un Proyecto mediante el cual se cambie los resultados económicos y de operación de la empresa. El Profesional contratado debía realizar lo siguiente:*

- *Evaluación de la situación integral de Emaris como empresa productora de materias primas recicladas.*
- *Elaboración de propuesta que permita cambiar drásticamente la situación de Emaris S.A.*
- *Implementación y ejecución de la propuesta.*

*En el capítulo 1 se detalla la situación inicial de la empresa, los objetivos del Proyecto, las características del Proyecto, los Procesos de producción de la planta de conversión de materiales reciclados en materia prima para la industria plástica, el “layout” de la Planta, el detalle de los procesos a mecanizar y la maquinaria requerida para la instrumentación del Proyecto. Posteriormente en el capítulo 2 se detallan los resultados obtenidos, la inversión requerida y el Presupuesto mensual de Operación.*

**Palabras Claves:** Reciclaje, operación, polietileno

## **Abstract**

*The following document is the record of the Project developed in the Company producer of recycled plastic raw materials Emaris S.A. during the period between May 3<sup>rd</sup> 2010 and March 24<sup>th</sup> 2012.*

*The principal shareholder of the company, worried because of the poor management indicators achieved during the past 8 years, decided to hire a professional in order to realize a project to improve the operation and economic results of the company. The hired professional did the following:*

- *Evaluation of the whole situation of Emaris S.A. as a company that produces recycled raw materials.*
- *Design of the proposal to change Emaris S.A. situation.*
- *Implementation and follow up of the proposal.*

*In Chapter 1 it is detailed the company’s situation, the project objectives and its characteristics, the production processes to transform recycled materials into raw materials for the plastic industry, the plant layout, detail of the processes to mechanize and needed machinery for the project. Chapter 2 comprehends the obtained results, the required investment and the monthly operating budget.*

**Keywords:** Recycling, operation, polyethylene

## 1. Introducción

La empresa en la que se realizó el Proyecto, Emaris S.A., se dedica a la transformación a través de un proceso productivo, de materiales plásticos reciclados, en materias primas plásticas denominadas “pellets” que se usan en fábricas de tubería de polietileno de baja densidad.

Emaris es miembro de un Grupo Empresarial denominado Grupo Mario Bravo, este Grupo realiza actividades de reciclaje de diferentes tipos de materiales como cartón, papel, plástico, metales ferrosos y metales no ferrosos.

La beneficiaria directa del Proyecto es Emaris, pero también participan la empresa Reciplásticos quien es la que provee los materiales reciclados a Emaris y Proceplas que compra a Emaris las materias primas resultantes del proceso de transformación. Las 3 empresas son miembros del mismo Grupo Empresarial.

### 1.1. Definición del Problema

Al realizar la evaluación inicial de la empresa se encontraron dos problemas: La empresa no producía materias primas en el volumen que su cliente requería, y el costo de producción de esas materias primas era mayor al precio de venta, lo que ocasionaba pérdidas en la operación de la empresa. Las principales causas de estos problemas eran:

- Proceso de producción manual no tecnificado, utiliza importante cantidad de mano de obra; el resultado es bajo nivel de productividad y costos de producción altos.
- Ausencia de inversión ocasionada por falta de planificación y visión del negocio.

### 1.2. Objetivo General

Proponer un modelo de planta de transformación de materiales reciclados, completamente mecanizado que permita producir 2,200 TM anuales de materias primas plásticas a un costo de producción no mayor a \$700 TM.

### 1.3. Objetivos Específicos

- Satisfacer la demanda actual de materia prima de Proceplas.
- No generar pérdidas económicas en la operación de la empresa.
- Disminuir el precio de venta a un 85% del precio de mercado.
- Mantener la relación de Emaris como empresa de servicios de Proceplas.
- Satisfacer parámetros de calidad de la materia prima, parámetros fijados por Proceplas.
- Mejorar las condiciones laborales de los

empleados de Emaris.

- Cumplir con normativa de medio ambiente, tributaria, laboral y legal en general.
- Recuperar la inversión en un plazo no mayor a 3 años.

## 2. Revisión de Literatura

Debido a que el Proyecto corresponde a un hecho real, ejecutado en una empresa que experimentaba dificultades económicas y de producción; la información que se recopiló tiene relación con la situación de esta empresa antes del Proyecto, en el transcurso del mismo y al finalizar el Proyecto a través de la medición de resultados-

La evaluación inicial de la empresa se realizó con información obtenida por:

- Observación del proceso de producción de la empresa.
- Observación del esquema administrativo y laboral de la empresa.
- Toma de inventario de maquinaria y equipos periféricos de la empresa.
- Realización de entrevistas personales con los empleados de la empresa, con el Gerente General y con el principal Accionista.
- Revisión de estados financieros y sus correspondientes anexos (en determinados casos no estuvieron actualizados).
- Revisión de documentos legales en Superintendencia de Compañías, Ministerio de Relaciones Laborales, Servicio de Rentas Internas (en determinados casos no estuvieron actualizados).

## 3. Situación inicial de la empresa.

La información recopilada al momento de realizar la evaluación inicial de la empresa arrojó los siguientes resultados:

El volumen de producción de Emaris a la fecha era de 300 TM anuales, cuando lo que se requería eran 1,800 TM.

La materia prima que elaboraba Emaris era del tipo “plástico aglutinado” cuando lo que se requería era del tipo “pellets” lo cual se consigue con un proceso de fabricación adicional.

El costo de fabricación del plástico aglutinado más gastos administrativos era de \$980 x TM cuando en el mercado este producto se lo podía comprar a \$650 x TM, es decir el producto de Emaris era \$330 x TM más costoso.

Los costos de fabricación corresponden principalmente a:

- Costo de materia prima.- La materia prima se compraba a precio de mercado y en ocasiones a menor valor. Lo que se compraba era film

de polietileno de baja densidad post consumo. Quien compraba el plástico era Proceplas y se lo entregaba a Emaris para que realice el proceso de conversión.

- Mano de obra directa, indirecta, gastos de Fabricación.- Los sueldos del personal de planta, eran menores a los mínimos establecidos por la legislación vigente de la época, a pesar de esto, debido al elevado número de empleados en relación con el nivel de producción, los costos unitarios de mano de obra eran significativamente altos.
- Gastos administrativos.- Se limitaban al sueldo del Gerente General; este egreso fijo, que en valor absoluto estaba dentro de los parámetros de mercado, también ocasionaba que el total de costos y gastos fueren significativamente más altos de lo que se obtenía por la venta de lo producido en la empresa.

En la Tabla 1, se presenta el presupuesto mensual de compra de plástico reciclado.

**Tabla 1.** Presupuesto mensual de compra de materia prima

PRESUPUESTO MENSUAL DE COMPRA DE MATERIA PRIMA		
Precio de materia prima, film reciclado sucio (\$ por Kg.)		0.26
Cantidad Comprada (Kg.)		40,000
<b>Valor Pagado (\$)</b>		<b>10,400</b>
Desperdicio (humedad, tierra, materiales extraños) (Kg.)	38%	15,200
Cantidad real de materia prima (Kg.)		24,800
Precio real de materia prima (\$ por Kg.)		0.4194

En la Tabla 2, se presenta el de detalle de costos y gastos mensuales de Emaris antes del Proyecto. En esta tabla se puede observar que el volumen de producción mensual era de 24.8 TM/mes a un costo de \$980 x TM; Debido a que la empresa vendía este producto a \$650 x TM, experimentaba una pérdida de \$330 x TM lo que a su vez significaba una pérdida anual de \$98,117.

**Tabla 2.** Detalle de costos y gastos

DETALLE DE COSTOS Y GASTOS		
<b>TOTAL MOD, MOI Y ADMINISTRACIÓN</b>	<b>23</b>	<b>10,707.60</b>
<b>TOTAL SERVICIOS Y GASTOS DE OPERACIÓN</b>		<b>2,188.80</b>
<b>TOTAL GASTOS ADMINISTRATIVOS</b>		<b>1,000.00</b>
<b>TOTAL MATERIA PRIMA, SERVICIOS Y GASTOS DE OPERACIÓN</b>		<b>24,296</b>
Materia prima procesada (Kg.) /AGLUTINADA/		24,800
Costo de materia prima, para la venta (\$ por Kg.)		0.98
Precio de Mercado de Materia Prima (\$ por Kg.) /AGLUTINADA/		0.65
<b>Pérdida en costo unitario de materia prima (\$ por Kg.)</b>		<b>0.33</b>
<b>Pérdida en Proceso (Anual)</b>		<b>98,117</b>

Otro de los resultados encontrados de la evaluación inicial, fue que la empresa no estaba cumpliendo con la normativa legal vigente en las siguientes áreas:

- Laboral
- Tributario/Fiscal
- Societario

#### • Medio Ambiente

La situación de Emaris antes de la implementación del Proyecto se resume en la Tabla 3.

**Tabla 3.** Estatus Inicial de la empresa

ESTATUS DE LA EMPRESA ANTES DE PROYECTO		
RUBRO	VALOR	%
Tiempo de creación de la empresa (años)	8	
Volumen producido en último año (Kg)	300,000	
Volumen requerido por Proceplas	1,800,000	
<b>Déficit de Producción</b>	<b>1,500,000</b>	<b>83%</b>
Costo de Producción (\$/Kg)	980	
Precio de Mercado	650	
<b>Déficit en Precio</b>	<b>330</b>	<b>50.77%</b>
Área disponible para proceso producción (m2)	6,000.00	
OTROS		
No cumplimiento de parámetros legales laborales		
No cumplimiento de parámetros legales tributarios		
No cumplimiento de parámetros legales societarios		
No cumplimiento de parámetros legales medio ambientales		
Ausencia de información contable		
Bajo nivel de satisfacción laboral		
Bajo nivel de satisfacción de accionistas		

Como se podrá notar, Emaris no era una empresa recién formada, tenía 8 años de operación. El motivo de su creación fue para que proveyera el 100% de la materia prima que Proceplas utilizaba en su proceso de fabricación, que para la época bordeaba las 1,800 TM anuales.

El costo de producción de plástico aglutinado (no pelletizado que era lo que Proceplas requería) era de \$980 x TM mientras que en el mercado se podía comprar este material en \$650 x TM.

Para desarrollar sus actividades, Emaris contaba con un terreno, propiedad de Proceplas, de alrededor de 6,000 m2 el cual había recibido en alquiler. Como canon de arriendo se había pactado un valor simbólico.

La nómina de empleados de Emaris estaba compuesta principalmente por personal de planta en un número de 22. En administración había únicamente 1 persona, el Gerente General. La contabilidad y la declaración de impuestos se *tercerizaba*.

## 4. Características del Proyecto.

El Proyecto se caracteriza por ser una propuesta factible para solucionar un problema real, agudo de una empresa ecuatoriana; un problema cuya solución se había buscado durante aproximadamente 8 años a través de la aplicación de diferentes alternativas, sin embargo ninguna de estas alternativas había sido satisfactoria.

Con este antecedente se visualizó al Proyecto como un proyecto integral, que requiere la unión de diversas áreas de conocimiento, el enfoque fue administrativo-técnico.

Las áreas del conocimiento a las que se recurrió fueron:

- Derecho Laboral.: Para solucionar los no cumplimientos de la empresa en esta área.
- Contabilidad General y Contabilidad de Costos: La empresa no tenía un esquema adecuado de costos.
- Investigación de Operaciones: La operación de la empresa, especialmente en su proceso productivo tenía muchos tiempos improductivos, procesos repetidos, procesos innecesarios.
- Conocimiento de sistema de reciclaje en Ecuador y particularmente de reciclaje de plástico: Esta actividad presenta determinadas particularidades; no abunda información especializada, se recurrió a información obtenida en campo.
- Conocimiento técnico de maquinaria utilizada para transformar plásticos reciclados en materias primas plásticas.

#### 4.1. Principales actividades desarrolladas en el Proyecto.

Las actividades globales realizadas en la implementación del Proyecto fueron las siguientes:

- Definición de la capacidad de la maquinaria a instalarse.
- Identificar la maquinaria que presente la mejor solución tecnológica al problema que se desea solucionar.
- Identificar al fabricante que provea la maquinaria del punto anterior.
- Verificar la reputación y experiencia del fabricante.
- Negociar los términos comerciales y concretar la compra.
- Realizar seguimiento del proceso de fabricación de la maquinaria.
- Realizar protocolos de pruebas de funcionamiento.
- Realizar proceso de importación y posterior nacionalización.
- Identificar los profesionales idóneos para realizar montaje, pruebas y puesta en marcha de la maquinaria.
- Elaborar plan de mantenimiento de la maquinaria.
- Identificar equipos periféricos y equipos auxiliares para que la maquinaria funcione adecuadamente.
- Identificar profesional para elaborar plan de manejo de aguas industriales.

#### 4.2. Etapas del Proceso de Producción

El proceso industrial de Emaris, a través del cual se consigue convertir plástico film post consumo en materia prima en forma de pellets, a ser usada por fábricas de plástico, abarca las siguientes etapas:

- Recepción del plástico.- Es un proceso realmente

importante, especialmente porque antes de la implementación del Proyecto, hubo importantes diferencias de inventario. Estas diferencias no justificadas ocasionaron continuas rotaciones de empleados, especialmente en el área de recepción y por supuesto una importante pérdida económica para la empresa.

- Clasificación del plástico.- El plástico reciclado generalmente llega mezclado con diferentes materiales como son, otras variedades de plástico, papeles, grapas, cintas de embalaje, materiales orgánicos y por supuesto líquidos y tierra. El material en estas condiciones debe someterse a un proceso de clasificación para separar estos materiales.
- Lavado y corte.- Se realiza con el propósito de quitar la tierra y en general la suciedad del plástico.
- Secado.- En el proceso de lavado, el plástico queda mojado; para ejecutar los procesos posteriores se requiere secarlo.
- Aglutinado.- El film de polietileno es un material de gran volumen y poco peso; para un mejor manejo del mismo se requiere compactarlo o aglutinarlo, esto se lo realiza en una máquina denominada “aglutinadora”. En esta máquina, el plástico es sometido a un proceso de calentamiento hasta llegar a una temperatura de 70 grados centígrados, en ese momento se lo moja con una pequeña cantidad de agua fría, produciendo un choque térmico lo que a su vez ocasiona que el plástico se compacte. En la Figura 1 podemos apreciar una muestra de plástico aglutinado.



Figura 1. Plástico Aglutinado

- Peletizado.- Mediante este proceso, se convierte el plástico aglutinado en “pellets”. Estos pellets es la materia prima que utilizan las fábricas de plástico para elaborar diferentes productos; en el presente caso es usado por Proceplas para la elaboración de tubería flex para transporte de líquidos.

En la Figura 2 se muestra una variedad de tubería flex fabricada por Proceplas.



**Figura 2.** Rollos de tubería flex

### 4.3. Parámetros de Producción.

Para lograr los niveles de producción y productividad deseados, el Proyecto se enfocó en los siguientes parámetros:

1. Las 6 etapas anteriores deben estar perfectamente sincronizadas y deben ser continuas, esto significa que la salida de una etapa debe ser la entrada inmediata de la siguiente. Esto equivaldría a que todas las máquinas funcionan como una sola.
2. Ubicación adecuada, secuencial y cercana de todos los componentes del proceso de producción, esto incluye bodegas de materia prima, bodegas de producto terminado, máquinas, equipos periféricos, etc.
3. Las capacidades de las máquinas que ejecutan los procesos deben ser similares; cuando esto no fue posible se instalaron “puentes” que permiten sincronizar o acoplar máquinas de diferentes velocidades o trabajar a la velocidad del más lento. La capacidad de las máquinas en su conjunto debían cumplir con la demanda de materia prima del cliente de Emaris. Esto es 2,200 TM anuales. La determinación de la capacidad de las máquinas se presenta en la Tabla 4.

**Tabla 4.** Determinación de capacidad de Maquinaria

DETERMINACIÓN DE CAPACIDAD DE MAQUINARIA	
Producción objetivo anual (T M)	2,200
Producción objetivo anual (Kg)	2,200,000
Días Mes	30
Días laborables	22
Días de Mantenimiento	4
Días de Descanso	4
Horas laborables x Día	24
Horas laborables x Mes	528
Horas laborables x Año	6,336
Factor de uso	95%
Horas laborables x Año (Netas)	6,019
Capacidad de Producción requerida Kg/h	365
Capacidad de Producción comprada Kg/h	400

4. Mecanizar íntegramente los procesos, de tal forma que la mano de obra se limite a tareas de control, supervisión y toma de decisiones. Por sí mismo realizar actividades que sean manuales no es indeseable, sin embargo si el costo de esta mano de obra es igual o mayor al precio de venta de lo que se elabora o aporta poco valor agregado, entonces sí lo es. Para determinado tipo de actividades, las máquinas pueden realizar estos procesos mucho más rápido y a un menor costo. Los procesos que se mecanizaron fueron:

- a. Traslado del plástico del área de bodega al área de clasificación; esto se lo hizo con montacargas en lugar de carretilla que se usaba antes.
  - b. Traslado en banda de los materiales a clasificar.
  - c. Corte y lavado del plástico sucio; esto se lo realiza con un molino que simultáneamente corta y lava el plástico.
  - d. Enjuague del plástico, se lo realiza en una tina de flotación.
  - e. Secado del plástico, se lo realiza en una centrífuga térmica y por aireación.
  - f. Traslado del plástico de una máquina a otra; a través de ductos o tuberías impulsados por aire.
  - g. Pesaje y ensacado del producto terminado; en balanza electrónica y con cosedora eléctrica.
5. Capacitación permanente de la mano de obra.- Era algo que hasta antes del Proyecto, no se lo realizaba; con la implementación del mismo, se definió un mínimo de 16 horas anuales por persona de capacitación; también se definieron las áreas en las cuales se recibiría la capacitación, que fueron “tratamiento de resinas plásticas”, “seguridad industrial”, “mantenimiento de resistencias térmicas”, “cambio y mantenimiento de contactores”
6. Medición de resultados.- No se puede conocer si se está cumpliendo con lo planificado sin medir resultados; la medición permite realizar las correcciones que fueren necesarias. En el caso de Emaris, las principales variables medidas fueron: Kg/h de plástico molido y lavado, kg/h de plástico aglutinado; kg/h de plástico peletizado, % de humedad de producto terminado, % de merma en proceso, tiempo de horas paradas, relación número de empleados vs producción.
7. Capacitación de la Alta Gerencia.- La Alta Gerencia es la responsable no solamente de “trazar el camino” que recorrerá la empresa sino fundamentalmente es responsable del “cómo” lo hará; con el desarrollo de la

tecnología, este “cómo” viene cambiando substancialmente y la Gerencia de Emaris no estaba actualizada en ese aspecto. El Proyecto contempló al menos 30 horas anuales de capacitación para la gerencia en las siguientes áreas: “Lean manufacturing”, “Contabilidad de Costos para Gerentes”, “Manejo de Operaciones para plantas eficientes”, “Manejo de recursos humanos en base a productividad”.

8. Compromiso y decisión de los Accionistas.- Es vital para todo proyecto que este cuente con el apoyo completo del dueño de la empresa, este apoyo debe ser real, manifestado en acciones que permitan el desarrollo del proyecto; no significa ausencia de controles, auditoría o contraloría.

9. Abandono del “*Know how*” anterior y construcción del nuevo.- Es muy natural que a la mayoría de las personas no se nos haga fácil modificar nuestro comportamiento o nuestra manera de realizar determinadas actividades. Esta característica humana se ve expresada claramente en las empresas: A pesar de que vemos claramente que determinada forma de realizar una actividad ocasiona pobres resultados, no es fácil adaptarnos a una nueva forma de realizarlas. Una actividad que no fue fácil cambiar fue la siguiente: Hasta antes de la implementación del Proyecto, los empleados de planta almorzaban en su puesto de trabajo, sentados en gavetas junto al plástico sucio, en condiciones de higiene totalmente contra indicadas para la salud; sin embargo les significó un cambio muy difícil de asimilar hacerlo en un comedor con las condiciones adecuadas para recibir los alimentos. Hubo que insistir de variadas formas para que se lo hiciera de esta forma.

## 5. Diseño de Planta

Para el presente documento el Diseño de Planta se refiere a la ubicación de la maquinaria, equipos periféricos y equipos auxiliares en la Planta o espacio físico disponible, así como también la secuencia de los procesos inherentes al proceso de producción.

Para entender la ubicación definitiva de cada una de las máquinas, equipos periféricos y auxiliares, áreas de bodega, áreas de tránsito y otras áreas auxiliares es necesario referirse al tipo de terreno, a su ubicación geográfica, a las empresas participantes que participaron de una u otra forma en el Proyecto y a otros factores adicionales.

Las empresas que participaron en el Proyecto fueron:

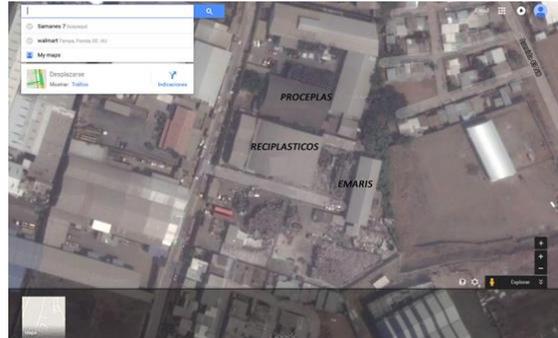
- Emaris, empresa donde se ejecutó el Proyecto.
- Proceplas S.A., empresa que requiere la materia prima que produce Emaris, es la dueña de

todos los activos.

- Reciplásticos, empresa que recicla y entrega el plástico a Emaris.

Hay que recordar que las 3 empresas son miembros de un mismo Grupo empresarial y realizan sus actividades en la ciudad de Guayaquil, Lotización Inmaconsa Calle Palmeras S/N y Casuarina, lo hacen en sendos terrenos contiguos.

La ubicación de las empresas está en las coordenadas <https://www.google.com/maps/@-2.1216376,-79.9450341,248m/data=!3m1!1e3?hl=es-419> y se muestra en la Figura 1.



**Figura 3.** Ubicación Emaris, Proceplas y Reciplásticos.

Para el diseño de Planta se consideraron los siguientes aspectos:

1. Cota del terreno.- Emaris estaba asentada en un terreno irregular en forma, elevación y composición de suelo. Se evaluó la posibilidad de “nivelar” el terreno a una misma cota, pero se descartó esta alternativa por ser muy costosa
2. Tipo de Suelo.- El terreno de la zona es irregular, existen zonas rocosas, zonas arcillosas y zonas de material mixto que en invierno se convertían en “pantanos”. Se realizó varios análisis de suelos para determinar la ubicación más recomendable de las máquinas, de tal forma que pudiese construirse la obra civil y permitir los movimientos de inventario:
  - a. Piso de hormigón armado, 20 cm espesor.
  - b. Galpón con estructura metálica, paredes de bloque y techo de *galvalumen*.
  - c. Peso y movimiento vibratorio de máquinas.
  - d. Peso de inventario, máximo 5 TM/m<sup>2</sup>
  - e. Peso y movimiento de camiones con carga total hasta de 40 TM.
3. Ubicación de Terreno con relación a pobladores residenciales cercanos.- Emaris estaba ubicada en una zona declarada por el Municipio como “Industrial”, sin embargo como consecuencia de “invasiones” tenía en uno de sus límites habitantes residenciales. Teniendo en cuenta que el molino del plástico es una importante fuente generadora de ruido, se ubicó este equipo en la zona más lejana de a ese límite. Para confirmar su adecuada

ubicación se realizó mediciones de los niveles de ruido.

4. Servicios Básicos.- Los principales servicios básicos requeridos en el proceso de producción son electricidad, agua y alcantarillado.

a. Electricidad.- La ubicación del terreno de Emaris estaba a unos 150 m de distancia con relación al transformador principal de la empresa, este transformador era de 750 KVA 13.8KV/240v. Se optó por ubicar un nuevo transformador con similares características pero a unos 20 m en promedio, de las máquinas. El ahorro neto en cables por esta opción fue de unos \$30,000.

b. Agua y alcantarillado.- En el terreno de Emaris no había red de agua potable ni red de alcantarillado. El sitio más cercano de provisión de agua potable estaba a unos 1,200 m. Otra alternativa de provisión era comprar agua de tanqueros. Se decidió invertir enterrando tubería de 2" de diámetro que llevara el agua desde el sitio más próximo hasta el lugar de consumo. En alcantarillado se realizó algo similar, se enterró tubería de 6" de diámetro desde la empresa hasta el canal de alcantarillado más cercano ubicado a 1,100 m de distancia.

En la figura 4 se muestra la distribución de la planta, resultado del análisis de los factores anteriores.

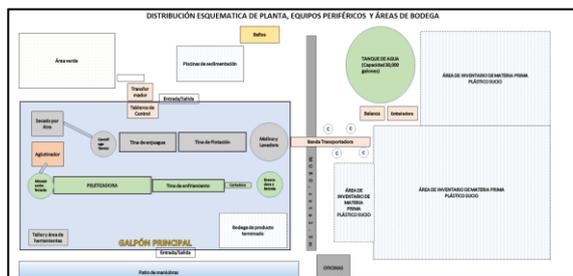


Figura 4. Distribución de Planta

## 6. Mecanización de Procesos

Uno de los aspectos más importantes contemplados en el Proyecto fue el hecho de reemplazar las actividades manuales por actividades realizadas con máquinas. Causa extrañeza que en determinadas ocasiones tenemos a nuestro alcance la tecnología, los medios y el conocimiento; sin embargo con frecuencia no hacemos uso de ellas.

El resultado de la mecanización de procesos se muestra en la Tabla 5.

Una de las diferencias más significativas, no la única, es la que se obtiene en el proceso de lavado.

Tabla 5. Resultados de mecanización y automatización de procesos, Cuadro comparativo

PROCESO	ANTES	DESPUÉS	COMENTARIO
	Proceso realizado por	Proceso realizado por	
Recepción de Plástico Sucio	Bodeguero de materia prima	Bodeguero de materia prima	Eliminación de diferencias de inventario
Traslado a bodega de materia prima	Traslado en carretilla, varios operadores (8)	Montacarguista (1 operador y un montacarga)	Diferencia en volúmenes trasladados (6 a 1) con mano de obra menor 4 a 1
Traslado a punto de clasificación	Traslado en carretilla, varios operadores	Montacarguista	Importante diferencia en volúmenes trasladados
Clasificación	12 clasificadores, separan materiales extraños, cortan y	4 Clasificadores, separan materiales extraños, alimentan el	Importante diferencia en volúmenes clasificados (6 a 1) con
Molido y lavado	6 operadores, movían el plástico sucio en	Molino	Importante diferencia en volúmenes lavados (6 a 1) con mano de obra menor 6 a 1
Enjuague	no existía	Tina de Flotación	
Estrujado	2 operadores, colgaban	Dewatering	
Secado en máquina	no existía, se secaba al	Máquina centrífuga	
Secado final por aire	no existía, se secaba al	Canasta elevada que re	El plástico es impulsado por aire a través de un ducto
Almacenamiento tem	2 operadores, guardaba		
Aglutinado	3 operadores por turno, 3 máquinas aglutinadoras	Operador de Máquina aglutinadora	Se cambió las 3 máquinas aglutinadoras por 2 de mayor capacidad, resultado de producción 6 a 1, con mano de obra 2 a 3
Traslado a máquina peletizadora	Lo realizaba ayudante	El plástico es impulsado por aire a través de un ducto	No requiere operador
Peletizado	no existía	Operador de Máquina peletizadora	1 operador para todos estos procesos
Corte de peletizado	no existía	Molino cortador	
Traslado a silo temporal	no existía	El plástico es impulsado por aire a través de un ducto	
Ensayado y pesado	no existía	Operador controla el ensacado, cose el saco	

Usando maquinaria vs lavado manual se obtiene:

- Volumen de producción en maquinaria equivale a 6 veces lo obtenido en lavado manual.
- Utilización de 1/6 de la mano de obra requerida en el proceso manual.
- El producto resultante del lavado en máquina es de mejor calidad, lo que será un factor determinante para disminuir a cero la devolución de producto por problemas de calidad.

## 7. Inversión requerida y presentación y análisis de resultados

### 7.1. Inversión Requerida

La inversión requerida no es otra cosa que el monto necesario para financiar los activos nuevos a utilizarse en el Proyecto, no se incluye terreno porque este activo ya existía y se lo estaba usando. Los principales activos fueron:

1. Obra civil.- La obra civil comprende
  - a. Construcción de galpón.

- b. Pavimentación de piso para áreas de bodega y de tránsito. La mayor área se destina a inventario de plástico sucio, debido a que ocupa un gran volumen.
  - c. Construcción de piscinas para tratamiento de aguas.
  - d. Construcción de muro que sirve como puente entre áreas de diferentes cotas.
2. Maquinaria.- Las principales máquinas adquiridas fueron:
- a. Línea de reciclaje (para clasificar, moler, lavar y secar el plástico).
  - b. 2 máquinas aglutinadoras
  - c. 1 máquina peletizadora
3. Equipos periféricos y auxiliares.- Los más importantes fueron:
- a. Transformador de 750 KVA (usado, repotenciado)
  - b. Tableros eléctricos para las máquinas.
  - c. Banco de condensadores para mejorar factor de potencia.
  - d. Varios equipos complementarios como compresor, máquina embaladora, montacargas, herramientas para mantenimiento de maquinaria, etc.
4. Montaje de maquinaria y equipos periféricos. Correspondió a los honorarios de los distintos profesionales que participaron en el montaje de la maquinaria, así como diversos materiales usados en el montaje, también incluye transporte. En este rubro también se incluye los sueldos de los empleados que participaron en la implementación del Proyecto.

El valor de todos los activos nuevos y gastos ascendió a \$635,500. En la tabla 6 se muestra el detalle de la inversión.

**Tabla 6.** Inversión requerida para Proyecto

INVERSIÓN REQUERIDA PARA PROYECTO			
OBRA CIVIL	ÁREA	P/U	VALOR
GALPÓN	600	300.00	180,000.00
PISO (PAVIMENTACIÓN)	4,500	30.00	135,000.00
PISCINAS	90	500.00	45,000.00
ÁREAS ADMINISTRATIVAS	50	350.00	17,500.00
MURO	50	400.00	20,000.00
<b>SUBTOTAL OBRA CIVIL</b>			<b>397,500.00</b>
MAQUINARIA	CANTIDAD	P/U	VALOR
Línea de reciclaje (molido, lavado, secado)	1	100,000	100,000.00
Agglutinadora	2	10,000	20,000.00
Peletizadora	1	110,000	110,000.00
<b>SUBTOTAL MAQUINARIA</b>			<b>130,000.00</b>
EQUIPOS PERIFÉRICOS			
Transformador (750 KVA)	1	13,000	13,000.00
Tableros eléctricos incl banco condensad	1	25,000	25,000.00
Cables eléctricos (alta y baja tensión)	1	15,000	15,000.00
Equipos Complementarios	1	30,000	30,000.00
<b>SUBTOTAL EQUIPOS PERIFÉRICOS</b>			<b>83,000.00</b>
<b>MONTAJE MAQUINARIA Y PERIFÉRICOS</b>			<b>25,000.00</b>
<b>INVERSIÓN TOTAL</b>			<b>635,500.00</b>

Es necesario destacar que la inversión fue realizada por la empresa Proceplas, de esa forma se cumplía con el esquema solicitado por el principal accionista del Grupo Empresarial que consistía en que Emaris sea una empresa de servicios la cual no poseía activos fijos. Tampoco se incluye el terreno que pertenecía a Proceplas.

## 7.2. Presentación y análisis de resultados

El Proyecto se lo evaluó desde tres aspectos:

1. Cumplimiento de objetivos.- Se cumplió al 100% con los objetivos planteados en el inicio del Proyecto:
  - a. Volumen de producción: 2,200 TM
  - b. Costo de producción: \$700 x TM
2. Financiero.- El ahorro producido en el costo de producción, permitió recuperar la inversión en un periodo menor a 3 años. El mecanismo usado para evaluar el proyecto es mediante el uso de 2 índices: la tasa interna de retorno TIR y el Valor presente neto (VAN)
3. Clima Laboral.- En realidad era algo que no se había contemplado de manera expresa en el Proyecto, sin embargo, durante, en el transcurso y al finalizar el Proyecto se encontró lo siguiente:
  - a. Alto nivel de compromiso del equipo que ejecutó el Proyecto; compromiso real, auténtico, resultado de trabajar en conjunto con un objetivo en común.
  - b. Capacitación rápida y eficaz en el uso de la nueva metodología de trabajo, esto dio como resultado una curva de aprendizaje corta.
  - c. Creación de nuevas metas organizacionales, metas que antes del Proyecto parecían poco probables de realizar.
  - d. Clima de optimismo para la acometida de nuevos proyectos, no únicamente en la empresa motivo del proyecto sino en las demás del Grupo empresarial.

En la Tabla 7 se muestra el resumen de resultados del Proyecto.

**Tabla 7.** Resumen de resultados del Proyecto

RESUMEN DE RESULTADOS DEL PROYECTO	
Materia Prima Producida (Kg/Año)	2,184,000.00
Ahorro x Diferencia de Precio (\$/Kg)	0.15
Ahorro Anual (\$)*	323,285.93
* Precios "deflacionados" tanto ingresos como egresos	

El ahorro obtenido en la implementación del

Proyecto es de \$0.15 x Kg o \$150 x TM. Con un volumen de 2,1840 TM anuales, este ahorro representa un ahorro anual total de \$323,285.

El ahorro total permite que la empresa recupere su inversión en un plazo menor a 3 años.

En la Tabla 8 se muestra la tasa interna de retorno (TIR) y el valor presente neto (VAN). La inversión inicial corresponde al valor de todos los activos adquiridos para la implementación del proyecto y como flujos futuros se tomó el ahorro anual en el costo de producción.

El proyecto presentó una TIR de 36% lo que es realmente bueno, proyectos viables normalmente tienen tasas del 15%.

En cuanto al VAN, este asciende a \$287,474 la cual también es alta (favorable), aún con una tasa de descuento del 15% que es relativamente alta.

Los dos índices financieros nos indican que el Proyecto financieramente es viable y favorable.

**Tabla 8.** TIR y VAN del Proyecto

<b>TIR Y VAN DEL PROYECTO</b>		
<b>FLUJO</b>	<b>AÑO</b>	<b>VALOR</b>
Inversión inicial	2012	<b>635,500.00</b>
Ahorro Anual	2013	323,285.93
Ahorro Anual	2014	323,285.93
Ahorro Anual	2015	323,285.93
Ahorro Anual	2016	323,285.93
<b>TIR</b>		<b>36%</b>
<b>VAN</b>		<b>\$ 287,474.34</b>
<i>Tasa de Descuento referencial</i>		<b>15%</b>

## 8. Conclusiones

El autor del presente documento fue Director del Proyecto realizado en Emaris, este hecho le permite tomarse la libertad de proponer las siguientes

conclusiones:

1. Este Proyecto no requirió soluciones de *alta ingeniería* ni tampoco el desarrollo de *nuevas tecnologías*; con frecuencia tenemos *a la mano* la solución de problemas severos, sin embargo no hacemos uso de esas herramientas y buscamos otras con mayor grado de sofisticación.
2. Soluciones integrales.- Es indudable que un profesional se ha especializado en una determinada área del conocimiento y este conocimiento puede ser suficiente la mayoría de las veces, sin embargo hay situaciones, como la que atravesó Emaris, que requieren para la solución sus problemas, el concurso de diversas áreas del conocimiento y fundamentalmente de una importante dosis de sentido común.
3. Perseverancia.- No es una conclusión inédita del autor, sin embargo cree oportuno destacarla porque fue fundamental en la implementación de este Proyecto, especialmente en momentos en que parecía que este no iba a funcionar.

## 9. Agradecimientos

Deseo agradecer en primer lugar a Dios por su infinita bondad; a mis padres que físicamente ya no están pero que en mi época estudiantil siempre estuvieron presentes y a mi esposa por toda la ayuda y soporte brindado.

## 10. Referencias

- [1] López, Guillermo, Cálculo Financiero Aplicado 2da. Edición, La Ley, 2006.