

Rubén Camín
013105


Liliana O.
15/12/17

ESPOL-CIB
INVENTARIO FÍSICO
10 SEP 2018
POR: Liliana O.



D-15877

ESPOL-CIB
INVENTARIO FÍSICO

10 SEP 2018
POR: 

T
668.423
O.77



ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL
**Facultad de Ingeniería
en Mecánica**



"ANALISIS E IMPLEMENTACION DE UN PROCESO DE
RECUPERACION DE DESPERDICIOS TERMOPLASTICOS"

TESIS DE GRADO

Previo a la Obtención del Título de
INGENIERO MECANICO

Presentado por:

Luis Enrique Ortega Pareja



GUAYAQUIL

ECUADOR

Año

1995

AGRADECIMIENTO

Al ING. MANUEL HELGUERO
Director de Tesis, por su ayuda
y colaboración para la realización
de este trabajo:

DEDICATORIA

A MIS PADRES

A MI ESPOSA

A MI HIJO



Dr. Alfredo Barriga R.
DECANO FAC. ING. MEC.



Ing. Manuel Helguero
DIRECTOR DE TESIS



Ing. Rodolfo Paz
TRIBUNAL PRINCIPAL



Ing. Edmundo Villacis
TRIBUNAL PRINCIPAL

DECLARACIÓN EXPRESA

“ La responsabilidad por los hechos, ideas y doctrinas expuestos en esta tesis, me corresponden exclusivamente; y, el patrimonio intelectual de la misma, a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL “.

(Reglamento de Exámenes y Títulos profesionales de la ESPOL)



LUIS ENRIQUE ORTEGA PAREJA

RESUMEN

“El presente proyecto establece la solución al complejo problema de la acumulación de desperdicios termoplásticos, y de acuerdo a la necesidad está estructurado en base a las prioridades que se tenía en la empresa al momento de iniciarse, se divide en dos etapas:

La primera fase enfrenta el reto de reciclar mas de 100 ton de material almacenado por varios años, sin permitirse la inversión en equipo y maquinaria nuevo, de tal forma que el proyecto también plantea la recuperación de muchos equipos que no se les daba uso, y que en muchos casos no son para el trabajo que se va a iniciar, pero es mi responsabilidad el rediseño de los mismos para lograr el objetivo, la segunda fase es un análisis técnico para optimizar los procedimientos que se van a emplear en la primera, y establecer la metodología necesaria para evitar el problema de acumulación en el futuro.

Este proyecto, en su desarrollo, incursiona en varios aspectos como lo son:

El problema económico para la industria.

La reconsideración de conceptos y el cambio de políticas y estrategias.

La problemática ecológica del particular.

Los conceptos del diseño mecánico en la habilitación y optimización de equipos y maquinaria.

La solución del problema no es algo fácil, como se puede apreciar, pero es indispensable para el desarrollo de la empresa”

ÍNDICE GENERAL

| | |
|--|------|
| RESUMEN..... | V |
| ÍNDICE GENERAL..... | VI |
| ÍNDICE DE DIAGRAMAS..... | VIII |
| ÍNDICE DE ESQUEMAS..... | IX |
| ÍNDICE DE TABLAS..... | X |
| ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS..... | XI |
| INTRODUCCIÓN | 12 |
| I. ANTECEDENTES Y OBJETIVOS..... | 13 |
| 1.1 Introducción y descripción de los productos fabricados en la industria termoplástica..... | 13 |
| 1.2 Realidad de la problemática por acumulación de desperdicios y su impacto ecológico..... | 18 |
| 1.3 Objetivos a cumplirse..... | 20 |
| II. PARÁMETROS INVOLUCRADOS..... | 23 |
| 2.1 Clasificación de los desperdicios..... | 23 |
| 2.2 Espacio físico y equipos utilizados en la actualidad..... | 28 |
| 2.3 Análisis de costos directos e indirectos | |

| | |
|--|-----|
| producto de este problema..... | 30 |
| 2.4 Descripción de procesos comunes y consideraciones para casos específicos..... | 33 |
| III. DISEÑO DEL PROCESO..... | 36 |
| 3.1 Análisis de los principales métodos para la recuperación de desperdicios..... | 36 |
| 3.2 Selección del proceso más adecuado..... | 41 |
| 3.3 Descripción del proceso a implementarse..... | 43 |
| 3.4 Selección y rediseño de los equipos existentes..... | 50 |
| 3.5 Optimización del proceso actual..... | 64 |
| IV. IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA..... | 71 |
| 4.1 Requerimientos de mano de obra y equipos..... | 71 |
| 4.2 Diagrama PERT de ejecución..... | 79 |
| 4.3 Análisis de resultados..... | 80 |
| V. ANÁLISIS ECONÓMICO | 88 |
| Conclusiones y recomendaciones..... | 95 |
| Índices..... | 98 |
| Bibliografía..... | 117 |

INDICE DE DIAGRAMAS

- D1 Distribución de desperdicios en las bodegas y espacios en planta (cantidades aproximadas).
- D2 Análisis del rendimiento de las actividades del proceso de recuperación en PRIMERA FASE DEL PROYECTO.
- D3 Requerimientos de recursos por actividad del proceso de recuperación, PRIMERA FASE DEL PROYECTO.
- D4 Análisis del RENDIMIENTO y los RECURSOS demandados por las actividades del proceso de recuperación, en la SEGUNDA FASE DE IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO (OPTIMIZACIÓN).
- D5 PLANT LAY OUT de la micro planta de recuperación (en la PRIMERA FASE DE IMPLEMENTACIÓN).
- D6 PLANT LAY OUT de la micro planta de recuperación (en la SEGUNDA FASE, OPTIMIZACIÓN).
- D7 Implementación del proyecto.

INDICE DE ESQUEMAS

E1 MOLINO

E2 CUCHILLAS DEL MOLINO

E3 ZARANDA MANUAL Y TINA DE LAVADO

E4 SIERRA DE CORTE

E5 CUCHILLAS PARA SIMULACIÓN DE TIPO DE CORTE

E6 ZARANDA AUTOMÁTICA

ÍNDICE DE TABLAS

- T1 Tabla de resultados obtenidos en el ensayo de impacto CHARPY
- T2 Tabla de resultados obtenidos en ensayo de resistencia a cizallamiento
- T3 Simulación del tipo de corte de las cuchillas del molino, ensayo con espesor de probeta casi constante
- T4 Simulación del tipo de corte de la molienda, ensayos con probeta de sección variable
- T5 Análisis de rutas del diagrama D1
- T6 Análisis de las obstrucciones encontradas en la primera fase del proyecto

INDICE DE FOTOGRAFÍAS

- F1 Desperdicios de los patios de planta
- F2 Desperdicio acumulado en el interior de la bodega
- F3 Cuarto de reciclado, y material para reciclar
- F4 Vista del cuarto de recuperación
- F5 Tina de lavado
- F6 Dispositivo para usar en el corte de cabezales
- F7 Balanza para el pesado automático de material
- F8 Cortadoras de las mangueras
- F9 Otra vista del molino
- F10 Rotor portacuchillas del molino
- F11 Cuchillas móviles y fijas que se van a afilar.
- F12 Otra vista de las cuchillas sin filo
- F13 Tina de lavado
- F14 Tolva para descarga

INTRODUCCIÓN

“El mercado relacionado con los termoplásticos en la actualidad no es muy estable en lo que se refiere a disponibilidad y precios, los márgenes de utilidad acostumbrados a ganar, no son factibles ahora, llegando al extremo de que muchas industrias pequeñas han tenido que cerrar sus operaciones por escasez de materia prima; lamentablemente nuestro país está en desventaja por no ser capaz de autoabastecerse, nos toca la responsabilidad, en buscar alternativas y soluciones viables que nos permitan continuar en los mercados.

El presente proyecto es una de estas alternativas, porque analiza la problemática particular de una industria termoplástica de la localidad, y da las soluciones que permiten resolver el problema; en el siguiente caso: Debido a la falta de políticas definidas sobre el tratamiento de los desperdicios, esta empresa fue acumulando materiales de tal forma que en la actualidad hay más de 100 Ton de desperdicios almacenados, con los problemas que se detallaran en los capítulos siguientes en el desarrollo de la tesis, la solución está diseñada en dos fases; la primera es urgente y la mas difícil, se trata de reciclar estas 100 ton en el menor tiempo posible con el objetivo de recuperar los recursos implícitos en el material; paralelamente a esto se diseñará una nueva metodología, soportada por las políticas y estrategias necesarias, para evitar la acumulación de desperdicios en el futuro, en la implementación de este proyecto se rediseñará procedimientos, equipos, y maquinaria para garantizar la aplicación del nuevo sistema, siempre con el objetivo de optimizar recursos y maximizar rendimientos”

Capítulo I

ANTECEDENTES Y OBJETIVOS

1.1 Introducción y descripción de los productos fabricados en la industria termoplástica.

La industria de transformación plástica en nuestro país ha tenido un crecimiento fuerte y sólido en esta última década, notándose un gran interés por invertir en varios proyectos en esta materia, siendo especialmente importante porque impulsa el desarrollo técnico e industrial en beneficio de nuestra economía, otro beneficio al sector es ofrecer reales oportunidades a empresas, las que no requieren grandes capitales iniciales, permitiendo a base de un buen manejo gerencial estratégico el fortalecimiento acelerado de su capacidad financiera, lo que se revierte en bienestar, desarrollo y reinversión.

Esta área tecnológica posibilita la creación y desarrollo de pequeña y hasta de micro empresas, que ayudan a solucionar algunos de los problemas de nuestro país, como por ejemplo el del desempleo o subempleo.

Por lo anterior podemos comprender el desarrollo acelerado de muchas empresas en las cuales su materia prima básica son los polímeros, ejemplo de esto es la gran industria manufacturera de juguetes, que las tenemos de todo tamaño, desde grandes como Plásticos Industriales CA, a otras muy pequeños de solo una o dos máquinas; otras industrias como la manufacturera de tubería de uPVC, en la que vemos grandes como Plastigama o

medianas como la empresa donde se desarrolla este proyecto, y muchas pequeñas que no descuidan su porción de mercado, otras en el área de los envases y embalajes, el área de productos para instalaciones de servicios en construcciones de viviendas o edificaciones, productos para calzado, entre otros son un ejemplo de la diversidad de opciones que presenta la transformación de los polímeros.

Los polímeros, son materiales desarrollados a partir de derivados del petróleo, que por distintos tipos de procesos de producción, dan como resultado múltiples productos, con características muy variadas y muy útiles en la vida cotidiana moderna, los podemos ver por todas partes en sus muchas formas posibles, teniendo incluso un desarrollo tecnológico mucho mas vasto al que logramos percibir, sin embargo los recursos naturales que son actualmente explotados para satisfacer estos nuevos y grandes mercados mundiales, no son ilimitados, y ya a mediados de la década de los 90 se nota una gran presión que está resultando en el incremento de precios y la discriminación selectiva de las zonas de comercio mundial, muchas de esas pequeñas industrias que por años se encontraban en bonanza, ahora se encuentran con el grave problema de no tener materiales para trabajar, o son muy caros y los mercados se inhiben o buscan alternativas, por otra parte, la misma competencia actual generada por la gran cantidad de fábricas dedicadas al plástico, han hecho que se busque la optimización en los procesos de producción, empleando técnicas de toda procedencia para el efecto, así, la “calidad total”, “reingeniería”, son filosofías válidas y útiles en el manejo de la empresa de hoy, el empleo de técnicas de optimización como “Deming”, “círculos de calidad”, “Just in

time”, entre otros son libros de consulta obligados de todo ejecutivo del área de producción actual.

Todo esto nos lleva a un solo concepto básico e importante, que para ir en busca de la optimización en la empresa de hoy, es necesario trabajar en el control de su desperdicio, nótese que no hablo solo de pérdidas en el proceso de producción, si no que generalizo a la empresa, pues en cada área, función, puesto de trabajo, actividad, en fin en toda la empresa se puede generar desperdicios que tal vez no tengan nada que ver con la materia prima o con los recursos para procesarla. Por ejemplo, un vendedor que no enfoca bien su oferta al mercado, una demora por falta de repuestos en el área de mantenimiento, en fin, cualquier actividad que se ejecuta sin ser necesaria o en el momento no oportuno, todos estos son claros ejemplos de “desperdicios”.

Sin embargo no pretendo analizar en forma general el tema mas de lo expuesto, básicamente el punto al que quiero llegar es que en este gran trabajo que esta inmersa la industria en general y por ende la plástica, el control de los desperdicios en producción es de vital importancia, esto es lo que me motiva al desarrollo de este proyecto.

Debo hacer notar que los polímeros termoplásticos son materiales que se modifican en su forma con la aplicación de presión y temperatura, siendo posible reutilizarlos algunas veces bajo el mismo proceso, sin embargo en cada ciclo el material pierde características, haciendo que su operación sea mas difícil y dando como resultado productos terminados de menor calidad,

esto es lo que se conoce como materiales scrap, ventajosamente el polímero se comporta muy bien al mezclarlo entre sí, e incluso al hacerlo entre distintos tipos de termoplásticos homogéneos, lo que se usa como base para el reciclado parcial o total de los desperdicios.

Muchas empresas han creído suficiente el limitar la cantidad de material scrap que se debe usar en mezcla con la materia prima virgen, como un método adecuado de reducir su pérdida por productos defectuosos, sin embargo no se ha desarrollado técnicas del reciclado total o parcial en niveles altos, de materiales scrap, sin disminuir la calidad de los productos terminados; esto es factible y constituye la base del desarrollo de una nueva industria "EL RECICLADO DE TERMOPLÁSTICOS"; de lo anterior he visto modestos desarrollos en esta práctica en los fabricantes de envases, de tubos conduit, y de mangueras para agua potable domiciliaria, inyectores de suelas de zapatos, pero creo que podemos hacer mucho mas de lo que hasta ahora se ha logrado.

Al empezar este proyecto y tesis quiero dejar establecido mi criterio en lo que se refiere al tratamiento de los desperdicios de materiales termoplásticos de la industria con los siguientes conceptos:

[El grado de eficiencia en el proceso de producción de una empresa de transformación plástica en condiciones normales, esta dado mas por los índices de recuperación del scrap generado que por otros factores de control.

Es un deber moral de todos los que trabajamos en la industria plástica, el conservar los materiales reciclables el mayor tiempo posible fuera de los basureros municipales, por razones económicas y ecológicas.

Ecológicamente debemos recordar que por una parte el material plástico en general es de muy difícil degradación, en la generalidad de los casos es “no biodegradable”, esto significa que los desperdicios se mantendrán como contaminantes de la naturaleza por muchos miles de años, la falta de materia prima forzaría al uso indiscriminado de recursos provenientes de los derivados del petróleo que sabemos, no serán eternos, y por lo tanto debemos ser responsables con nosotros mismos y con nuestras generaciones venideras, e implementar técnicas y prácticas de reciclado eficiente como una necesidad básica y un objetivo primordial en el lustro que nos falta al 2000.

Los productos fabricados por la industria objeto del desarrollo del presente proyecto, son los siguientes:

- Compuesto de PVC para uso general, materia prima para muchos productos como: mangueras, perfiles, suelas de zapatos, zapatillas, tubería, y otros.
- Tubería de PVC rígido para canalización de agua potable.
- Mangueras de polietileno de baja densidad, para uso en riego agrícola.

Sobre estas tres líneas básicas se va a desarrollar el presente

proyecto, y son estas las causantes del problema de la enorme acumulación de desperdicios que me motivo a hacerlo.

1.2 Realidad de la problemática por acumulación de desperdicios y su impacto ecológico.

Siempre se ha hablado del control del proceso de producción, como el mantener los índices de pérdidas y de productividad en niveles aceptables, pero el llevar los porcentajes de defectuosos a cero es casi imposible, en los procesos siempre existirán fallas, y llámese defectuosos, o desperdicios, por poca cantidad que sean, se irán acumulando, teniendo al cabo de unos años un problema muy grave por esta acumulación.

Este es el caso de la mayoría, si no de todas las empresas de transformación plástica en nuestro medio, al menos hasta ahora en que las exigencias del mercado y la falta de materias primas ha hecho necesaria la recuperación de los recursos acumulados en las montañas de scrap, sin embargo, el tiempo y la contaminación a la que se expone a estos materiales, los convierte en muy difíciles de reciclar, y algunas empresas prefieren venderlos a una fracción de su costo de producción.

Para otras empresas, el costo de acumularlos es muy alto y prefieren deshacerse de estos en solares vacíos, basureros, quemándolos, etc., son muchas las maneras de desaparecerlos, en todos estos casos existe muchos riesgos de contaminación del medio ambiente, pues los gases de combustión de muchos polímeros son tóxicos, su resto de material quemado o degradado, puede ser causa de algunas enfermedades, y como no

es biodegradable, estos desperdicios causaran muchos problemas y su aspecto será desagradable por algunos miles de años, o hasta que se los lleven al basurero municipal, donde su daño ecológico continuará.

Vemos que en este tiempo, algunos municipios, como el de Guayaquil, trata de resolver el grave problema de la acumulación de basura de la ciudad, invirtiendo mucho dinero en la recolección, pero descuidando el tratamiento que debe darse a los desechos, tengo conocimiento que en el caso de los plásticos son solo enterrados bajo toneladas de basura de otra clase; definitivamente pienso que se ha planteado muy seriamente el resolver el problema del aspecto de la ciudad, pero no se está haciendo mucho por resolver el problema de la acumulación de basura, en especial en lo referente a los termoplásticos, de lo que he podido informarme.

En el desarrollo de este proyecto, tuve la oportunidad de conocer una realidad de nuestra ciudad, personas de bajos recursos económicos que se dedican a la recolección, clasificación, limpieza y comercialización de desechos recogidos del botadero municipal, a estas personas se los denomina "CHAMBEROS", y a pesar de la forma antihigiénica en que trabajan, es lo único que saben hacer, y francamente en lo que yo he podido ver sobre los plásticos, hacen un buen trabajo, esto es su medio de vida y sustento de sus familias, realizando el trabajo que una vieja máquina oxidada que se encuentra quien sabe donde, debió estar hace muchos años instalada y trabajando en estas labores, pues si por negligencia de nuestros representantes y autoridades, Guayaquil no pudo contar con la procesadora de

basura, considero un error el haber desplazado a los chamberos de sus faenas, para simplemente enterrar toda la basura.

Este proyecto no trata en general de todos los desperdicios de la industria plástica, sino de un caso específico presentado en una empresa de la ciudad, donde la falta de políticas definidas en lo referente al reciclado y al control de los índices de desperdicios, y por otro lado la facilidad de obtener materia prima a buenos precios en el mercado, ha generado el problema actual de acumulación, que de su magnitud se puede observar en el diagrama D1, donde se establece la problemática sobre el espacio físico que resulta de la acumulación por varios años de operación de la planta.

Este proyecto ha sido una necesidad de la empresa para la solución de varios problemas generados por la acumulación de los desperdicios, y agravado por un lado pero ayudado por otro, por la falta de materia prima a nivel mundial en este último año, lo cual ha hecho que nuestros clientes que normalmente usaban material virgen, ahora tengan que comprar reciclados de todo tipo, aceptando una calidad un poco menor pero suficiente para los procesos que emplean y al mercado que atienden, y en forma específica a la empresa en estudio por lo anteriormente indicado con la iniciación de trabajos en el botadero LAS IGUANAS del municipio de la ciudad.

1.3 Objetivos a cumplirse.

El proyecto en su implementación tiene dos fases, la primera es la recuperación de todo el material acumulado, y la segunda es la



implementación de un procedimiento para posibilitar el total reciclado de todo desperdicio generado por la planta actualmente.

Ahora, y con la finalidad de poder analizar los resultados obtenidos de la implementación del presente proyecto, dejo establecido los siguientes objetivos a seguir en su desarrollo y en su evaluación final.

- Deberá desarrollarse un procedimiento que logre recuperar, rápidamente todo el material acumulado en las bodegas y patios de planta, en un lapso no mayor a un año calendario, esto se denominará FASE UNO del proyecto.
- Deberá buscarse en todo momento la recuperación de la mayor parte del costo de producción promedio del lote de desperdicios, sin demandar de fuertes inversiones para lograrlo.
- Los criterios en cuanto a procedimientos en orden de importancia, deberán ajustarse a lo siguiente:
 1. Se preferirá métodos mas rápidos a los mas lentos.
 2. Se preferirá métodos que permitan un precio de venta mas alto.
 3. Se preferirá métodos que garanticen un nivel de calidad mayor.
 4. Se preferirán métodos de costos de operación menores.
- En cuanto a los equipos a usarse, los criterios serán los

siguientes:

5. Los gastos de rediseño y adecuación deberán ser los mínimos necesarios.
 6. El rediseño deberá minimizar los riesgos de accidentes laborales, algo muy frecuente en este tipo de trabajo.
 7. Preferir los equipos existentes en planta, antes que adquirir nuevos.
- Deberá darse prioridad a la optimización de equipos y al proceso de recuperación de la FASE UNO, realizando un trabajo técnico de rediseño, con la finalidad de evitar la acumulación de desperdicios en el futuro, esto será denominado como FASE DOS del proyecto.
 - El proceso o metodología de reciclado a implementarse en la FASE DOS, deberá garantizar la recuperación total del scrap generado por planta en periodos mensuales, debiendo asegurarse tener los controles necesarios para garantizarlo.

El proceso de reciclado deberá desarrollarse con el criterio de “gasto mínimo de recursos”, aplicando conceptos de realizar las actividades que agreguen valor y la del tiempo justo.

Capítulo II

PARÁMETROS INVOLUCRADOS

2.1 Clasificación de los desperdicios

Es muy importante al empezar este capítulo, definir el concepto de material de desperdicio, el cual va a ser tomado como base en el desarrollo del proceso de reciclado

Desperdicio es todo lo que consume recursos sin retribuir a cambio un beneficio o satisfacer una necesidad, siendo una clasificación básica la de recuperable o no recuperable.

Este proyecto analiza la problemática de una gran cantidad de material plástico que por varias razones se ha acumulado por mucho tiempo en las bodegas y que bajo el concepto anterior, es un desperdicio recuperable, y se puede ver su importancia con lo considerado en el capítulo uno, numeral 1.2

En el transcurso del tiempo, estos materiales han sido clasificados en forma muy general y tomando en consideración la línea de producción de la cual proviene antes que factores técnicos que puedan ser usados para su recuperación futura. Si bien se ha mantenido un cierto cuidado en el manipuleo y el embalaje, sin embargo se encuentra mucho material en mal estado, contaminado, y con faltantes o mermas de peso. Un gran problema con el que me encontré en la fase inicial de implementación del proyecto, fue el no disponer de un inventario detallado de los materiales almacenados, pues como indiqué

anteriormente, su clasificación respondía a otros factores en que nada tenía que ver su recuperación futura, es más, en la forma como se encontraba estibado la mayoría de estos materiales, era muy difícil el revisarlos para hacer una buena clasificación.

Tómese en cuenta que para el manejo de materiales en general es muy importante el no realizar actividades o movimientos improductivos, que no aporten valor al producto final, y el manipuleo de desperdicios no aporta nada, por el contrario, es muy costoso, de tal forma que mientras menos sea trasladado o sean mínimas las actividades que se realicen a estos, más de su costo implícito podremos recuperar.

Con estos antecedentes puedo mostrar un diagrama de la distribución de los desperdicios en las bodegas, patios y espacios físicos de la planta, tal como se encontró previo a la implementación del proyecto ver D1, en el cual se puede observar la problemática en cuanto al espacio desperdiciado, a continuación explico el resultado de una primera clasificación con la que se inició la implementación, en base al gráfico D1.

Zona # 1 : En esta zona debe haber unas 25 ton de desperdicios en su mayoría compuestos de PVC rígido para extrusión soplado de envases, formulados con resinas de valor K menor a 60, y de tipo atóxico, estabilizados con estaño, lubricantes en base a ésteres grasos; se observa también alguna cantidad de polietileno mezclado con el PVC, debido a que en una época se usó esta poliolefina para facilitar la parada y arranque de la extrusora, el estado general del material es malo, con degradación severa por el tiempo de almacenaje, encontrando

imposible su reciclado en productos del mismo tipo.

También se encontró cabezales de extrusión de compuestos rígidos para soplado de envases, de tubería, en condiciones entre mala y regular, observándose material bastante mezclado con PVC plastificado, polietileno; con una degradación muy severa, en definitiva no reciclables en las producciones generadoras de estos desperdicios.

Otra cantidad de material son polvos, como resinas crudas, o compuesto en dry blend¹ no terminado, materiales muy contaminados con basura, formulaciones con fallas y productos recogidos en la limpieza de los equipos; como del turbomezclador, extrusora, vacío, pistones de sellado, dosificadores.

Adicionalmente hay una gran cantidad de material del laboratorio, consistente en muestras testigos antiguas, ensayos y mezclas de materiales varios, pruebas de colores, ensayos de resistencia a temperatura, entre otros.

Zona # 2 : Esta zona está mejor organizada y aproximadamente hay 15 ton. de scrap molido y acumulado de polietileno de baja densidad, son materiales en que no ha sido posible su recuperación por la suciedad y formulaciones desconocidas que dieron problemas en producción en su momento, tal como: rugosidad de la superficie, fallas en los

¹Termino usado en la industria plástica, es el compuesto de PVC polimerizado totalmente luego de la operación de turbomezclado pero antes de granularlo.

aditivos usados, o el concentrado de pigmento negro; estos materiales pueden ser recuperados en la misma línea de extrusión si se realiza una buena selección y limpieza del mismo.

Zona # 3 : Esta zona se ve más o menos bien organizada, y calculo que hay una 25 ton. de materiales molidos de tubería de PVC rígido, las causas de falla son desconocidas, recordándose problemas de formulación, fallas en características del producto terminado como: apariencia, falta de resistencia al impacto, problemas de fluidez, como los mas importantes; además encontramos que al moler estos materiales, no se tomó las debidas precauciones al limpiarlos, lo que causó un problema adicional que es el de encontrar basuras e impurezas en el scrap. Este desperdicio podría ser recuperado parcialmente en la misma línea, y el resto deberá ser reformulado en otro producto para lograr reciclarlo.

Zona # 4: Son desperdicios de compuestos granulados de formulaciones con defectos, hay un aproximado de 8 Ton y es muy peligroso proceder a un reciclado sin seguir una técnica establecida.

Zona # 5: Son todos los sobrantes acumulados de excesos de producción o de pruebas, hay unas 3 Ton y están en buen estado para cualquier proceso, sin embargo las pruebas pueden traer algún riesgo en su recuperación.

Zona # 6 : Conformados por cabezales de extrusión provenientes de las varias pruebas de producción en una extrusora de tubería, el material está en muy mal estado y será

un trabajo difícil el recuperar de alguna forma este desperdicio, hay aproximadamente unas 4 ton. que mas adelante en el desarrollo del proyecto indicaré su procedimiento de recuperación.

Zona # 7 : Debe haber unas 5 ton. de desperdicios del arranque de prueba de la extrusora, similar al acumulado en la zona # 4, con la diferencia que estos son mangas de tubería no muy degradadas, pero de grandes tamaños, y que como se encuentran a la intemperie, sufren un efecto de envejecimiento prematuro por exposición al sol, estos materiales bien clasificados pueden ser reciclados una parte en la misma línea de tubería, y el resto en otro material que no requiera características específicas.

Zona # 8 : Corresponden a un gran cementerio de mangueras de polietileno, productos no conformes de producción, calculo en unas 8 ton. de material que deberá ser procesado inmediatamente para evitar su degradación, en este producto se podrá aplicar todas las técnicas analizadas en este proyecto para obtener máxima garantía en su proceso de reciclado.

Zona # 9: En este espacio se acumula el material no conforme de tubería de uPVC, mas o menos 5 Ton sin moler y con defectos varios, no se conoce con seguridad el motivo de su rechazo y es complicado su recuperación.

En total existen casi 100 Ton de desperdicios como una buena aproximación, considerando la dificultad operativa de hacer un buen inventario del total, sin embargo, se observa que hay mas material rígido de PVC que flexible, de modo que el método a emplearse para recuperar todo este material debe considerar

como primera prioridad el reciclado de el PVC rígido, tomando en cuenta también que es el mas difícil de recuperar, incluso ayudándose con el flexible para lograr disminuir la acumulación de este scrap. Luego todo esta clasificación corresponde al material acumulado en la planta, pero después de la implementación del proceso de recuperación, tendremos una nueva y mas sencilla clasificación en base de los desperdicios generados por las distintas líneas de producción, la cual será:

1. Desperdicios generados por la planta de compuesto de PVC: Cabezales, limpiezas, polvos, mezclas, formulaciones con falla, sobrantes de pruebas y producciones, muestras y pruebas de laboratorio.
2. Desperdicios generados por la línea de tubería de uPVC: Cabezales, limpiezas, producto no conforme, muestras testigo de calidad, ensayos.
3. Desperdicios generados por la línea de manguera de PE: Tortas de material, producto no conforme, arranques de producción, muestras, pruebas, y ensayos.

2.2 Espacios físicos y equipos utilizados en la actualidad.

Tomando en consideración que no se ha establecido políticas ni procedimientos para recuperar desperdicios, es de suponerse que el espacio físico y el equipo para tal efecto no sean los mas adecuados, y en efecto es así; puesto que solo se cuenta con un

cuarto en la parte posterior de la última bodega de planta, con 12 x 5 mt. de dimensión, que fue construido para funcionar como una mini planta de producción de accesorios plásticos, pero que por razones de mercado nunca funcionó, el sitio está cerrado y cuenta con una puerta de malla bastante segura, en definitiva presta las facilidades para usarlo como una micro planta para reciclado ver fotografía F3; sin embargo es importante indicar que muchas operaciones del reciclado se deben hacer en el sitio mismo donde se encuentra acumulado el material, o donde se está generando el desperdicio, recordado siempre el no realizar traslados u operaciones innecesarias que incrementarían el costo del proceso.

Este cuarto es suficiente como espacio físico para implementar el proyecto, pero como es reducido, debo hacer un buen análisis de optimización de espacios para lograr máxima operatividad del mismo, en este se instalarán los equipos como el molino principalmente, el cual está ubicado en el cuarto, anclado y operando desde hace algún tiempo atrás, pero en condiciones no adecuadas como expondré en el numeral 3.4 del siguiente capítulo. Además del molino, el cual era parte de una vieja planta de recuperación por repletizado de polipropileno, tengo como equipos de posible uso:

- Una tina de enfriamiento de la línea de repletizado, foto F5.
- Una cortadora que se construyó para la fábrica de accesorios, foto F6.
- Una dosificadora automática de pesaje, comprada hace mucho tiempo, foto F7.
- Una cortadora de caña, también sin uso actual, foto F8.

Todos estos equipos, se encuentran sin uso en planta, y dañándose por el efecto del paso del tiempo; este proyecto, cumpliendo con los objetivos propuestos en el capítulo uno, deberá reconstruir y utilizar los mismos para la planta de reciclado, debiéndose hacer de forma técnica y basándose en conceptos que enunciaré a lo largo del proyecto, deberá garantizar la productividad, calidad, y seguridad en la operación de la nueva micro planta de recuperado de desperdicios termoplásticos.

2.3 Análisis de costos directos e indirectos producto de este problema.

Para ver mas claramente el desarrollo de este numeral es importante revisar nuevamente el diagrama D1, y las fotografías F1 y F2, donde se observa como se tenía almacenado todas esa toneladas de material de desperdicio, luego y teniendo presente lo anterior, quiero recordar el concepto de “desperdicio” que enuncié al empezar este capítulo en el numeral 2.1, para el desarrollo de la siguiente temática:

Con estos antecedentes puedo establecer que el scrap no es el único problema, además hemos desperdiciado los valiosos recursos que la suma total de estos es lo que posteriormente me referiré como el costo implícito en el desperdicio, los cuales clasifico como costos directos e indirectos, bajo el punto de vista económico:

Costos directos.

- El valor de la materia prima utilizada, que aproximadamente considero esta dentro de un 89% del costo directo total.
 - El costo de la energía eléctrica necesaria en su fabricación y luego en su recuperación puede llegar a un 5%.
 - La mano de obra directa para su fabricación representa un 5% del total, teniendo presente que podría duplicarse por los costos posteriores por el proceso de recuperación, tal como se analiza en el capítulo cuarto.
 - Embalajes e insumos varios como material para empaque o rótulos, no es mas de un 1%.
- Costos indirectos.
- El mas crítico pienso que es el financiero, o sea la utilización del capital de operación sin generar el beneficio del ejercicio económico, este incrementaría el costo total de fabricación del desperdicio en un 60% actual aproximado, que es la tasa referencial bancaria promedio, siendo un incremento periódico anual y acumulable.
 - El almacenaje prolongado, por el espacio físico utilizado, considero que incrementa el costo en un 6% anual.
 - Costos indirectos por control de calidad y supervisión de la producción efectuados en la fase inicial, es único y afecta en

un 2% sobre el costo de fabricación.

- La pérdida de valor del desperdicio por efecto del envejecimiento del polímero al paso del tiempo o causas ambientales puede representar un 10% anual de incremento.
- La incidencia de la acumulación de desperdicios en los incrementos en las tasas de seguros contra siniestros, es otro factor que hay que tomar en cuenta, sabiendo que esta situación aumenta la probabilidad de:
 - Incendios
 - Accidentes laborales debidos al manejo y estibas de estos materiales, que generalmente no se encuentran bien paletados.
 - Incremento de los índices de robos, por ser materiales de cierto valor, que normalmente no son controlados de forma sistemática como los productos terminados conformes.

Entre los costos indicados, lo mas preocupante son los costos de incremento anual, pues observamos que solo el primer año, se ha duplicado el costo implícito del scrap, y que año a año se incrementa en un alto porcentaje.

En conclusión, es imprescindible el evitar la acumulación de desperdicios en el proceso productivo a futuro, y la implementación de la recuperación de lo acumulado debe hacerse en el menor tiempo posible; debe pensarse en todo momento que el desperdicio, si bien es factible recuperarlo, resulta muy caro comparado con la materia prima que lo originó,

y sin embargo es de menor calidad.

2.4 Descripción de procesos comunes y consideraciones para casos específicos.

El reciclado o recuperación de material termoplástico es una práctica conocida en casi todos los procesos de fabricación, siendo una labor común para muchas empresas que compran grandes cantidades de desperdicios para reciclarlos en mezcla con material virgen y lograr reducir sus costos de producción; sin embargo no es una tarea fácil usar grandes cantidades de scrap en el material y mantener buena calidad en la producción.

Un caso típico es por ejemplo, la producción de manguera de polietileno de baja densidad color negro para instalaciones de agua domiciliarias, en esta fabricación, como he observado, se usa gran cantidad de reciclado de fundas de polietileno de desperdicio, se compra en grandes cantidades este scrap a los distintos chamberos o empresas recolectoras, el material se lava, se seca en un tornillo transportador con contraflujo de aire caliente, se compacta, en un recipiente con cuchillas que giran a alta velocidad rompiendo el material y compactándolo en el fondo, luego es posible regranularlo, si se requiere un proceso de producción de buen nivel de calidad, o se usa compactado para muchos suficiente. En el caso de recuperarlo como fundas de basura es necesario, además del proceso anterior, el regranularlo con un filtro de malla 60, para detener cualquier impureza que halla pasado los procesos previos.

Otro caso muy usado en nuestro medio es la recuperación de

compuestos de PVC rígido para soplado de envases, en tubería para canalización eléctrica, llamada conduit; para esto se realizan mezclas de materiales de desperdicio consistentes en botellas molidas, con otros polimeros para darle la coloración y fluidez necesaria para el proceso. El tratamiento es parecido al anterior, comprando a los recolectores de desperdicio materiales clasificados, estos se lavan, se muelen se seleccionan y se recuperan en las extrusoras, usando filtros para retener impurezas que pueda traer el material.

En el caso del compuesto de PVC para suelas de zapatos es muy común, la compra de material provenientes de los mismos basureros, suelas, mangueras, forro de cable, todo cuanto puede mezclarse e inyectarse en un molde para formar con pocos problemas, suelas de calidad regular, pero de precio bastante bajo. En este caso es casi el mismo, limpieza previa, lavado con detergentes, molienda, se necesita de un venteo generalmente para extraer hilos de algodón o basuras pequeñas que vienen en las suelas usadas, y luego de una buena mezcla con algo de material virgen mas un poco de pigmento negro, se inyectan las suelas de zapatos que van al mercado de bajos precios.

Por otro lado muchas empresas de transformación plástica se preocupan del reciclado de su propia generación de scrap, usando molinos pequeños y tratando de reciclar rápidamente todo lo que generan, así; fabricantes de mangueras, perfiles, suelas de zapatos, tuberías, entre otros son un ejemplo de lo dicho, su metodología es moler y recuperar en compuesto negro, lo que al fin y al cabo abarata todo compuesto de este color, pero hay que tener en cuenta este detalle para en un futuro observar

bien un producto que se nos ofrezca en el mercado.

En el desarrollo de este proyecto se aplica varias formas de recuperación comunes, pero dando mayor énfasis a la optimización de los procesos y a la tecnificación de los mismos, puesto que a mi criterio hay muchas formas de reciclar materiales para fabricar productos de regular calidad, pero mi propuesta es el reciclado sin bajar substancialmente la calidad de los productos, en otras palabras, reciclar no con el único objetivo de bajar costos, si no el de mantener un alto nivel de calidad, lo cual también es factible.

Capítulo III

DISEÑO DEL PROCESO

3.1 Análisis de los principales métodos para la recuperación de desperdicios.

Antes de empezar el análisis, es importante que establezca mi criterio con respecto a la temática que voy a desarrollar, de esta forma considero:

Recuperación es el proceso por el cual los desperdicios son reciclados total o parcialmente en la fabricación de productos que satisfagan las necesidades del mercado, sin que esto cause rebajas substanciales de las características de calidad y precio con respecto al de su alternativa fabricado con materia prima ciento por ciento virgen.

Lo anterior es muy importante, pues no pretendo llegar al simplismo de vender desperdicios a precio de tal, proponiéndome, al contrario, buscar y diseñar métodos, técnicas, y fórmulas que me permitan garantizar un nivel de calidad y productividad aceptable, para proceder a la recuperación total de los desperdicios acumulados en la planta.

Nótese que en ningún momento he hablado de rentabilidad del proceso, esto se debe a que realmente el desperdicio es una

pérdida de producción, y mal puedo hablar de recuperación rentable de las pérdidas, lo importante es no perder el costo implícito en el desperdicio, o al menos recuperar lo máximo que se pueda.

Para el análisis de los métodos de recuperación, es importante reconocer que se puede tener múltiples casos de acuerdo al tipo y estado del desperdicio; puede que se logre obtener las fórmulas de ciertos materiales, pero de la mayoría no, muchos de los cuales han permanecido años almacenados a la intemperie o en fundas que por el tiempo se encuentran rotas, por lo que no es raro encontrar producto contaminado. También es muy posible y hasta común el encontrar materiales mezclados en frío y aun térmicamente mezclados .

Es importante reconocer que el peor enemigo de la recuperación es el tiempo, por muchas razones, pero hablando técnicamente, los termoplásticos cambian sus características con el tiempo, lo que se llama “**envejecimiento**“, que generalmente afecta a las propiedades mecánicas del polímero, la contaminación se acumula con el tiempo y hasta encontrar información de las fórmulas con que se fabricó es una tarea muy complicada, en fin es necesario que los desperdicios tengan un proceso rápido y efectivo de reciclado, sin etapas de almacenaje prolongados .

Otro factor es el tamaño y forma del desperdicio, que casi en su generalidad no coincide con lo requerido para el reciclado, para lo cual es necesario transformarlo por métodos físico como la

molienda o el machacado, estos métodos son efectivos pero pueden aportar problemas adicionales como: mayor contaminación, distribuciones no homogéneas en el tamaño de partículas, mayor degradación térmica en ciertos procesos, por lo que es importante una preparación previa del desperdicio antes del reciclado.

Como se puede observar, los métodos para la recuperación básica se puede resumir en lo siguiente :

CLASIFICACIÓN

LIMPIEZA

MOLIENDA

PREPARACIÓN

RECICLADO

Sin embargo existen muchas variantes para cada caso, las que complican el proceso, convirtiéndose en una técnica muy compleja, pero necesaria para obtener buenos resultados en rendimiento y calidad del reciclado.

Las posibilidades de recuperación de polímeros pueden resumirse en tres generalidades, y esta clasificación tiene que ver con los materiales a reciclar y el producto final desarrollado.

- a) Desperdicios de fuente o fórmula conocida, reciclados en el mismo producto final que los generó.
- b) Desperdicios de fuentes variadas y generalmente desconocidas, con propiedades diferentes entre sí, recicladas en un producto con propiedades parecidas a alguno de los materiales reciclados.
- c) Desperdicios de fuentes variadas y desconocidas, con problemas de homogeneización entre ellos, destinados a reciclarse en un producto de propiedades totalmente distintas a las de los mismos.

Para este proyecto, y considerando la variedad de desperdicios acumulados en la planta, en cuanto a sus formulaciones, estado actual de contaminación, estado de degradación en que se encontraba al tiempo que se generó y el causado por el tiempo de almacenaje; puedo evaluar las siguientes posibilidades de recuperación :

1. Realizar una clasificación completa de todos los desperdicios de la bodega y patios, agrupándolos según el tipo de polímero, su estado actual, el color, y la apariencia física ; en los materiales de cloruro de polivinilo, sería básico el agruparlos por formulaciones tipo, durezas y características particulares. Terminado este trabajo se podrá iniciar un proceso de reciclado tipo A.
2. Iniciar una clasificación parcial de los desperdicios, tomando

en cuenta la posibilidad de recuperación en las líneas principales de producción, se seleccionará solo materiales que no causen mayores dificultades y que su reciclado no aumente los porcentajes de pérdidas normales para dichas líneas. Para el resto de materiales se deberá desarrollar un producto que permita el reciclaje de estos con requerimientos de calidad no muy importantes, de tal forma de usar la mayor cantidad y variedad de los mismos. Este numeral aplica un proceso tipo A en su fase inicial y B en su segunda parte.

3. Realizar una gran mezcla de materiales homogéneos y desarrollar un producto que pueda aprovechar las características resultantes de la mezcla, todo lo que no se pueda reciclar de esta manera será dado de baja o vendido como desperdicio, aplicación del tipo B en buena parte del desperdicio a reciclar.
4. Ofrecer al mercado todo el paquete de materiales a un precio de remate, sería una alternativa tipo C.
5. Compactar todo el material usándolo como material de relleno en los patios de planta; aplicación del C.

Al hablar de clasificación es muy importante que esta sea realizada por personal idóneo y experimentado en los procesos de fabricación involucrados, pues solo personal entrenado puede definir acertadamente sobre criterios de selección de los desperdicios, de esto dependerá el éxito o fracaso del proceso de recuperación aplicado.

3.2 Selección del proceso más adecuado.

Para la selección del proceso a aplicar, es necesario el tomar en cuenta los objetivos del proyecto que fueron establecidos en el capítulo uno, numeral 1.3 los mismos que resumo a continuación :

- El proceso no deberá demandar grandes cantidades de recursos económicos, debiendo ser el principal objetivo recuperar la mayor parte del costo implícito en el desperdicio.
- Los procedimientos a aplicar deberán permitir la recuperación de recursos en el corto plazo, con un precio de venta que no difiera mucho de los productos fabricados con material ciento por ciento virgen, y con la garantía de calidad adecuada.
- En la implementación de los equipos, los gastos de rediseño y adecuación deberán ser mínimos, se tomará especial importancia al aspecto de seguridad con la finalidad de evitar accidentes laborales, y deberá preferirse los equipos existentes en planta para ser readecuados en lugar de adquirir nuevos.

Para ayudarme en la selección de la alternativa más adecuada, usaré una escala de valores que tome en consideración los tres aspectos indicados en los objetivos, y con una escala de 0, 1, 2 podré analizar mejor las posibilidades.

| Posibilidad | 1er. Aspecto | 2 ^{do} .Aspecto | 3er. Aspecto | Total |
|-------------|--------------|--------------------------|--------------|-------|
| 1 | 1 | 1 | 0 | 2 |
| 2 | 2 | 2 | 1 | 5 |
| 3 | 1 | 1 | 2 | 4 |
| 4 | 0 | 1 | 2 | 3 |
| 5 | 0 | 0 | 2 | 2 |

La tabla de valores me ha ayudado a visualizar la opción dos como la más adecuada para el proyecto, sin embargo quiero dejar establecido el razonamiento de los criterios empleados en cada alternativa :

- Con la primera posibilidad, el hacer una clasificación total, sería una labor muy lenta, difícil y poco práctica; pues existen múltiples variantes que generarían subgrupos, cada uno de los cuales debería tener una condición específica de reciclado, lo cual va en contra de no invertir muchos recursos, y del requerimiento de resultados a corto plazo, por otro lado y no importa que tan bien se ha clasificado el material, sería indispensable el uso de filtros y sistemas de recambio de los mismos en las maquinas extrusoras, con la finalidad de retener contaminantes, con lo cual se reduciría el rendimiento de máquina sin llegar a ser una garantía sobre el nivel de calidad.
- La tercera posibilidad que propone hacer una mezcla parcial de materiales homogéneos es una buena alternativa en cuanto al tiempo y recursos, pero mientras más polímeros son incluidos, la característica final es tal que el precio de venta

tiende a disminuir, por tener muchos problemas de homogeneización, como de fluidez, diversidad de colores, amplio rango de durezas, entre otros, a pesar de esto no resuelve el caso de materiales no homogéneos.

- La posibilidad cuarta propone vender todo el lote a un precio muy bajo, no es lo que este proyecto busca, la idea es emplear la ingeniería y la técnica adecuada para recuperar el mayor porcentaje del costo implícito en el desperdicio.
- Hay una quinta posibilidad que es el enterrar los polímeros trae una problemática de índole ecológica, pues son recursos extraídos a la tierra, los cuales se los regresa en una forma de muy lento reciclado natural, y que por otro lado su falta presiona al mercado a extraer más recursos para cubrir el faltante de lo que estamos enterrando.
- Definitivamente la segunda posibilidad, clasificar parcialmente solo lo que es posible reciclar en el mismo producto que generó el desperdicio, y buscando un producto alternativo para mezclar una serie de materiales, se ve que cumple con los objetivos del proyecto, teniendo como único punto en contra el gasto inicial en equipos, lo cual debe considerarse como una inversión.

3.3 Descripción del proceso a implementarse.

De acuerdo a lo expresado en el numeral 3.1 de este capítulo, todo proceso de recuperación plástica consta de las etapas de

CLASIFICACIÓN, LIMPIEZA, MOLIENDA, PREPARACIÓN y RECICLADO; pero el proceso para un producto específico no tiene necesariamente que cumplir todas, las variantes en las características de los distintos desperdicios obligan a diseñar procedimientos específicos para cada etapa.

Si se observa lo expuesto en el capítulo dos, numeral 2.1, se aprecia la variedad de desperdicios y la complejidad del trabajo de clasificación que deberá hacerse, sin embargo es muy importante, a mi criterio, dejar establecido que la etapa más importante en la recuperación es la CLASIFICACIÓN inicial de los desperdicios, que junto a la etapa de RECICLADO constituyen las únicas indispensables y de ejecución obligatoria en todo proceso, de esta forma yo veo el procedimiento de la siguiente manera:



Donde la optimización del proceso se logra en la forma como el proceso evita el paso intermedio de LIMPIEZA, MOLIENDA, y PREPARACIÓN; mientras mayor cantidad de material evite este paso, resultará más eficiente su reciclado.

El primer paso al diseñar un procedimiento de reciclado es el identificar los productos terminados que se van a fabricar, usando total o parcialmente los desperdicios clasificados previamente, en el caso del este proyecto tengo varias opciones:

- Línea de fabricación de compuesto de PVC.

- Línea de fabricación de tubería de uPVC para conducción de agua.

- Línea de fabricación de manguera de PE de baja densidad para uso en agricultura.

Analizando la línea de compuesto de PVC, la cual generó una gran proporción de los desperdicios acumulados, encontramos compuestos de gran variedad de formulaciones, durezas, aplicaciones, colores; en definitiva un proceso de clasificación muy complejo. Sin embargo existen productos típicos que se fabrican con regularidad, en los cuales se puede almacenar el desperdicio calificado como “en buen estado”, para reciclarlos en producciones futuras, esto es por ejemplo, en formulaciones de compuesto para extrusión de forro de cable eléctrico, y una o dos formulaciones de inyección para suelas de calzado de gran demanda; tomando en cuenta que el “buen estado” del desperdicio significa que el material corresponde a la misma formulación o que no existe diferencias que puedan alterar las características del producto a fabricar, su reciclado está condicionado a que no produzca variaciones en los estándares de calidad básicos como son : fluidez, dureza, apariencia, brillo y

las características particulares del uso del producto por el usuario final, este procedimiento corresponde, de acuerdo a la clasificación hecha en el numeral 3.1 de este capítulo, a (posibilidad a), y resuelve el problema en un importante porcentaje, logrando recuperar casi el ciento por ciento de los costos implícitos en estos desperdicios.

Seguir el mismo procedimiento anterior para el resto de materiales, no es posible, pues la variedad de formulaciones, características y aplicaciones, sumado a las poco frecuentes producciones de la mayoría de estos productos y otros problemas como : la contaminación, la degradación inicial y por efecto del tiempo de almacenaje, las mezclas no conocidas, entre otras; hacen imposible aplicarlo a la gran mayoría de los desperdicios acumulados en las bodegas. Sin embargo, observando las necesidades del mercado, se puede encontrar productos que se pueda fabricar usando una gran parte de estos desperdicios, sin afectar la calidad del terminado, conociendo que un proceso donde es factible la recuperación de grandes cantidades de scrap es la INYECCIÓN; se puede formular un compuesto que recicle en gran porcentaje estos materiales, y nótese que hablo de formular, pues la etapa de RECICLADO de este tipo de scrap es un procedimiento complejo que describiré mas adelante en el proyecto. Este procedimiento esta de acuerdo a la (posibilidad b) de la clasificación, y resolvería casi la totalidad del desperdicio acumulado, obteniendo la recuperación de hasta un sesenta por ciento del costo implícito sin considerar los costos indirectos en su período de acumulación, en todo caso se recuperará una buena parte del capital de operación que estaba improductivo.

En la línea de fabricación de tubería de uPVC las dificultades solo se limitan al correcto manipuleo y tratamiento previo de los materiales de desperdicio, teniendo como problemas la contaminación con polvos u otros materiales, partículas de material degradado, variación en los colores, formulaciones problemáticas, son las mas comunes. Sin embargo solo el encontrar partículas de material degradado o de otro tipo de polímero sería una causa para que estos desperdicios no se reciclen en la misma línea, en este caso el destino será flexibilizarlos para formular compuesto de inyección de calzado, de esta forma existe una (posibilidad a) , en principio, o una (posibilidad b) de darse el caso indicado.

Para la línea de manguera de PE uso agrícola tenemos que el procedimiento es mas sencillo, por la facilidad en el proceso de este material en comparación con el compuesto de PVC, sus formulaciones son mas simples y su degradación es menos compleja de controlar; puedo indicar que el único problema grave es la contaminación con polímeros distintos y no homogéneos, que generalmente son difíciles de extraer del scrap. Dado que no es posible hacer mezclas entre PE y PVC, la única forma de recuperación es la (posibilidad a) , teniendo que resolver el problema de contaminación con un excelente filtrado en la extrusora de producto final, o en una extrusora peletizadora.

En el índice de diagramas ver D2, observar los distintos procedimientos que puede darse en la recuperación de los desperdicios acumulados en planta donde se especifican distintas operaciones que son necesarias en los casos que se explica a continuación:

Clasificación .- como se ha indicado, es la etapa mas importante de todo proceso, y de su correcta ejecución depende la calidad del producto final donde se emplea el desperdicio. Para garantizar lo anterior es imprescindible que solo personal muy calificado la realice.

Limpieza .- en esta etapa tenemos el lavado con detergentes lo cual se aplica a todo desperdicio que vaya a ser recuperado en el producto que lo generó (posibilidad a), donde se sabe que la contaminación con polvos, piedras u otros, generan problemas de reciclado y aumentan el índice de pérdidas en producción; también se aplica en el caso del scrap que va a ser flexibilizado, por la necesidad de evitar olores típicos de estos desperdicios, es importante el controlar en que caso hacerlo; Hay que recordar que también puede aplicarse una limpieza sin necesidad de lavar el producto, lo cual es mas económico y muchas veces suficiente, también está considerado en esta etapa, el borrar rótulos, como por ejemplo en la tubería, previo a la molienda.

Molienda .- Es importante saber que a esta etapa el scrap debe llegar bien clasificado y limpio, puesto que de no ser así, luego de su paso por el molino, cualquier falla anterior causaría un problema muy complejo y definitivamente terminaría haciendo perder valor al desperdicio y dificultando el proceso de reciclado. Una operación que se hace necesaria en esta etapa es la de corte con sierra, esto con la finalidad de reducir el tamaño de los desperdicios para lograr una operación mas suave y productiva del molino, sin embargo se puede hacer con el material frío o en

el momento de generar el scrap, cuando es menos problemático y es menor el costo de cortar las grandes masas de los cabezales de extrusión en caliente, y de esta forma enviarlos al molino. El producto de la molienda puede tener el tamaño que se necesite, de acuerdo a la criba que utilice, iniciando así el preparativo del material para su reciclado final.

Preparación .- es la etapa en que se debe prevenir cualquier falla en el reciclado, debe revisarse la limpieza, la degradación, el tamaño del scrap, la cantidad de cisco o polvillo de molienda, posibles metales, contaminación, u otras probables causas de pérdidas en la utilización del desperdicio; generalmente se debe proceder al zarandeo, donde se busca limpiar el scrap de partículas pequeñas y a la vez se escudriña con un imán muy fuerte los posibles trozos de metal de hierro, visualmente se observa si hay contaminantes de otros tipos de polímeros o piedras y basuras, en algunas ocasiones es necesario ventear el material para extraer pequeños fragmentos de tela, papel o hilos de algodón que se pasan a las etapas previas.

Como se puede observar en el diagrama, hay otras operaciones indicadas como “flexibilizar” y “repeletizado” las cuales pertenecen a la etapa de preparación, pues son necesarias para lograr que el scrap pueda ser reciclado en la siguiente etapa, por ejemplo; los materiales duros o mezclas con materiales duros, deben ser ablandados o flexibilizados antes de convertirlos en compuesto para suelas de calzado, esto requiere de un proceso de extruido previo, para formar un gránulo muy fino de gran

superficie, necesario para la absorción del plastificante en el proceso de turbomezclado. Por otro lado, todos los materiales que por su mínimo tamaño, en el caso del polvillo o cisco de molienda, o por causas de múltiples impurezas que no puedan ser extraídas por otros métodos, como por ejemplo, polímeros de características distintas, pueden ser repeletizados con los filtros necesarios, obteniéndose un scrap limpio y adecuado para reciclar.

Vemos entonces las muchas operaciones que demanda el reciclado, las cuales deben ser utilizadas en los casos que realmente lo requieran y para los materiales en que sean necesarias, porque hay un costo en cada una de estas operaciones, y no escoger el procedimiento adecuado significa perder más, y no lograr la recuperación de los recursos que tenemos en los desperdicios.

3.4 Selección y rediseño de los equipos existentes.

Previo a iniciar el análisis para la selección y rediseño, es conveniente pensar un momento en como se ha manejado el tema del reciclado de desperdicios antes de la implementación del proyecto, es importante indicar que el único equipo para este fin ha sido el molino, el cual se encuentra en el exterior de la planta, en un cuarto semi abierto, donde se acumula todo el material que semanalmente o quincenalmente se procede a moler, siempre que se cuente con el personal desocupado para esta labor. De esta observación, dado que el cuarto tiene medidas de aproximadamente 12 mt. X 5 mt., y el molino se encuentra

anclado en un lugar muy adecuado, como se observa en la fotografía F4 o la F9, observar también el diagrama D5; la primera decisión fue implementar el cuarto de reciclado en este lugar, luego definí que este cuarto se manejaría como una micro fábrica de preparación de materiales para el reciclado en planta, que cuente con personal propio y con sus responsabilidades específicas.

Luego es necesario el hacer un inventario de los equipos en uso o no, que se puedan implementar al proceso, estos serían: el molino, la zaranda, la tina de lavado, una cortadora de disco para materiales rígidos, una cortadora para mangueras, una tolva y un ventilador para acumular el material que sale del molino.

De estos equipos solo el molino se encontró en regular estado, el resto no se usaba por lo que estaban en mal estado; de aquí la importancia de que el proyecto cubra en su primera parte la instalación, readecuación y rediseño de todos los equipos necesarios para las etapas previas, lo cual se analizará en detalle a continuación:

EL MOLINO

Es un equipo importado, de procedencia italiana, de fabricación antigua, aproximadamente 25 años, era parte de una línea de recuperación de material de polipropileno, donde se hacía molienda y repeletizado; de carcasa voluminosa y gran peso,

trabaja con un motor principal de 70 Kw, con una capacidad teórica de 200 Kg./Hr., el sistema de corte es por impacto de cuchillas rectas, dos fijas grandes y seis móviles en un rotor de masa sólida como se indica en las fotos F9 y F10, o en el esquema E1.

Tal como se encontraba, el molino no producía lo esperado para una máquina de ese tamaño, pues solo alcanzaba entre unos 60 a 100 Kg./Hr. en el mejor de los casos, mi atención se centro en esto, por ser un equipo de costo de operación muy alto en consumo eléctrico, luego de mi observación describo los problemas que tenía:

1. Las cuchillas fijas y móviles no estaban afiladas y no se controlaba esto periódicamente, ver las fotos F11 y F12, donde se observa un ejemplo de lo indicado.
2. A pesar de tener camisa de enfriamiento, no estaban instaladas las entradas y salidas de agua.
3. Otro equipo auxiliar, el extractor del material del molino para llenar la tolva, no se encontraba instalado, los ductos del extractor no se encontraron y al ventilador le faltaba mantenimiento. Es importante notar que este equipo también ayuda a que no se sobrecaliente el material que se muele, evitando así el apelmasamiento ⁽¹⁾.

¹ El polimero al calentarse se ablanda por encima de cierta temperatura, bajando el rendimiento del molino.

4. Algo muy importante, es que no se controlaba el amperaje de operación del motor principal, dejándose a criterio del operador la cantidad y velocidad de alimentación de material al molino.
5. No tenía tapa en la boca de alimentación ⁽²⁾).

Luego de observar lo anterior, el primer paso es proceder a dar solución a estos problemas, y recuperar el estándar de operación que nos garantice productividad y seguridad, para lo cual se procede a implementar los siguientes cambios:

1. Nuevo afilado de cuchillas fijas y movibles, y calibración con lanas, dejando una holgura de 0.5 mm a máximo 1 mm, y la aplicación de un procedimiento periódico semanal de limpieza, calibración y control del filo de cuchillas.
2. Instalar correctamente las entradas y salidas del agua de refrigeración para el molino, conectándolo al enfriador principal y su descarga a la cisterna de agua fría.
3. Reinstalar el extractor del molino y los ductos, usando tubería de plástico de 160 mm., para acarrear el material molido a la tolva de descarga.

² Para poder tener una idea mas clara de la gravedad de este problema, contabilicé cuanto material se perdía por una hora de operación, llegando a determinar esta cifra en S/. 1'000.000, un millon de sucres mensuales regados en el piso.

4. Ubicar la tolva de descarga en un lugar adecuado al movimiento de materiales.
5. Conectar un amperímetro de línea a la alimentación del motor principal, con un dial suficientemente grande para ser observado por el operador desde su puesto de trabajo, establecer el rango de amperaje para mantener alta productividad, esto evitará el hecho cierto de que el operador pueda influenciar indirectamente en el rendimiento del molino.
6. Hacer una cortina de caucho para la boca de alimentación del molino.

El resultado de estos trabajos fueron satisfactorios, pues se logró llegar a niveles de productividad entre los 170 a 190 Kg./Hr., en polietileno y en PVC rígido de tubería, la operación que antes demandaba un operador y un ayudante, fue simplificada en solo el operador y el tiempo de trabajo del molino se prolongó sin dar problemas de sobrecalentamiento del material, el PVC por ejemplo trabajó ocho horas sin parar y el polietileno pasó las cuatro horas.

La siguiente fase del rediseño deberá estar orientado a aumentar la productividad del molino, con el fin de bajar costos de procesamiento, y lograr un tamaño menor del scrap para facilitar su recuperación; por lo tanto debe trabajarse en los siguientes parámetros:

1. Disminuir el periodo de los impactos cíclicos de la masa en la

molienda, con la finalidad de aumentar la producción, la explicación de esto es debido al efecto de impacto de la cuchilla al cortar el material, arrojándolo por sobre el rotor, separándose el tiempo suficiente para llegar a la parte más alta dentro del molino y caer, resultando de esto una disminución drástica en el rendimiento del equipo.

2. Disminuir el tamaño del molido final, para mejorar su reciclabilidad en las líneas de extrusión principalmente.
3. Disminuir tanto el amperaje del motor cuando trabaja a plena carga, como los picos por efecto de fuertes impactos, con esto se evitará también el problema que pueda causar estas cargas, en la pérdida prematura del filo de las cuchillas y hasta de posibles roturas.

Los cambios implementados en la primera fase, me permiten proceder a lo que acabo de proponer, esto es: El punto uno y tres tiene que ver con el tipo de corte del molino y alterarlo significaría el cambiar el diseño básico del equipo, el numeral dos se obtiene al fabricar una criba con un tamaño de agujero menor, teniendo en cuenta que se ha trabajado hasta con agujeros de 5 mm. , si el cambio de corte mejora el comportamiento del molino, puedo pensar en hacer una criba con agujeros de 2 mm de diámetro.

De mi observación de otros molinos, he notado que entre los varios tipos de corte, el llamado “ corte tipo tijera ” es el que puede cumplir con lo que me he propuesto, recibe este nombre

por la acción que realiza la cuchilla móvil sobre la fija, de forma progresiva entrando en contacto desde un extremo y deslizándose hasta el otro, tal como lo hace una tijera; este efecto se logra al inclinar las cuchillas movibles y fijas cuatro grados relativos entre las dos en un plano perpendicular a las mismas, amortiguando el impacto, disminuyendo la amplitud de pulsos y buscando romper el scrap por corte o cizallamiento antes que por golpes, ver esquema E2.

Considerando que el material sufre en el molino esfuerzos de cizallamiento e impacto, lo mas adecuado para analizar el comportamiento de los materiales a moler en cuanto a su resistencia y la generación de calor por el corte, además de parámetros que afecten a la productividad y calidad del molido, son los ensayos de impacto, tomando como base la norma ASTM D-256, y los de cortante puro, de acuerdo a la norma ASTM D-732, los cuales al revisar las mismas noté la imposibilidad de hacerlas por no tener los equipos que permitan seguir al pie de la letra lo indicado en las normas, los inconvenientes son por la longitud del brazo del péndulo y de las bases porta probetas, las que no coinciden; así, al no poder hacer de la forma adecuada las pruebas, he decidido realizar un ensayo comparativo de impacto y de corte de los varios materiales que involucra este proyecto, solo como valores relativos de comparación en lugar de buscar los valores absolutos de la norma; de esta forma he realizado los ensayos de impacto CHARPY para los tres materiales principales, uPVC, PVC flex, y PE de baja densidad; los resultados se encuentran tabulados y graficados en la tabla T1

Del análisis de estas relaciones se puede establecer la alta resistencia al impacto que el PE tiene, de igual forma el PVC flex, sin embargo es de notar que se trata de materiales muy dúctiles pero poco resistentes a la flexión y como el ensayo CHARPY es una probeta sometida a una flexión brusca por el golpe del percutor, la deformación causada, hace que la probeta salga de la base antes de romperse o desgarrarse.

Otra particularidad observada es la del comportamiento del PVC rígido, en el cual en espesores bajos se comporta de forma dúctil, siendo su valor de energía absorbida en el péndulo de valor alto, pero al aumentar el espesor de la probeta, el impacto se convierte en frágil, bajando nominalmente la lectura de energía absorbida.

Por otro lado, he realizado los ensayos de esfuerzo cortante máximo, en el equipo de ensayos INSTRON del laboratorio de sólidos de la facultad de ingeniería en mecánica, los resultados se tabulan y grafican en la tabla T2, donde se observa que el polietileno y el PVC Flex, son muy poco resistentes al cortante, en cambio el PVC rígido si tiene alta resistencia; con estos ensayos se puede observar que: un efecto combinado de impacto con cortante (impacto con cuchilla) es el método mas adecuado para moler estos materiales.

Sin embargo, más importante que los ensayos de impacto y cortante, es la simulación experimental entre el tipo de corte recto y el de tipo tijera, con lo cual se podrá establecer los posibles beneficios del método de corte propuesto; los resultados

de estas pruebas se muestran en la tabla T3, con probetas de espesor constante, donde se observa que se da una notoria disminución de la energía de corte, producto del ángulo de la **cuchilla en el diseño tipo tijera, comparado con el corte recto.**

- En uPVC se obtiene un 63 % de disminución de la energía absorbida por el corte
- En polietileno disminuye un 31 %
- En el PVC flexible se da un ahorro de 33%

El que se observe un resultado entre el 30 al 60 % es muy favorable, sin embargo otra característica observada por el cambio del tipo de corte es la que resulta de implementar una prueba variando el espesor, en el péndulo de impacto o péndulo de simulación.

Los resultados están tabulados en la tabla T4, es interesante notar que para probetas finas no hay mucha diferencia en la cantidad de energía, pero mientras se aumenta el espesor, se incrementa la diferencia de acuerdo al tipo de corte usado, resultando muy beneficioso el corte tijera.

La conclusión de estos ensayos es que el corte tipo tijera es mucho más adecuado por la disminución de la energía necesaria para el corte, comparado con el corte recto, permitiendo además el moler mas eficientemente trozos grandes de material; esto da como resultado el menor consumo del motor o el aumento del

rendimiento de producción del molino, permite disminuir el tamaño de los agujeros de la criba, lograndose un molido de menor tamaño que no será problema reprocesar en la máquina.

En el esquema E5 se puede revisar la forma de construcción de las cuchillas para la simulación usadas en el ensayo del péndulo TINIUS OLSEN, es importante ajustar perfectamente la altura de la cuchilla simuladora, pues hay el peligro de que al oscilar el péndulo tope con la base de sujeción de la probeta, ya que en la simulación, la cuchilla en referencia es la móvil, y la base del péndulo es la cuchilla fija del sistema.

Tomando en consideración que la energía consumida en el proceso de corte, tal como actualmente se realiza, se divide en:

1. La necesaria para iniciar la fractura en el material.
2. Lo que se requiere para propagar la fractura a través del mismo.
3. La necesaria para arrojar los trozos y volverlos a pasar por las cuchillas, o hacerlos atravesar los agujeros de la criba.
4. La pérdida de energía debida a la flexión del material al momento del corte, y la ocasionada por la deformación plástica.
5. Pérdidas adicionales relacionadas al funcionamiento de la

máquina, como vibraciones en el rotor porta cuchillas, en las bases o anclajes, y pérdidas por fricción en cojinetes y partes en movimiento.

Pienso que el análisis de simulación en el laboratorio se puede sacar conclusiones muy útiles para el rediseño del tipo de corte del molino, y la metodología a seguir será la siguiente:

De lo expuesto puede preverse que el cambio al corte tipo tijera es totalmente recomendable por cumplir con lo propuesto, teniendo otras ventajas como: disminuir el consumo eléctrico, evitar otros procedimientos mas complicados como el pulverizado de scrap rígido para tubería, evitar el apelmasamiento y su efecto en la disminución de la productividad del equipo, prolongar la vida útil de las cuchillas, entre otras.

Una vez definido el cambio, veamos como se va a implementar. Si observamos el interior del molino, el rotor porta cuchillas y las cuchillas fijas, ver foto F10, el cambio del ángulo a las fijas significa el rediseño de los soportes y los ajustes, este es un trabajo no práctico y muy caro, sin embargo si inclinamos las cuchillas movibles, alterando la base posterior e inferior de la misma, es mas adecuado; y si no tocamos las bases del rotor, si no que hacemos un nuevo juego de cuchillas con los ángulos hacia las bases indicadas, el costo de la implementación sería mínimo, considerando además que es necesario el hacer un nuevo juego de cuchillas, esta sería la alternativa mas viable , el diseño final de las cuchillas movibles se observa en el esquema

E2.

LA LAVADORA DE DESPERDICIOS

Todo material que ha permanecido por mucho tiempo a la intemperie o almacenado, debe haber sido contaminado en algún grado, esto dificulta el correcto reciclado en los términos que he definido en los numerales anteriores de este capítulo, por lo tanto es imprescindible el contar con una tina para el lavado o limpieza de scrap de tubería rígida, mangueras flexibles, tortas y cabezales de producción.

La operación o etapa de lavado esta definida en el proceso de recuperación, antes de la molienda; por que es mas adecuado hacerlo así, el material molido es mucho mas complicado limpiarlo o lavarlo, el lavado puede ser simplemente con chorro de agua, para el polvo adherido; o con detergentes fuertes, para extraer tierra, aceites, telas, o para disminuir los olores desagradables de ciertos desperdicios.

Como se puede observar, la tina de lavado no es otra cosa que un recipiente con instalación para agua a presión, y un buen desagüe, preferible con dos compartimentos, uno pequeño para preparar el detergente y uno mayor para el enjuague final. Para respetar los objetivos en cuanto a materiales del presente proyecto, la tina fue adecuada de una usada para el enfriamiento de la línea de recuperación de polipropileno (repeletizado), del

cual también es parte el molino; esta tina tiene las dimensiones adecuadas y solo se tapó algunos agujeros y se eliminó los carriletes que tenía, finalmente se instaló la red de agua a presión y de desagüe con lo que quedó lista para su operación, la fotografías ver F5 y F13

LA SIERRA DE CORTE

Muchos desperdicios como las tortas y cabezales, son muy grandes y pesados para ser molidos directamente, por lo que deben ser partidos en trozos, para evitar problemas en el molino y aumentar su eficiencia, como para tener una idea, pedazos de más de dos kilogramos se deben cortar antes de moler.

El rediseño de la aserradora debe poner especial cuidado en la seguridad de operación, pues la posibilidad de una falla humana o un accidente es alta en este tipo de equipos. La sierra de corte se rediseño a partir de una que se tenía guardada, la cual se usaba para cortar trozos de tubos de PVC, se reparó, rebobinando el motor, afilando la sierra y adecuando un mecanismo de protección adicional para cortar los cabezales y tortas sin ningún peligro para el operador, y se compró las poleas que hacían falta.

El dispositivo de protección, se diseño con la intención de que sirva de soporte para sujetar las formas de cono de los cabezales (ver F5 índice de fotografías), la idea es que la mano del operador



no se acerque al filo de corte, y el movimiento de corte se lo realice deslizando el dispositivo a través de un eje, sujetado al mismo por dos cojinetes axiales fotografía F6, sin embargo es importante evitar este paso, por el peligro y por el costo elevado de operación, debido a la baja productividad y al costo de mano de obra directa empleado, lo que analizaremos en el capítulo cuatro.

LA ZARANDA

El zarandeo es la preparación del material previo a su reciclado, y es muy importante hacerlo en casi la totalidad de los casos, dependiendo de lo que queremos extraer del scrap tenemos varios procedimientos, por ejemplo: el material molido tiene un polvillo o cisco que es necesario retirarlo para evitar problemas de imperfecciones en productos que van a ser extruídos, en el momento de zarandear se aprovecha para escudriñar el material con un imán muy fuerte con la finalidad de evitar partículas metálicas, existe contaminación con lanas, papeles u otros productos livianos, estos al zarandearlos y ventearlos quedan limpios para reciclarlos, el venteo no es otra cosa que la criba vibratoria y con un torrente de aire empujando desde la parte inferior por medio de unos ventiladores

De lo anterior, para el zarandeo normal se construyó una criba manual, donde el operario hace una labor similar a tamizar arenas, incluyendo el uso del imán, mientras que el venteo se lo realiza en la zaranda de una de las máquinas extrusoras de

compuestos, este equipo trabaja en tiempo compartido y de esta manera no obliga a una inversión inicial en el proyecto.

LA EXTRUSORA

Para las operaciones de flexibilizado y de repeletizado es necesario una extrusora peletizadora, la cual es la misma que se usa para extruir los compuestos de PVC rígidos o flexibles, en este equipo se procede a mezclar los materiales homogéneos de distintas formulaciones, durezas y características. El objetivo de reextruir el desperdicio es obtener un gránulo muy delgado pero con suficiente área para lograr absorber el plastificante necesario para regular la dureza a lo requerido como compuesto de suelas de calzado, esta adición de plastificante se lo realiza en un turbomezclador que es parte del equipo de fabricación de compuesto de PVC.

El repeletizado es un procedimiento similar al anterior, pero su finalidad es lograr una forma y tamaño de gránulo adecuado para su reciclado, además de filtrar los contaminantes que pueda haberse pasado en las etapas previas; este es un paso que no se aplica mucho, siendo necesario para la limpieza de ciertas poliolefinas en que no sea posible reciclarlas como productos de inyección.

3.5 Optimización del proceso actual

Como indiqué en los objetivos del proyecto en el capítulo inicial,

este proyecto está propuesto para resolver un problema de acumulación de desperdicios de materiales termoplásticos, y esto tiene dos fases.

Primero es el diseño de un procedimiento y su implementación para reducir en el tiempo mas corto posible la gran cantidad de desperdicios acumulados de varios años de funcionamiento, y lo segundo es presentar una metodología para reciclar todo el material no conforme que genera la planta, sin permitir regresar al problema de acumulación en un futuro.

En cambio en la segunda fase, se inició la verdadera optimización del proceso de recuperación de los desperdicios generados en la planta, enunciando las siguientes estrategias:

1. El total del SCRAP generado por la planta, no deberá ser mayor al reciclado en kilogramos.
2. No se deberá aceptar que el desperdicio de cada línea en particular sea mayor al material reciclado en producciones en el mismo equipo, de darse este caso será necesario tomar correctivos inmediatos para eliminar esta posibilidad.
3. El proceso de reciclar desperdicios en las producciones de una línea no será justificativo del aumento en los índices de pérdidas por fallas o producto no conforme, por encima de máximos aceptables en producciones similares con material virgen.

4. En el reciclado de productos con reemplazo parcial o total de desperdicios, se deberá mantener los estándares y criterios de calidad y productividad, de igual forma a los fabricados con material ciento por ciento materia prima virgen.

El procedimiento propuesto para eliminar las posibilidades de acumulación futura de materiales es el siguiente:

Analizando las tablas T5 y T6 observamos que las prioridades para optimizar el proceso están dadas por:

- Buscar manualmente contaminantes: esta operación es por la contaminación o mezclas, debidas a la falta de precaución en el momento en que se generó el scrap, y a la misma acumulación, la solución es la AUTOCLASIFICACIÓN y codificación del scrap en el área de producción, su inmediato reproceso o reciclado, dejando como responsables de esta operación al operador de la máquina, y bajo vigilancia del supervisor del área.
- La operación de zarandeo manual es otra obstrucción grave, la cual se solucionaría al construir una zaranda automática, lo cual fue mencionado en el numeral 3.4 , pero su costo es alto y no esta considerado si no hasta una fase posterior a la implementación, porque al momento va en contra de los objetivos, por otro lado, esta operación conjuntamente con el cambio del tipo de corte del molino tiene más importancia para obtener el máximo rendimiento en la segunda fase.

- El corte de sierra es otro procedimiento que debe hacerse en la planta, y por el mismo operador de la línea al desarmar la extrusora, el corte de los cabezales en caliente es muy fácil, de tal forma ya no sería necesaria la sierra de corte.

- La operación de limpieza con imán, que en el momento actual es manual, se puede implementar en la misma zaranda automática, en la tapa superior como se observa en el esquema E6, con esto la mano de obra directa de las operaciones de zarandeo y venteo con la limpieza con imán, sería de cero, disminuyendo muy apreciablemente el costo de esta operación.

- La reclasificación del material por su estado, es una actividad innecesaria, si se aplica la auto clasificación de los desperdicios en el momento de su generación, y con esto evitar la acumulación.

- Las prioridades menores 6 y 7 son inevitables pero no causan mayores problemas.

El lavado y limpieza, a pesar de no ser una obstrucción, tiene costo alto, y es una actividad innecesaria si el scrap ha sido bien clasificado y embalado por producción, siendo importante el cuidar de que las fundas estén bien cerradas y el almacenamiento no sea muy prolongado.

Las operaciones de flexibilizado y repeletizado, por no ser básicas del proceso, aplicándose de acuerdo al caso, y tomando en cuenta que una extrusora es un equipo muy costoso, no encuentro justificativo para hacer alguna variación, vemos entonces como queda el flujograma para el procedimiento optimizado de reciclado de desperdicios ver D4

Para establecer los nuevos procedimientos a seguir con el nuevo diagrama de flujo, establezco los tipos de desperdicios que generan las líneas de producción:

- Línea de compuesto de PVC
 - Cabezales y tortas
 - Mezclas de varias formulaciones
 - Producto no conforme
 - Sobrantes de producción y pruebas
 - Limpiezas de equipos y maquinas
 - Muestras de laboratorio ensayadas y testigos

- Línea de extrusión de tubería de uPVC
 - Cabezales y tortas
 - Limpiezas de equipos
 - Producto no conforme
 - Probetas ensayadas y testigos

- Línea de extrusión de manguera de polietileno

- Tortas
- Producto no conforme
- Mezcla con materiales de difícil homogeneización

Los procedimientos para cada tipo de desperdicio son los siguientes:

Para los cabezales y tortas, producto no conforme (excepto los de la línea de compuesto), probetas ensayadas y testigos, mezclas de PE con material de alta para inyección, será suficiente con MOLER, ZARANDEAR, LIMPIAR CON IMÁN, y EMBALAR ver D4, rutas 1,4, y 5

Para las mezclas de formulaciones, producto no conforme (solo para compuesto de PVC), sobrante de pruebas o producciones (solo algunos de acuerdo a clasificación) el proceso es el siguiente: CLASIFICACIÓN, y RECICLAR EN PRODUCCIONES FRECUENTES, ver ruta 3.

Con los materiales de desperdicio obtenidos en limpiezas de los equipos y por recolección de polvos varios, es necesario: ZARANDEO Y LIMPIEZA, FLEXIBILIZAR, y REPELETIZAR, ver ruta 2.

Finalmente, tomando en cuenta que aproximadamente la planta de compuesto de PVC genera unos 1500Kg. De desperdicio, la de tubería unos 2000Kg. Y manguera unos 500Kg. , en total genera

4000Kg. de material que deberá ser reciclado, vemos que el rendimiento mínimo del flujograma es de 70Kg/Hr., en flexibilización, teóricamente se reciclaría en 5 días de 12horas/día cumpliendo los objetivos.

En el esquema E4 se observa como queda el procedimiento de segunda fase y su beneficio en tiempo, recursos y bajos costos, que será analizado en el capítulo cinco.



Capítulo IV

IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA

4.1 Requerimientos de mano de obra y equipos.

Al iniciar este capítulo es indispensable dejar establecido mi criterio en lo referente al análisis de costos y márgenes económicos que se obtienen como resultado de un proceso de recuperación plástica en la industria.

Reciclar desperdicios en sí mismo, no es, bajo ningún sentido una operación rentable, no importa lo eficiente que sea el proceso; la razón de esto es que el desperdicio es una pérdida de un proceso de producción, y mal podemos hablar de rentabilidad al momento de reciclar pérdidas, por esto en todo el proyecto se habla de recuperar la mayor parte del costo de producción implícito en el material de desperdicio.

De acuerdo al concepto anterior, se deberá tener presente en la implementación y desarrollo del proyecto, el mantener al mínimo posible los costos operativos, y al momento de calcular estos, no deberá incluirse solamente los costos directos, los cuales afectan la operación de reciclado; el aumentar indirectos como: bodegaje del scrap, gastos administrativos, depreciaciones por efecto del tiempo transcurrido, costo financiero, de acuerdo a lo visto en el capítulo dos, numeral 2.3, no me permitirá hacer un correcto análisis económico del proyecto.

En consideración de lo anterior, los requerimientos del proyecto a ser evaluados son los siguientes:

Mano de obra directa (MOD), según el diagrama D3, tenemos que para las actividades programadas de la primera fase del proyecto, la mano de obra directa mínima es tres, y la máxima es siete, como el objetivo es no incrementar los costos, y como se verá en el siguiente capítulo, se trata del costo directo mas importante, establezco para el proyecto el trabajar con solo dos empleados, en turnos de doce horas al día, únicamente días ordinarios, tal como están calculados los parámetros de control del proceso. Lo mismo se puede mantener en la segunda fase del proyecto, luego de la implementación y arranque de la nueva metodología optimizada D4, en la cual se observa el MOD mínimo en dos, y el máximo en cinco; tomando en consideración que dos es el máximo de MOD por actividad.

| Fase del proyecto | MOD min. | MOD max. | MOD definido |
|-------------------|----------|----------|--------------|
| 1 | 3 | 7 | 2 |
| 2 | 2 | 5 | 2 |

Por ser la mano de obra directa, uno de los costos mas importantes del proyecto, debemos conocer con exactitud su valor para poder hacer mas adelante el costeo por actividad necesario para la evaluación económica del proyecto.

Para calcular el jornal diario de cada obrero de la planta de recuperación y su costo hora, partimos de los ingresos mensuales, calculando con todos los beneficios laborales y los costos de aportación, alimentación y transporte; haciendo participación de los décimos y vacaciones:

| | | |
|-------------------------------------|---|----------------|
| Sueldo básico (decret. Ene/95) | | 75.000,00 s/. |
| Total en horas extras ordinarias | | 41.250,00 s/. |
| Bonificación compensatoria | | 96.000,00 s/. |
| Compensación salarial | | 125.000,00 s/. |
| Décimo sexto sueldo | | 9.375,00 s/. |
| Parte proporcional de: | | |
| Décimo tercer sueldo | | 9.687,50 s/. |
| Décimo cuarto sueldo | | 12.500,00 s/. |
| Décimo quinto sueldo | | 4.166,67 s/. |
| Total del salario | = | 372.979,17 s/. |
| Alimentación (2500 sucres diarios) | | 55.000,00 s/. |
| Transporte (1800 sucres diarios) | | 39.600,00 s/. |
| Total a recibir por el trabajador | = | 467.579,17 s/. |
| Aportación patronal al IESS | | 8.137,50 s/. |
| Parte proporcional de vacaciones | | 6.247,50 s/. |
| Costo mensual por obrero | = | 481.964,00 s/. |

Jornal diario = 21.907,46 s/.

Hora de trabajo = 1.825,62 s/.

Además de estos costos tenemos los de varios equipos adicionales para lograr realizar un buen trabajo en cada una de las actividades del proceso, y estos son:

Un amperímetro de gancho, para colgarlo de la línea de alimentación del molino, para que el operador pueda observar los límites máximo y mínimo de operación el equipo, con esto se logra aumentar la producción del equipo y evitar problemas con el motor, o las cuchillas, si se dan excesos.

Un imán portátil, de buen tamaño y fuerte, con el cual se hace la limpieza de extracción de metales en la operación de zarandeo manual, operación en que se ha evitado los problemas con nuestros equipos de extrusión, y en las inyectoras de nuestros clientes.

Una romana o balanza de capacidad de 100 Kg, con la cual se puede hacer el control de entrada y salida de materiales, datos importantes para los reportes.

Un montacargas es imprescindible, especialmente en la primera fase del proyecto, donde es necesario el mover grandes cantidades de materiales.

Esto además de los equipos indicados en el capítulo anterior numeral 3.4 , donde vemos el MOLINO, la ZARANDA MANUAL, la SIERRA DE CORTE, y LA LAVADORA DE DESPERDICIOS.

Otros equipos son importantes en el proceso, los cuales pertenecen a otras líneas de fabricación propia de la planta, estos serán utilizados en tiempo parcial y cuando el caso lo amerite, son la EXTRUSORA PELETIZADORA, y la ZARANDA AUTOMÁTICA, para los procesos de “Flexibilizado” y “Venteo” del proceso de recuperación.

La operación de todos estos equipos tiene un costo, y en el cálculo que a continuación voy a presentar, se va a observar que no importa que el equipo sea muy pequeño, o que consuma muy poco de energía eléctrica, el costo de operación de esa actividad del proceso puede ser muy alta, es mas, generalmente se da que

los procesos manuales, sin consumo eléctrico ni de equipos, son los mas caros si los tomamos relativos al rendimiento de la actividad, con esto vemos que existe otra forma de optimizar los costos operativos utilizando en el análisis desde este punto de vista, para lo cual se usaran factores relativos como:

De rendimiento (Kg/Hr)

De consumo relativo al rendimiento de la actividad
(Kw-Hr/Kg)

De costo relativo al rendimiento de la actividad (sucres/Kg)

Para analizar los costos por actividad de los procesos de recuperación indicados en el capítulo anterior, se toma en cuenta el costo por mano de obra directa (MOD), el consumo eléctrico (CE), un costo adicional por mantenimiento que depende del equipo en lo que toca a partes y considero en el 20 % para el caso del costo en motores eléctricos, además de otros costos directos que se requieran para las operaciones en particular; dándose el resultado relativo al rendimiento de la actividad (REN), a continuación se presenta el costeo por actividad del proceso de recuperación:

Clasificación general de los desperdicios acumulados, reclasificación por fórmulas y recodificación previa al reciclado, su costo relativo es:

MOD = 1 (1825,62 sucres/Hr)

REN = 150 (Kg/Hr)

CE = 0

C = 12 sucres/Kg.

Esto significa que en la clasificación general, usando una persona las 12 horas del día, clasifica a razón de 150 Kg/Hr, sin costo por energía eléctrica, dando como valor relativo el de 12 sucres por cada Kg. que se procesa en esta actividad.

Reclasificar por estado del material, reclasificar por tipo o color del material, su costo relativo es:

$$\begin{aligned} \text{MOD} &= 1 \text{ (1825,62 sucres/Hr)} \\ \text{REN} &= 75 \text{ (Kg/Hr)} \\ \text{CE} &= 0 & \text{C} &= 24 \text{ sucres/Kg.} \end{aligned}$$

Reclasificar por el tamaño del material, su costo es:

$$\begin{aligned} \text{MOD} &= 1 \text{ (1825,62 sucres/Kg)} \\ \text{REN} &= 200 \text{ Kg/Hr.} \\ \text{CE} &= 0 & \text{C} &= 9 \text{ sucres/Kg.} \end{aligned}$$

Buscar manualmente partes contaminantes.

$$\begin{aligned} \text{MOD} &= 1 \text{ (1825,62 sucres/Kg)} \\ \text{REN} &= 15 \text{ Kg/Hr.} \\ \text{CE} &= 0 & \text{C} &= 122 \text{ sucres/Kg.} \end{aligned}$$

Lavado con detergentes.

$$\begin{aligned} \text{MOD} &= 1 \text{ (1825,62 sucres/Kg)} \\ \text{REN} &= 40 \text{ Kg/Hr.} \end{aligned}$$

$$CE = 0$$

$$C(\text{agua+detergente})^{(1)} = 2000 \text{ sucres/turno}$$

$$C = 50 \text{ sucres/Kg.}$$

Sierra de corte.

$$MOD = 1 \text{ (1825,62 sucres/Kg)}$$

$$REN = 15 \text{ Kg/Hr.}$$

$$CE = 4 \text{ Kw-Hr}$$

$$C = 195 \text{ sucres/Kg.}$$

Molienda.

$$MOD = 1 \text{ (1825,62 sucres/Kg)}$$

$$REN = 150 \text{ Kg/Hr.}$$

$$CE = 50 \text{ Kw-Hr}^{(2)}$$

$$C(\text{afilado de cuchillas}) = 10 \text{ sucres-Kg.}$$

$$C = 115 \text{ sucres/Kg.}$$

Molino con corte tipo TIJERA

$$MOD = 1 \text{ (1825,62 sucres/Kg)}$$

$$REN = 195 \text{ Kg/Hr}$$

$$CE = 50 \text{ Kw-Hr}$$

$$C = 68 \text{ Sucres/Kg}$$

-
- ¹ Corresponde al costo de agua mas detergente en un turno de trabajo.
 - ² Se considera un promedio de carga de 130 amp. para el motor principal del molino.

Zarandeo manual y extracción de metales con imán.

MOD = 1 (1825,62 sucres/Kg)

REN = 75 Kg/Hr.

CE = 0

C = 25 sucres/Kg.

Venteo.

MOD = 2 (3651,24 sucres/Kg)

REN = 125 Kg/Hr.

CE = 8.5 Kw-Hr

C = 48 sucres/Kg.

Extrusora peletizadora.

MOD = 2 (3651,24 sucres/Kg)

REN = 85 Kg/Hr.

CE = 42 Kw-Hr

C = 180 sucres/Kg.

Zaranda automática.

MOD = 0

REN = 240 Kg./Hr.

CE = 8.5 Kw-Hr

C = 8 sucres/Kg.

Este análisis por actividad nos ayuda en el trabajo de optimización de los costos de proceso de reciclado, y sobre estos también el proyecto presenta propuestas para disminuirlos, como por ejemplo el cambio de tipo de corte del molino, aumentando en un 50 % la productividad del equipo con lo que el costo disminuye en un 30 % mínimo; y el caso de la construcción de una zaranda automática con imanes, la cual

elimina el proceso manual, ahorrando un cuello de botella y disminuyendo aun mas el costo de operación al prescindir de la mano de obra directa; todo esto que fue analizado en el capítulo anterior.

Es de notar que los valores de costos aquí calculados se dan en virtud de un método determinístico, en el cual se calcula bajo vigilancia el rendimiento de cada actividad para asumir un dato lo mas cercano al real, sin embargo es importante el factor humano en el rendimiento real de las actividades, pues de esto depende que aumente o disminuya en gran porcentaje los rendimientos, variando también los costos en gran proporción.

4.2 Diagrama PERT de ejecución.

Para tener una guía de ejecución del proyecto, he preparado el diagrama PERT, donde podemos observar las actividades y sus tiempos, en función del orden operativo de su desarrollo.

Recordando que el proyecto consta de dos fases, la primera en la que se va a recuperar la totalidad del desperdicio acumulado en las bodegas, y la segunda donde se aplicara el sistema de reciclado continuo de desperdicios generados en producción, lo cual se diferencia por el tipo de actividades; en el primer caso tenemos las operaciones indicadas en los diagramas D2 o D3, y en el segundo las observadas en el diagrama D4.

Además están indicados los puntos de control, o decisión, los que deben servir para ajustar los procesos o variar las operaciones, equipos u otros que no resulten como se ha programado. Es

importante ver que una vez iniciado el proceso, tanto de la fase 1 como fase 2, no esta dando tiempos para ejecución de las actividades, ya que el proceso desde ese punto en adelante es continuo, variando solo por alguna decisión en el punto de control de proceso o de reciclado, el macro control tendrá una periodicidad mensual, y el informe general de resultados será anual.

El diagrama PERT del proceso se indica en el índice de diagramas D6, notando que no hay muchas posibilidades de disminuir los tiempos totales, y que los mismos dependen mas que todo de las operaciones en las varias fases del proyecto de preparación y reciclado del material, las cuales se han analizado en la optimización del sistema, numeral 3.5 del capítulo anterior.

4.3 Análisis de resultados.

En el presente proyecto se pueden analizar los resultados parciales que ha dado desde su implementación inicial en Agosto/94 hasta la fecha actual Febrero/95, y los resultados que se prevea va a dar hasta mediados de año y fin de año de 1995, también voy a exponer las variaciones en las operaciones, equipos, procesos y otros, que han sucedido y que han obligado a variar el proyecto inicial en su forma, pero no en el fondo, siempre manteniendo los conceptos y lineamientos expuestos en las políticas y estrategias que sirven de directriz a este trabajo.

Se ha implementado paralelamente las dos fases del proyecto, adelantado más la fase 1 que la 2, sin embargo, tengo hasta hoy



resultados muy importantes en las dos. Se ha logrado en la fase 1 por ejemplo la recuperación completa de aproximadamente 50 Ton de materiales de las bodegas correspondiente a la mayor parte en PVC rígido y flexible, lo que se proceso bajo los procesos indicados en el diagrama D2, como rutas 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, y 9, encontrándose listos para reciclarse unas 10 Ton de polietileno de baja densidad, procesados bajo la ruta 8 del mismo diagrama.

En referencia a la cantidad, la implementación en seis meses completos, ha logrado la recuperación de mas del 50 % del total de scrap acumulado, básicamente en el producto de PVC flexible para inyección de suelas de zapatos (90% del material recuperado), el otro 10% corresponde a la recuperación en la línea de tubería de PVC y la de manguera de PE. Hay unas 10 Ton. Adicionales, que al terminar su proceso, no han sido recicladas por no haber mucha demanda de estos productos al momento. A pesar de que la mayor parte de materiales recuperados, como vemos, se ha dado en el material de suelas de zapatos, que es el de menor precio referencial al del producto virgen, ha sido el de mayor demanda en este periodo, vendiendo mas de 60 Ton y con posibilidad de cerrar ventas por 25 Ton adicionales en los próximos 60 días, como se ve, el mercado pide esta alternativa mas económica, y como la capacidad de proceso no está diseñada para realizar varias operaciones simultáneas, se ha dado prioridad a este proceso; además es muy importante que estos materiales sean urgentemente recuperados para evitar su acelerada degradación y por ser los materiales mas difíciles de procesar, creo que la priorización de los procesos 2, 3, y 9 es la mas acertada.

En cuanto a la calidad, empezando por el PVC para inyección de suelas de zapatos, producidos con un 73 % aproximado de materiales de desperdicio, recogidos de lo acumulado en bodegas, son mezclas de todo tipo de PVC recuperable, rígidos, semirígidos, flexibles, polvos, entre otros; los que se encontraban en mal estado, con problemas de degradación, contaminación, mezclas no conocidas, formulaciones con fallas, entre otros problemas menores; se ha logrado una calidad razonablemente buena, considerando lo anterior, para poder procesar este producto de inyección obteniendo un buen acabado superficial, es importante que en la operación de máquina se tome las siguientes precauciones:

1. Los moldes deben estar arenados³ en las áreas lisas de los costados, en especial en los tacos, y no deben tener mucho desgaste en los bordes de las cavidades, con esto se evita el arranque de rebabas por las siguientes razones, primero; como estos materiales son mezclas de todo color y durezas, no es raro que al arrancar el material de rebabas se observe puntos de color distinto, que al ajustar bien el tiempo de inyección van a desaparecer, a menos que los moldes estén muy gastados; segundo, las rebabas del proceso no podrán ser nuevamente recicladas con facilidad, por tratarse de

³ El arenado de moldes es una práctica común en la industria de inyección de calzado, es útil para disminuir o disimular cualquier mala apariencia que causan las rallas o fallas, cuando los moldes están en mal estado, a veces por efectos especiales que el mercado solicita, este cambio logra quitar el acabado brillante propio del PVC y lo hace ver mate y áspero, apariencia característica de los cauchos sintéticos o el TR.

material muy degradado, por lo tanto debe evitarse el generar mucho desperdicio que sea de difícil recuperación.

2. Las temperaturas de proceso de la inyectora no deben ser muy altas, debiendo ajustárselas al mínimo necesario.
3. Los moldes deben estar en capacidad de ser enfriados internamente con agua helada, y deberá ajustarse el enfriador a su máxima capacidad.
4. El tiempo de permanencia en el molde deberá incrementarse de acuerdo al comportamiento del material, la suela debe ser extraída casi fría del molde para evitar la “hinchazón del taco”⁴.
5. El tiempo de inyección debe ser ajustado correctamente, evitando la generación innecesaria de scrap.

Del control de proceso en la fabricación de este producto tengo muestras testigo, inyectadas en una fábrica de calzado en la ciudad, que como puede observarse son de un estándar de calidad bueno, y un precio adecuado, el cual se ha logrado fijar en un 20% a un 25% por debajo de la materia prima virgen.

En el caso del reciclado de la línea de tubería, se ha recuperado unas 5 Ton. de compuesto, mejorando el rendimiento con las

⁴ La hinchazón del taco es un defecto común del proceso de inyección, es debido al exceso de temperatura en la inyectora o falta de enfriamiento en los moldes por tiempo o temperatura, es más crítico si el material no se encuentra bien estabilizado, o en el caso de la recuperación de desperdicios, cuando estos tienen degradación severa.

operaciones de limpieza y zarandeo aplicadas en el proceso, la molienda que se hacia de granos gruesos, se cambió a granos finos con lo que se ha podido aumentar de un 10 a 15% que era el máximo a reciclar en la extrusora, hasta un 50 y 70% que se ha logrado sin alterar las características del producto, esto depende del tipo de producto que se extruye, pues en materiales en que las características de resistencia a rotura o presión son muy importantes, los porcentajes son bastante menores, pero en otros en que su uso no requiere principalmente un excelente comportamiento en estas características, es posible llegar a los índices de reciclado mencionados; en este caso el precio de venta de este material reciclado es el mismo que la materia prima virgen, como resultado positivo del proyecto tenemos que la mini planta de recuperación permite reciclar en promedio tres veces mas cantidad de scrap que el generado por la misma línea, sin causar el aumento de los índices normales de pérdidas ya establecidos.

En la línea de extrusión de manguera de polietileno se ha dado un resultado muy parecido al de la línea de tubería de uPVC, también se ha logrado un aumento muy significativo de la cantidad de scrap que es posible recuperar en la línea, llegando a fabricar ciertos productos con un 100 % de scrap, y en otros que tradicionalmente no era posible reciclar nada, con el método actual se puede llegar hasta un 20 %.

El problema mas grave que se ha presentado, es la dificultad de limpiar contaminantes del mismo material, pero de densidades mayores, lo que causa que se funda igual en la extrusora pero al enfriarse es mas duro y hace un agujero en la manguera, para

evitar este inconveniente es necesario que la limpieza previa a la molienda se realice a conciencia, esto evitaría el tener que usar otros métodos mas caros y difíciles de separación por densidades. De todas maneras la razón para que no se haya reciclado mayor cantidad de este desperdicio es que no se ha tenido mucha demanda de mangueras agrícolas en estos meses, y en cambio la demanda de otros productos como se indicó anteriormente es mucho mayor y la prioridad cambia de acuerdo al mercado.

Los resultados en lo referente a los equipos rediseñados e implementados para este proyecto, ha sido satisfactorio observar la mejoría en el rendimiento de la producción del molino, por los cambios y la reinstalación de los equipos adicionales como tolva, conexiones de enfriamiento de la cavidad, el amperímetro de control del motor principal y extractor de material molido, el tratamiento sobre las cuchillas en cuanto al afilado periódico y el ajuste de holguras, en cantidades podemos constatar que de 60 a 80 Kg./Hr. que producía el molino al iniciar la implementación, se ha logrado llegar de 160 a 180 Kg./Hr., bajando el requerimiento de mano de obra de este equipo de dos obreros que era, a solo uno que actualmente es suficiente para operarlo.

La construcción o readecuamiento de otros equipos adicionales de la planta de recuperación, como, la zaranda manual, la lavadora de desperdicios, la cortadora de trozos, son elementos que han logrado mejorar la preparación de los desperdicios para lograr un mejor y mas seguro reciclado, aumentando notablemente las cantidades posibles de recuperar en producciones varias, y manteniendo la calidad de los productos

terminados en los mismos estándares e índices de pérdidas que los que se lograban antes de la implementación de este proyecto con cantidades considerablemente menores de scrap reciclado.

Los cambios propuestos adicionales del capítulo tres, numeral 3.4 favorecerán aun mas los resultados obtenidos hasta el momento, toda optimización en cuanto a equipos y procedimientos van dirigidos al aumento del rendimiento de los equipos, a la disminución de la mano de obra directa, y al mejoramiento de las características de la preparación del scrap a ser reciclado, utilizado como factores de comparación en la evaluación de la optimización, el COSTO (sucres/Kg) de material procesado, y los índices de pérdidas usuales por causas no atribuibles a la preparación del desperdicio, y el índice de reciclado, comparados a los obtenidos hasta el momento actual.

En la fase dos de este proyecto, y en las etapas de control mensual ver D6, es importante implementar en los reportes mensuales, los índices de control mencionados, y también el de generación de desperdicios, para lograr establecer el balance, de esta forma el reporte general debe incluir los siguientes parámetros:

| PRODUCCIÓN CONFORME | GENERACIÓN DE DESPERDICIOS | RECUPERACIÓN DE DESPERDICIOS |
|-----------------------|----------------------------|------------------------------|
| (general y por línea) | (general y por línea) | (general y por línea) |
| (Kg.- Mt) | (Kg) | (Kg) |
| ÍNDICES DE PÉRDIDAS | ÍNDICE DE GENERACIÓN | ÍNDICE DE RECICLADO |

En resumen, se ha logrado con este proyecto el diseñar los métodos adecuados, los procedimientos aplicables y la

optimización del trabajo de recuperación de los desperdicios generados en el proceso de producción, en función de la reinstalación, rediseño y mejoramiento del equipo existente, dejando las bases de estudio para su optimización que podrá ser implementada en relación a los requerimientos en cantidad y calidad de la industria objeto de este trabajo, sin embargo, lo mas importante que este proyecto presenta son, las políticas y estrategias en las que se basa todo el trabajo de mejoramiento, la concientización del personal en todas las áreas, para lograr el aprendizaje de los métodos de recolección y manipuleo de los desperdicios, del personal que tiene a cargo el procedimiento de preparación, y del que tiene a cargo el reciclar en el producto final.

Finalmente, después de seis meses de la implementación de este proyecto, considero que los resultados han sido satisfactorios, teniendo presente que se ha realizado un 50 % de la fase uno y se ha empezado en un 5 % la fase dos, puedo estimar que en el transcurso de este año 95, se logrará terminar el total del desperdicio acumulado, sin descuidar el tratamiento del desperdicio que se está generando en las presentes y se generará en las futuras producciones.

Capítulo V

ANÁLISIS ECONÓMICO

Para iniciar con el análisis económico es necesario plantear la forma como este se va a realizar, recordando el concepto del capítulo cuatro, el proyecto se evaluará por la parte del costo de producción implícito en el desperdicio que se logre recuperar, tomando en cuenta solo los costos directos de mano de obra, consumo energético, algo de costos de mantenimiento del equipo que se usa en los procesos e insumos de ciertas actividades, sin considerar otros costos indirectos que pueden ser absorbidos por las líneas tradicionales, las cuales tienen márgenes de utilidad suficientes para cubrir lo dicho; de esta forma los costos para el análisis económico son básicamente:

- Costos para la implementación del proyecto.
- Costos de las actividades propias del proceso, únicamente directos.

Para la implementación del proyecto se ha presupuestado los siguientes gastos:

- Fase uno:
 - Tubería plástica de 6" y codo de 90 grados para conexión del sistema de extracción del molino 30.000,00 sucres
 - Tubería y accesorios para la tina de lavado 100.000,00 sucres
 - Afilado de 6 cuchilla movibles y 2 fijas del molino y compra de 30 anillos especiales para la sujeción



| | |
|---|----------------------------|
| de las cuchillas | 300.000,00 sucres |
| - Construcción de dos juegos de cuchillas para la extrusora peletizadora | 200.000,00 sucres |
| - Pintura para los equipos reinstalados, esmalte anticorrosivo y caucho para las paredes. | 50.000,00 sucres |
| - Materiales para la construcción de la zaranda manual | 60.000,00 sucres |
| - El costo de un equipo de mantenimiento propio de tres mecánicos en cinco turnos de 12 horas | 375.000,00 sucres |
| - Rebobinada del motor de la sierra de corte | 150.000,00 sucres |
| Costo total de la implementación fase uno = | <u>1'265.000,00 sucres</u> |

Fase dos:

| | |
|---|----------------------------|
| - Construcción de 6 cuchillas movibles nuevas, rediseñadas con el cambio analizado en el capítulo tres, sobre el tipo de corte. | 800.000,00 sucres |
| - Costo de reinstalación de una balanza automática de llenado de material y de la cortadora de manguera. | 200.000,00 sucres |
| - Construcción de una nueva zaranda automática, para usar en la descarga del molino. | 4'000.000,00 sucres |
| Costo total de la fase dos de implementación = | <u>5'000.000,00 sucres</u> |

Tenemos entonces que la fase uno con la dos suman seis millones doscientos sesenta y cinco mil sucres (6'265.000,00 sucres), que deberán ser amortizados en 24 meses en que el proyecto se encuentre en terminación y ejecutoria permanente de la fase dos, esto significa que este valor lo debo dividir para la producción que se va a recuperar del total del desperdicio acumulado mas los que genere la planta en estos veinticuatro meses que vienen:

| | |
|--|---------|
| - Material acumulado aprox. | 100 Ton |
| - Generación en los 24 meses | 62 Ton |
| | <hr/> |
| Total de material que pasará por la planta de recuperación = | 162 Ton |

Entonces el costo de implementación será de:

$$6'265.000,00 \text{ sucres} / 162 \text{ Ton} = 38.672,80 \text{ sucres/Ton}$$

costo amortizado de implementación = 40 sucres aprox por Kg.

Este es el costo que se debe adicionar a cada Kg. A procesar hasta después de 24 meses en que la implementación no afecte a la recuperación.

Luego si observamos el diagrama de flujo D3, se puede resumir los costos de las diferentes rutas del procedimiento general como sigue:

| RUTAS | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|----------------|----|-----|-----|----|----|-----|-----|-----|-----|
| Suma de COSTOS | 36 | 314 | 502 | 85 | 95 | 446 | 184 | 349 | 192 |

Sin embargo existe la posibilidad o no de efectuar ciertas actividades que por su costo elevado, su peligro latente o simplemente porque no aportan mayor beneficio al producto final o al proceso de reciclado, en esta forma estas actividades se realizan en forma parcial solamente lo cual se indica en los gráficos anteriores, esto para motivos de cálculos se determina por el porcentaje de utilización de la actividad o, en otras palabras, cuanto porcentaje del material necesita de una determinada actividad, vemos que el cuadro anterior varia significativamente y los resultado los detallo a continuación:

| RUTAS | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|------------|----|-----|-----|----|----|-----|----|-----|-----|
| COSTOS | | | | | | | | | |
| PONDERADOS | 36 | 204 | 326 | 85 | 95 | 260 | 86 | 229 | 192 |

Esto es muy útil al momento de decidir en operación, conocer el costo por actividad, ya sea con un cuadro de control, letreros al lado de los equipos u otro método que nos de a conocer el valor que tiene esa actividad específica, con eso se puede clasificar la cantidad justa para procesar en dicha operación, gracias a esta práctica se ha podido rebajar los costos de operaciones como por ejemplo el corte de la sierra, lo cual se aprecia en el cuadro anterior. El siguiente cuadro explica como se encuentra la parte ponderada de la pérdida del costo de producción del desperdicio que se va a reciclar en la fase uno del proyecto:

| RUTAS | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|----------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| C. P. | 36 | 204 | 326 | 85 | 95 | 260 | 86 | 229 | 192 |
| P. P. C. | 150 | 720 | 720 | 240 | 240 | 240 | 200 | 200 | 720 |
| P. C. %Rel | 6 | 30 | 34 | 10 | 13 | 19 | 7 | 11 | 29 |
| F. P. CANTIDAD | 4 | 3 | 22 | 8 | 8 | 6 | 12 | 8 | 29 |
| FRACCIÓN | 0.24 | 0.90 | 7.48 | 0.80 | 1.04 | 1.14 | 0.84 | 0.88 | 8.41 |

PERDIDA PONDERADA = 21.73 %

Donde:

- C.P. significa “costo ponderado” de acuerdo a las operaciones del proceso de reciclado y sus variantes indicadas en los diagramas D2 y D3.

- P.P.C. es la pérdida de precio por la calidad, el material hecho parcial o totalmente con desperdicios, sufre una disminución de su precio en el mercado, esto también es analizado al tomar en cuenta su evaluación final.
- P.C. % Rel. es la fracción de pérdida correspondiente a la suma de los costos de operación mas la baja del precio del producto en el mercado por razones de calidad.
- F.P. CANTIDAD es la fracción de la pérdida en cantidad, sin tomar en cuenta los costos de implementación, los mismos que serán explicados mas adelante.
- FRACCIÓN es la parte ponderada del costo del proceso por cada ruta, calculado en base a los parámetros siguientes: 1.30 us\$ para PVC de inyección o usos varios de plastificado, 1.10 us\$ para el compuesto rígido de tubería, y 1.60 us\$ cada Kg de polietileno, actualmente el cambio está a 2400 sucres por us\$.
- En este caso de la fase uno, debemos también tomar en cuenta el costo de la implementación de 40 sucres/Kg, que sobre el costo ponderado del material de desperdicio da como resultado los siguiente:

$$\text{Precio ponderado} = 1.30(0.04+0.03+0.22+0.29)+1.1(0.08+0.06)+1.6(0.12+0.08)$$

$$\text{Precio ponderado} = 1.22 \text{ us\$ (2928 sucres)}$$

$$\text{inversión para la implementación} = 40 \text{ sucres por Kg. / 2928 sucre por Kg.} = 1,37 \%$$

Con lo cual la pérdida ponderada del costo de producción causado por el desperdicio en la primera fase de implemetación del proyecto es:

23.10 %

Analizando en la misma forma la segunda fase de implementación del proyecto tenemos los siguientes:

| RUTAS | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|----------------|--------|------|------|--------|-------|--------|
| C. P. | 139 | 204 | 36 | 189 | 241 | 189 |
| | (114) | | | (133) | (185) | (133) |
| P. P. C. | 480 | 480 | 150 | 240 | 200 | 200 |
| P. C. % REL | 20 | 22 | 6 | 16 | 11 | 10 |
| | (19) | | | (14) | (10) | (9) |
| F. P. CANTIDAD | 9 | 14 | 6 | 57 | 2 | 12 |
| FRACCIÓN | 1.8 | 3.08 | 0.36 | 9.12 | 0.22 | 1.2 |
| | (1.71) | | | (7.98) | (0.2) | (1.08) |

Los valores en paréntesis son los calculados con el cambio del tipo de corte del molino y con la zaranda automática, de estos valores llegamos al valor ponderado de la pérdida sobre el costo de producción en la segunda fase del proyecto:

Antes de implementar MOLINO Y ZARANDA = 15.78 %

Después de la implementación de los equipos = 14.41 %

Con estos antecedentes y luego del análisis respectivo, puedo concluir lo siguiente:

Como en la segunda fase no pesa el costo inicial de implementación, podemos decir que el procedimiento de

recuperación de desperdicios termoplásticos ha logrado con lo que se ha hecho, recuperar aproximadamente un 85 % del costo implícito en el desperdicio, siendo a mi criterio un buen resultado.

Conclusiones y recomendaciones

En todo el desarrollo de la tesis, he podido aplicar varios conceptos, que han reforzado los procedimientos y métodos, para el logro de los objetivos propuestos en el inicio, la ventaja de haber implementado el proyecto en su totalidad, me ha permitido llegar a las siguientes conclusiones, las cuales pueden servir de guía para cualquier iniciativa de recuperación en casi cualquier industria termoplástica, en terminos generales:

- a) La optimización de un proceso productivo, no es solo el mantener bajos los índices de defectuosos y desperdicio, si no el lograr reciclar la totalidad de lo generado, al mas alto precio de venta.
- b) Es factible el recuperar gran cantidad de material, sin alterar sensiblemente la calidad del producto terminado.
- c) El peor problema que puede tener una empresa es la acumulación de desperdicios.
- d) Todo desperdicio debe ser recuperado en el menor tiempo posible, con las debidas precauciones para que no genere un mayor problema en la producción, y si es posible en la misma línea que lo generó.
- e) En el proceso de recuperación existen actividades que deben evitarse, ya sea por su alto costo, por su rendimiento muy bajo, o por seguridad.

- f) Entre las etapas de recuperación, la clasificación es básica para garantizar la calidad del recuperado, y evitar mayores pérdidas.
- g) La autoclasificación es el método más adecuado para lograr optimizar el proceso de reciclado, porque logra evitar actividades caras y de poco rendimiento como son: corte con sierra, lavado, otras reclasificaciones de menos rendimientos, entre otras.
- h) El corte tipo tijera mejoraría en más de un 30% la productividad del molino, disminuyendo el costo de esa operación.
- i) La combinación perfecta en cuanto al equipo necesario para la implementación de la segunda fase del proyecto es: El corte tijera del molino, y la zaranda automática, con lo que solo una persona sería capaz de reprocesar más de 200 Kg/hora, con total garantía de limpieza del molido.
- j) La forma técnica de desarrollar este proyecto, sirvió para recuperar casi un 80% del costo de producción del material de desperdicio acumulado, sin considerar los costos indirectos.
- k) El proceso optimizado propuesto para futuro, logrará recuperar un 85% de ese costo, sin problemas, lo cual es el mejor resultado que puedo presentar a la culminación de la tesis de grado.

Entre las recomendaciones que puedo dejar, una vez finalizado la tesis, es que todavía hay muchos detalles que he dejado sin analizar, en el campo de la recuperación misma, hay métodos y procedimientos que pueden aplicarse en casos específicos con los que

talvez se obtenga mejores resultados que los aplicados, sin embargo en este caso el proyecto ha cumplido los objetivos propuestos, toca a otros estudiantes interesados en incursionar en esta actividad, buscar nuevas alternativas y proponerse otros objetivos mas estrictos, esto en los varios aspectos cubiertos por la presente e incluso analizando otros aspéctos no tocados.}

Finalmente es muy importante para iniciar un proceso de recuperación de desperdicios, revisar los conceptos y convicciones sobre el tema, informarse de trabajos desarrollados en la temática y proponerse firmemente hacerlo, no debe olvidarse nunca que todo lo que se programe en un papel, lo realizaran los obreros o empleados, por lo que en las etapas de entrenamiento, se deberá dar especial importancia a la motivación y concientización del personal a cargo de las operaciones como del que produce y puede influir en la generación de los desperdicios y su trato como tal.

INDICES

DIAGRAMA D1

Distribución de desperdicios en las bodegas y espacios en planta (cantidades aproximadas)

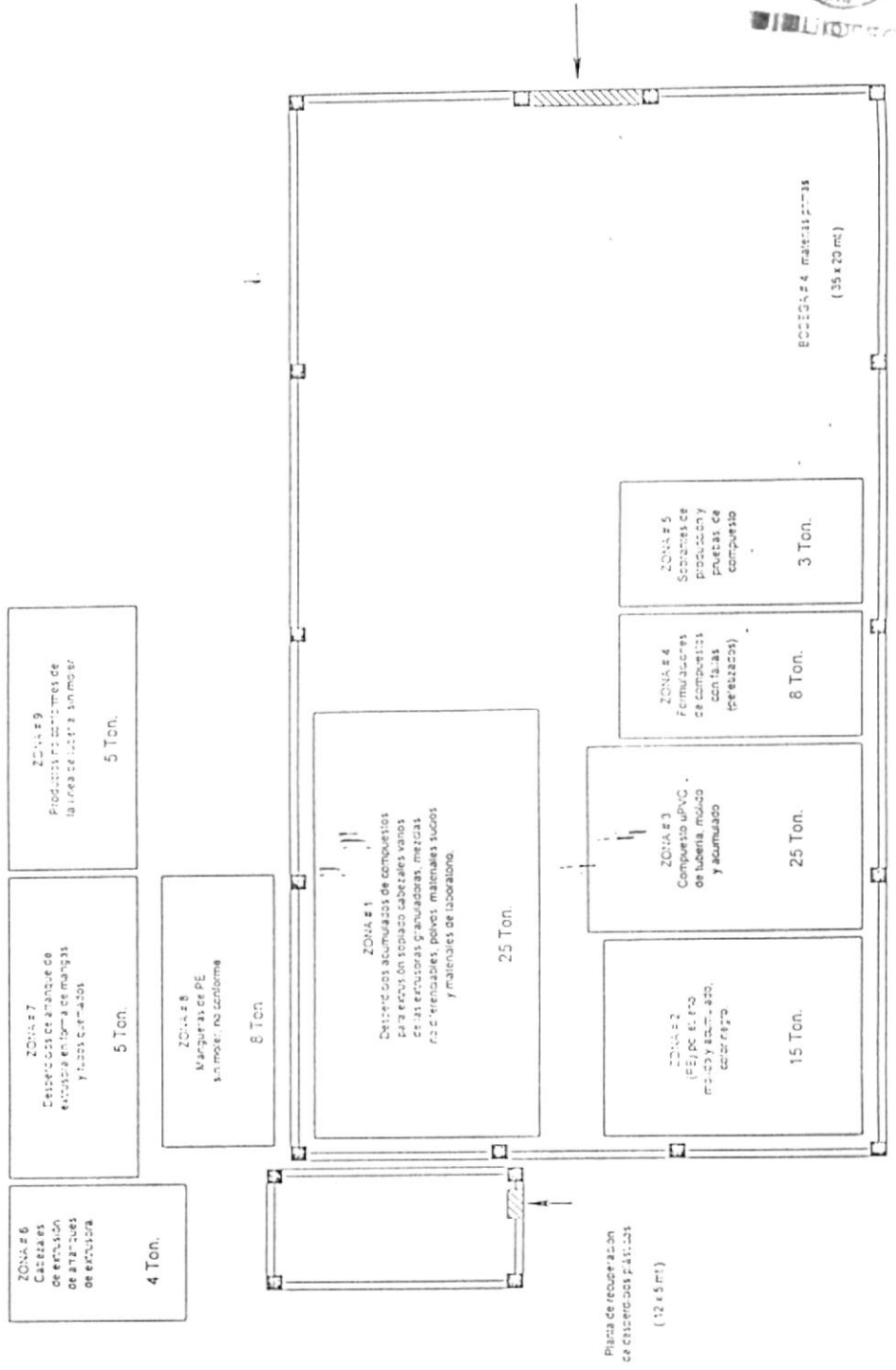
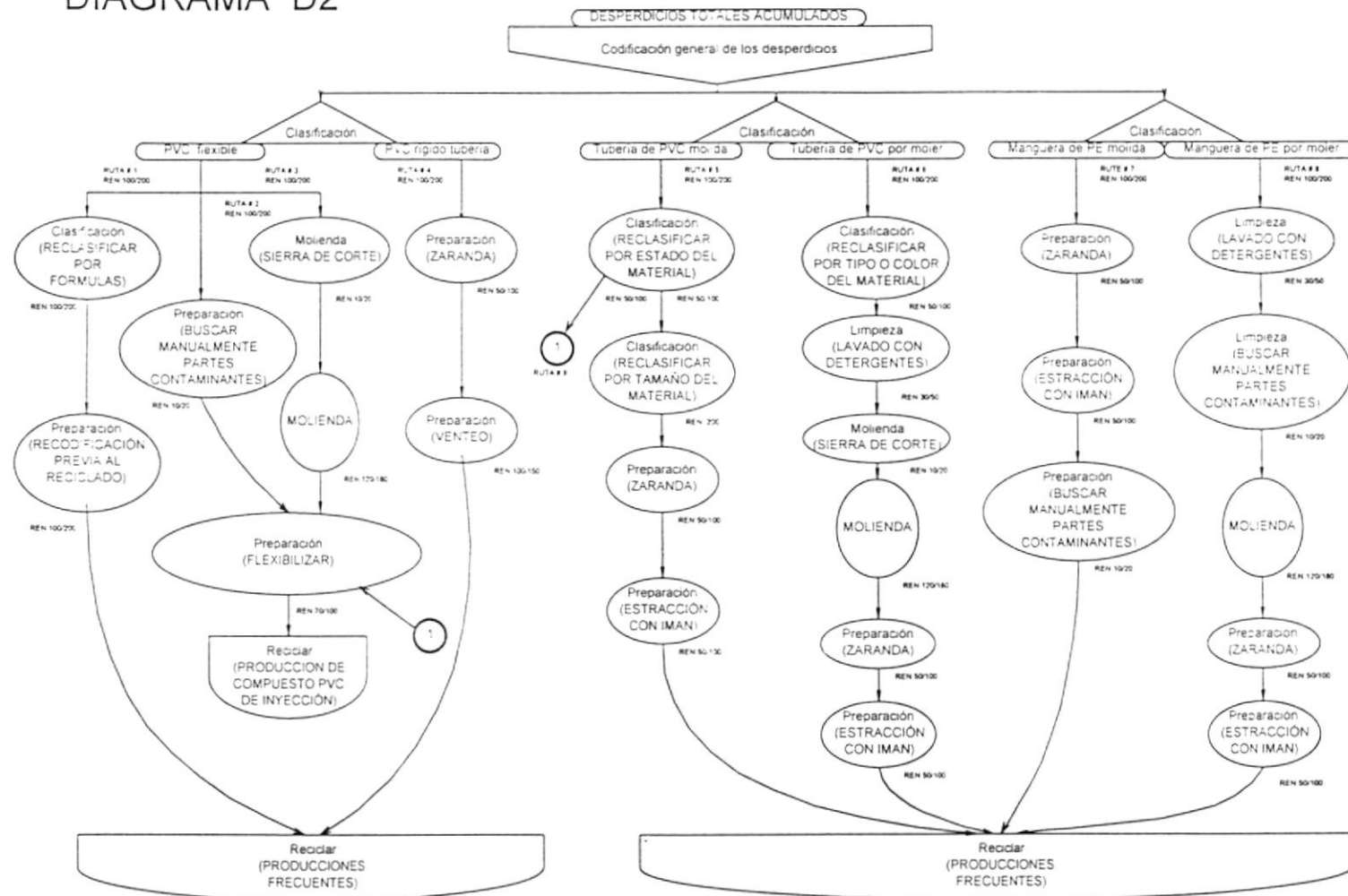


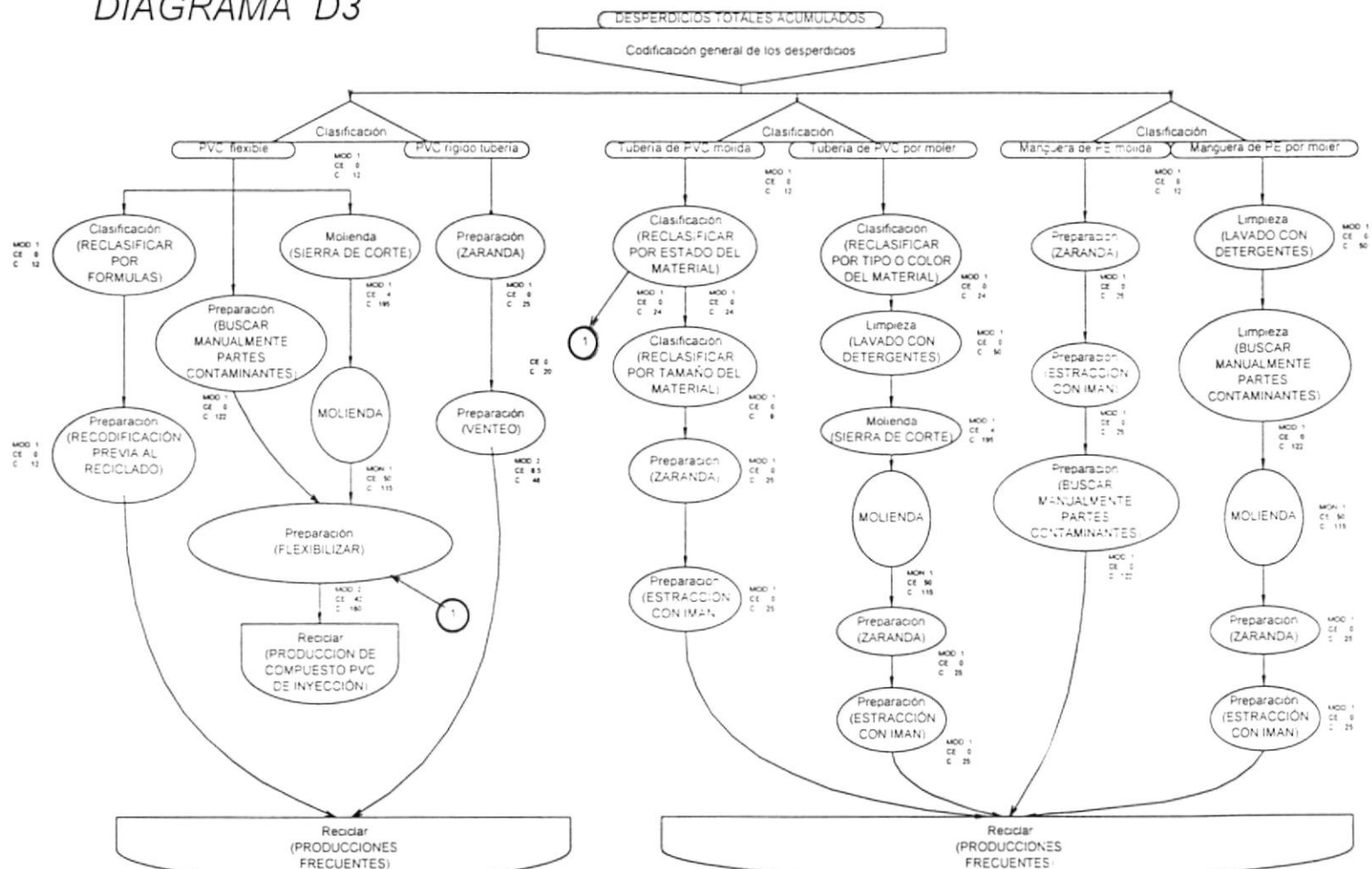
DIAGRAMA D2



REN (Variación máximo/mínimo del rendimiento de la actividad en Kg/Hr)

Análisis del rendimiento de las actividades del proceso de recuperación en PRIMERA FASE DEL PROYECTO

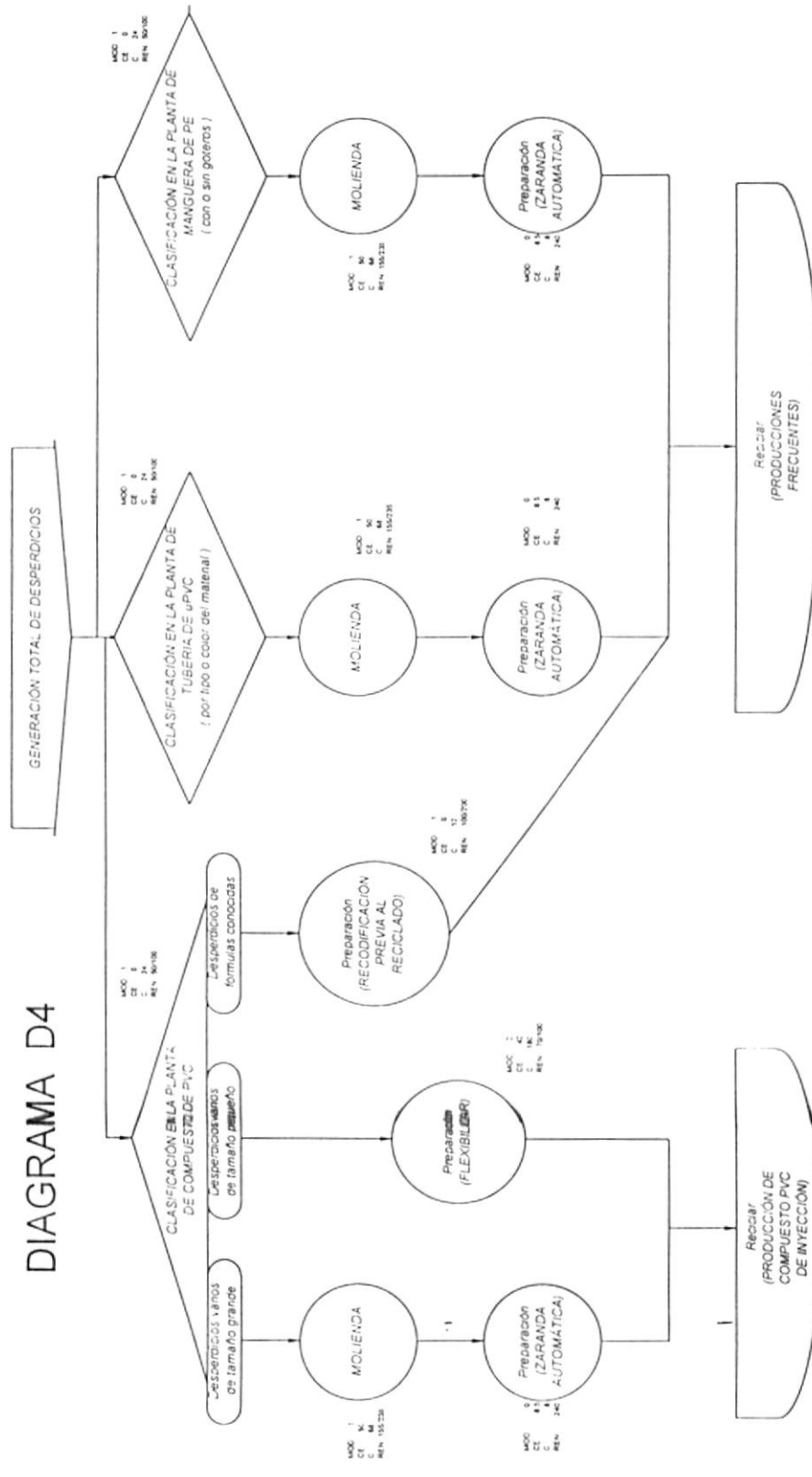
DIAGRAMA D3



MOD (unidades de mano de obra directa)
 CE (consumo de energía eléctrica Kw-Hr)
 C (costo de la actividad sucres/Kg)

Requerimientos de recursos por actividad del proceso de recuperación, PRIMERA FASE DEL PROYECTO

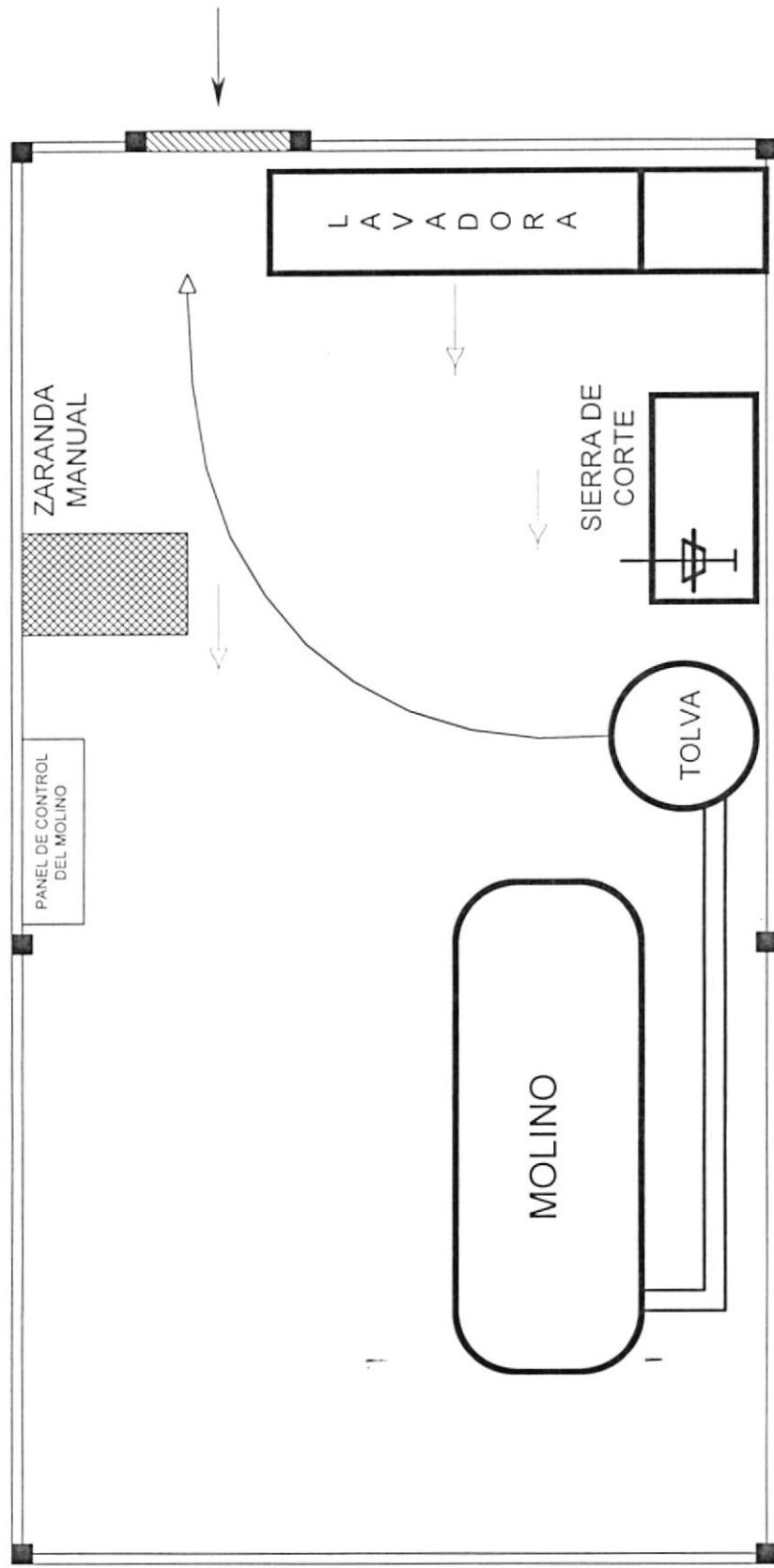
DIAGRAMA D4



MOD (unidades de mano de obra directa)
 CE (Consumo de energía eléctrica Kw/Hr)
 C (Costo de la actividad sucres/Kg)
 REN (Variación máximo/mínimo del rendimiento en Kg./Hr.)

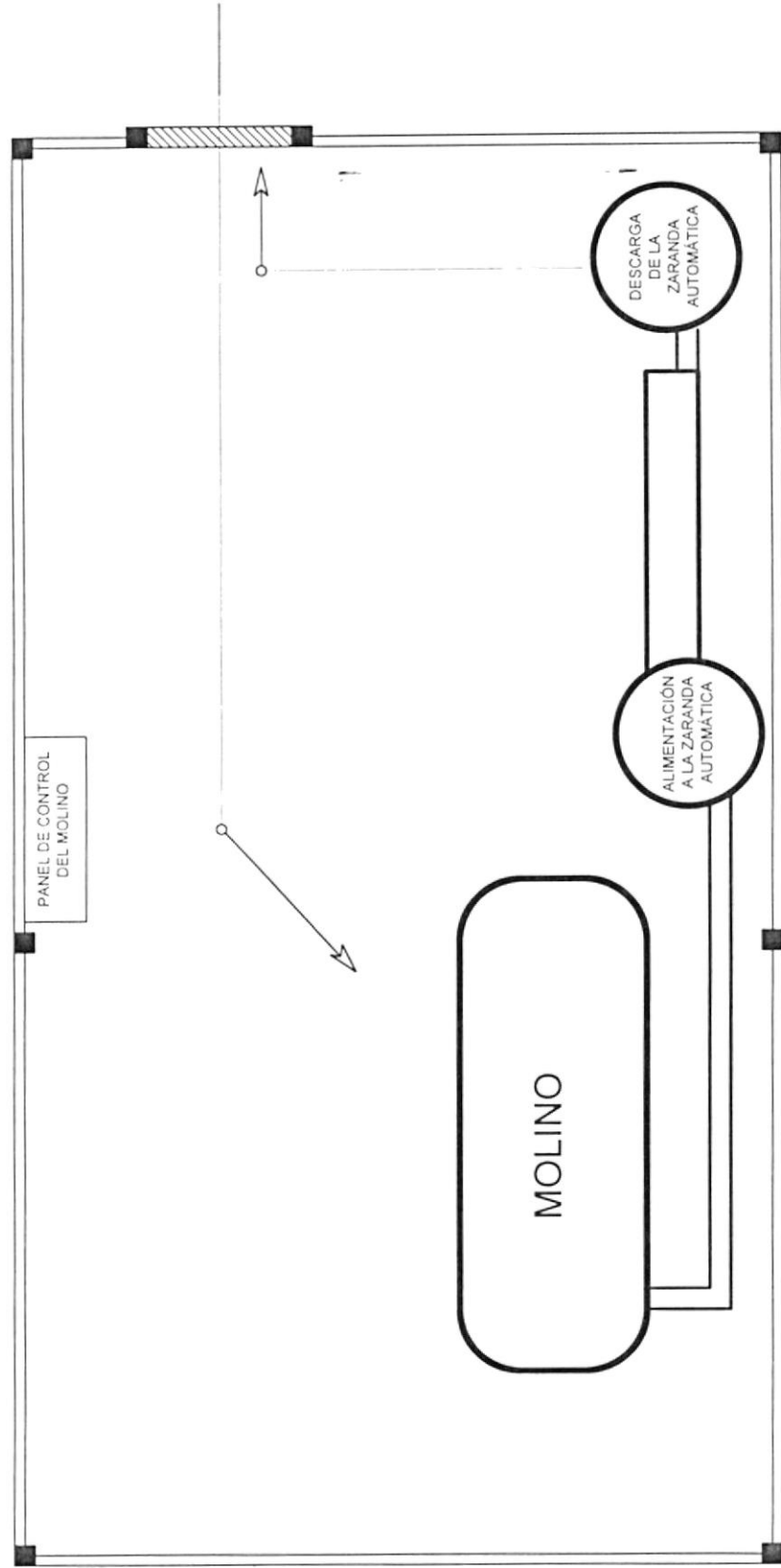
Análisis del RENDIMIENTO y los RECURSOS demandados por las actividades del proceso de recuperación, en la SEGUNDA FASE DE IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO (OPTIMIZACIÓN)

DIAGRAMA D5



PLANT LAY OUT de la micro planta de recuperación (en la PRIMERA FASE DE IMPLEMENTACIÓN)

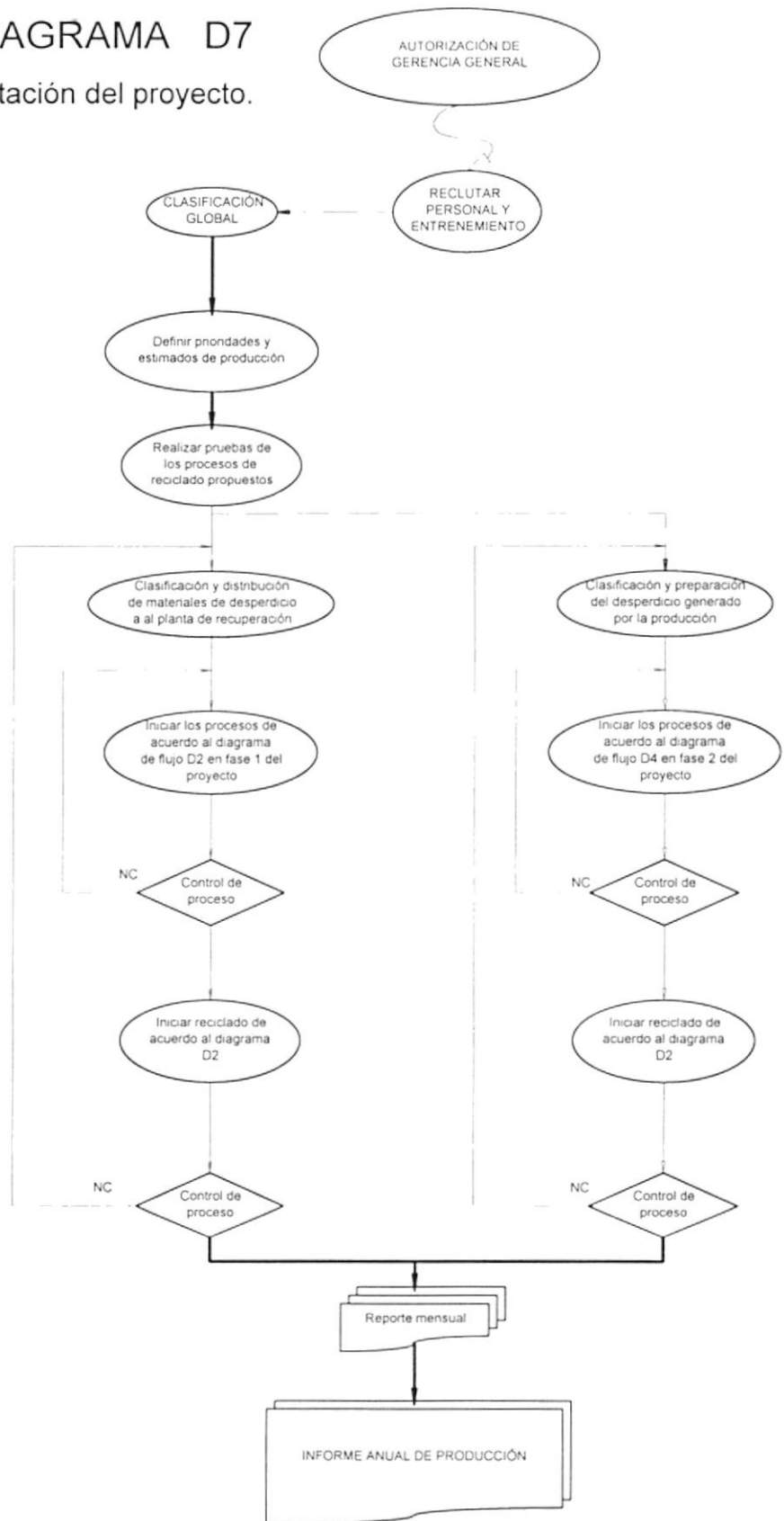
DIAGRAMA D6

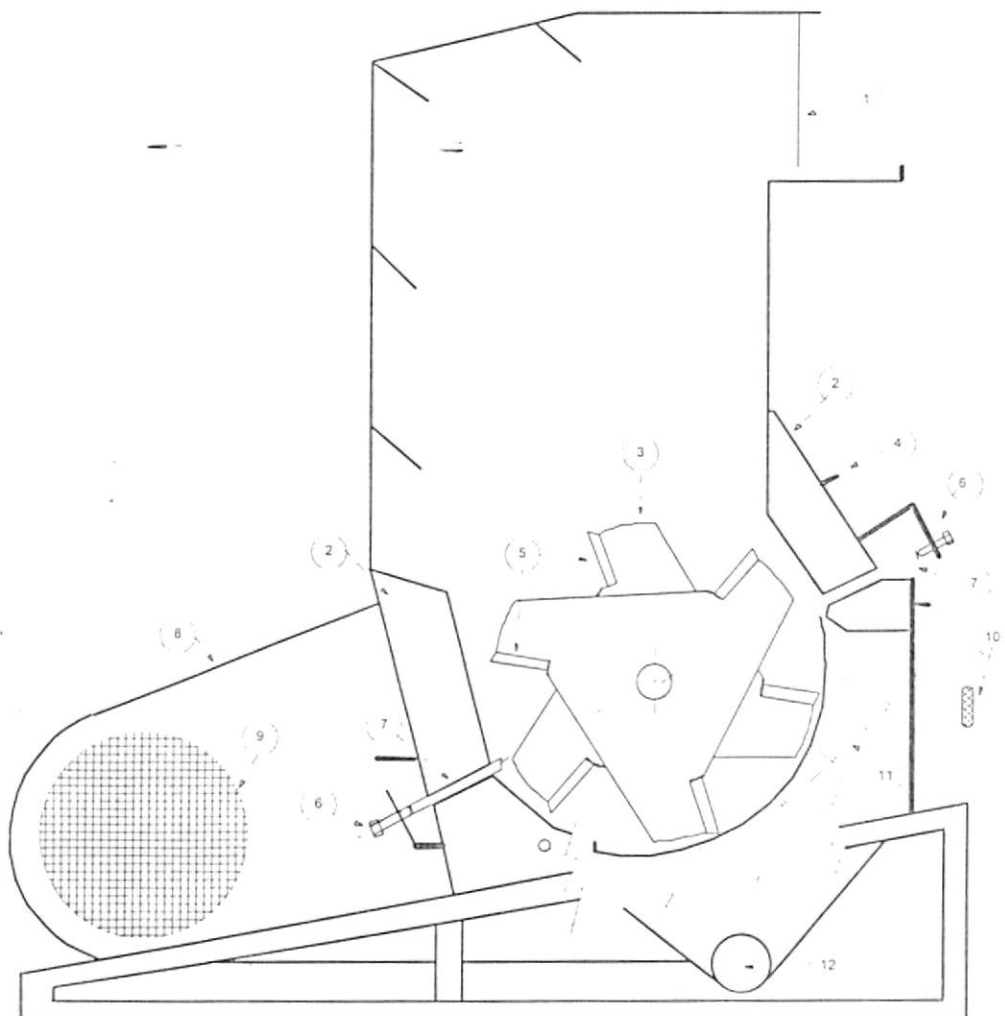


PLANT LAY OUT de la micro planta de recuperación (en la SEGUNDA FASE, OPTIMIZACIÓN)

DIAGRAMA D7

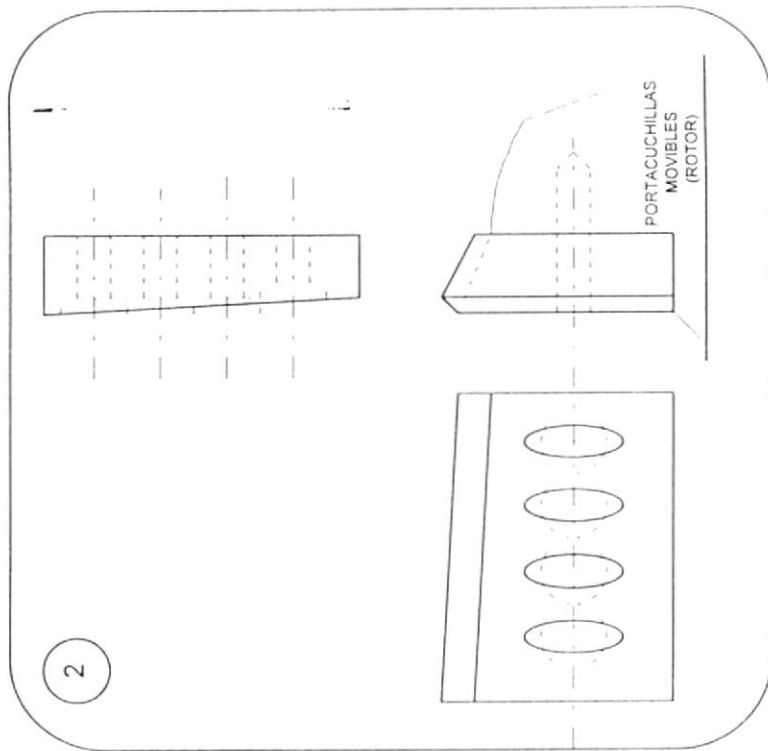
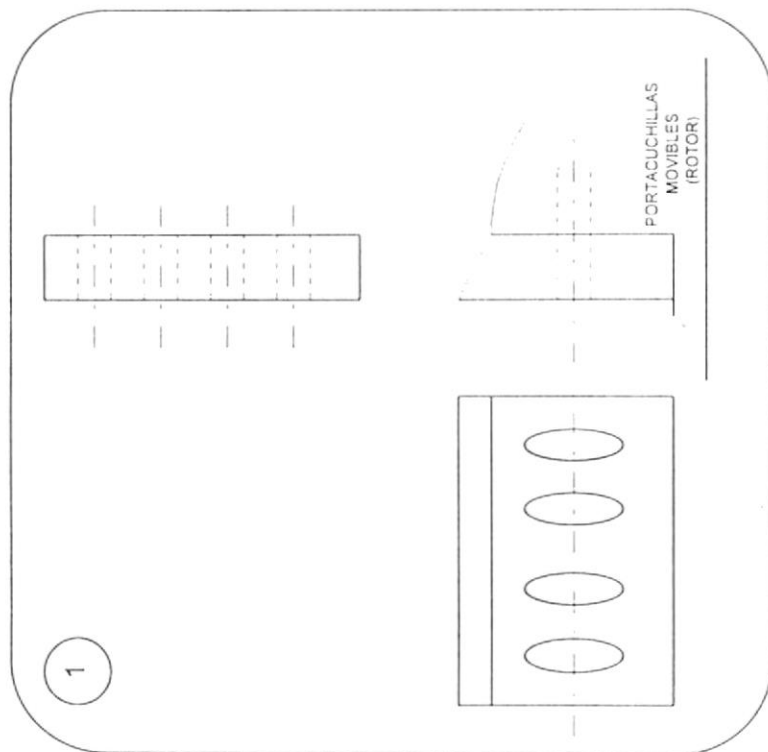
Implementación del proyecto.





ESQUEMA E1 (MOLINO)

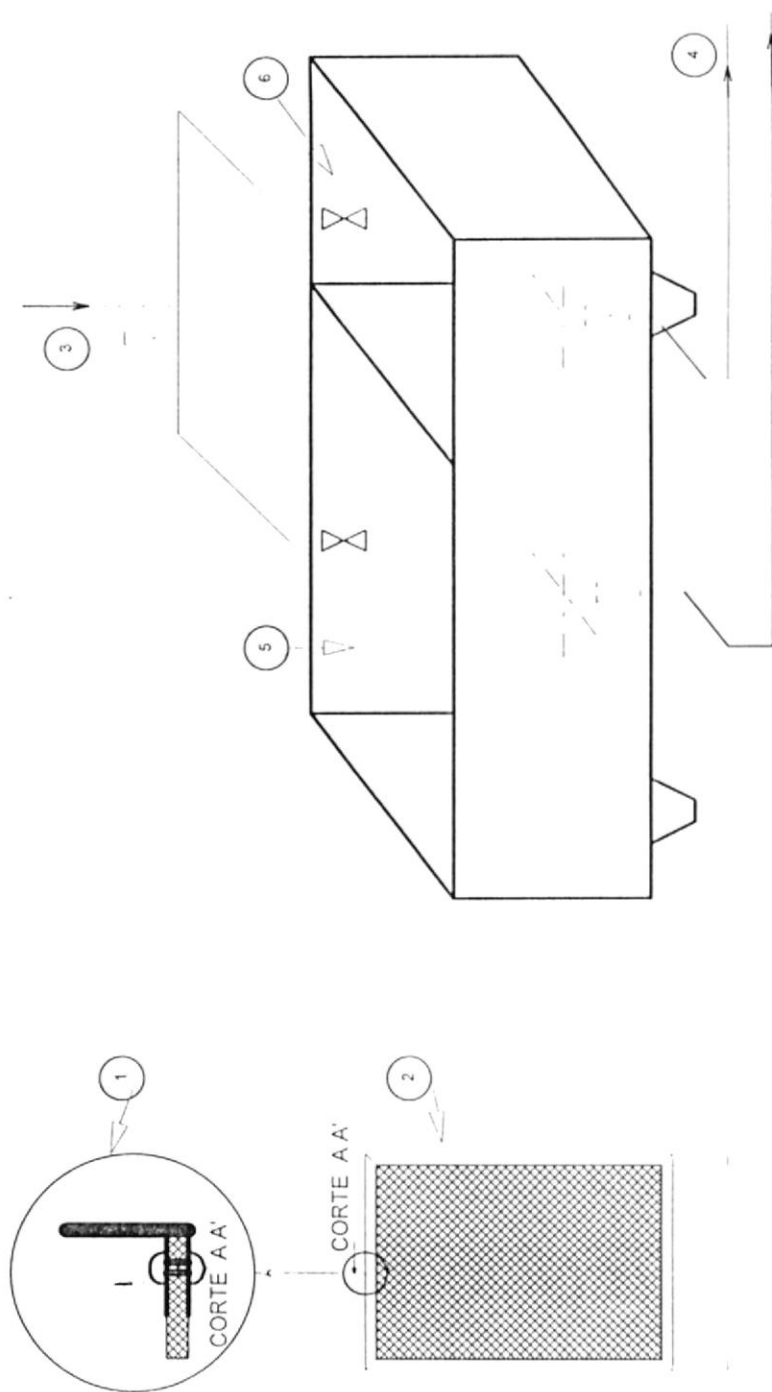
| No | DESCRIPCIÓN DE PARTE | No | DESCRIPCIÓN DE PARTE |
|----|-------------------------|----|----------------------|
| 1 | BOCA DE CARGA | 7 | CUCHILLAS FIJAS |
| 2 | CAMARAS DE ENFRIAMIENTO | 8 | PROTECTOR DE BANDA |
| 3 | ROTOR PORTA CUCHILLAS | 9 | MOTOR PRINCIPAL |
| 4 | CONECTORES DE CAMARAS | 10 | CALIBRACION DE CRIBA |
| 5 | CUCHILLAS MOVIBLES | 11 | PORTA CRIBA |
| 6 | AJUSTE DE CUCHILLAS | 12 | BOCA DE SALIDA |



ESQUEMA E2 (CUCHILLAS DEL MOLINO)

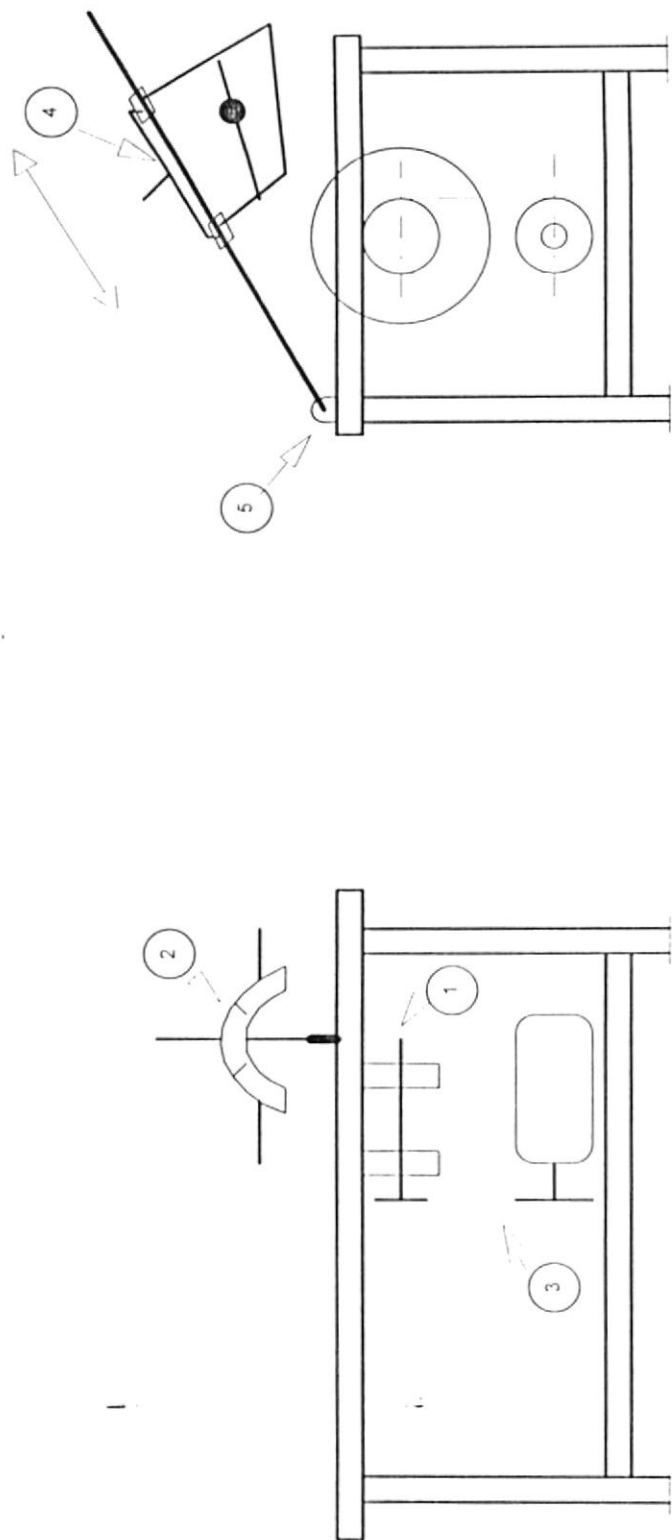
Explicación del rediseño de cuchillas rectas a las de corte tipo tijera, propuestas en el proyecto.

| | | | |
|---|------------------|---|------------------------|
| 1 | CUCHILLAS RECTAS | 2 | CUCHILLAS CORTE TIJERA |
|---|------------------|---|------------------------|



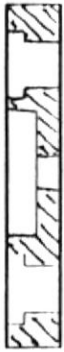
ESQUEMA E3 (ZARANDA MANUAL Y TINA DE LAVADO)

| No. | DESCRIPCIÓN DE PARTE | No. | DESCRIPCIÓN DE PARTE |
|-----|------------------------|-----|----------------------|
| 1 | SUJECIÓN DE MALLA | 4 | DESAGÜES |
| 2 | MALLA No 10 AC.INOX. | 5 | TINA DE ENJUAGE |
| 3 | ABASTECIMIENTO DE AGUA | 6 | TINA PARA DETERGENTE |



ESQUEMA E4 (SIERRA DE CORTE)

| Nº | DESCRIPCIÓN DE PARTE | Nº | DESCRIPCIÓN DE PARTE |
|----|------------------------|----|--------------------------|
| 1 | SIERRA DE DIENTE CORTO | 4 | MOVIMIENTO DEL PROTECTOR |
| 2 | PROTECTOR DE CORTE | 5 | PIVOTE DE APOLLO |
| 3 | SISTEMA MOTRIZ | | |



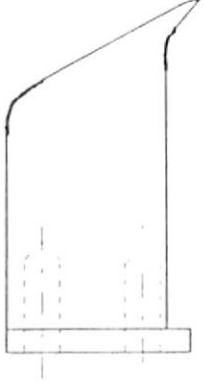
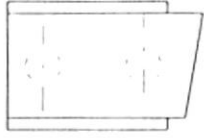
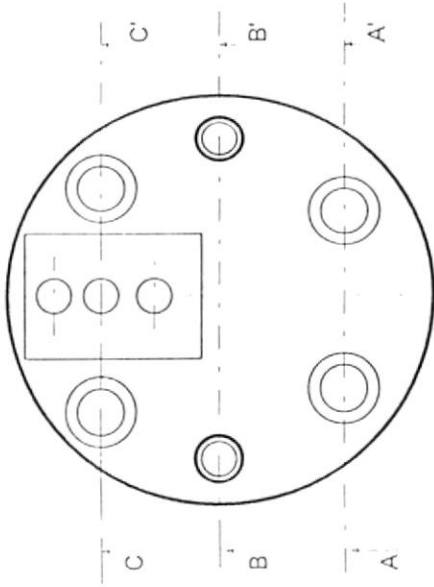
CORTE CC'



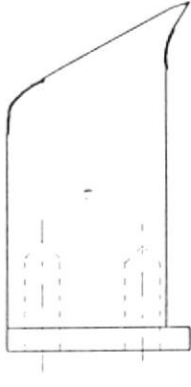
CORTE BB'



CORTE AA'



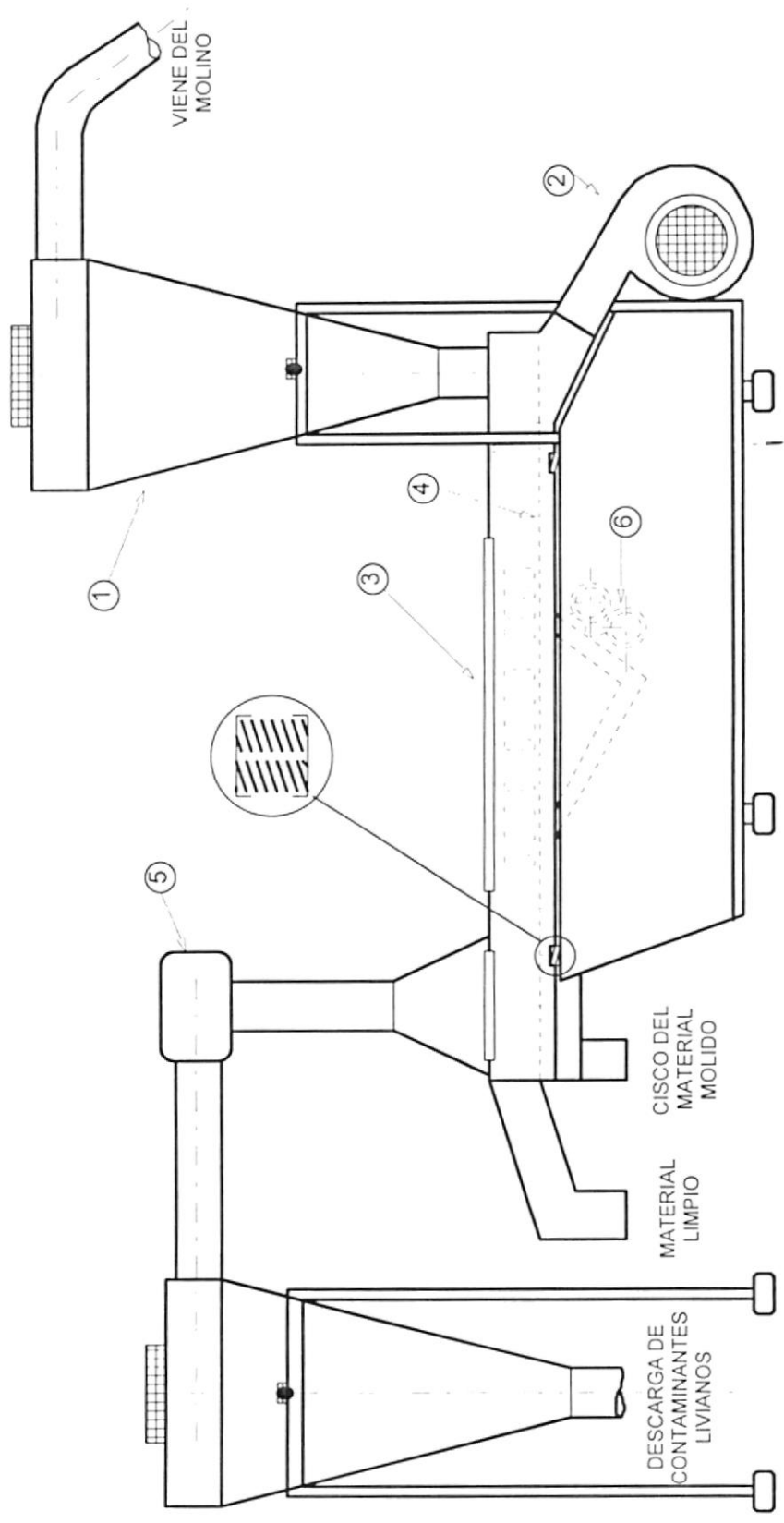
SIMULADOR DE CUCHILLA "CORTE TIPO TIJERA"



SIMULADOR DE CUCHILLA RECTA



ESQUEMA E5
CUCHILLAS PARA SIMULACION DE TIPO DE CORTE
(PERCUTOR TINIUS OLSEN)
Laboratorio de solidos, facultad de ingeniería mecánica ESPOL



ESQUEMA E6 (ZARANDA AUTOMÁTICA)

| No. | DESCRIPCIÓN DE PARTE | No. | DESCRIPCIÓN DE PARTE |
|-----|------------------------|-----|-------------------------|
| 1 | TOLVA DE CARGA | 4 | MALLA # 10 DE AC. INOX. |
| 2 | VENTILADOR DE ARRASTRE | 5 | EXTRACTOR |
| 3 | TAPA DE IMANES | 6 | VIBRADORES |

TABLA T1

TABLA DE RESULTADOS OBTENIDOS EN EL ENSAYO DE IMPACTO CHARPY.

(Estudio comparativo del comportamiento entre distintos materiales termoplásticos)

Péndulo de impacto TINIUS OLSEN.

LABORATORIO DE SÓLIDOS DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA EN MECÁNICA DE LA ESPOL:

Con espesor de probeta aumentando de 5 mm por vez:

| Tamaño de las probetas | | | Peso gr | ENERGÍA ABSORBIDA EN EL IMPACTO | | | |
|------------------------|------------|--------------|------------|---------------------------------|-------|----------|----|
| Largo (mm) | Ancho (mm) | Espesor (mm) | | uPVC | PE ld | PVC flex | |
| 78.0 | 25.0 | 5.0 | 15.7 | 2.5 | | | NR |
| 78.0 | 25.0 | 10.0 | 27.5 | 0.4 | | | R |
| 78.0 | 25.0 | 15.0 | 41.0 | 1.5 | | | R |
| 78.0 | 25.0 | 20.0 | 49.8 | 1.6 | | | R |
| 78.0 | 25.0 | 5.0 | 9.0 | | 1.2 | | NR |
| 78.0 | 25.0 | 10.0 | 18.0 | | 5.5 | | NR |
| 78.0 | 25.0 | 15.0 | 27.1 | | 4.2 | | NR |
| 78.0 | 25.0 | 20.0 | 36.1 | | 6.0 | | NR |
| 78.0 | 25.0 | 5.0 | 11.0 | | | 0.5 | NR |
| 78.0 | 25.0 | 10.0 | 25.8 | | | 0.8 | NR |
| 78.0 | 25.0 | 15.0 | 35.7 | | | 1.5 | NR |
| 78.0 | 25.0 | 20.0 | 47.0 | | | 1.5 | NR |

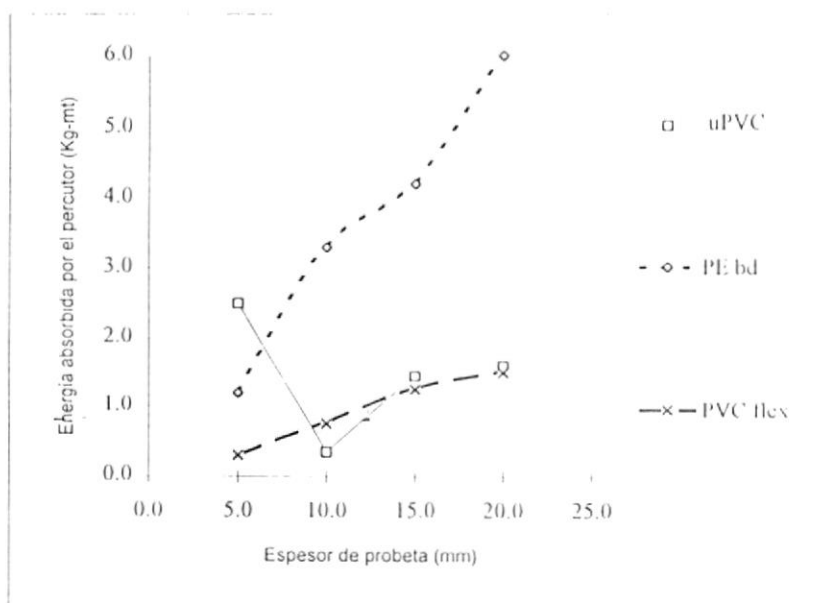


TABLA T2

TABLA DE RESULTADOS OBTENIDOS EN ENSAYO DE RESISTENCIA A CIZALLADURA .-

(Estudio comparativo del comportamiento entre distintos materiales termoplásticos)

Equipo de tensión INSTRON.

LABORATORIO DE SÓLIDOS DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA EN MECÁNICA

DE LA ESPOL:

Con probeta cilíndrica, diámetro de 9 mm y longitud 40 mm

| Tamaño de las probetas | | Volumen (cm ³) | Peso (gr) | Esfuerzo de cizallamiento Kg. | | |
|------------------------|--------------|-------------------------------|--------------|-------------------------------|-------|----------|
| Largo (mm) | Diametro(mm) | | | uPVC | PE bd | PVC flex |
| 40.0 | 8.92 | 2.5 | 3.5 | 455.0 | | |
| 40.0 | 8.86 | 2.5 | 3.5 | 445.0 | | |
| 40.0 | 8.80 | 2.4 | 2.3 | | 108.0 | |
| 40.0 | 8.80 | 2.4 | 2.3 | | 150.0 | |
| 40.0 | 9.00 | 2.5 | 3.1 | | | 78.0 |

| | | | | | |
|--------------------------------|---|--|-------|-------|-------|
| Carga promedio | = | | 450.0 | 114.0 | 78.0 |
| Esfuerzo de cizalladura | = | | 225.0 | 187.4 | 122.6 |

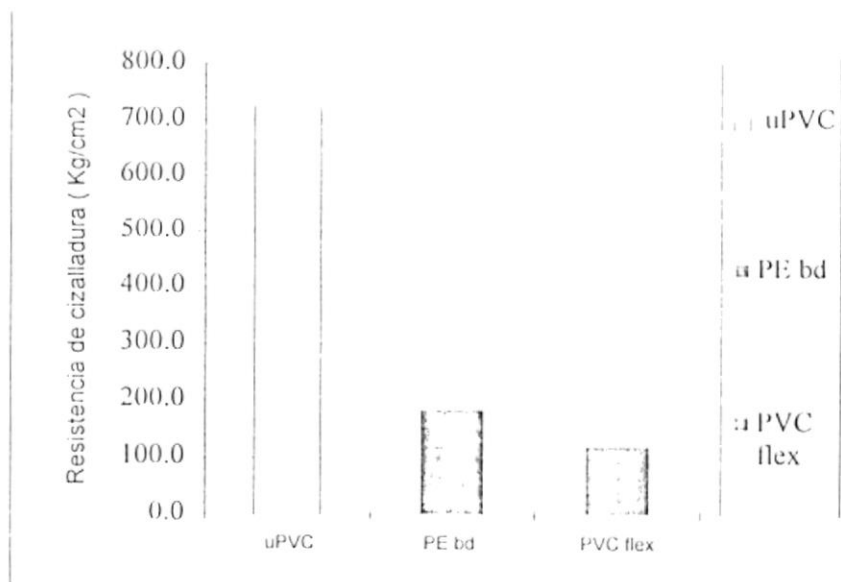


TABLA T3

SIMULACIÓN DEL TIPO DE CORTE DE LAS CUCHILLAS DEL MOLINO

TABLA DE VALORES OBTENIDOS EN EL ENSAYO DE SIMULACIÓN DEL TIPO DE CORTE DEL MOLINO, COMPARACIÓN ENTRE CORTE RECTO Y CORTE TIPO TIJEIRA.

Péndulo de impacto TINIUS OLSEN.

LABORATORIO DE SÓLIDOS DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA EN MECÁNICA DE LA ESPOL.

Con espesor de probeta constante :

| Tamaño de las probetas | | | Peso (gr) | ENERGÍA ABSORBIDA EN LA FRACTURA (kg mt) | | | | | |
|------------------------|------------|-------------|-----------|--|------------|---------------|-----------|------------|---------------|
| Longitud (mm) | Ancho (mm) | Espeor (mm) | | uPVC - cr | PE bd - cr | PVC flex - cr | uPVC - tt | PE bd - tt | PVC flex - tt |
| P100 | 25.2 | 10.6 | 51.5 | 1.5 | | | | | |
| P101 | 25.5 | 10.1 | 22.6 | 1.1 | | | | | |
| P106 | 26.5 | 12.1 | 25.1 | 1.1 | | | | | |
| P107 | 27.3 | 10.1 | 28.5 | 1.1 | | | | | |
| P112 | 25.3 | 10.3 | 12.1 | 1.7 | | | | | |
| P105 | 25.2 | 10.1 | 10.3 | 1.2 | | | | | |
| P125 | 25.1 | 12.6 | 12.5 | 1.7 | | | | | |
| P108 | 25.2 | 12.5 | 12.5 | 1.2 | | | | | |
| P103 | 25.1 | 12.5 | 15.3 | 1.7 | | | | | |
| P104 | 25.1 | 10.1 | 5.6 | 1.1 | | | | | |
| P109 | 25.1 | 10.1 | 5.2 | 1.1 | | | | | |
| P111 | 25.1 | 10.1 | 7.1 | 1.1 | | | | | |
| P113 | 25.1 | 10.6 | 5.1 | 1.1 | | | | | |
| P114 | 25.1 | 10.6 | 28.2 | 1.1 | | | | | |
| P115 | 25.1 | 10.1 | 22.7 | 1.1 | | | | | |
| P116 | 26.2 | 10.1 | 22.5 | 1.1 | | | | | |
| P117 | 24.2 | 10.1 | 21.2 | 1.1 | | | | | |
| P118 | 25.1 | 10.1 | 12.2 | 1.1 | | | | | |
| P119 | 25.1 | 10.6 | 15.2 | 1.1 | | | | | |
| P120 | 25.1 | 10.1 | 10.2 | 1.1 | | | | | |
| P121 | 25.1 | 12.6 | 17.1 | 1.1 | | | | | |
| P122 | 25.1 | 12.5 | 11.1 | 1.1 | | | | | |
| P123 | 25.1 | 12.5 | 11.1 | 1.1 | | | | | |
| P124 | 25.1 | 12.5 | 22.2 | 1.1 | | | | | |
| P125 | 25.1 | 10.1 | 5.6 | 1.1 | | | | | |

PROMEDIOS = 1.1 1.6 1.5 0.4 1.1 1.0

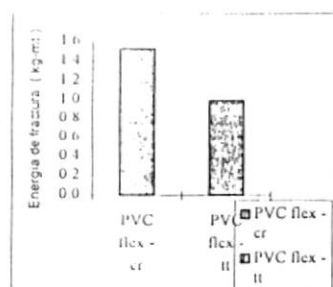
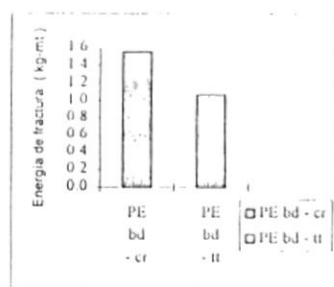
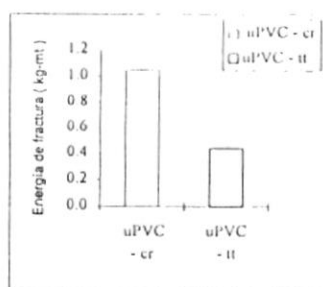


TABLA T4

Simulación del tipo de corte de la molienda (cuchillas rectas contra tipo tijera)

TABLA DE VALORES OBTENIDOS EN EL ENSAYO DE SIMULACIÓN DEL TIPO DE CORTE DEL MOLINO, COMPARACIÓN ENTRE CORTE RECTO Y CORTE TIPO TIJERA.

Péndulo de impacto TINIUS OLSEN.

LABORATORIO DE SÓLIDOS DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA EN MECÁNICA DE LA ESPOL.

Con espesor de probeta variable.

| Tamaño de las probetas | | | | Peso (gr) | ENERGÍA ABSORBIDA EN LA FRACTURA | | | |
|------------------------|------------|--------------|----------------------------|--------------|----------------------------------|------------|------------------------------|------------|
| Largo (mm) | Ancho (mm) | Espesor (mm) | Volumen (cm ³) | | CUCHILLA RECTA (Kg mt) | | CUCHILLA TIPO TIJERA (Kg mt) | |
| | | | | | uPVC - cr | PE bd - cr | uPVC - tt | PE bd - tt |
| 11.0 | 25.0 | 4.0 | 11.2 | 15.1 | 0.7 | | | |
| 11.0 | 25.0 | 4.2 | 12.1 | 2.1 | 1 | | | |
| 11.0 | 25.0 | 0.4 | 23.1 | 7.7 | 1 | | | |
| 11.0 | 25.0 | 4.1 | 11.2 | 15 | | 0.7 | | |
| 11.0 | 25.0 | 1.1 | 15.4 | 15.1 | | 1.5 | | |
| 11.0 | 25.0 | 12.5 | 24.7 | 1.7 | | 2.2 | | |
| 11.0 | 25.0 | 5.0 | 12.7 | 15 | | | 0.5 | |
| 11.0 | 25.0 | 1.5 | 17.5 | 2.1 | | | 0.5 | |
| 8.0 | 25.0 | 11.0 | 25.2 | 52.1 | | | 0.5 | |
| 11.0 | 25.0 | 4.0 | 11 | 15.1 | | | | 0.5 |
| 11.0 | 25.0 | 1.5 | 15.2 | 14.1 | | | | 0.8 |
| 11.0 | 25.0 | 0.1 | 22.8 | 25 | | | | 1.4 |

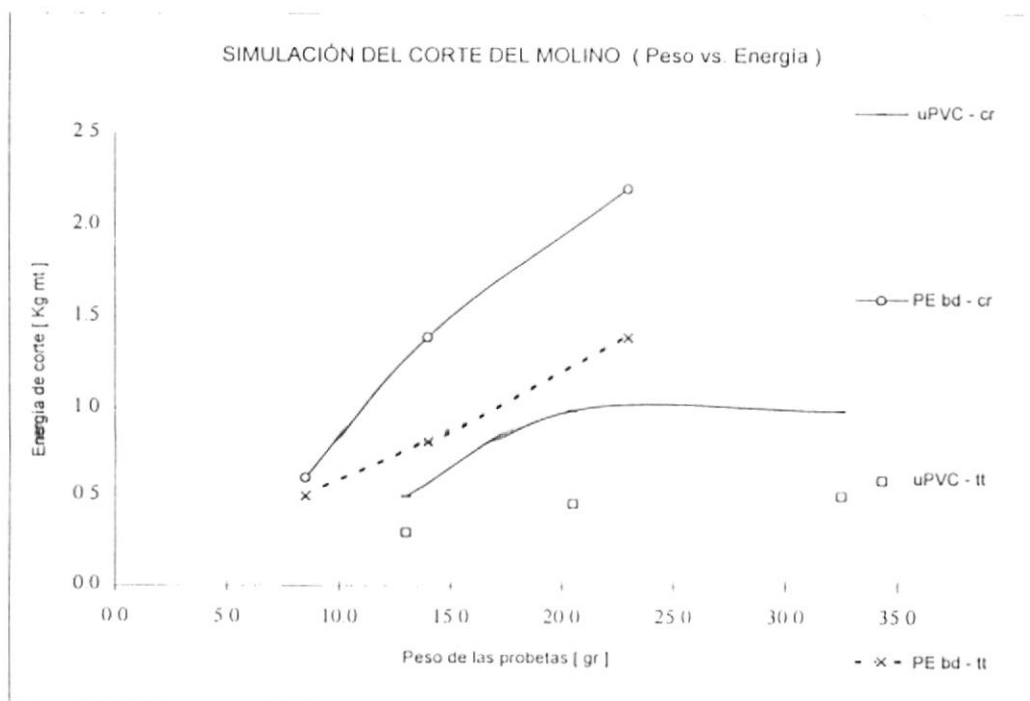


TABLA T5

Análisis de rutas del DIAGRAMA D2 (procedimiento de recuperación en primera fase de implementación)

| No. ruta | REM máx | REM mín. | obstrucciones | | | ACTIVIDAD INVOLUCRADA |
|----------|---------|----------|---------------|----|----|---|
| | | | OL | OM | OB | |
| 1 | 200 | 100 | 0 | 0 | 0 | |
| 2 | 200 | 10 | 1 | 0 | 1 | BUSCAR MANUALMENTE CONTAMINANTES LIMITE DE PRODUCCIÓN DE LA EXTRUSORA |
| 3 | 200 | 10 | 1 | 0 | 1 | LA SIERRA DE CORTE LIMITE DE PRODUCCIÓN DE LA EXTRUSORA |
| 4 | 200 | 50 | 0 | 1 | 0 | ZARANDA MANUAL |
| 5 | 200 | 50 | 0 | 2 | 0 | RECLASIFICACIÓN DEL MATERIAL POR SU ESTADO ZARANDA MANUAL |
| 6 | 200 | 10 | 0 | 3 | 2 | OPERACIÓN DE SIERRA DE CORTE LAVADO CON DETERGENTES RECLASIFICAR POR TIPO O COLOR DEL MATERIAL ZARANDA MANUAL LIMPIEZA CON IMÁN |
| 7 | 200 | 10 | 0 | 2 | 1 | BUSCAR MANUALMENTE CONTAMINANTES OPERACIÓN DE ZARANDA LIMPIEZA CON IMÁN |
| 8 | 200 | 10 | 0 | 2 | 2 | LAVADO CON DETERGENTES BUSCAR MANUALMENTE CONTAMINANTES OPERACIÓN DE ZARANDA LIMPIEZA CON IMÁN |
| 9 | 200 | 50 | 1 | 1 | 0 | RECLASIFICACIÓN POR ESTADO DEL MATERIAL LIMITE DE PRODUCCIÓN DE LA EXTRUSORA |

REN máx = 200
REN mín = 10

Análisis de rutas del DIAGRAMA D4 (proceso de implementación de la SEGUNDA FASE DEL PROYECTO)

| No. ruta | REM máx | REM mín. | OBSTRUCCIÓN | | | ACTIVIDAD INVOLUCRADA |
|----------|---------|----------|-------------|----|----|-------------------------|
| | | | OL | OM | OB | |
| 1 | 240 | 50 | 0 | 1 | 0 | CLASIFICACIÓN EN PLANTA |
| 2 | 100 | 50 | 1 | 0 | 0 | CLASIFICACIÓN EN PLANTA |
| 3 | 200 | 50 | 0 | 1 | 0 | CLASIFICACIÓN EN PLANTA |
| 4 | 240 | 50 | 0 | 1 | 0 | CLASIFICACIÓN EN PLANTA |
| 5 | 240 | 50 | 0 | 1 | 0 | CLASIFICACIÓN EN PLANTA |

REN máx = 240
REN mín = 50

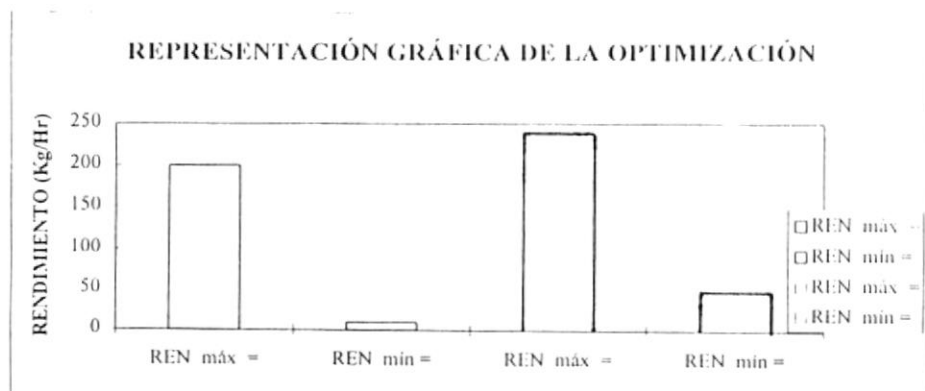
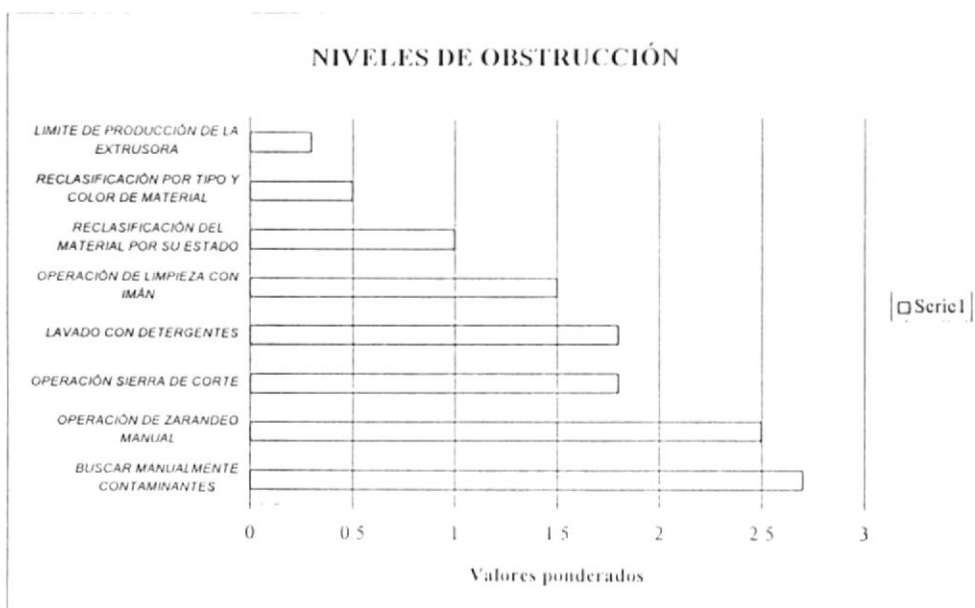


TABLA T6

Análisis de las obstrucciones encontradas en la primera fase del proyecto

| Actividad | Tipo de obstrucción | Frecuencia | Factor de ponderación | Nivel de obstrucción | Orden de prioridad |
|--|---------------------|------------|-----------------------|----------------------|--------------------|
| BUSCAR MANUALMENTE CONTAMINANTES | OB | 3 | 0.9 | 2.7 | 1 |
| OPERACIÓN DE ZARANDEO MANUAL | OM | 5 | 0.5 | 2.5 | 2 |
| OPERACIÓN SIERRA DE CORTE | OB | 2 | 0.9 | 1.8 | 3 |
| LAVADO CON DETERGENTES | OB | 2 | 0.9 | 1.8 | 4 |
| OPERACIÓN DE LIMPIEZA CON IMÁN | OM | 3 | 0.5 | 1.5 | 5 |
| RECLASIFICACIÓN DEL MATERIAL POR SU ESTADO | OM | 2 | 0.5 | 1 | 6 |
| RECLASIFICACIÓN POR TIPO Y COLOR DE MATERIAL | OM | 1 | 0.5 | 0.5 | 7 |
| LIMITE DE PRODUCCIÓN DE LA EXTRUSORA | OL | 3 | 0.1 | 0.3 | 8 |

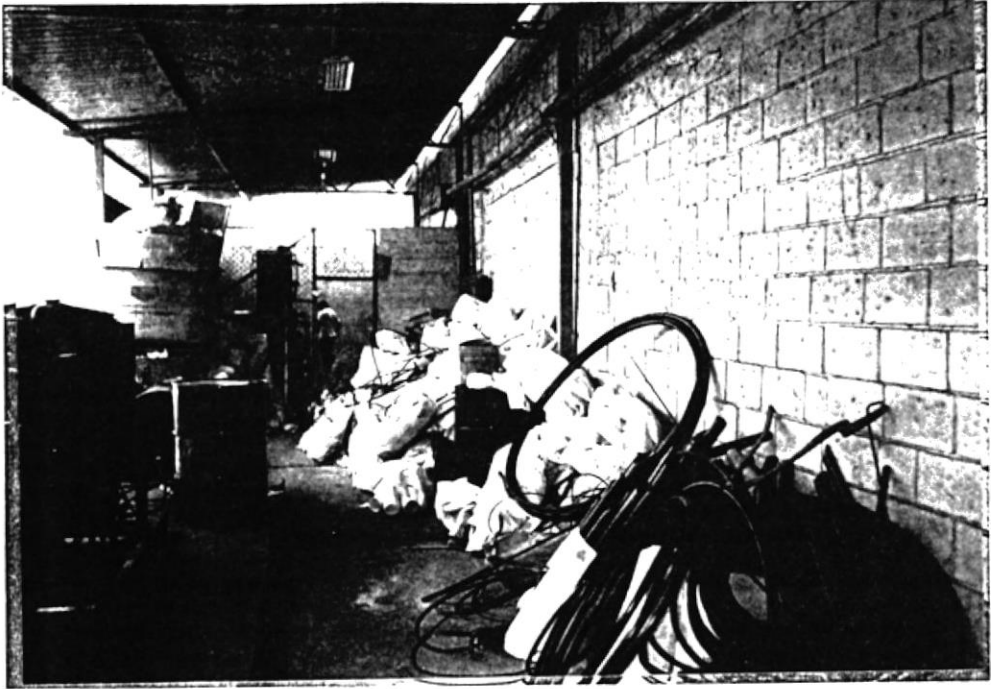




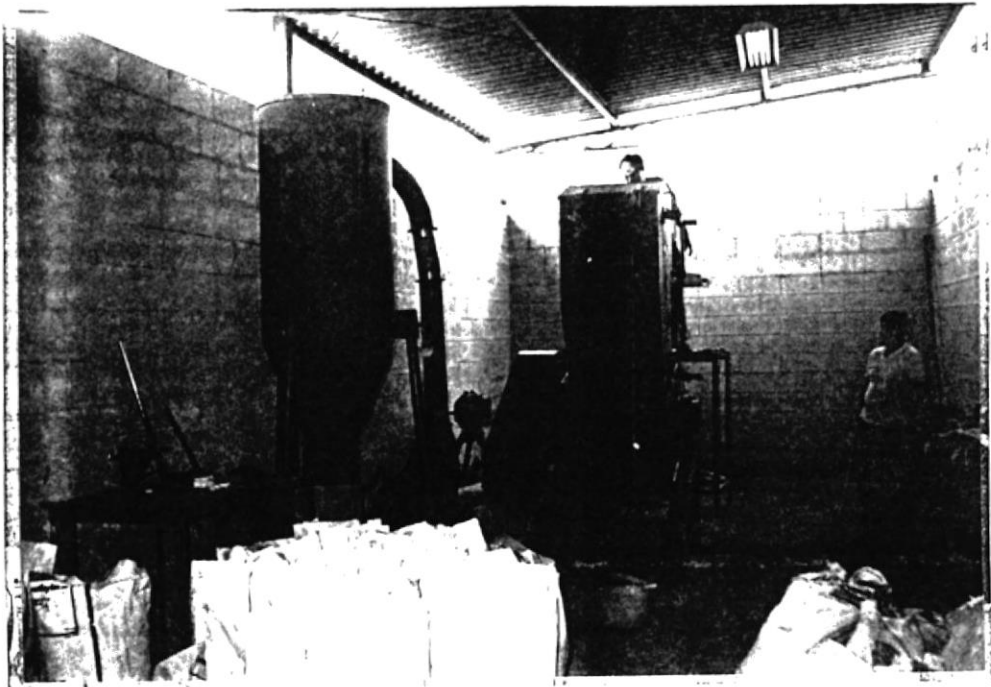
F1



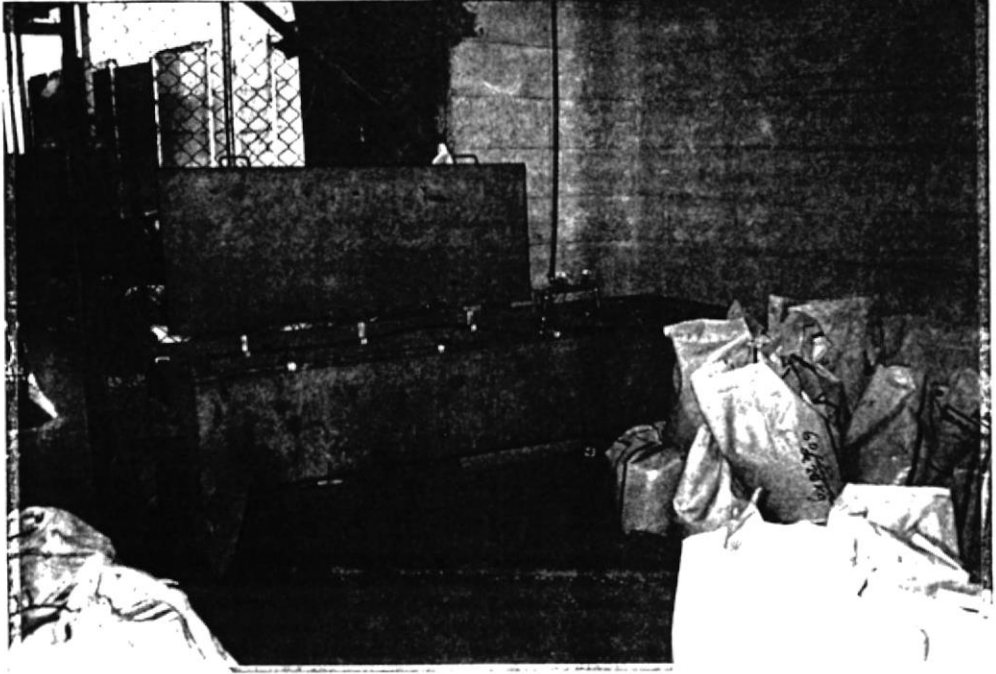
F2



F3



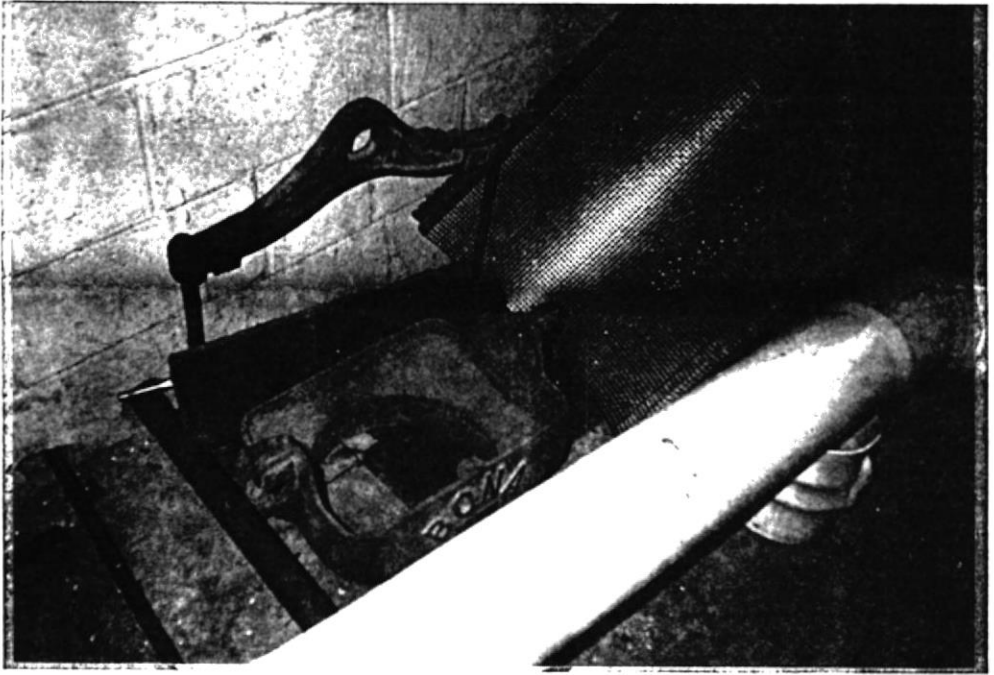
F4



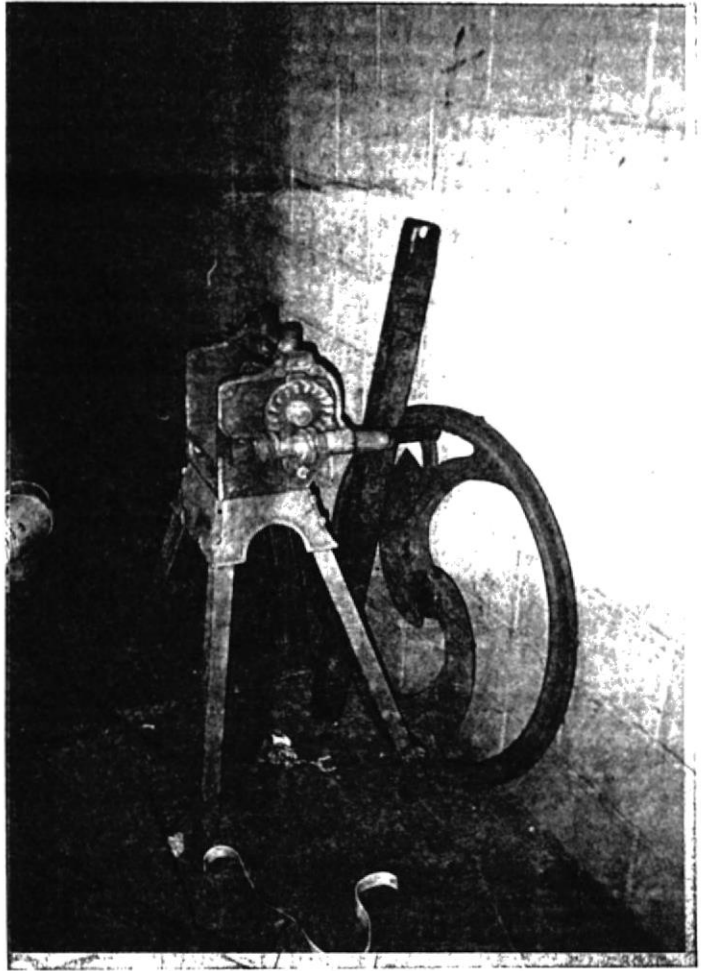
F5



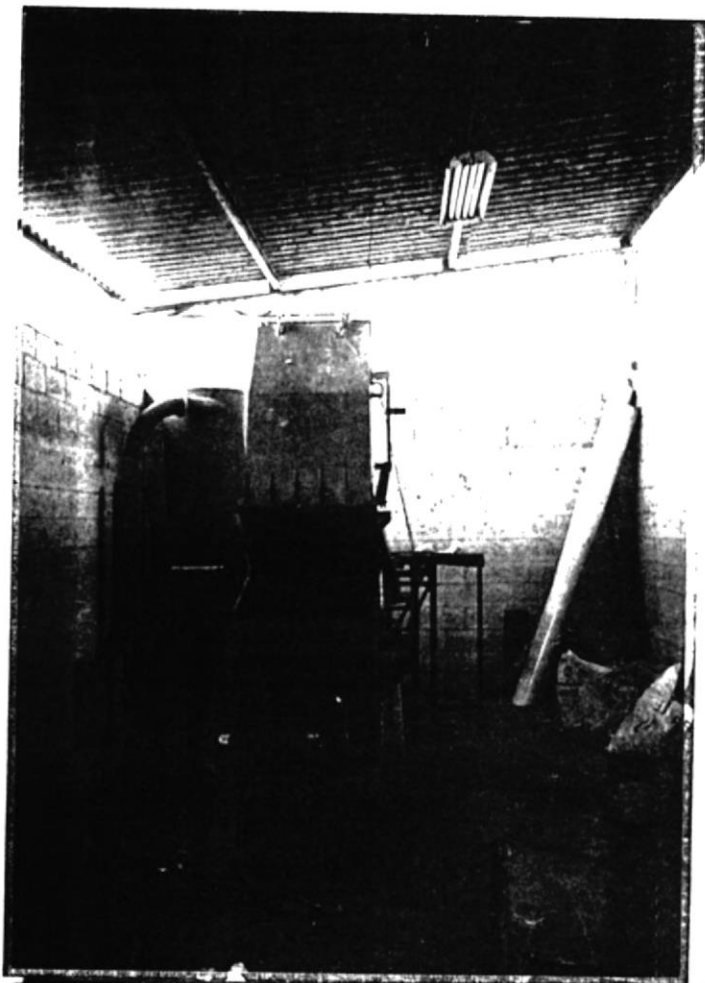
F6



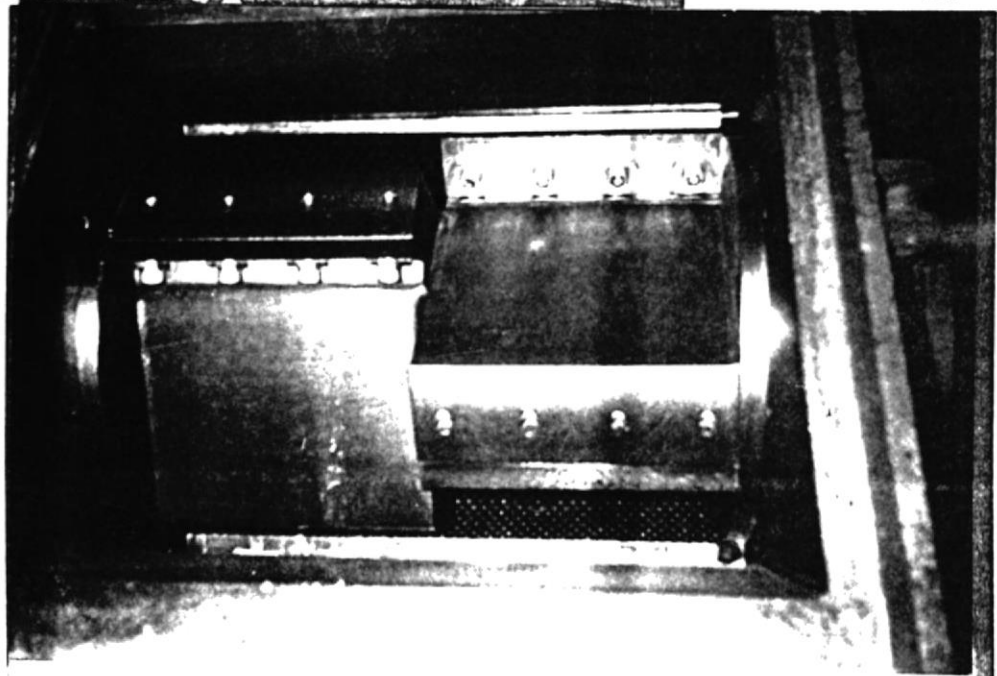
F7



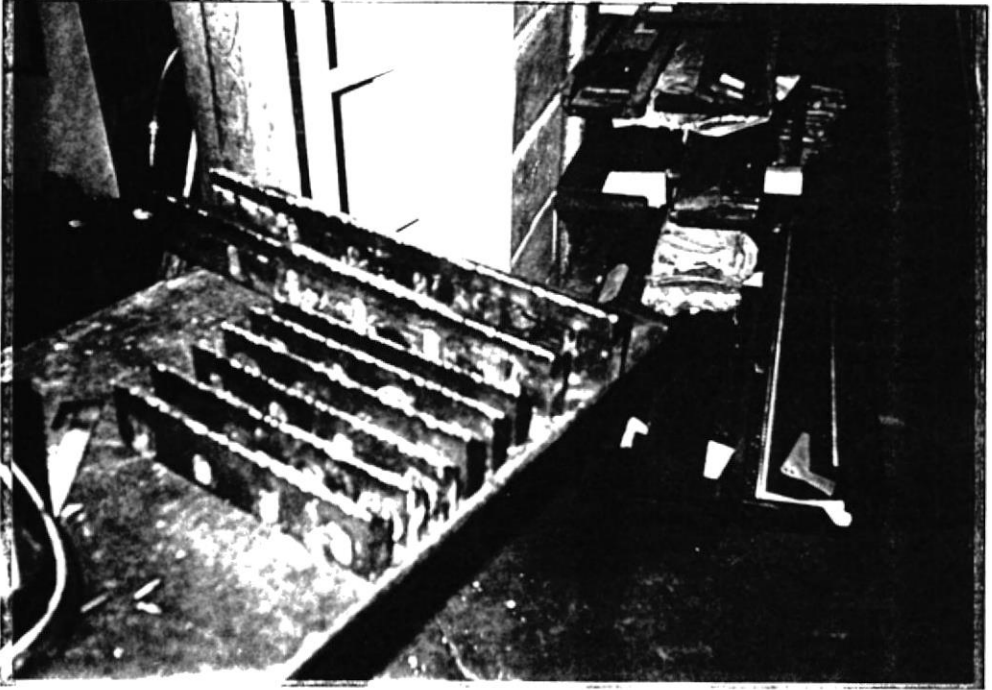
F8



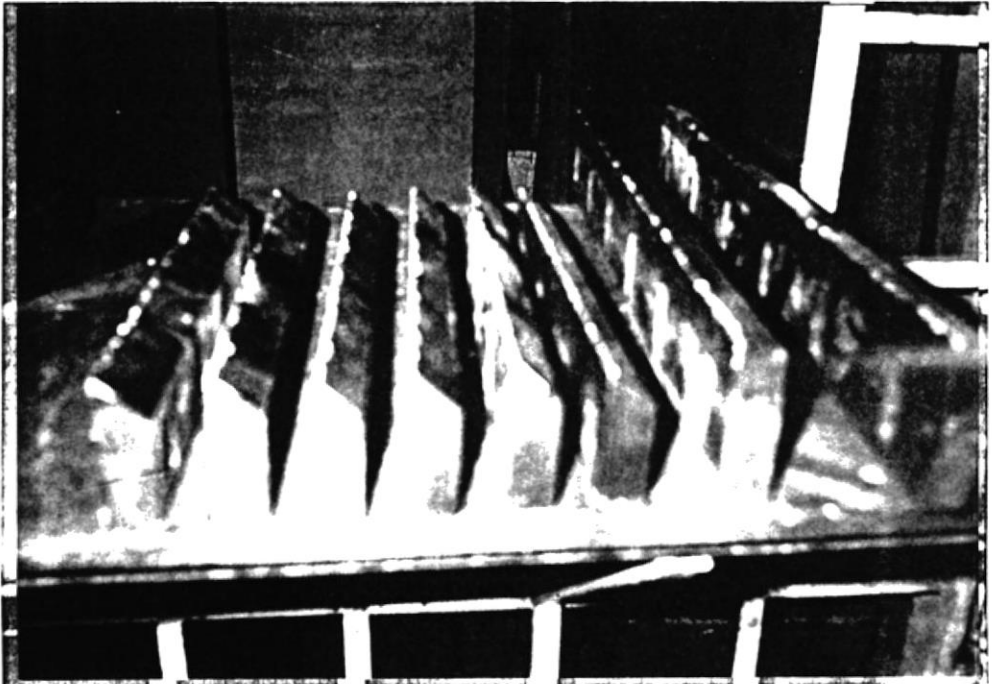
F9



F10



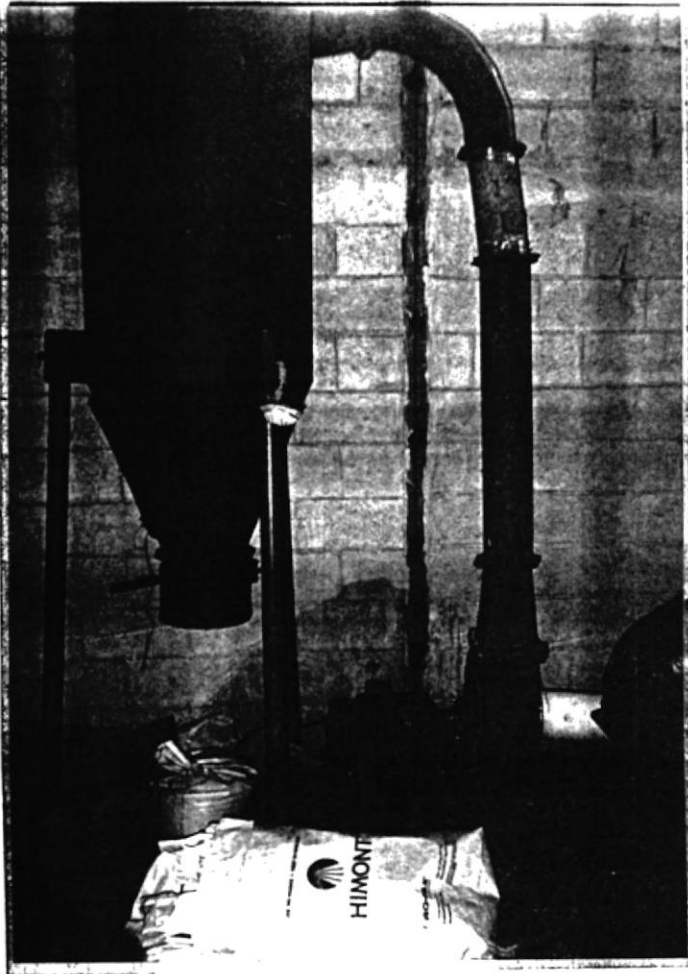
F11



F12



F13



F14

BIBLIOGRAFÍA

PVC.- Cloruro de Polivinilo (estudio del PVC preparado por la Vinyl Intitute y recopilado por Vista Chemical para la información de sus clientes).
Vista Chemical Co. 1992

JUST IN TIME.- Eduard J. Hay

Editorial Norma 1989

ANUAL BOOK OF ASTM STANDARDS 1973