



T
668.4
TOR
e.2

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción

“Aplicación para Polietileno Tereftalato (PET) reciclado”

TESIS DE GRADO

Previo a la obtención del Título de:

INGENIERO MECÁNICO



Presentada por:

Jorge Enrique Toro Sánchez

GUAYAQUIL – ECUADOR



Año: 2004

AGRADECIMIENTO

Al Ing. Ernesto Martínez
por la dirección de este
trabajo.

Al Ing. Gonzalo Sánchez
L., propietario de S.I.MEC.
y a todo el personal por su
labor realizada en la tarea
de fundición y ensayos.

DEDICATORIA



A mis Padres

A mis Hermanos

A la fuerza y valor de
mi tía María Eugenia

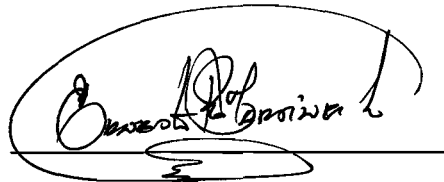
A la memoria de mi
primo Arturo Alejandro

A los Amigos

TRIBUNAL DE GRADUACION



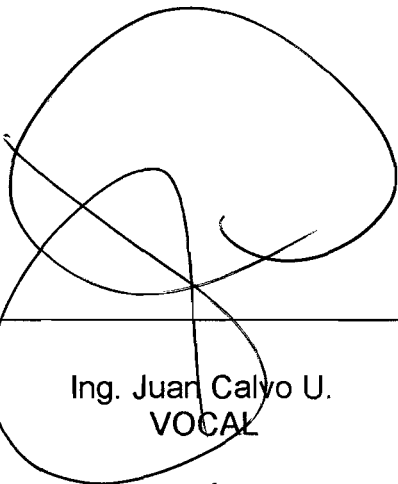
Ing. Eduardo Rivadeneira P.
DECANO DE LA FIMCP
PRESIDENTE



Ing. Ernesto Martínez L.
DIRECTOR DE TESIS



CIB-ESPOL



Ing. Juan Calvo U.
VOCAL



Ing. Manuel Helguero G.
VOCAL



CIB-ESPOL

DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, me corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”

(Reglamento de Graduación de la ESPOL)

A handwritten signature in black ink, consisting of a large, stylized initial 'J' followed by several vertical strokes, all written over a horizontal line.

Jorge Enrique Toro Sánchez

RESUMEN



El presente trabajo es un estudio que busca métodos para contribuir a la parcial solución del problema de la contaminación ambiental en la ciudad de Guayaquil, ocasionado por materiales que no son biodegradables, en especial los plásticos.

Este análisis pretende obtener otra forma y métodos de utilización de tales recursos.

Se seleccionó, dentro de los plásticos, al polietileno tereftalato (PET), por ser uno de los mayores contaminantes que ha aparecido en los últimos tiempos. Esto se debe a la proliferación de usos que se le ha encontrado, principalmente en envases descartables para bebidas.

Se investigará acerca de la cantidad de PET que es manufacturado, la parte que se desecha como desperdicio y la cantidad que será posible adquirir como material para ser reciclado; esto proporcionará el volumen de la materia prima disponible para la operación de una planta de tejas plásticas. Dicha planta no sólo aliviará en parte el problema de los desechos, sino que buscará generar nuevas fuentes

de trabajo e ingresos ya que el mercado de tejas no ha sido explotado aún en nuestro país.


Se realizará una comparación económica entre las tejas de hormigón y las plásticas, mediante el análisis de inversiones y utilidades que cualquier empresario de nuestro país, podría obtener.

Para culminar, se espera que este estudio demuestre la posibilidad de generar una nueva industria en el país, estimulando la visión de los inversionistas; esto llevará a la disminución de residuos plásticos en la ciudad y a la creación de nuevas plazas de trabajo.



CIB-ESPOL

INDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN	II
INDICE GENERAL	III
ABREVIATURAS	IV
SIMBOLOGIA	V
INDICE DE FIGURAS	VI
INDICE DE TABLAS	VII
INDICE DE PLANOS	VIII
INTRODUCCIÓN	1
 CIB-ESPOL	
CAPITULO 1	
1. ECOLOGÍA Y MEDIO AMBIENTE	3
1.1 Acumulación de residuos sólidos urbanos (RSU)	3
1.2 Destrucción del medio ambiente	8
1.3 Eliminación de los RSU	11
1.4 Soluciones Alternativas	14
CAPITULO 2	
2. PLÁSTICOS	24
2.1 Propiedades generales	26

2.1.1	Termoplásticos.....	28
2.1.2	Termoestables	32
2.1.3	Cualidades del PET	34
2.2	Tiempo de vida residual.....	44
2.3	Técnicas de fabricación	46



CIB-ESPOL

CAPITULO 3

3.	RECICLAJE	51
3.1	Características del PET reciclado.....	52
3.2	Reciclaje del PET en Guayaquil	55
3.3	Alternativas de producción con PET reciclado	60

CAPITULO 4

4.	FABRICACIÓN DE TEJAS CON PET RÉCICLADO.....	68
4.1	Determinación de la capacidad de producción.....	68
4.2	Proceso de fabricación	71
4.3	Selección de maquinaria	77
4.4	Distribución de planta	93

CAPITULO 5

5.	PLANIFICACIÓN DE LA INSTALACIÓN	95
5.1	Obra Mecánica	107

CAPITULO 6

6. ANÁLISIS COSTO – BENEFICIO126

CAPITULO 7

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 140

ANEXOS

BIBLIOGRAFIA



CIB-ESPOL

ABREVIATURAS

PET	Polietileno tereftalato
RSU	Residuos sólidos urbanos
PVC	policloruro de vinilo
kg	kilogramo
Tn	tonelada
DSU	Desechos sólidos urbanos
MJ	mega Joule
RDF	combustibles derivados de residuos
PDF	combustibles derivados de embalajes
PF	combustibles de polímeros
PP	polipropileno
PEAD	polietileno de alta densidad
PEBD	polietileno de baja densidad
°C	grados centígrados
m	metro
m ²	metro cuadrado
m ³	metro cúbico
ng	nano gramo
PS	polietileno expandido
PBT	termoplástico poliéster
EG	exceso de gas
MHz	mega hertz
Oh	ohm
g	gramo
cm ³	centímetro cúbico
J	Joule
MPa	mega Pascal
THHN	tipo de protección de conductor
K	grado Kelvin
KW	kilovatio
IV	viscosidad intrínseca
dl	decilitros
HCl	ácido clorhídrico
EBC	Embotelladora de Bebidas Cítricas
mm	milímetros



CIB-ESPOL

h	hora
THHN	tipo de protección del conductor
d _{lab}	día laborable
rpm	revoluciones por minuto
s	segundo
cm ²	centímetro cuadrado
l	litro
min	minuto
TR	tonelada de refrigeración
BTU	unidad térmica británica
Kcal	kilo caloría
hh	horas-hombre
A	Amperio
KVA	Kilo voltio-amperio



CIB-ESPOL

SIMBOLOGÍA

\mathfrak{R}	Tasa de producción
θ	Ángulo
V	Volumen
e	Espesor, base neperiana
Δt	Intervalo temporal
ρ	densidad
m°	flujo másico
τ	esfuerzo cortante
F	Fuerza
A	área
W°	potencia
T_0	Temperatura plano central
T_∞	Temperatura del fluido
T_i	Temperatura inicial
C_1	constante
ξ	constante
F_0	Número de Fourier
α	difusividad térmica
t	tiempo
c_p	Calor específico
ΔT	cambio de temperatura
h	coeficiente convectivo
Nu	Número de Nussel
k	Conductividad del material
Pr	número de Prandtl
Re	número de Reynolds
v	velocidad
μ	viscosidad dinámica
effic	eficiencia de bomba
G	gasto, caudal
D_h	diámetro hidráulico
P	perímetro



CIB-ESPOL

g	gravedad
z	elevación
h_f	pérdidas por fricción en tuberías
h_p	cabezal de bomba
p	presión
f	factor de fricción en tubería
K	coeficiente de pérdidas menores
ε	rugosidad
ε/D	rugosidad relativa
D, d	diámetro
Q°	flujo de calor
ΔQ°	diferencial de calor
q°	calor real
Sh	número de Sherwood
$\rho_{A,s}$	densidad de especie A
Sc	número de Schmidt
D_{AB}	Coeficiente de difusión de la especie A en B
h_{ml}	coeficiente transferencia de masa por convección
ϕ_∞	humedad relativa
η_A	velocidad de evaporación del agua
L, l	Longitud
x, a, b	Ancho



CIB-ESPOL

INDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1.1	Composición porcentual de residuos..... 4
Figura 1.2	Componentes de desechos domésticos 5
Figura 1.3	Desechos reciclables en basura doméstica..... 5
Figura 1.4	Porcentaje de plásticos componentes DSU..... 7
Figura 1.5	Contaminación debida a plásticos 9
Figura 1.6	Contaminación del estero 10
Figura 1.7	Eliminación de desechos 14
Figura 2.1	Obtención del PET..... 40
Figura 2.2	Fabricación química del PET 41
Figura 2.3	Química del PET..... 43
Figura 3.1	Prototipo de tejas..... 63
Figura 3.2	Venta de cubiertas de PET 66
Figura 4.1	Diagrama de proceso 71
Figura 4.2	Propiedades vs. Humedad 73
Figura 4.3	Tiempos de secado 74
Figura 4.4	Proceso de fabricación 75
Figura 4.5	Extrusor 78
Figura 4.6	Componentes de un extrusor 79
Figura 4.7	Detalle de tornillo..... 80
Figura 4.8	Molino 81
Figura 4.9	Unidad de lavado y secado 83
Figura 4.10	Forma de la teja..... 84
Figura 4.11	Disposición de tejas..... 85
Figura 4.12	Cizalla a la salida del extrusor 87
Figura 4.13	Esquema de banda de transporte..... 91
Figura 4.14	Deshumidificador..... 92
Figura 4.15	Báscula..... 93
Figura 5.1	Cronograma de obras..... 99
Figura 5.2	Esquema de centrífuga..... 101
Figura 5.3	Secciones de la cuba..... 103
Figura 5.4	Balance de energía..... 106

Figura 5.5	Enfriador	109
Figura 5.6	Esquema de cuba y extrusor	110
Figura 5.7	Silo.....	112
Figura 5.8	Sistema de transporte.....	113
Figura 5.9	Transportador neumático.....	114
Figura 5.10	Curvas para el transporte de materiales.....	115
Figura 5.11	Rotor tipo U	116
Figura 5.12	Flujo secador	116



CIB-ESPOL

INDICE DE TABLAS

		Pág.
Tabla 1	Comparación de eliminación de desechos	13
Tabla 2	Valor energético de los plásticos	20
Tabla 3	Propiedades eléctricas	36
Tabla 4	Propiedades físicas	36
Tabla 5	Propiedades mecánicas	36
Tabla 6	Propiedades térmicas	36
Tabla 7	Propiedades químicas	37
Tabla 8	Estadística de venta planchas	65
Tabla 9	Porcentaje de demanda	69
Tabla 10	Características de producción	69
Tabla 11	Variables en el enfriamiento	89
Tabla 12	Parámetros de bomba	100
Tabla 13	Parámetros de bomba de cuba	105
Tabla 14	Parámetros de la carga de enfriamiento	107
Tabla 15	Cálculo de evaporación	117
Tabla 16	Componentes del extrusor	119
Tabla 17	Cuadrillas de obreros	120
Tabla 18	Número de horas-hombre	124
Tabla 19	Costo de materiales	128
Tabla 20	Alquiler de equipos	129
Tabla 21	Mano de obra	130
Tabla 22	Rubros de transportación	131
Tabla 23	Tarifas de importación	131
Tabla 24	Costos directos	132
Tabla 25	Gastos de operación	133
Tabla 26	Gastos por energía	134
Tabla 27	Precio del m ³	134
Tabla 28	Gastos por consumo de agua	135
Tabla 29	Costos indirectos	137



CIB-ESPOL

INDICE DE PLANOS

- Plano 1 Planta de fábrica de tejas plásticas
- Plano 2 Fábrica de tejas plásticas



CIB-ESPOL

INTRODUCCIÓN



Este trabajo se refiere a la factibilidad de procesar tejas plásticas con material reciclado, cuya materia prima proviene principalmente de envases de bebidas fabricados con PET. Esta actividad permitirá disminuir de manera considerable las grandes cantidades de material contaminante que saturan los lugares asignados para su depósito, tal como lo es el relleno sanitario.

A más de ello, se estaría generando una nueva industria en el país; se le aumentaría valor agregado a productos que ya se realizan en la ciudad como es el caso de la venta de PET, lavado y molido, hacia el exterior.

Se proyecta cubrir una demanda inicial del 20% del mercado de la construcción, contando con el material suficiente para realizar esta operación.

El procedimiento a seguir será de compra, selección y triturado del material. A continuación se lava y seca para luego extruirlo. A la salida de la matriz del extrusor, cuando el elemento está formado, se lo corta y enfría; finalmente se lo seca y embala.

Aunque son necesarias algunas máquinas y equipos, se trata de un procedimiento sencillo pero que demanda una gran inversión inicial.

El prototipo de teja elaborada en este proyecto se obtuvo mediante un método de fundición de una manera muy artesanal, por lo cual ciertas propiedades no reflejarán algunas de sus características en sus reales dimensiones.

Empero, se plantea este proyecto con la esperanza de que los empresarios y el pueblo en general le brinden una acogida favorable, ya que así se otorgaría a las universidades el lugar que le corresponde como ente vanguardista del desarrollo de un país.

CAPITULO 1



CIB-ESPOL

1. ECOLOGIA Y MEDIO AMBIENTE.

La preocupación por la protección del medio ambiente ha constituido una de las inquietudes más importantes de la sociedad contemporánea. Problemas de diversa índole han venido a sustituir prioritariamente a la contaminación, aunque para algunos sectores de la población, como grupos ecologistas, siguen primando las inquietudes ambientales y ecológicas.

La sociedad de consumo, junto con la revolución tecnológica, ha dado lugar a la mayor producción de residuos de toda la historia de la humanidad. Los nuevos modelos de desarrollo deberán basarse en tecnologías de producción sin residuos, o con un mínimo de ellos. Esto permitirá resolver simultáneamente los problemas de la contaminación y el de la escasez de recursos naturales y de energía.

1.1 **Acumulación de residuos sólidos urbanos (RSU).**

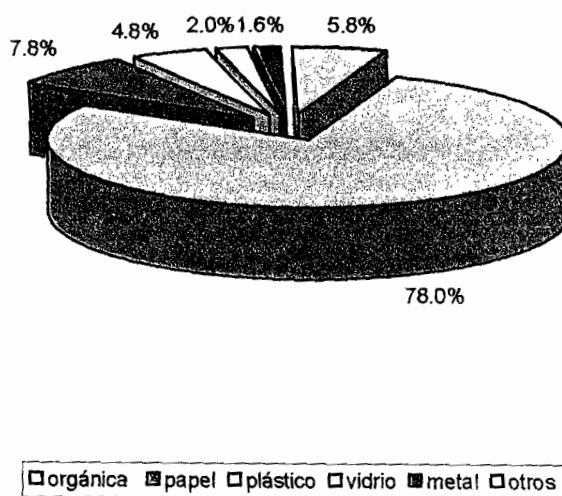
La acumulación de residuos sólidos urbanos (RSU) es uno de los más graves problemas que afronta, no sólo Guayaquil, sino todas las ciudades en general, que se suscita principalmente por una

escasa cultura ambiental y energética en cuanto a reciclaje se refiere.

Hace diez años, en 1993, cada persona en Guayaquil producía 0.6 Kg. de basura por día y se producían 1385 Tn diarias de desechos.

La composición porcentual de tales desperdicios es la siguiente:

Figura 1.1. Composición Porcentual de Residuos



Actualmente el promedio de producción de desechos es de 0.97 Kg. por habitante por día con un promedio hasta el mes de mayo de 1972 toneladas por día.

Un resumen más detallado de datos se puede revisar en el Anexo I.

Los componentes globales en porcentajes de basura doméstica fueron los siguientes:

Figura 1.2. Componentes de Desechos Domésticos

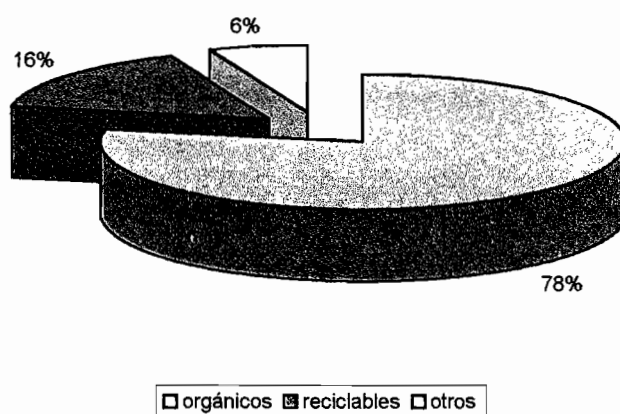
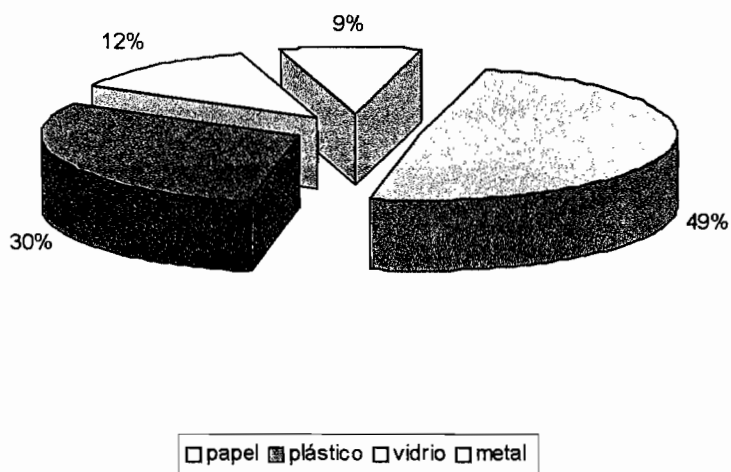


Figura 1.3. Desechos Reciclables en Basura Doméstica



En cuanto a fábricas, datos del INEC reflejan que la descarga total de desechos sólidos de las industrias en 1993 fue de 26981 Tn/año, descompuestos en la siguiente forma:

Hierro y acero	46.69%
Alimentos	51.85%
Otros	1.46%

En el caso de las industrias de bebidas, que son las que manufacturan cantidades considerables de PET, se tiene que la contaminación por descarga de desechos sólidos que corresponde a las nueve industrias que abarcó el estudio es de 2365 Tn/año.

Cabe resaltar que éstos son los últimos datos oficiales de que dispone el INEC.

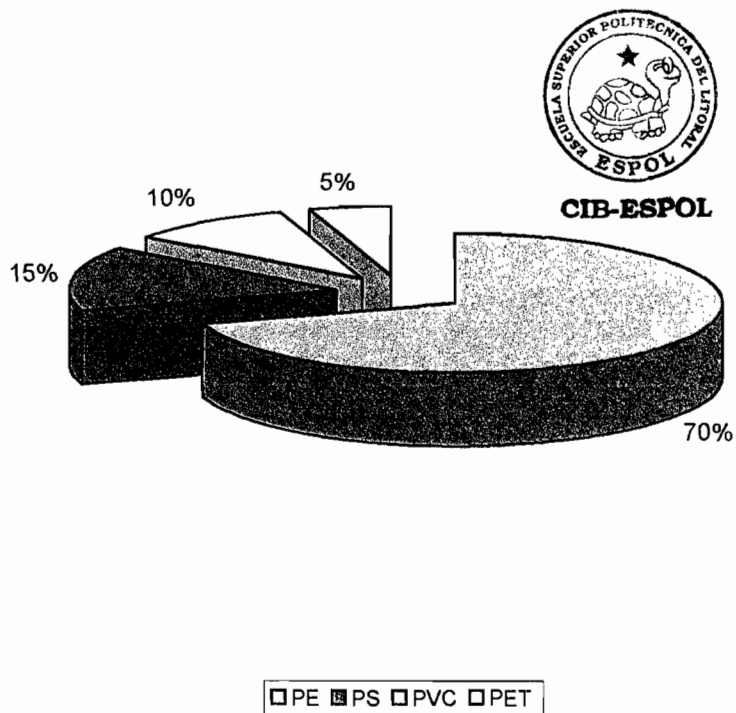
Otras cifras revelan que aproximadamente el 20% de los productos plásticos acaban como residuos en menos de un año los cuales son, por lo general embalajes para alimento, botellas, contenedores y algunos filmes.

Un 35% de los plásticos son usados entre 1 y 10 años a saber artículos domésticos, piezas de autos, etc.

El 45% no se convierte en residuos sino pasados los 10 años, como paradigma están las tuberías y piezas plásticas para la construcción. Datos éstos a tener muy presentes, ya que los envases representan la quinta parte de la producción y son el motivo de esta investigación.

En el siguiente gráfico se puede observar los diferentes componentes plásticos de los DSU:

Figura 1.4. Porcentajes de Plásticos Componentes de los DSU



En general, los plásticos procedentes de los hogares constan de una mezcla de distintos materiales difíciles de identificar, lo que provoca su aglutinamiento.



CIB-ESPOL

1.2 **Destrucción del medio ambiente.**

El hombre a través de los tiempos, ha utilizado los recursos naturales que se hallaban a su alcance y disponibilidad para su propio beneficio; pero con el desarrollo de nuevas técnicas de fabricación y con la aparición de necesidades cada vez más exigentes en cuanto a alimentación, transporte, construcción y recreación se refiere, ha habido en las últimas décadas un crecimiento desproporcionado de los desperdicios, no sólo naturales tales como metales, residuos orgánicos, inorgánicos, sino también en cuanto a productos sintéticos se refiere; lo cual ha ocasionado que los lugares asignados para el depósito de los desechos hayan quedado estrechos y saturados.

No sólo que ahora se produce más residuos, sino que también hay nuevas clases, entre ellas los plásticos.

En la década pasada, el incremento en el uso de este material ha llegado a reemplazar materiales como el vidrio y el papel. Son precisamente éstos nuevos materiales los que más daño hacen a

nuestro ecosistema ya que no son sustancias que la naturaleza pueda digerir y descomponer con facilidad.

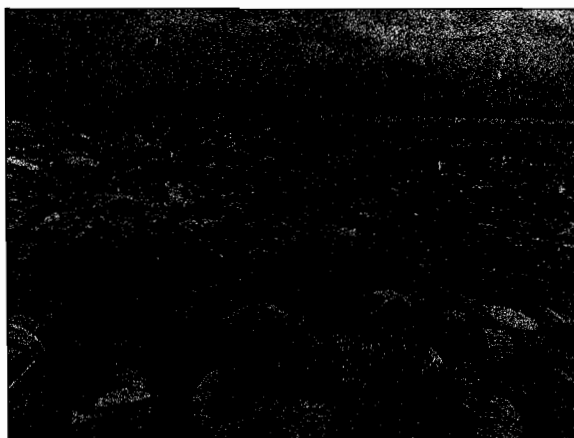


Figura 1.5. Contaminación debida a plásticos.



CIB-ESPOL

Fácil es observar las secuelas que estos tipos de materiales han ocasionado y causan todavía en Guayaquil:

- Contaminación del Estero Salado.
- Acumulación de envases plásticos (en especial de PET) en la ciudad.
- Rápida saturación del relleno sanitario debido al gran volumen ocupado.

Precisamente a inicios del año 2003, el Municipio de Guayaquil emprendió un programa de limpieza del estero salado en su afán

de mejorar el ecosistema y ornato de la ciudad, habiéndose recolectado desde Febrero hasta Mayo un total de 545.52 Tn. de desechos.



Figura 1.6. Contaminación del estero.



CIB-ESPOL

Algunas de las leyes que, de una u otra manera, pretenden controlar la destrucción del medio ambiente son las siguientes:

- Ley de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental. 1976.

- Reglamento sobre la Prevención y Control de la Calidad del Aire y sus Métodos de Medición. 1991.
- Reglamento sobre la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental en lo referente al Recurso Suelo. 1992.
- Reglamento para el Manejo de Desechos Sólidos. 1992.
- Reglamento que establece las Normas Generales de Emisión para Fuentes Fijas de Combustión y los Métodos Generales de Medición. 1993.
- Ley de Gestión Ambiental. 1999.

El objetivo de este trabajo es precisamente intentar hacer descender los niveles de éstos desechos mediante algunos usos alternativos de aquellos.

1.3 Eliminación de los RSU.

No cabe duda que, la recolección de basura es el servicio urbano que ha experimentado los mayores cambios, mejorando su eficiencia en comparación a épocas anteriores.

Hasta 1993 no se disponía de un lugar técnico sanitario, donde se pueda colocar los desechos sólidos de la ciudad. Estos eran

quemados (29.5%), arrojados en lugares baldíos y esteros (4.4%) y mayormente en el botadero del Cerro San Eduardo (63.7%).

Para aquel año se contrató al Cuerpo de Ingenieros del Ejército para la adecuación y relleno con material de cobertura en el mencionado botadero.

Desde Septiembre de 1994 se implantó en la ciudad el Relleno Sanitario "Las Iguanas", bajo administración y supervisión de la Municipalidad de Guayaquil.

Hacia 1998 y 2000 algo más del 94% de los desechos sólidos que se generan en el cantón (excepto Puná), son dispuestos en este relleno sanitario. El sistema comprende la disposición de la basura en celdas, formando capas compactadas y cubriéndolas con material pétreo.

La eliminación de los desechos urbanos, según datos comparativos de Guayaquil en los años 1993 y 2000, indica que las opciones han variado con el transcurso del tiempo según la tabla 1:



CIB-ESPOL

Tendencia de eliminación de los desechos sólidos

	Desechos sólidos 1993	Desechos sólidos 2000
Relleno Sanitario	0.0%	94.2%
Incineración	0.0%	0.0%
Vertedero abierto	63.7%	0.8%
Reciclados	2.4%	1.8%
Quemados	29.5%	1.3%
Otros	4.4%	1.9%
TOTAL	100%	100%

Tabla 1. Comparación de la eliminación de desechos.

Durante el período señalado se han producido cambios radicales que han contribuido en forma decisiva al mejoramiento del aseo urbano y a la imagen misma de la ciudad.

Puede observarse una comparación gráfica de los datos anteriores en la figura 1.7.



CIB-ESPOL

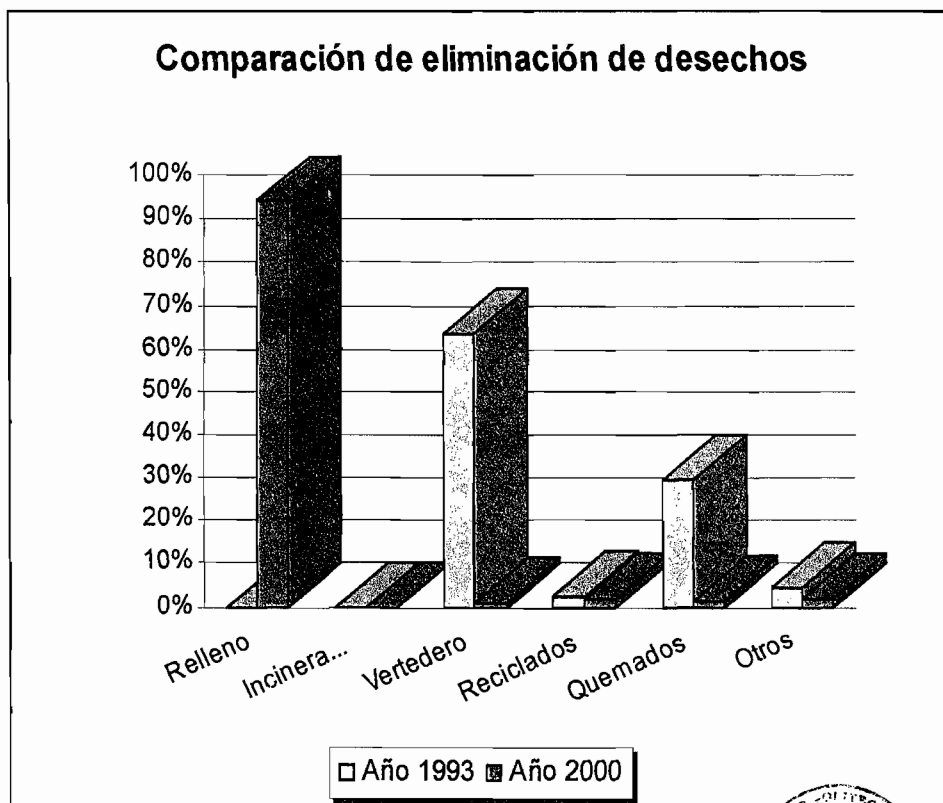


Figura 1.7. Eliminación de desechos.



CIB-ESPOL

1.4 Soluciones alternativas.

Las soluciones que se recomiendan tienen relación directa con los plásticos, ya que este tipo de material artificial tiene largos períodos de vida residual en el medio ambiente, pudiendo llegar a durar muchos años.

Se presentan dos géneros como alternativas de solución:

- Reciclaje
- Recuperación de energía

Aparte del reciclaje, que será tratado en un capítulo posterior, en la ciudad se podrían aprovechar los RSU como una fuente alternativa de combustible cuyo poder calorífico podría variar, dependiendo de la composición porcentual de los desechos utilizados como tal.

Si bien la eliminación de los RSU se realiza también por combustión, en la ciudad no se aprovecha la energía desprendida por tal forma de combustible, por lo que se la presenta como una forma alternativa de eliminación de desechos que puede beneficiar grandemente a la ciudad.

Recuperación de energía de los desechos plásticos.

Aunque algunos plásticos puedan reciclarse, con ventajas para el medio ambiente, muchos desechos plásticos consisten en pequeños objetos dispersos entre otros materiales de desecho.

Separar y limpiar esos desechos para su reciclado puede entrañar una carga ambiental mayor que las ventajas de reciclado, incluso antes de tenerse en cuenta el costo económico.

**CIB-ESPOL**

Asimismo, podría haber residuos del proceso de reciclado que no puedan ser reciclados a su vez.

Si el reciclado no puede justificarse, la recuperación de energía puede ser una forma eficaz en función de los costos de recuperar un valor intrínseco de los recursos.

Cabe señalar, sin embargo, que, incluso si se recupera la energía de la combustión, la energía necesaria para producir el plástico se pierde. En algunos tipos de plástico, la cantidad de energía necesaria para producir el material es del mismo orden de magnitud que su valor calorífico cuando se incinera.

Los plásticos en general tienen un alto valor energético. Aun los que contienen halógenos tienen un valor energético similar al del papel y el cartón. Cuando se mezclan con otros desechos, los plásticos ayudan a la combustión de desechos húmedos.

La investigación y la práctica en los últimos años han demostrado que, en estrictas condiciones de funcionamiento, los desechos plásticos, incluso cuando la mezcla es rica en PVC, pueden incinerarse de forma segura y eficaz. La combustión consistente,

a alta temperatura, recupera el máximo de energía del combustible y garantiza la rotura completa de los compuestos orgánicos tóxicos.

El método más eficaz de recuperación de energía (hasta el 85%) es la incineración para producir vapor a alta presión destinado a la generación de electricidad, vapor a baja presión para uso industrial y agua caliente para la calefacción de los hogares. La mayoría de las plantas en las que se recupera energía de los desechos no intentan conseguir los tres niveles anteriormente descritos.

Existen ciertos parámetros que muestra que el impacto ambiental de la recuperación de energía mediante la incineración se ve afectado por cuatro factores clave:

- a) La naturaleza de los desechos que se van a incinerar;
- b) El control de las condiciones de incineración;
- c) La limpieza de los gases de chimenea;
- d) La eliminación de los residuos.

La naturaleza de las corrientes de desechos plásticos destinados a la recuperación de energía.

Los plásticos pueden encontrarse en cuatro tipos de desechos utilizados en procesos de recuperación de energía, cada uno de los cuales presenta su propio valor de recuperación de la energía.

a) Desechos sólidos urbanos (DSU) que se relacionan con los residuos sin tratar de los hogares y los desechos de comercios y restaurantes y se queman en grandes instalaciones de combustión en masa. Los DSU tienen un valor energético de tan sólo 10 MJ/kg y una densidad muy baja. Su contenido en plástico ayuda en la combustión de otro tipo de materiales en la corriente de desechos.

b) Combustible derivado de los residuos (RDF). Se produce al retirar todos los componentes no combustibles, como metales, vidrio y materiales putrescibles, de los DSU y aglomerar el material combustible restante. Como se trata de unos DSU procesados, el RDF tiene un mayor contenido en desechos plásticos que los DSU y, en consecuencia, un valor energético más alto. Puede ser aceptable desde el punto de vista ambiental

el transporte de los RDF a cortas distancias desde el lugar de su fabricación a las instalaciones autorizadas de recuperación de energía.

c) Combustible derivado de los embalajes (PDF). Consta principalmente de desechos de papel y plástico que se mantienen de los desechos en general y se procesan en forma de granos para conseguir un valor energético aún más alto.

d) Combustible de polímeros (PF). Consiste en desechos plásticos solos procedentes de procesos de reciclado o separados de la corriente general de desechos, procesados para producir un combustible con una energía y un contenido de polímeros especificados.

Muchos incineradores no están diseñados para soportar las temperaturas que se generan cuando se utiliza un combustible con un valor calorífico tan alto y, por tanto, debe diluirse con material con un valor calorífico más bajo.

Se puede observar algunos datos de valores caloríficos en la tabla 2.

VALORES ENERGÉTICOS DE LOS DESECHOS PLÁSTICOS

Combustibles/polímeros	Valor calorífico (MJ/Kg)
PEAD-PEBD	45
PP	45
PS	41
PET	23
Carbon	25
PVC	22
PP/ABS/PE-AD (computadoras)	43
Embalajes de alimentos	45
Embalajes no de alimentos	37
Parachoques/depósitos de combustible	33

Tabla 2. Valor energético de los plásticos.

Control de las condiciones de incineración.

Las condiciones necesarias para la incineración óptima de materiales son:

a) Altas temperaturas, de 900 °C a 1100 °C para los desechos de hidrocarburos y 1100 °C a 1200 °C para los desechos halogenados. La legislación de la Unión Europea requiere una

temperatura mínima de 850 °C para todos los desechos y de 1100 °C para los desechos que contengan más del 1% de sustancias orgánicas halogenadas, expresado en cloro;

b) Suficiente tiempo de residencia (del gas) en el incinerador. En promedio se requiere un mínimo de dos segundos;

c) Buena turbulencia;

d) Exceso de oxígeno.



CIB-ESPOL

El papel que desempeñan los polímeros clorados en la formación de dioxinas en los incineradores de desechos ha sido una cuestión controvertida. Se ha demostrado que la eliminación de los polímeros clorados de la mezcla de desechos no da como resultado una reducción proporcional de la formación de dioxina y que, incluso si se retira todo el PVC de la mezcla de desechos, el cloro restante es suficiente para formar dioxinas a niveles que hacen necesario el tratamiento de los gases de chimenea.

Limpieza de los gases de chimenea del incinerador.

Los gases enfriados procedentes de las cámaras de combustión del incinerador contienen una gama de materiales como dióxido de carbono, dióxido de azufre, cloruro o fluoruro de hidrógeno y polvo. Es probable que los materiales orgánicos tóxicos que se

**CIB-ESPOL**

formen en los gases de chimenea enfriados se absorban en la superficie de las partículas de polvo. Es esencial separar el polvo de los gases, lo que se hace normalmente mediante filtros textiles de malla fina. Los incineradores modernos han podido funcionar regularmente con emisiones de dioxinas muy inferiores al nivel de $0,1 \text{ ng/m}^3$ que requieren algunos gobiernos. Eso requiere habitualmente equipo adicional de limpieza de los gases, como sistemas basados en carbono activado, carbón activado o catalizadores especiales.

Para cumplir las normas modernas de emisión, es necesario retirar también de los gases de chimenea el dióxido de azufre, el fluoruro de hidrógeno y el cloruro de hidrógeno. Esto se consigue haciendo reaccionar a los gases con un álcali sólido húmedo, con soluciones alcalinas o simplemente con agua, lo que dependerá de la ubicación del incinerador. La neutralización de los gases ácidos con yeso húmedo produce un desecho sólido que debe depositarse en un vertedero autorizado. La neutralización de los gases ácidos con bicarbonato de sodio produce una disolución de sales de las que éstas pueden reciclarse en determinadas condiciones. La absorción de los gases ácidos en agua produce una disolución de la que esos gases pueden retirarse y

procesarse para su utilización comercial. Tan sólo existen unas pocas instalaciones de recuperación de ese tipo.

Eliminación de los residuos de la incineración.

Habitualmente, las cenizas volantes procedentes de la limpieza del gas de chimenea contienen materiales, como compuestos de metales pesados, que, si se liberasen, podrían causar daños al medio ambiente. Esos residuos deben considerarse siempre peligrosos y depositarse únicamente en vertederos autorizados después de realizar ensayos de lixiviación. A veces se considera ventajoso estabilizar los residuos con cemento antes de depositarlos. La ceniza de fondo de los incineradores puede ser lo suficientemente inerte como para utilizarse como árido en la construcción de carreteras, pero debe establecerse que son inertes antes de utilizarse de esa forma.

El aprovechamiento energético de los plásticos tiene grandes perspectivas futuras debido a los altos valores de energía que se pueden alcanzar, empero, es necesario tener en cuenta que, como producto de la combustión y degradación de los materiales plásticos, podrían emitirse a la atmósfera sustancias nocivas o contaminantes.

CAPITULO 2



CIB-ESPOL

2. PLÁSTICOS.

Los plásticos comenzaron a utilizarse con profusión en el decenio de 1950, aunque en algunos años la producción creció a un ritmo sin precedentes. Hoy día, el consumo mundial es comparable al de todos los metales no ferrosos combinados. Algunos pronósticos sobre la producción de resinas podrían indicar la tendencia de los volúmenes de desechos plásticos que tanto los países desarrollados como los países en desarrollo tendrán que gestionar en los años venideros, incluidos plásticos con una larga vida útil producidos hace algunos decenios que están a punto de alcanzar el final de esa vida útil.

Los elementos que se encuentran más habitualmente en los plásticos son carbono, hidrógeno, nitrógeno, oxígeno, cloro, flúor y bromo. Algunos de esos elementos son peligrosos en estado puro, pero resultan inertes cuando se incorporan en un polímero orgánico. Los tipos de polímeros que es más probable encontrar como desechos plásticos son los polietilenos de alta y baja densidad, tereftalato de polietileno, polipropileno, policloruro de vinilo, poliestireno, entre otros.

En la mayoría de los desechos plásticos destinados al reciclado no se encontrarán, en general, sustancias termoestables, en contraposición con sustancias termoplásticas, salvo en un nivel muy pequeño.

Para satisfacer la amplia gama de necesidades en las aplicaciones de los polímeros, dentro de las clasificaciones generales se han establecidos subgrupos de polímeros. Son muy pocos los polímeros básicos (conocidos también como resinas) que se utilizan o procesan sin mezclar; la mayoría de los plásticos son mezclas de polímeros y aditivos formuladas para que tengan exactamente las propiedades que se requieren para una aplicación concreta. Así pues, se puede decir que plásticos = polímeros + aditivos.

A ese respecto, los polímeros no son diferentes del acero o el vidrio, casos en los que un nombre genérico abarca muchas formulaciones diferentes. Los distintos tipos y cantidades de aditivos quedan incrustados en la matriz del polímero. Los aditivos, como los estabilizantes contra los efectos del calor, la luz o el oxígeno del aire, amplían la vida del producto o posibilitan aplicaciones concretas como las láminas para envolver alimentos, los marcos de ventanas, las tuberías, etc.



Todavía es necesario resolver problemas técnicos, económicos y estructurales. El problema más difícil de abordar hasta la fecha en relación con los plásticos y el medio ambiente ha sido el de la eliminación. En los países desarrollados, cerca de tres cuartas partes de los desechos plásticos se eliminan en vertederos, mientras que la cuarta parte restante se recupera en forma de nuevos materiales o de energía útil. Esa tasa de recuperación se ha logrado mediante la utilización de instrumentos legislativos y económicos. Como puede verse, el potencial para el reciclado de los desechos plásticos sigue siendo enorme.



CIB-ESPOL

2.1 Propiedades generales.

El plástico es un producto artificial desarrollado en este siglo, que se obtiene de algunos derivados del petróleo. Es sin duda, uno de los materiales más versátiles ya que se puede encontrar plástico en casi todos los objetos cotidianos. Existen muchos tipos de plásticos con características propias, pero todos son: aislantes de la electricidad, ligeros y fáciles de trabajar (con el equipo necesario).

Aunque los plásticos que se emplean en la actualidad son artificiales, también existen algunos plásticos naturales.

Los plásticos tienen muchas ventajas, como una baja permeabilidad y una buena resistencia a los productos químicos, al impacto, a la humedad y al fuego. No obstante, la fabricación, procesamiento y utilización de los plásticos generan desechos y es esencial que éstos se gestionen de forma apropiada para proteger a las personas y al medio ambiente.

El etileno y la polimerización.

El etileno es una molécula formada por dos átomos de carbono y cuatro átomos de hidrógeno y es la molécula básica de muchos plásticos. A estas pequeñas moléculas se le llaman monómeros, que se combinan para formar moléculas mayores llamadas polímeros. Al proceso de formación de estas moléculas mayores se le llama polimerización.

La polimerización se consigue mediante el empleo de los monómeros y de una serie de agentes químicos llamados iniciadores y catalizadores.

Los distintos plásticos se consiguen empleando diferentes monómeros y combinándolos también de distintas maneras para formar un sinfín de combinaciones de características distintas.

2.1.1 Termoplásticos.

Los plásticos termoplásticos se pueden fundir y refundir varias veces para darle forma, por lo tanto son reciclables. Los termoplásticos al ser calentados aumentan la energía de sus moléculas y se reducen las fuerzas de atracción entre ellas, de esta forma se vuelven más deformables o plásticos. Una vez enfriados recuperan sus propiedades mecánicas.

Algunos tipos de plásticos termoplásticos son:

Polietileno (PE).

El polietileno de alta densidad (PE HD ó HDPE), está formado por cadenas de moléculas rectas, sin bifurcaciones, por lo que la fuerza de atracción entre moléculas es alta, dando como resultado un plástico duro y resistente y estable, con el se fabrican, cajas para botellas de cerveza, leche y refrescos, algunos envases de productos lácteos y detergentes líquidos.

El polietileno de baja densidad (PE LD ó LDPE) por el contrario está formado por cadenas de moléculas con bifurcaciones, por lo tanto es un material menos

resistente y mas flexible, se ablanda con el calor; con el se fabrican juguetes, bolsas de plástico, barreños, etc.

Polipropileno (PP).

Es un material bastante rígido y resistente, más que el polietileno de alta densidad; resiste al calor y a los golpes. Se puede doblar muchas veces sin romperse. Se emplea en la fabricación de cascos, sillas y piezas de fontanería.



CIB-ESPOL

Poliestireno (PS).

Es un material frágil y cristalino, que al chocar produce un característico sonido metálico, se emplea en envases, embalajes y platos y vasos desechables.

Poliestireno expandido (PS).

Es un material blando y esponjoso, debido a las burbujas de gas que se desprenden durante su fabricación. Tiene poca densidad adecuado para embalajes y como aislante térmico.

Cloruro de polivinilo (PVC).

Es un material originalmente rígido pero se puede hacer más flexible añadiendo plastificantes. Se emplea en tuberías, gomas de riego, maletas, impermeables, cubiertas de cables, etc. Debido a que resulta tóxico últimamente se ha dejado de emplear en botellas de agua y refrescos y se ha prohibido en la fabricación de juguetes para bebés.

Este tipo de plástico es altamente contaminante por lo que se debe declinar su uso y si se lo emplea, es menester depositarlo en contenedores de reciclaje.

Otros nombres por los que se conoce este plástico son: policloruro de vinilo, o policloruro de polivinilo.

Metacrilato polimetílico (Pexiglas).

Es un material transparente y frágil, para aumentar su plasticidad se debe calentar entre 165° C y 175° C.

Aprovechando su transparencia se emplea como sustituto del vidrio en gafas protectoras, y otras piezas transparentes o translucidas, aunque se raya con

facilidad y es muy frágil. También se usa en luminosos publicitarios.

Nailon.

Es un material duro, de alta resistencia a la tracción, al desgaste y al ataque químico. La forma mas conocida es como hilo, en sedal de pesca, tejidos en cepillos. El nailon sólido se emplea en la construcción de engranajes y tornillos, debido a su resistencia al desgaste.



CIB-ESPOL

Polietileno Tereftalato (PET).

El descubrimiento del tereftalato de polietileno, mejor conocido como PET, fue patentado como un polímero para fibra por J. R. Whinfield y J. T. Dickinson en 1941.

La producción comercial de fibra de poliéster comenzó en 1955; desde entonces, el PET ha presentado un continuo desarrollo tecnológico hasta lograr un alto nivel de sofisticación basado en el espectacular crecimiento del producto a nivel mundial y la diversificación de sus posibilidades.

A partir de 1976, se le usa para la fabricación de envases ligeros, transparentes y resistentes principalmente para bebidas. Sin embargo, el PET ha tenido un desarrollo extraordinario para empaques. En Latinoamérica, se comenzó a utilizar para este fin a mediados de la década de los ochenta.

2.1.2 **Termoestables.**

Los plásticos termoestables son aquellos que una vez fundidos o sintetizados y obtenida la pieza son estables con la temperatura y no se pueden refundir. El proceso de síntesis de este tipo de plásticos produce una alteración en la estructura molecular que no es reversible.

Fenol formaldehído (bakelita).

Es un plástico muy duro y por lo tanto muy frágil y rígido, es de color oscuro y tienen un olor característico; es buen aislante del calor y de la electricidad. Resiste altas temperaturas sin ablandarse, pero a elevadas temperaturas se carboniza.

Por su alta resistencia al calor se emplea en mangos de cazuelas y tapaderas, mandos de cocinas y de soldadores. Por su alta resistencia eléctrica se emplea como aislante eléctrico en elementos de maniobra como interruptores, pulsadores o placas de montaje eléctrico.

Urea formaldehído.

Como el anterior es buen aislante del calor y de la electricidad. Es uno de los plásticos de mayor dureza. Es incoloro, lo que permite colorearlo para fabricar material eléctrico decorativo. Es inodoro e insípido.

Melamina formaldehído.

Como los dos anteriores es duro y buen aislante del calor y la electricidad, se emplea en recubrimientos de madera, como los empleados en mobiliario de cocina, también se emplea para fabricar algunos utensilios de cocina como tazas y ensaladeras, y utensilios como tiradores, etc.



CIB-ESPOL

Resina de poliéster.

Este plástico polimeriza en frío, se sintetiza mezclando varios componentes, además se le suele añadir fibra de vidrio para aumentar su resistencia.

Se emplea en la fabricación de piscinas, parachoques, depósitos de agua, techados, canoas, etc.

2.1.3 Cualidades del PET.

El PET es el termoplástico poliéster más común. Este polímero suele ser denominado solamente "poliéster". Esto puede causar confusión no sólo por sus similitudes químicas con el PBT (que es otro termoplástico poliéster) sino porque el sistema de resina más frecuente utilizado en los polímeros reforzados con fibra de vidrio también es un sistema poliéster y suele ser denominado solamente "poliéster" (en este último caso sin embargo los poliéster están insaturados químicamente y "polimerizados con radicales libres" en un termo-endurecedor).

El PET es duro, estable dimensionalmente que sólo absorbe muy poca agua. Tiene buenas propiedades de protección y una buena resistencia química excepto a los

álcalis (que le hidrolizan). Su cristalinidad varía de amorfo a muy cristalino; puede ser muy transparente e incoloro pero secciones gruesas suelen ser opacas y blanquecinas.

Sus aplicaciones incluyen botellas, componentes eléctricos pero es probablemente más conocido como la película orientada biaxialmente y estabilizada térmicamente que se utiliza para capacitadores, gráficos y cintas musicales y de vídeo.

El poliéster como material plástico para procesos de transformación, tales como, inyección, extrusión, soplado, entre otros, precisa además de la polimerización en fase fundida, la cual culmina con el proceso de extrusión y granulación, de un proceso en fase sólida.

El proceso en fase sólida consiste en calentar los gránulos de PET hasta una temperatura de 200 °C, pero aún por debajo del punto de fusión cristalino, y en presencia de vacío y un gas inerte se debe remover el EG y componentes volátiles, tales como, acetaldehídos. Este proceso debe tomar algunas horas hasta alcanzar el nivel de peso molecular deseado.



Propiedades del PET.

Propiedades Eléctricas

Constante Dieléctrica @1MHz	3,0
Factor de Disipación a 1 Khz.	0,002
Resistencia Dieléctrica (kV.mm ⁻¹)	17
Resistividad Superficial (Ohm/m ²)	10 ¹³
Resistividad de Volumen (Ohm-cm)	>10 ¹⁴

Tabla 3. Propiedades eléctricas

Propiedades Físicas

Absorción de Agua – Equilibrio (%)	<0,7
Absorción de Agua - en 24 horas (%)	0,1
Densidad (g cm ⁻³)	1,3-1,4
Índice Refractivo	1,58-1,64
Índice de Oxígeno Límite (%)	21
Inflamabilidad	Auto extingible
Resistencia a los Ultra-violetas	Buena

Tabla 4. Propiedades físicas.

Propiedades Mecánicas

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

Tabla 5. Propiedades mecánicas.

Propiedades Térmicas

Calor Específico (kJ.Kg ⁻¹ .K ⁻¹)	1,2 - 1,35
Coefficiente de Expansión Térmica (x10 ⁶ K ⁻¹)	20-80
Conductividad Térmica @23C (Wm ⁻¹ K ⁻¹)	0,15-0,4
Temperatura Máxima de Utilización (C)	115-170
Temperatura Mínima de Utilización (C)	-40 a -60
Temperatura de Deflexión en Caliente - 0.45MPa (C)	115
Temperatura de Deflexión en Caliente - 1.8MPa (C)	80

Tabla 6. Propiedades térmicas.

<i>Resistencia Química</i>	
Ácidos – concentrados	Buena
Ácidos – diluidos	Buena
Álcalis	Mala
Alcoholes	Buena
Cetnas	Buena
Grasas y Aceites	Buena
Halógenos	Buena
Hidrocarburos Aromáticos	Aceptable

Tabla 7. Propiedades químicas.

Viscosidad inherente PET.

El término viscosidad “IV” se refiere a la viscosidad inherente o intrínseca que es un número relativo y es una medida del peso molecular. Este se determina disolviendo el PET en un solvente y midiendo el tiempo requerido para que 100 ml fluyan a través de un capilar.

- Valores típicos de IV se encuentran entre 0.65 y 0.84 dl/g.
- El procesamiento y resecado debe ser tal que la caída en viscosidad no sea mayor a 0.03dl/g, ya que esto trae como consecuencia pérdida de propiedades mecánicas (particularmente resistencia al impacto y la rigidez).



Cristalización del PET.

- El PET es un material cristalizabile, es decir que se puede mantener amorfo o cristalino, dependiendo de las condiciones de proceso utilizadas.
- Sus propiedades son básicamente determinadas por su grado de cristalinidad.
- El PET cristaliza hasta en un 30% y 40%, su velocidad de cristalización es relativamente baja en comparación con otros semicristalinos.
- La máxima velocidad de cristalización se alcanza a los 175°C. Por esta razón se trabaja con temperaturas de molde tan altas (140 a 175°C) cuando el producto lo requiere. A 140°C en el molde, la fracción amorfa es muy grande.

Con el uso de sustancias nucleificadoras se garantiza un gran número de pequeñas esferolitas y la pieza moldeada es dura y rígida.



CIB-ESPOL

Fabricación del PET.

El PET se obtiene a partir de dos materias primas derivadas del petróleo: etileno y paraxileno. Los derivados de estos compuestos (respectivamente, etilen glicol y ácido tereftálico) son puestos a reaccionar a temperatura y presión elevadas para obtener la resina PET en estado amorfo.

La resina se cristaliza y polimeriza para incrementar su peso molecular y su viscosidad. El resultado es la resina que se usa para fabricar envases. Su apariencia es la de pequeños cilindritos de color blanquizco llamados chips.

Una vez seca, se almacena en silos ó supersacos para después ser procesada.

Se tiene entonces los siguientes componentes:

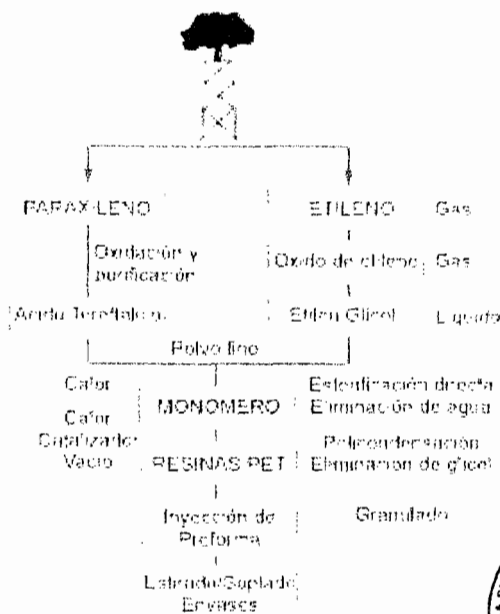


CIB-ESPOL

- Ácido tereftálico el cual se elabora a partir del paraxileno.
- Monoetilén glicol y es el reactivo limitante en la reacción de esterificación para la producción de poliéster, que se obtiene a partir del óxido de etileno.

PROCESADO DEL PET

ESQUEMATIZADO DEL PROCESO



OTR-ESPOL

Figura 2.1. Obtención del PET.

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

Mientras que la reacción de esterificación tiene lugar, con la eliminación del agua como subproducto, la fase de policondensación que se efectúa en condiciones de alto vacío, libera una molécula de glicol cada vez que la cadena se alarga por unidad repetida. Conforme la cadena va alargándose, existe un aumento en el peso molecular, el cual va acompañado por un aumento en la viscosidad de la masa y otras ventajas asociadas proporcionando así una mayor resistencia mecánica.

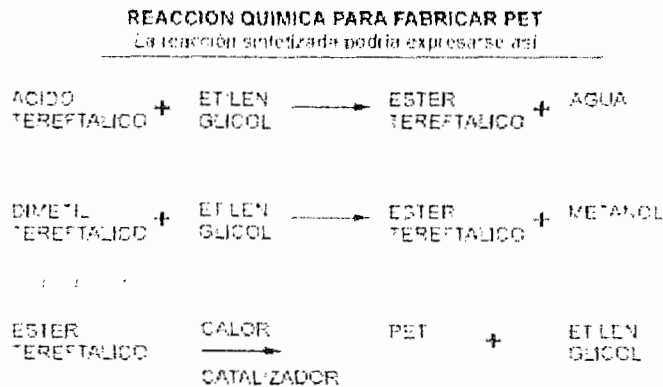


Figura 2.2. Fabricación química del PET.

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

problema, pero el ácido tereftálico, al ser un sólido, limita la elección de la tecnología de purificación.

No obstante, una vez resuelto este problema, ya que el ácido tereftálico de gran pureza se convierte en un producto comercial, la necesidad inicial de utilizar dimetiltereftalato puede evitarse, por lo que las fases del proceso quedan simplificadas.

Una vez que la longitud de cadena es suficientemente larga, el PET se extruye a través de un dado de orificios múltiples para obtener un espagueti que se enfría en agua y una vez semisólido es cortado en pellets obteniendo así el granulado que presenta las siguientes características:

- Es amorfo.
- Posee un alto contenido de acetaldehído.
- Presenta un bajo peso molecular.



CIB-ESPOL

Estas características limitan el uso del PET en la fabricación de botellas, por lo que se hace necesario pasar el granulado por otro proceso conocido como

polimerización en fase sólida. Durante este proceso, el granulado se calienta en una atmósfera inerte permitiendo que se mejoren estas tres propiedades simultáneamente, lo cual permite una mayor facilidad y eficiencia del secado y moldeado de la preforma o bien durante la producción y la calidad de la botella misma.

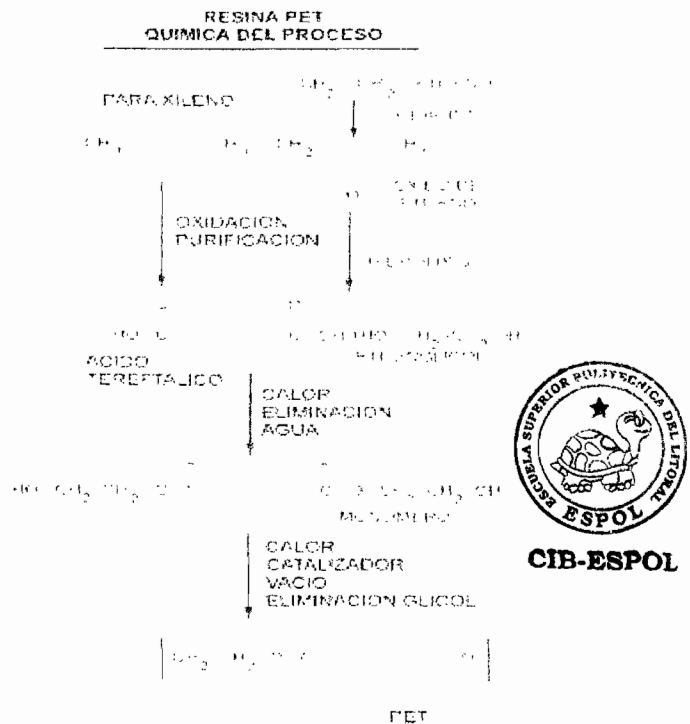


Figura 2.3. Química del PET.

Procesamiento del PET.

Generalmente se procesa por inyección para la elaboración de piezas técnicas. Por extrusión para la

elaboración para películas mono y coextruidas, láminas para termoformar y varillas. Las temperaturas de procesamiento oscilan en un rango entre 260°C y 290°C, y presiones de la masa fundida hasta 1200 bares (inyección).

El PET se deja maquinar, pegar y pulir fácilmente. Pegante a base de resinas epóxicas, poliuretano, polimetilacilato y cianocrilatos son los recomendados. Se puede soldar por calor y ultrasonido. Con soldadura por alta frecuencia no es posible soldarlo.

2.2 Tiempo de vida residual.

El tiempo de vida residual de los plásticos, depende de cuál sea el tipo de material al cual se hace referencia, ya que varían de un género a otro.

Normalmente, en la formulación de los plásticos se incorporan sustancias que impiden, retardan o dificultan su deterioro. Empero, en varios casos, puede ser que se busque el efecto contrario, es decir acelerar o controlar los proceso degradativos.

Existe el concepto general de que todos los plásticos no se pueden degradar por acción de la naturaleza pero se puede clasificar a los polímeros que se degradan en dos grupos: aquellos que lo hacen por acción de la radiación ultravioleta (fotodegradables) y los que se degradan bajo la acción de microorganismos (biodegradables), aunque casi siempre se presentan los dos tipos de manera combinada.

En los polímeros denominados fotodegradables, la luz solar induce al desarrollo de una serie de procesos fotoquímicos que conducen a la ruptura de las cadenas de los polímeros. El material puede fragilizarse con cierta facilidad y, bajo la acción erosiva del viento y la lluvia, puede reducirse a pequeños trozos que finalmente son atacados por microorganismos.

La biodegradación de los materiales plásticos tiene lugar debido a la acción de microorganismos, los cuales, en presencia de determinados polímeros, son capaces de segregar enzimas que atacan a este material, reduciéndolo inicialmente a pequeñas partes para finalmente digerirlos; pero este proceso tarda muchos años.

Existen polímeros biodegradables, tanto de origen natural (polipéptidos como la lana, seda, los polisacáridos como los dextranos, la celulosa, el almidón), como sintético (poli ácido láctico, policaprolactna y algunos tipos de poliuretanos).

En cuanto al PET, se puede decir que, cuando son utilizados en botellas, láminas para el envasado de alimentos, cuerdas, cintas de grabación, poseen una vida útil de 5 años y un tiempo de vida residual de unos 50-70 años.

En alfombras, cuerdas para neumáticos de vehículos, fibras poseen una vida útil de 10 años e igualmente 50-70 años de vida residual.



CIB-ESPOL

2.3 Técnicas de fabricación.

El primer paso para la fabricación de una pieza de plástico es la obtención de la materia prima, generalmente un derivado del petróleo.

El segundo paso es la polimerización o síntesis de las moléculas de plástico a partir de moléculas orgánicas más pequeñas ya sea mediante condensación o mediante emulsiones. El proceso de

polimerización necesita de unos componentes químicos que inicien o aceleren la reacción química llamados catalizadores.

Una vez producido el plástico se puede emplear directamente o bien añadirle aditivos o mezclar varios tipos de plásticos para conseguir determinadas propiedades. En la actualidad existen plásticos de estabilidad y resistencia parecida a la de los metales, pero con menor peso.

El último de los pasos es la fabricación de la pieza concreta empleando diversos métodos:

Extrusión.

Una extrusora de plástico es una máquina con un tornillo sinfín que empuja los gránulos de plástico hacia una zona caliente donde se funden antes de atravesar un troquel con la forma del perfil de la pieza a fabricar. La pieza al salir de la extrusora pasa por un baño de agua que va enfriando la pieza de forma progresiva.



CIB-ESPOL

Se fabrican mediante extrusión piezas largas con perfil uniforme, como tuberías perfiles de plástico para ventanas, canalones, rieles de cortinas, etc.

Los materiales empleados son: polietileno, PVC y nailon.

Moldeo por insuflación de aire comprimido.

Este método de fabricación se emplea en la construcción de piezas huecas como juguetes botellas y otros recipientes.

La pieza se fabrica a partir de un tubo de plástico recién salido de la extrusora y por lo tanto caliente, el tubo se encierra entre dos piezas de un molde y entonces se inyecta aire caliente a presión, expandiendo el tubo para tomar la forma del molde. Por último se enfría y se extrae la pieza del molde.

Los materiales empleados son: el polietileno, polipropileno y PVC.

Moldeo por inyección.

El moldeo por inyección es similar al empleado en metal, el plástico fundido procedente de la extrusora se inyecta a presión en un molde partido en dos. Una vez enfriada la pieza con agua, se abre el molde y se extrae el objeto fabricado.

Por este procedimiento se fabrican la mayoría de los objetos de plástico, en ellos se puede observar una línea delgada que marca la unión de las dos partes del molde y un pequeño punto por donde se inyecta el plástico.

Los materiales empleados son: polietileno, poliestireno, polipropileno y nailon.

Conformado por vacío.

Para fabricar mediante conformado en vacío, se parte de una lámina termoplástica delgada, que se coloca sujeta sobre el molde de la forma a reproducir; posteriormente se calienta y se extrae el aire de la parte inferior, de esta manera la lámina se adhiere al molde tomando su forma.

Este proceso se emplea para la fabricación de recipientes delgados y poco profundos como los tarros para yogurt y otros productos lácteos, las bandejas para bombones, las piezas de plástico para embalar y exponer frutas, etc.

Los materiales empleados son el poliestireno, el PVC y los plásticos acrílicos.

Moldeo por compresión.

El moldeo por compresión es un sistema de fabricación parecido a la forja pero con plástico, consiste en introducir entre dos moldes complementarios y calientes una pieza de polvo comprimido, que tomará la forma del molde al presionar las dos partes del mismo. El calor del molde iniciará la reacción química llamada degradación. El moldeo por compresión se emplea con plásticos termoestables.

Se fabrican mediante moldeo por compresión material eléctrico, tapas de inodoros, mangos de cazuelas, tapones de botellas etc.

CAPITULO 3

3. RECICLAJE.

La palabra reciclar significa: “someter repetidamente una materia a un mismo ciclo, para ampliar o incrementar los efectos de éste”. Es decir que reciclar no es más que hacer circular el material en un circuito cerrado para evitar desperdiciar la mayor cantidad de la materia prima original.

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

Se lo realiza a través de dos métodos a saber:

- Mecánicos
- Químicos

En lo que se refiere al método mecánico, la selección se la realiza por separación manual o por diferencia de densidades (flotación).

Luego se limpia el material para posteriormente molerlo y procesarlo; lo cual dependerá de la aplicación particular.

En el reciclado mecánico se utiliza el polímero, puesto que el objetivo es producir nuevos productos de éste. Es posible también introducir los plásticos en una gama de procesos que utilizan la química esencial de la mezcla de desechos plásticos para recuperar valor. Generalmente se hace referencia al proceso como "reciclado químico".

Entre las tecnologías utilizadas están la extrusión degradativa, la pirolisis, la hidrogenación, la gasificación, la incineración con recuperación de HCl, la aportación como agente reductor en hornos siderúrgicos, la glicólisis, la hidrólisis y la metanólisis.

Los municipios del país, deben formular campañas que lleguen a concienciar al ciudadano común de que el reciclaje es una actividad que puede reportarle a la comunidad grandes beneficios no sólo ecológicos sino también económicos; y así de esta manera dar un paso en firme hacia el nuevo siglo.



CIB-ESPOL

3.1 Características del PET reciclado.

Las propiedades del PET se modifican por la presencia de contaminantes en los artículos a reciclar, los cuales son: etiquetas de PEAD que por no ser compatible con el poliéster, origina que el PET presente turbidez; adhesivos que en presencia

de calor degradan al material disminuyendo su viscosidad y el acetaldehído, que debido a que es un compuesto volátil, fácilmente se desprende del PET propiciando la degradación durante el peletizado.

Las características del PET reciclado se tratan de conservar con la ayuda de aditivos especiales, entre ellos figuran el estabilizador de fosfito y el estabilizador fenólico/fosfito.

Se debe tener presente que las propiedades de todo material plástico reciclado se degradan, y el PET no es un caso aislado. La degradación se inicia por reacciones que rompen las cadenas moleculares. Los tipos de descomposición de los plásticos son:

- 1) Degradación térmica, la que se presenta cuando el polímero es expuesto a elevadas temperaturas, originando cambios químicos en la estructura del material. Las impurezas o aditivos que contiene el plástico reaccionan con la matriz en presencia de calor.
- 2) Degradación mecánica: se lleva a cabo por los efectos macroscópicos que producen los esfuerzos de cizalla; éstos generan calor de fricción, iniciando el rompimiento de cadenas. La degradación mecánica se controla con la velocidad del husillo.



CIB-ESPOL

- 3) Degradación por radiación química, que se efectúa cuando se expone al polímero a una radiación de energía electromagnética como son los rayos X o rayos gamma, o por radiación de partículas como electrones o neutrones. A este tipo de exposición sólo muy pocos plásticos resisten, por este motivo no todos los materiales se pueden esterilizar.
- 4) Degradación química, la misma que se refiere estrictamente a los cambios que se producen cuando el plástico tiene contacto con ácidos, bases, solventes y reactivos.

En la industria de transformación de plásticos, las dos formas de degradación que se generan durante el proceso son la térmica y la mecánica.

La degradación del material se incrementa de acuerdo al número de historias térmicas, originando que en determinada cantidad de pasadas, el plástico se descomponga totalmente.

Los cambios se efectúan durante el proceso de transformación; esto ocurre debido a las altas temperaturas de procesamiento y al esfuerzo mecánico que se genera entre el equipo y el material,



originando reacciones de entrecruzamiento que elevan el peso molecular o reacciones que reducen el tamaño de la cadena, ocasionando disminución en la distribución del peso molecular promedio. Estos cambios se manifiestan en las propiedades mecánicas y de fluidez del plástico.

Los datos de las características del PET reciclado se obtuvieron de una publicación del Centro Tecnológico de Plásticos y Elastómeros de Argentina.

El material utilizado en el estudio fue de tres clases:

- PET intacto
- PET 100% reciclado de preforma (post-industrial)
- PET 100% reciclado de botellas (post-consumo)

Los ensayos físicos se realizaron bajos las condiciones de atmósfera controlada y mantenida a $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ y una humedad del $50\% \pm 5\%$. Se puede observar los resultados de dichos análisis en el Anexo II.

3.2 Reciclaje del PET en Guayaquil.

El reciclaje de plásticos en general, lo efectúan contadas empresas, algunas de las cuales tienen preferencias marcadas

por algún tipo de material. Tal es el caso que PROCEPLAS, empresa perteneciente al grupo REIPA, se dedica a la producción de tubería flexible de polietileno, utilizando principalmente como materia prima fundas plásticas, polietileno de alta y baja densidad y plásticos post-industriales.

El proceso de obtención de dicha materia se basa en cuatro puntos:

- 1) Los materiales recolectados desde los centros de acopio en la ciudad, son precortadas o introducidas directamente.
- 2) Se procede al lavado previo de las mismas para desprender impurezas mayores.
- 3) Un segundo lavado asegurará el grado de limpieza requerido para seguir en el proceso.
- 4) Secado del material y preparación para su homogenización, aglutinación y peletizado para alimentar a las máquinas.

Las cantidades recolectadas son de aproximadamente 110 Tn/mes (peso húmedo) con un 15% de humedad promedio.

La materia prima neta empleada en la fabricación de tubería es material que sale de la aglutinadora, posterior al lavado: 85 Tn/mes (peso húmedo), con humedad del 2%.



La diferencia de 25 Tn/mes se debe a:

- Extracción de humedad en forma de agua y vapor 57% (14.25 Tn/mes).
- Suciedad: sedimentos, grasas, restos de metales, etiquetas 42% aproximadamente 10.5 Tn/mes.
- Emisión de partículas finas de plástico y sedimentos en el área de ciclones y aglutinadora menor al 1% (1/4 Tn/mes).

La planta labora las 24 horas en dos jornadas de 12 horas cada una y cuenta con 50 trabajadores.

Su producción está destinada al sector agrícola y agropecuario del país.

Esta compañía no se dedica al reciclaje exclusivo de PET, aunque existen proyectos en estudio para su futura implementación.

En cuanto a empresas que manufacturan preferentemente PET, está Coca-Cola, la cual recoge los desperdicios de su propia planta: PET (envases descartables) y REPET (retornable), y los transforma mediante un proceso de molienda. El material reciclado se ve así libre de cualquier combinación con otros

plásticos y suciedad y se obtiene un producto más limpio y homogéneo. Se producen aproximadamente unas 700 Tn/año, las mismas que son exportadas a diversos países como China, Grecia, dependiendo de la demanda existente.

Otros datos indican que se rechazan 38583 pre-botellas de PET mensualmente, las mismas que no cumplen con el control de calidad en el proceso de soplado, con un peso promedio de 47 g., lo cual nos arroja 1813 kg/mes. Esta cantidad representa solamente un 0.92% del total de producción de las pre-botellas, y se infiere que la producción total para el mercado es de 197 Tn/mes, solamente en la ciudad de Guayaquil.

Esta manera de reciclar de Coca-Cola, no complica mayormente al material ya que sólo consta de una etapa (molido), por lo cual no es menester rigurosos controles de calidad, aunque sigue la línea tradicional de comercializar solamente materia prima sin incrementar al producto valor agregado, lo cual ha sido desde siempre una de las falencias de las pseudo industrias ecuatorianas.

En el caso de Embotelladora de Bebidas Cítricas (EBC), existe un desperdicio promedio de 3000 botellas al día, con un peso medio de 34 g. Esto representa 3060 kg/d, los cuales pueden recolectarse directamente de la fábrica sin los inconvenientes de la mezcla con otros materiales.

Aunque el porcentaje de desperdicio con relación a la producción total no se logró determinar, estimaciones pertinentes permiten cifrarlo en 1.5%, con lo cual se tiene una producción de 204 Tn/mes sólo en envases no retornables.

Los desperdicios generados en la empresa, son enviados directamente al relleno sanitario. El material no se recicla ni se vende a ninguna compañía dedicada a esta actividad.

Sucede el mismo caso con Bebidas del Pacífico (Pepsi Cola), cuya producción es 100% de botellas descartables y no realizan reciclado alguno en sus instalaciones; en su defecto, venden parte de sus desechos a empresas dedicadas al reciclaje general.

Rigurosamente hablando, no existen registros de otra empresa que se dedique a reciclar exclusivamente PET, debido a que las aplicaciones que se le puedan atribuir no presentan todavía la claridad meridiana requerida por la mayoría de inversionistas de nuestro país para arriesgar grandiosos capitales.

3.3 Alternativas de producción con PET reciclado.

Dentro de las alternativas de uso que se pueden conceder al PET reciclado se encuentran las siguientes:

- Fibras para producción de hilo para telas hasta con 70% de plástico
- Fibras para escobas
- Lonas para camiones
- Fibras para alfombras
- Medias de nailon
- Tejas



En Colombia se están elaborando algunos de estos productos como parte de un programa piloto en Sudamérica. Información más detallada se puede obtener del artículo presentado en el Anexo III.

En nuestro país, especialmente en la región de la Sierra y en ciertos sectores de la ciudad económicamente pudientes, existe la tendencia, en el área de la construcción, a levantar hogares y ciertas clases de edificaciones con cubiertas (tejas) de tipo arcilloso o de hormigón, principalmente por razones climáticas en algunos casos y estéticas en otros.

Información obtenida de algunas empresas que se dedican a la fabricación y distribución de este tipo de cubiertas en Guayaquil, revelan que la demanda promedio de tales tejas es de 5000 m² al mes, existiendo distintas clases de acabados, pesos y precios.

Como ejemplo se tiene la industria cerámica PIONERO que posee tejas que varían desde un peso mínimo de 20 kg/m² hasta 30 kg/m². En cuanto al precio de éstos mismos materiales, oscila desde los \$7.90 por m² hasta \$16.68 por m².

Con información de la Cámara de la Construcción de Guayaquil, se determinó la cantidad aproximada de viviendas terminadas por sectores, rangos de precios y la oferta a futuro.



CIB-ESPOL

Como se puede observar en las gráficas del Anexo IV, la mayor cantidad de viviendas construidas se encuentran en los sectores de Alborada, Samanes y Quinto Guayas, zonas consideradas como de niveles económicos intermedios, y cuyos precios de viviendas oscilan entre los \$15000 y \$60000 como máximo.

Un desglose de parámetros de la vivienda popular indicó un área de construcción de 36 m² (viviendas de una sola planta), con cubiertas de tipo eternit. Las viviendas de costo medio alto (dos plantas) poseen un área de construcción de 195 m² con cubierta metálica y eternit.

En Guayaquil existe un total de 411000 m² de construcción (información hasta Septiembre del 2002), de los cuales 147000 m² corresponden al tipo residencial.

Frente a tales guarismos y teniendo los antecedentes de la inmensa cantidad de plástico desperdiciado (PET especialmente), se creyó conveniente, proporcionar al mercado de la construcción un material que ayude a solucionar no sólo problemas de orden económico sino también técnico y ambiental:

tejas de PET reciclado. Se expone a continuación un compendio de sus propiedades:

Ficha Técnica

Tejas por metro cuadrado: 10 unidades

Dimensiones: 300 x 307 mm.

Espesor: 7 mm.

Peso por teja: 0.84 Kg.

Duración: 20 años

Como puede apreciarse en la figura 3.1, se obtuvieron algunos prototipos de diferentes coloraciones y acabados; esto se debe a las diversas temperaturas del agua utilizada para el enfriamiento del plástico fundido.

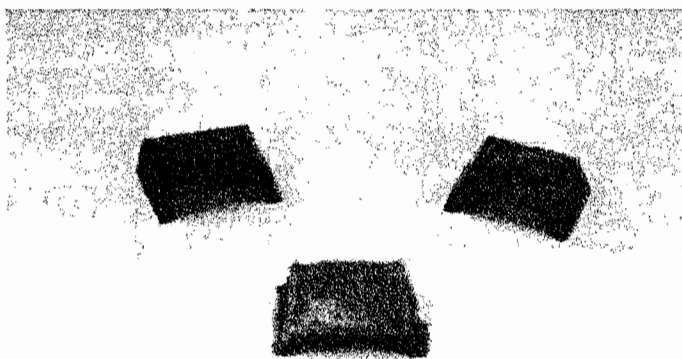


Figura 3.1. Prototipo de tejas.

Las tejas observadas anteriormente se fabricaron en un taller de manera artesanal, en un pequeño horno que permitió la fundición y control de temperatura del plástico.

Aunque una relación completa del proceso de fundición está más allá del alcance de este trabajo, se mencionará que fueron necesarios diferentes métodos y pruebas fallidas antes de alcanzar el producto deseado, debido a la carencia del equipo adecuado.

Ostentan además las siguientes ventajas:

- No se quiebran
- No decoloran
- Son económicas
- Muy livianas
- Antisísmicas
- Impermeables
- Aislantes del ruido
- Aislantes del calor
- Fáciles de instalar



CIB-ESPOL

Se obtendrían también beneficios adicionales tales como:

- Nacimiento de una nueva industria
- Generación de nuevas plazas de trabajo
- Reducción de desperdicios plásticos

Como es de esperar, esta nueva proposición de utilizar materiales alternativos para la construcción tendrá sus detractores; pero ya se encuentra presente en nuestro mercado cubiertas de PET provenientes de Colombia, de empresas como CRISTAPLAS, y una de sus distribuidoras en la ciudad es FIBRASA. Aún cuando este tipo de cubiertas se utiliza preferentemente en jardinería y espacios de recreación debido a su transparencia, se percibe ya una leve tendencia de aceptación, tal cual se observa en el siguiente cuadro:

VENTA DE PLANCHAS	
Enero	300
Febrero	373
Marzo	614
Abril	210
Mayo	356
Junio	156
Julio	271
Agosto	180
Septiembre	200
Octubre	220
Noviembre	150
Diciembre	450
TOTAL	3480

Tabla 8. Venta Total.

En promedio se venden 290 planchas mensuales; las medidas varían de acuerdo al modelo así se tiene que las planchas tipo "ETERNIT", varían en su longitud desde 610 a 3050 mm, y ancho de 920 mm. Las cifras anteriores se aprecian mejor en la figura 3.2.

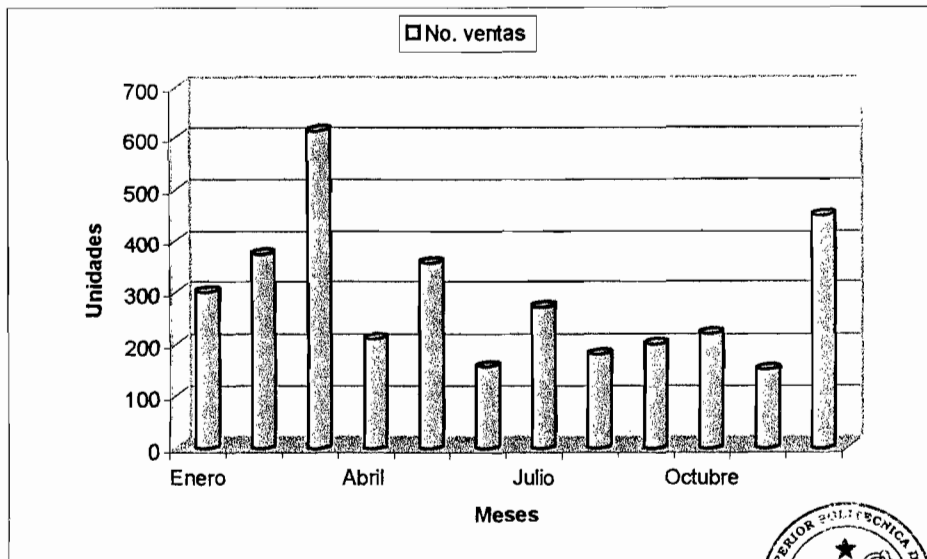


Figura 3.2. Venta de cubiertas de PET.



CIB-ESPOL

Las de tipo "ZINC" poseen el mismo rango de longitud pero un ancho de 820 mm.; y las tipo "ARDEX", de igual longitud, pero de ancho 1060 mm.

No se pretende dar cobertura a un 100% del mercado, pero se puede empezar con un 20-30% de la demanda existente en la ciudad, lo cual significa ya mucho, teniendo presente que nuestra

idiosincrasia es nuestro mayor óbice a la hora de buscar materiales alternativos y de mirar hacia nuevos horizontes tecnológicos.

Entre las desventajas se encuentra que son de fácil combustión debido al material de fabricación; dificultad para ingresar al mercado con un producto diferente e innovador, empero, se tratará de fabricar un producto que cumpla con las más altas normas de calidad; no sólo para la venta en el mercado nacional sino con miras a proyectar esta nueva industria en el ámbito internacional.



CIB-ESPOL

CAPITULO 4



4. FABRICACIÓN DE TEJAS CON PET RECICLADO.

La fabricación de tejas con PET reciclado involucra manipular una amplia gama de variables tales como: materia prima disponible, proceso de fabricación, tipo de maquinaria requerida, equipo auxiliar necesario, requerimiento del mercado y la aceptación del producto; algunos de estos factores muy delicados y difíciles de evaluar. Es por ello que este trabajo es sólo un primer paso en la implementación de este nuevo tipo de material para la construcción, el cual se espera abra el campo a nuevas industrias que permitan desarrollar la tecnología necesaria para tiempos mejores.

4.1 Determinación de la capacidad de producción.

La determinación de la capacidad de producción será establecida en base a la demanda existente de tejas en el mercado de la construcción, tomando en cuenta además la producción de botellas de las fábricas que surten al mercado de la ciudad.

En cuanto a la exigencia del sector constructor como ya se mencionó anteriormente existen en Guayaquil unos 411000 m² de construcción de los que 147000 m² conciernen al tipo residencial.

Según cifras estimadas, se considera que del 20% que se pretende cubrir, el 60%, es decir, 7350 m²/mes, corresponden a viviendas del tipo popular. Y el 40%, 4900 m²/mes, a viviendas de tipo intermedio; esto significa 3500 m² o 35000 tejas mensuales.

Lo anterior se puede resumir en la tabla 9:

CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN		
AREAS		
	Valores	Unidades
área de construcción	147000	m2/año
% a cubrir	20%	
Popular	60%	
Medio	40%	
total popular	88200	m2/año
total medio	58800	m2/año
popular mes	7350	m2/mes
media mes	4900	m2/mes
total a cubrir	2450	m2/mes

Tabla 9. Porcentaje de demanda.

TEJAS		
		unidades
Cantidad tejas	10	Teja/m2
Material de teja	0.83811	kg/teja
total	8.3811	kg/m2

Tabla 10. Características de producción.

La producción se obtiene de la siguiente manera:

Producción del extrusor

$$\mathcal{R} = 2450 \frac{m^2 \text{ mes}}{\text{mes } 22d} 8.38 \frac{kg \text{ } d_{lab}}{m^2 \text{ } 8h}$$

$$\mathcal{R} = 120 \text{ kg/h}$$



CIB-ESPOL

donde d_{lab} equivale a una jornada de trabajo de 8 horas y el mes consta de 22 días hábiles. Esto representa 21.12 Tn/mes.

La tasa de producción que servirá de base para todos los cálculos efectuados posteriormente será de 130 kg/h, es decir que se tendrá un exceso de producción de casi 10%. Esto representa 22.5 Tn/mes.

Referente a material se cuenta para este fin con la producción de Coca-Cola y EBC, las cuales son de 197 y 204 Tn/mes respectivamente.

Como se puede comparar, el material para la producción apenas representa el 11.42% y el 11.03% de la producción total de Coca-Cola y EBC respectivamente; esto asegura que se tendrá al menos la materia prima suficiente para el normal funcionamiento.

Los guarismos presentados serán la carga mínima que el molino y el extrusor deberán procesar.

Una vez establecida la producción de la fábrica, se describirá el proceso de producción y selección de la maquinaria a utilizar.

4.2 Proceso de fabricación.

El procedimiento a seguir en la fabricación de las tejas obedece a un diagrama de proceso y es el que se observa en la figura 4.1:

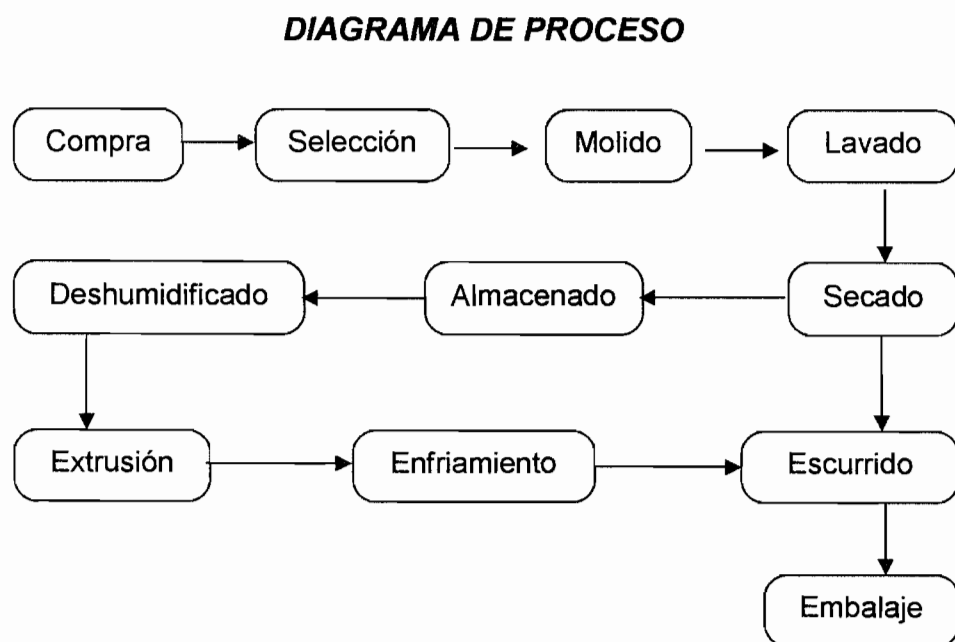


Figura 4.1. Diagrama de proceso.

1. Selección y compra de la materia prima necesaria para la producción de las tejas.

El material consistirá en envases sin tapas ni etiquetas. Siempre debe existir un excedente en bodega listo para ser utilizado por si ocurre algún imprevisto. Este excedente se molerá y se almacenará en un silo donde permanecerá listo para ser utilizado, aun cuando se tratará de que esto no suceda.

2. Trituración o molienda de los plásticos.

Para un mejor manejo en el lavado del material se procede a su reducción en pequeños gránulos. Si llegara a presentarse el caso, sería menester dos molinos: uno para procesar la materia prima que llega y otro para la cantidad destina para el lavado.

3. Lavado de los plásticos.

En esta etapa se remueven impurezas y algunos restos de etiquetas de los envases ya que es necesario que el material sea lo más homogéneo posible para evitar así la degradación.

Para el PET, cuando su contenido en agua está sobre 0,02%, su resistencia del choque, y otras propiedades, se

reducen demasiado, tal como puede observarse en la figura 4.2, la cual se obtuvo del portal en internet de KENPLAS.

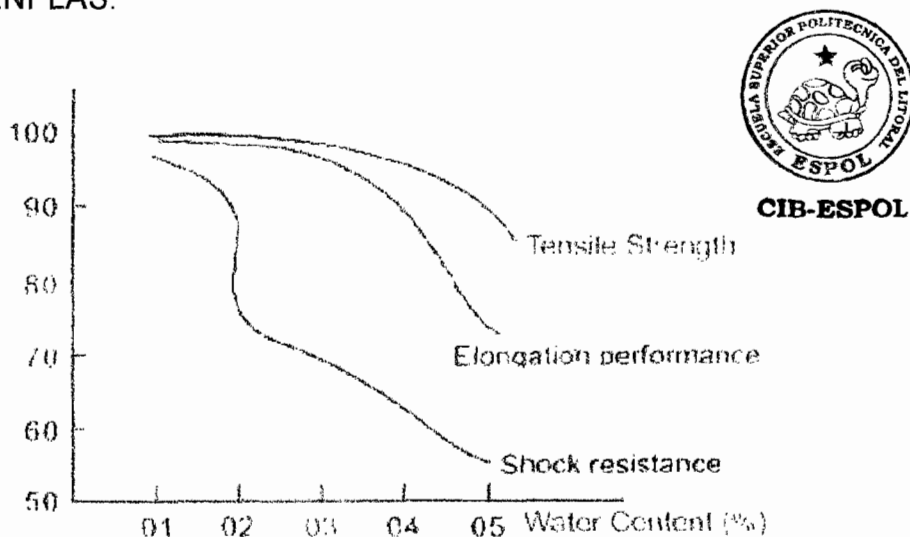


Figura 4.2. Propiedades vs. Humedad. (Fuente KENPLAS)

4. Secado del triturado.

El material se envía a un túnel de secado o a una centrífuga, donde debe escurrir el agua utilizada en su lavado.

Ya que es menester que el plástico contenga como máximo el 0.02% de humedad, éste se procesa en un deshumidificador y no solamente con aire caliente debido al tiempo invertido para efectuar esta tarea; posteriormente

es llevado a un silo donde se almacenará en forma provisional.

En la figura 4.3 se puede observar una comparación entre el secado con aire caliente y un deshumidificador. Esta figura proviene, igual que la anterior, de KENPLAS.

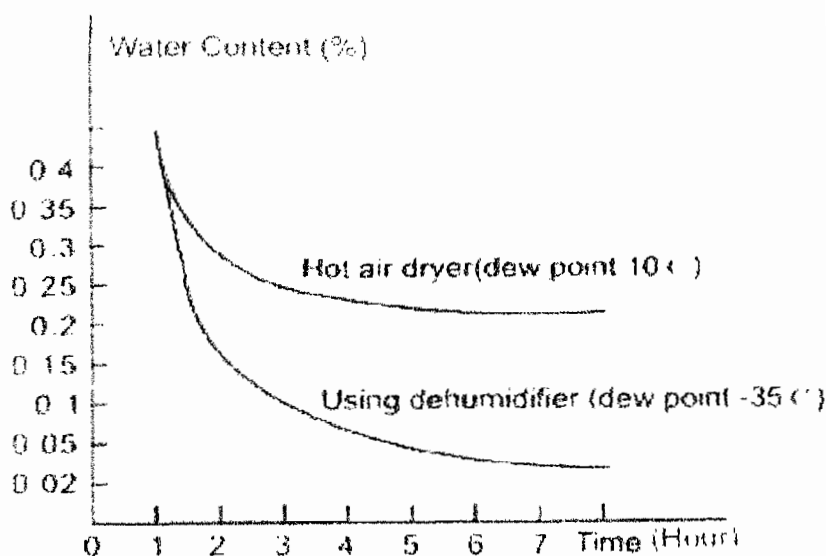


Figura 4.3. Tiempos de secado. (Fuente KENPLAS)

Puede también almacenarse una cierta cantidad para evitar contratiempos; este almacenamiento podría ser el equivalente a unas horas de producción.

5. Alimentación del extrusor.

Para la producción de los elementos, se considera la cantidad previamente establecida, en este caso 130 kg/h.

La alimentación debe ser continua durante toda la jornada de trabajo y se la realiza desde un silo ubicado cerca de la máquina.

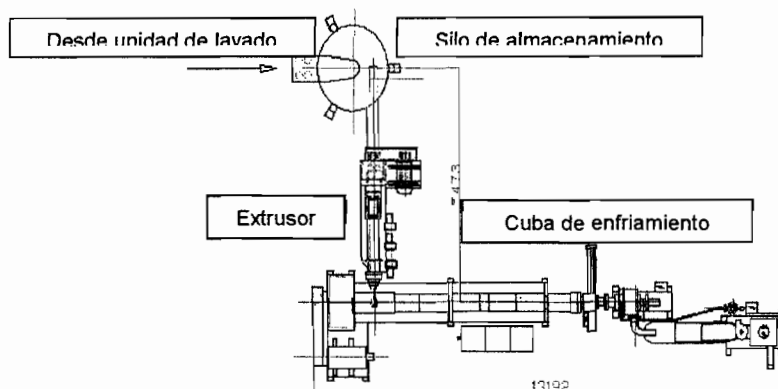


Figura 4.4. Proceso de fabricación.

En la salida del extrusor se encuentra el molde o matriz, que es la que dará la forma a las tejas.

6. Corte con la cizalla.

Las tejas fabricadas son cortadas según las medidas preestablecidas por una cizalla automática sincronizada con el extrusor.

El tiempo de corte depende del tiempo de llenado del molde, el cual se determinará posteriormente.



CIB-ESPOL

7. Enfriamiento del material.

Los elementos fabricados entran a la cuba de enfriamiento para el temple necesario del plástico. Cuando salen de la matriz las tejas alcanzan temperaturas muy elevadas y su enfriamiento permitirá que alcancen la rigidez necesaria y hará más fácil su manipulación. Esto se lo realiza en una unidad diseñada especialmente para este efecto.

La teja debe recorrer la unidad de enfriamiento el tiempo necesario para enfriar su parte central.

El traslado en dicha unidad lo realizará una banda transportadora.

8. Secado del producto.

Una vez salida de la cuba, el artículo terminado es secado para el posterior almacenaje y distribución.

Esta manipulación se la puede realizar con la ayuda de un monta carga.

4.3 Selección de maquinaria.

La selección de la maquinaria se ha de realizar de acuerdo a la capacidad de producción de la planta, ajustándose a los requerimientos iniciales para no incurrir en el error de sobredimensionar los equipos, lo cual redundaría en desmedro de la empresa, ya que no se estaría operando los equipos a plena carga.

Sin embargo, necesario es dejar un margen razonable para futuras ampliaciones de instalaciones y de producción.



Extrusor.

Entre los equipos principales que se necesitan se encuentra un extrusor. En su interior se funde el plástico debido al calentamiento experimentado en el barril y a las altas presiones producidas por el husillo. Según operaciones realizadas, la producción será de 130 kg/h; este valor depende de la demanda a cubrir.

La potencia que se requiere imprimir para la rotación del tornillo se obtiene de un motor eléctrico.

Por cada 745 W se produce entre 2.27 – 4.54 Kg. de plástico por cada hora de trabajo.

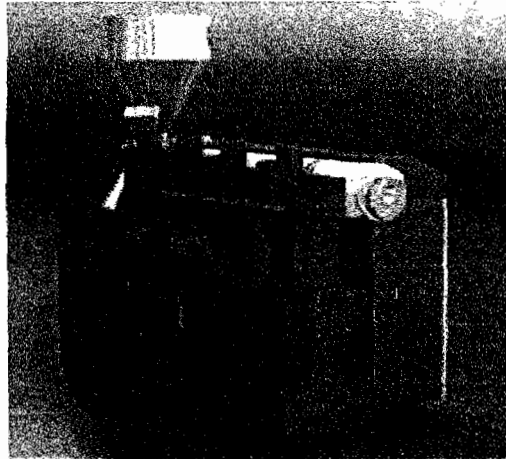


Figura 4.5. Extrusor.

Así el motor que se necesita es de 22.37 KW y producirá entre 68 y 136 Kg. de plástico fundido por hora.

Estas cifras depende de algunos parámetros como: el tipo de plástico, velocidad de rotación, dimensiones de la matriz, etc.

Algunos de los parámetros a tener en cuenta en la elección de un extrusor son los siguientes:

- Potencia del motor
- Tamaño del barril
- Tornillo

- Relación de compresión
- Relación L/D

Se puede observar en la figura 4.6 los principales componentes del extrusor y las zonas de operación del tornillo:

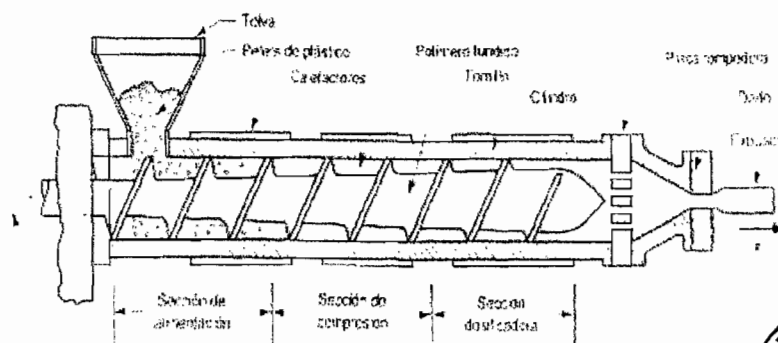


Figura 4.6. Componentes de un extrusor.



CIB-ESPOL

Actualmente el filete se encuentra ya normalizado; el paso es la distancia entre los filetes; el ángulo helicoidal indica la pendiente del filete y es de 17.7 grados.

La sección hueca entre dos filetes forma el canal del tornillo; por este canal fluye el plástico. El fondo o base del canal es la raíz del tornillo. La profundidad de éste medida de la raíz hasta el tope de la cresta es una característica muy importante.

Este valor varía a todo lo largo del tornillo: es mayor en la sección directamente debajo de la tolva de alimentación y mínima en la sección frontal casi en el dado y la variación puede ser desde 9.5 mm a 3.2 mm.

En la figura 4.7, se observa un detalle del tornillo.

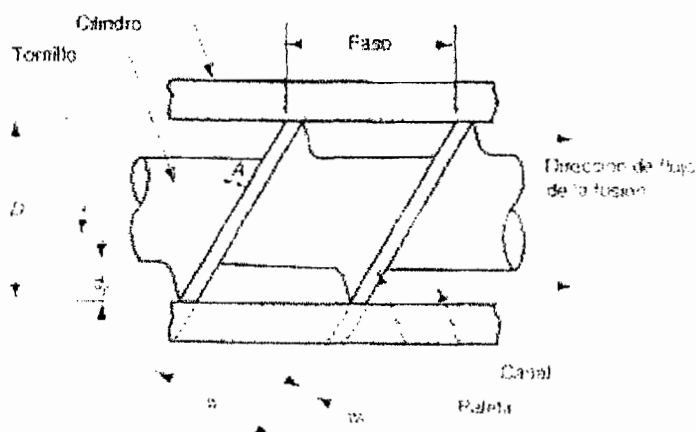


Figura 4.7. Detalle de tornillo.

Debe tomarse en cuenta que para la extrusión de PET, se utilizará husillos de filete sencillo, con una relación L/D mayor a 30 (D es el diámetro del husillo) y paso constante de $1D$, lo que se conoce con el nombre de tornillo cuadrado.

Tornillos con venteo.

Para desgasificar las maquinas modernas utilizan tornillos con venteo que es como si se colocaran dos o más tornillos en serie

para así garantizar la uniformidad del material y evitar la presencia de gases que hacen que el material no sea uniforme o se degrade como en el caso del PET.

En la zona de venteo la sección del tornillo disminuye haciendo que la presión caiga hasta la atmosférica y así poder extraer mediante bombas de vacío todos los gases presentes en el material que por procesos previos de lavado por ejemplo en el caso del reciclaje contenga humedad.

Equipo triturador.

Según cálculos efectuados para determinar la capacidad de la planta, se necesita un molino o triturador con una tasa de

producción de 180 kg/h, para cortar las botellas y transformarlas, las cuales se introducirán luego del lavado y secado en el extrusor.

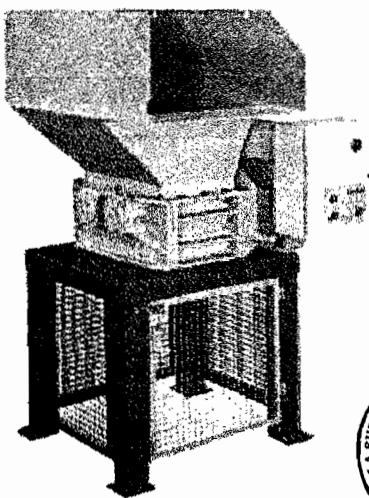


Figura 4.8. Molino.

CIB-ESPOL

El molino que se cotizó con la empresa Costarelli de México, posee una capacidad de corte de plástico de 150-300 kg/h, la misma que permitirá procesar a la vez las botellas que llegan y el material para el lavado.

Tiene además una velocidad de rotación de las cuchillas de 10-20 rpm y su potencia es de 7.5 Kw.

Unidad de lavado y secado.

Este equipo está diseñado para una capacidad mínima de trabajo de 400 kg/h, que es superior al valor estimado de 200 kg/h, el cual está basado en la producción del extrusor, necesaria para la operación de la fábrica. Esto no es un óbice ya que se planea ampliar la cobertura del mercado de tejas y se puede almacenar el material en el silo para este efecto.

La máquina está diseñada según los principios de una centrífuga horizontal, esto permite procesar material muy sucio y con alto contenido de residuos. El caudal de agua necesario para la unidad de lavado es de 7.56 m³/h.

Serán menester filtros apropiados para evitar la obstrucción de la tubería tanto por los residuos desprendidos como por restos de plásticos flotantes.

Después del lavado, el plástico se seca en la misma centrífuga dinámica horizontal y una vez que el material ha escurrido, se lo encausa hacia el silo de almacenamiento.

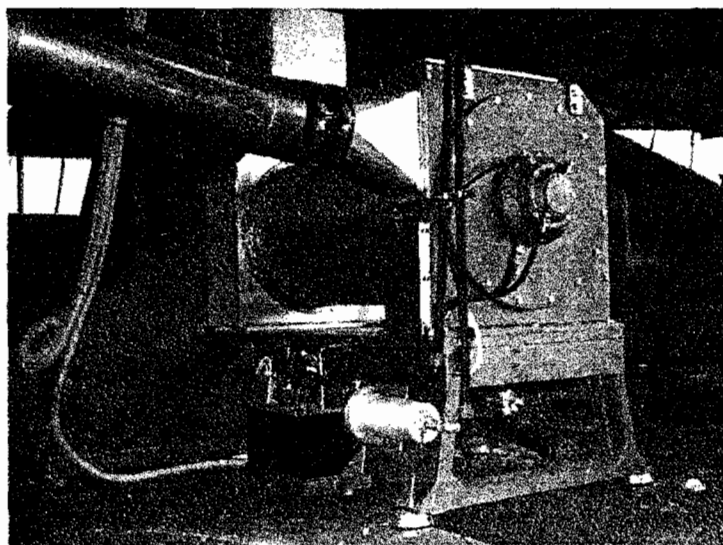


Figura 4.9. Unidad de lavado y secado.



CIB-ESPOL

Esta etapa de secado no es la única, ya que luego se conduce el material a un silo donde se somete en el deshumidificador para que, después de alcanzar el grado de humedad requerido, sea enviado luego al extrusor.

Unidad de corte.

La velocidad de corte está relacionada con el tiempo que tarda en llenarse el volumen de la matriz por lo que se debe calcular dichas cantidades. La teja tendrá forma semi-circular, regida por la siguiente ecuación matemática:

$$y = r\theta \quad (4.2)$$

$$r = \frac{y}{\theta}$$

$$r = 180/\pi = 55 \text{ mm}$$

donde θ es el valor del ángulo en radianes, y la longitud de arco es de 180 mm, lo cual significa que su amplitud (máxima distancia de la curva al eje horizontal) es de 55 mm.

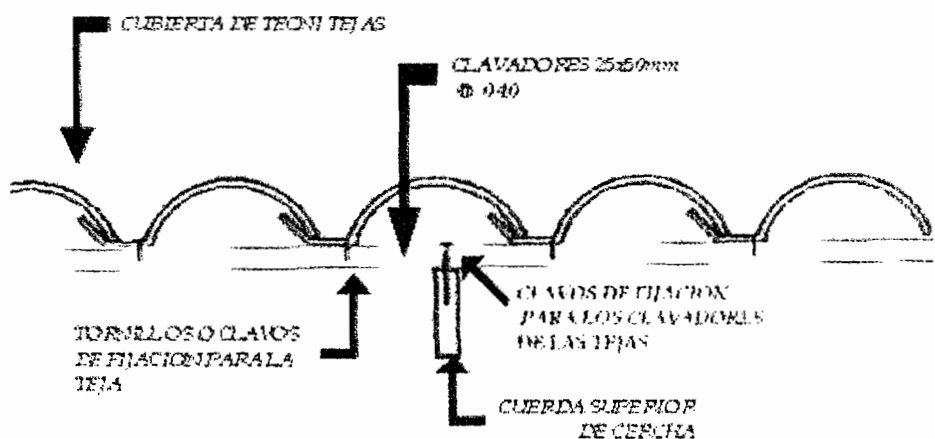


Figura 4.10. Forma de la teja.

La zona de traslape es de 60 mm al igual que la extensión plana de la teja.

La longitud de arco de esta curva se calcula por medio de métodos numéricos, resultando ser de 307 mm.

El largo es de 300 mm y el espesor de 7mm. Esto nos determina un volumen de:

$$V = eal \quad (4.3)$$

$$V = (7)(307)(300)$$

$$V = 6.45E-4 \text{ m}^3.$$



En la figura 4.11 se puede apreciar la disposición de las tejas.

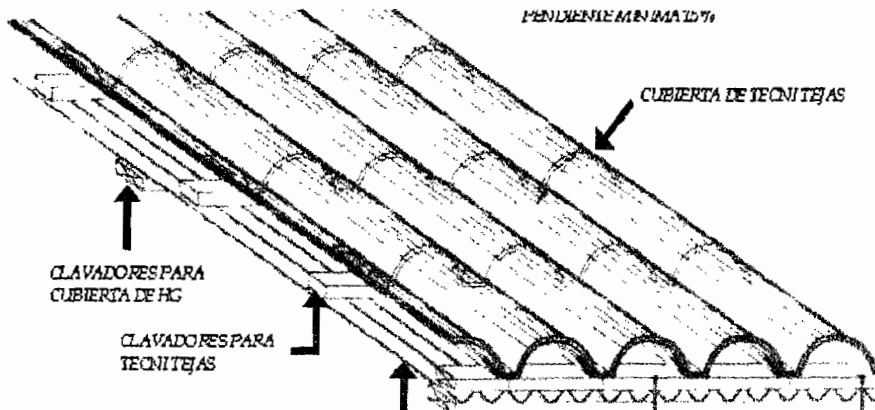


Figura 4.11. Disposición de tejas.

El tiempo de llenado del molde se determina con el volumen del mismo y la cantidad de producción de plástico.

Tiempo de llenado

$$\Delta t = \frac{\rho V}{m^{\circ}} \quad (4.4)$$

$$\Delta t = 23.5 \text{ s.}$$

Entonces, para el corte, se cuenta con una cuchilla o cizalla hidráulica, la misma que dimensionará las tejas a la salida del extrusor de acuerdo a los diseños previos; estos equipos deben estar sincronizados, ya que, las tejas se producirán cada 23.5 segundos de manera continua.

La fuerza de corte necesaria se calcula a través de los siguientes pasos:

- Primeramente se necesita conocer la resistencia al cortante del plástico, la cual es de 750 MPa.
- Seguidamente se calcula la carga una vez conocida el área de corte.

$$\tau = \frac{F}{A} \quad (4.5)$$

$$F = \tau A$$

con un área de corte de 7 x 300 mm se tiene una fuerza cortante de:

$$F = 750E6*(7)(300)(1E-6)$$

$$F = 158 \text{ Tn.}$$

Con este dato de la fuerza de corte, se seleccionó una cizalla cuya potencia resultó ser de: $W^o = 56 \text{ KW}$.

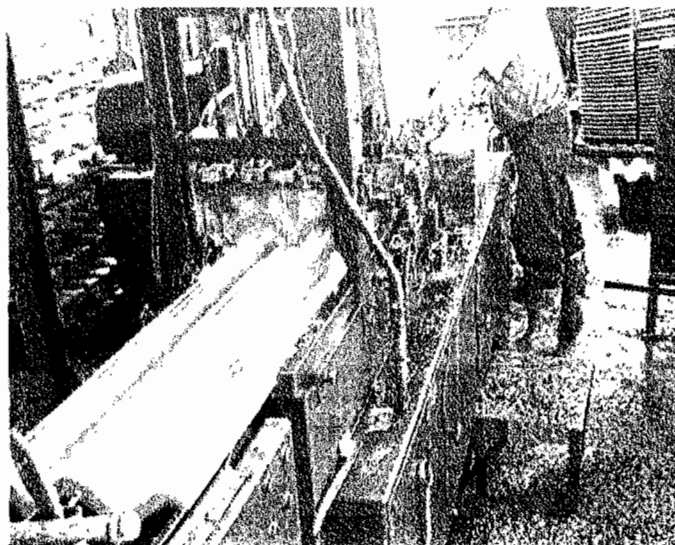


Figura 4.12. Cizalla a la salida del extrusor.

Unidad de enfriamiento.

Una etapa crítica en el conformado del producto es la etapa de enfriamiento y en especial la del núcleo o parte central.

Para tener una idea del tiempo que necesitan las tejas para su refrigeración, se presenta el siguiente análisis:

Tiempo de enfriamiento del núcleo

Para proceder a este análisis se deben realizar algunas simplificaciones de ingeniería tales como: considerar a la teja como una pared plana infinita cuyo espesor es $2L$; asumir una densidad y capacidad calorífica constante con la temperatura; propiedades homogéneas en todo el elemento. Una vez realizado esto, se procede al cómputo:

$$\frac{T_0 - T_\infty}{T_i - T_\infty} = C_1 e^{-\zeta^2 Fo} \quad (4.6) \quad Fo = \frac{\alpha t}{x^2} \quad (4.7)$$

donde T_0 es la temperatura central, T_i la inicial de la teja y T_∞ la del fluido; C_1 , ζ son constantes dependientes del número de Biot; Fo es el número de Fourier, α el coeficiente de difusividad térmica, x la distancia superficial al plano medio y t el tiempo.

Reemplazando (4.7) en (4.6):

$$t = \frac{1}{\alpha} \left(\frac{x}{\zeta} \right)^2 \ln \left(\frac{1}{C_1} \frac{T_i - T_\infty}{T_0 - T_\infty} \right)$$

La tabla 11 muestra los valores de los parámetros a continuación.

PARÁMETROS PARA TIEMPO DE ENFRIAMIENTO

TIEMPO DE ENFRIAMIENTO		
PARAMETROS	VALOR	UNIDADES
Coefficiente térmico	1.60E-07	m ² /s
Temperatura inicial fluido	5	C
Temperatura central	39	C
Temperatura inicial	240	C
Sae	1.4625	
constante C1	1.26595	
Plano medio Xo	0.0035	m
tiempo enfriamiento	77.64	s

Tabla 11. Variables en el enfriamiento.

El resultado es de $t = 77.64$ s.

En lo referente al cálculo de la dimensión del equipo, se lo realiza reparando en que la energía cedida por el plástico es igual a la energía ganada por el agua debido a la convección; la siguiente ecuación muestra dicho balance de energía:

Calor cedido por plástico = Calor ganado por el agua

$$m^{\circ}c_p\Delta T = hA\Delta T \quad (4.8)$$

en la cual m° es el flujo másico de material, c_p el calor específico del plástico y ΔT su diferencial de temperatura; A el área de la cuba, h el coeficiente convectivo y ΔT el diferencial de



CIB-ESPOL

temperatura del agua. Considerando las tejas como una placa plana se tiene:

$$h = \frac{Nuk}{L} \quad (4.9) \quad A = bL \quad (4.11)$$

$$Re = \frac{\rho vL}{\mu} \quad (4.10) \quad Nu = 0.036 Pr^{1/3} Re^{4/5} \quad (4.12)$$

ecuaciones en las cuales Nu es el número de Nussel, Re el de Reynolds, Pr el de Prandtl, ρ la densidad del agua, μ su viscosidad y v su velocidad; b es el ancho de la cuba y L su longitud a calcular. Reemplazando en las ecuaciones (4.9) en (4.8), (4.11) en (4.8) y (4.10) en (4.12):

$$m^{\circ}c_p(T_{sal} - T_{ent}) = \frac{Nuk}{L} A(T - T_{\infty})$$

$$m^{\circ}c_p(T_{sal} - T_{ent}) = \frac{0.036 Pr^{1/3}}{L} \left(\frac{\rho vL}{\mu} \right)^{4/5} bL(T - T_{\infty})$$

$$L = \frac{\mu}{\rho v} \left[\frac{m^{\circ}c_p(T_{sal} - T_{ent})}{0.036 Pr^{1/3} b(T - T_{\infty})} \right]^{5/4}$$

$$L = 1.7 \text{ m.}$$



CIB-ESPOL

Unidad de transportación.

Es menester un sistema de banda transportadora, el cual estará sumergido en la cuba trasladando las tejas.

Es importante que el material de la banda sea un material resistente al agua y que no permita el deslizamiento de las tejas en su procesamiento; puede ser hecha de caucho, plástico o cualquier material que cumpla con las condiciones anteriormente mencionadas.

La velocidad de transportación influye de manera decisiva en las dimensiones de la unidad de enfriamiento por lo que es necesario seleccionar aquella que no ocasione problemas en el traslado del artículo, pero que a su vez permita la transferencia de calor.

La figura 4.13 permite observar un esquema del sistema de transportación por banda.

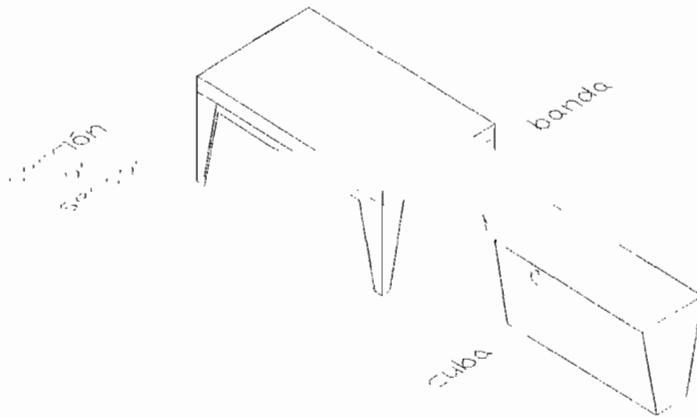


Figura 4.13. Esquema de la banda de transporte.

Consultando en el Manual del Ingeniero Mecánico, se selecciona una velocidad apropiada de 0.0381 m/s.

Equipo deshumidificador.

El contenido de humedad del material a trabajar debe ser estrechamente controlado; para ello se seleccionó un deshumidificador cuya capacidad de secado es de 358 kg/h, con un tiempo de permanencia o exposición de 3 horas y con un flujo de aire de 600 m³/h.

Esto permite obtener la cantidad de material suficiente para el proceso de fabricación. Así, de esta manera, el contenido de humedad en el material será de 0.02%.

Un esquema del equipo se pueden observar en la figura 4.13.

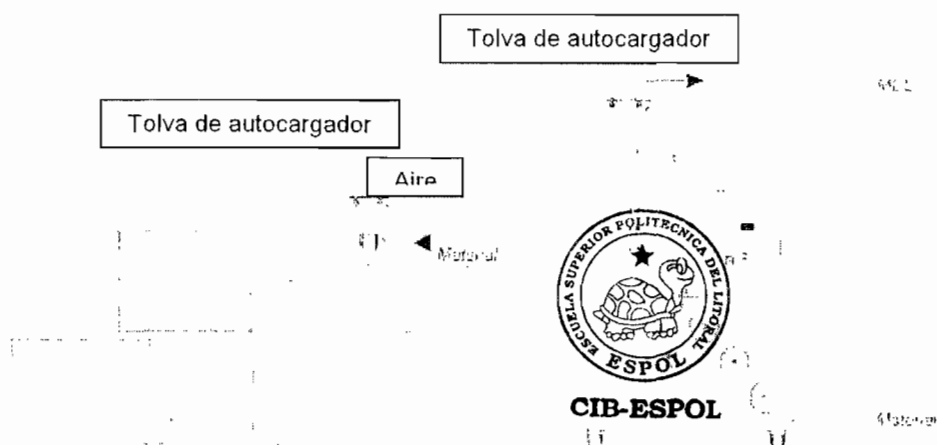


Figura 4.14. Deshumidificador.

En el caso de la fábrica de tejas de PET, el deshumidificador se conecta a un silo de secado donde el material debe permanecer para reducir su porcentaje de humedad. Las dimensiones de este silo dependen de la capacidad del deshumidificador.

Equipo de pesaje.

El equipo necesario para la recepción y pesado de la materia prima es una báscula con capacidad de 300 Kg. y cuyas medidas son: espesor de 120 mm y área de 600 x 600 mm.

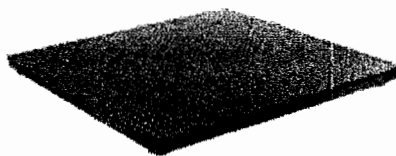


Figura 4.15. Báscula.

Como puede colegirse, es una báscula pequeña y no del tipo "industrial", ya que no es posible pesar camiones con su carga.

Se utiliza un pequeño montacargas para la transportación del producto terminado hacia la bodega de almacenamiento.

4.2 Distribución de planta.

La distribución de la planta sigue la secuencia de los pasos indicados en el proceso de producción y se la puede observar en el plano del Anexo V.

Dentro de las instalaciones presentes en la planta se tiene las siguientes zonas:

- Zona de descarga y pesaje
- Zona de selección
- Área de proceso
- Oficinas
- Bodega
- Vestidores

El área total del complejo es de 540 m², los cuales serán suficientes para los inicios de la fábrica.



CIB-ESPOL

CAPITULO 5

5. PLANIFICACIÓN DE LA INSTALACIÓN.

La planificación de instalación de la industria empieza con la cotización de equipos y maquinarias y con el inicio de la obra civil. Dentro de este icono se consideran todos los factores relacionados con la construcción de las edificaciones y la infraestructura física, las mismas que albergarán a los empleados, operarios y equipos.

La cotización de los diferentes equipos conlleva comparar las diferentes ofertas existentes en el mercado tanto económica como técnicamente, es decir que se elige aquella que se ajuste a las necesidades tecnológicas requeridas en la obra.

El tiempo estimado para la cotización de equipos y maquinarias es de un mes.

Una vez seleccionadas las diferentes ofertas de los equipos, se procede a su compra e importación; esta actividad toma un tiempo de tres meses desde el embarque en puerto extranjero hasta su arribo a nuestro país.

La instalación de la infraestructura de la planta se enmarca en el ámbito de lo civil, misma que se detalla a continuación:

- Nivelación y replanteo
- Excavación
- Replanteo de hormigón simple
- Hormigón armado 210 kg/cm^2
- Relleno compactado
- Contrapiso
- Bordillo
- Acera
- Estructura metálica de la cubierta
- Cubierta de estilpanel
- Paredes de bloques rebocadas
- Cerámica de pared
- Pintura de caucho
- Cisterna
- Pozo séptico
- Puntos de agua potable
- Punto de agua servida
- Tubería de agua potable
- Tubería de agua servida



CIB-ESPOL

- Cajas de registro
- Sistema contra incendio
- Rejas de acero
- Garita de guardianía

Estos rubros contemplan las condiciones necesarias para el normal desempeño de la fábrica.

La obra civil se culminará en aproximadamente 3 meses y medio.

La instalación de la obra eléctrica se realiza en el lapso de un mes y tiene un costo de \$ 37000; consta de lo siguiente:

- Instalación del sistema eléctrico de puesta a tierra (anterior a la obra civil)
- Instalación de servicios básicos (tomas de corriente de oficinas, mantenimiento básico, limpieza)
- Iluminación (instalación de ductos y luminarias (240 voltios) en todos los ambientes)
- Instalación servicio eléctrico: Motores – Planta:
 - Canalización aérea hasta equipos eléctricos
 - Acometidas hasta motores
 - Tomas de corriente para mantenimiento industrial
- Instalación del sistema tablero de distribución general

- Instalación de sistemas de protección:
 - Sistemas de protección en sitios
 - Instalación de sistemas de protección en tablero de distribución general
- Instalación de la cámara de transformación trifásica (transformación en conexión de configuración delta-estrella, con voltaje secundario 480 - 240 voltios)
- Acometida principal a cargo de la Empresa Eléctrica (Suministro de energía eléctrica a 13800 voltios, sistema de medición indirecta de clase 20)

Los materiales y elementos necesarios para la operación eléctrica de la planta son:

- Tres transformadores monofásicos convencionales de 75 KVA cada uno
- Tablero de distribución general
 - Tres barras de distribución de poder (480 voltios entre barras)
 - Una barra para conexión al sistema de puesta a tierra y neutro



CIB-ESPOL

- Disyuntores de protección tripulares de circuitos motorizados: 250 A, 175 A, 2x75 A, 30 A, 3x 25 A, 2x10 A, 5 A
- Abrazaderas y accesorios para instalación de canaletas de distribución de conductores eléctricos
- Conductores eléctricos de cobre con aislamiento tipo THHN

El tiempo de la instalación de la obra mecánica tanto de maquinarias así como de elementos auxiliares se estima en cinco semanas.

Se puede observar en la figura 5.1 un listado de las tareas antes mencionadas y sus tiempos de ejecución.

CRONOGRAMA SIMPLIFICADO DE LA OBRA

PLANIFICACION DE LA INSTALACION																				
DESCRIPCION DE TAREA	Primer mes				Segundo mes				Tercer mes				Cuarto mes				Quinto mes			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Cotización de equipos	■	■	■	■																
Importación de equipos					■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■				
Obra civil	■	■	■	■																
Obra eléctrica													■	■	■	■				
Obra mecánica																	■	■	■	■

Figura 5.1. Cronograma de obras.

Referente a la instalación de equipos mecánicos auxiliares, se procede a la determinación de su capacidad y sus accesorios.

Más adelante se describirá con todos sus pormenores o detalles dicha obra.

Dentro de los equipos auxiliares se encuadran los servicios prestados por: bombas, compresores, enfriadores, ventiladores, etc.

Bombas.

Para el lavado del material será menester hacer fluir el agua desde la cisterna de almacenamiento hacia la unidad de lavado; aquí debe tener la suficiente presión que permita a los elementos plásticos desprenderse de las partículas de suciedad y de los restos de etiquetas adheridas, para tener así una materia prima límpida.

BOMBA PARA CENTRIFUGA		
	VALORES	UNIDADES
Reynolds	9.13E+04	
Viscosidad	7.69E-04	
densidad	1000	kg/m ³
diámetro entrada	2	in
Diámetro nominal	0.0508	m
área entrada	0.002027	m ²
velocidad entrada	1.036	m/s
caudal	126	l/min
Gasto	0.0021	m ³ /s
longitud tubería	100	m
fricción tubería	0.024	
cabezal	3.857	m
potencia	0.106	KW



CIB-ESPOL

Tabla 12. Parámetros de bomba.

Como sólo se necesita hacer llegar el fluido hacia el equipo, no se precisa una gran potencia, únicamente el cabezal necesario para vencer las pérdidas en la tubería.

En la figura 5.2 se aprecia un esquema de la bomba de lavado; se observa además la bomba que transporta el agua de refrigeración.

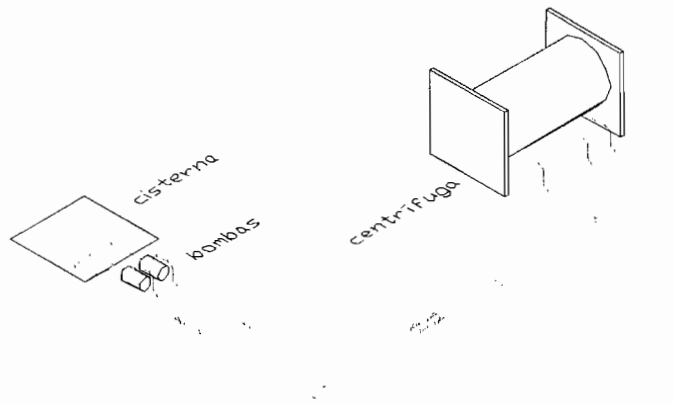


Figura 5.2. Esquema de centrífuga.

Si se considera que la bomba posee una eficiencia de rendimiento del 75%, entonces su potencia real es:

$$W_{real}^{\circ} = \frac{W_{teor}^{\circ}}{effic} \quad (5.1)$$

$$W_{real}^{\circ} = 0.106 \text{ KW}$$

También se necesita una pequeña bomba para suministrar el agua de enfriamiento a la centrífuga y cuyo caudal es de 23 l/min; su potencia es $W^{\circ} = 0.075 \text{ KW}$.

Trabajando con la misma eficiencia, 75%, la potencia real es:

$$W^{\circ}_{real} = \frac{W^{\circ}_{teor}}{effic} \quad (5.2)$$

$$W^{\circ}_{real} = 0.1 \text{ KW}$$

Como equipo auxiliar de la unidad de enfriamiento, que hará circular el agua de refrigeración, se tiene también una bomba de agua.

El caudal es calculado de la siguiente manera:

$$(m^{\circ}c_p\Delta T)_{agua} = (m^{\circ}c_p\Delta T)_{plástico} \quad (5.3)$$

$$m^{\circ}_{agua} = \frac{(m^{\circ}c_p\Delta T)_{plástico}}{c_p\Delta T_{agua}}$$

$$G = \frac{m^{\circ}_{agua}}{\rho}$$

$$G = 0.817 \text{ m}^3/\text{h}$$



CIB-ESPOL

Este es el gasto necesario para el enfriamiento de las tejas en la cuba.

La velocidad de entrada dependerá de las dimensiones de la tubería de ingreso a la unidad.

Se deben considerar primeramente que, a la salida de la tubería el flujo se expande y cubre todo el ancho del área de la cuba; para este efecto se debe trabajar con el concepto de diámetro hidráulico, este se calcula de la siguiente manera:

Dimensionando tanto el largo como la altura $l = 2 \text{ m}$, $a = 0.65 \text{ m}$:

$$D_h = \frac{4A}{P} \quad (5.4), \text{ siendo } P \text{ el perímetro mojado.}$$

$$D_h = \frac{4al}{2(a+l)}$$

$$D_h = 0.923 \text{ m.}$$

Por la ecuación de continuidad:

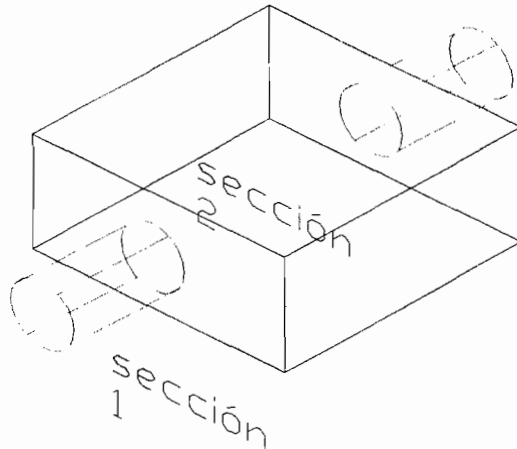


Figura 5.3. Secciones de la caba.

$$A_{ent} v_{ent} = A_{sal} v_{sal} \quad (5.5)$$

$$v_{ent} = \frac{A_{sal}}{A_{ent}} v_{sal}$$

$$v_{ent} = 6.653 \text{ m/s.}$$

Para calcular la potencia, es necesario encontrar las pérdidas por fricción, expansión y contracción de la tubería. Aplicando la ecuación de Bernoulli entre las secciones 1 y 2:

$$\frac{p_1}{\gamma} + \frac{1}{2g} v_1^2 + z_1 + h_p = \frac{p_2}{\gamma} + \frac{1}{2g} v_2^2 + z_2 + \sum h_l \quad (5.6)$$

El flujo es estable, por lo que las presiones y velocidades son iguales; al igual que los dos puntos, que se encuentran al mismo nivel.

$$h_p = h_f + \sum h_m \quad (5.7)$$

$$h_p = \left(f \frac{L}{D_h} + f_2 \frac{L_2}{d} + K_{\text{exp}} + K_{\text{cont}} + K_{p.\text{men}} \right) \frac{v^2}{2g} \quad (5.8)$$



El valor del coeficiente de fricción se lo obtiene del diagrama de Moody; considerando que aparecen pérdidas tanto en la tubería como en la cuba, se calcula con un valor $\varepsilon = 0.046$ mm para acero comercial; la relación ε/d y ε/D_h tiene magnitudes que son 0.0006 y 4.98E-5 respectivamente.

Los valores de los coeficientes de fricción y otros datos se los puede encontrar en la tabla 13.

TABLA DE DATOS PARA EL CÁLCULO DE BOMBA

CALCULO DE BOMBA DE LA CUBA		
	VALOR	UNIDADES
Diámetro	0.0762	m
Diámetro hidráulico	0.932	m
Altura	0.6	m
Ancho	2	m
volumen cuba	0.96	m3
largo tubería	45	m
Area1	0.0045	m2
velocidad1	6.653	m/s
caudal para calor	0.00022	m3/s
Velocidad 2	0.045	m/s
rugosidad	0.046	mm
E/Dh	4.98E-05	
E/d	0.0006	
carga estática	0	m
factor tubería	0.02	
factor de fricción	0.011	
factor de expansión	1	
factor de contracción	0.5	
Cabezal	96.46	m
Potencia Bomba	0.242	KW

Tabla 13. Parámetros de bomba de cuba.

Finalmente el cabezal arroja un valor de: $h_p = 96.46 \text{ m}$.

Con lo cual se puede calcular la potencia de la bomba:

$$W^o = \rho g h_p G \quad (5.9)$$

$$W^o = 0.196 \text{ KW.}$$

Al igual que en los casos anteriores, con eficiencia del 75%:

$$W^o_{real} = \frac{W^o_{teor}}{effic} \quad (5.10)$$

$$W_{real}^o = 0.242 \text{ KW}$$

Unidades de enfriamiento.

Estos equipos son dos enfriadores de agua refrigerados por aire, uno de los cuales permitirá temperar el agua necesaria para el temple de las tejas y otro al extrusor.

Para determinar la carga de refrigeración, se considera un volumen de control donde se encuentran contenidas: la energía que introducen las tejas en el agua, el cambio de energía de ésta y el calor removido por el enfriador:

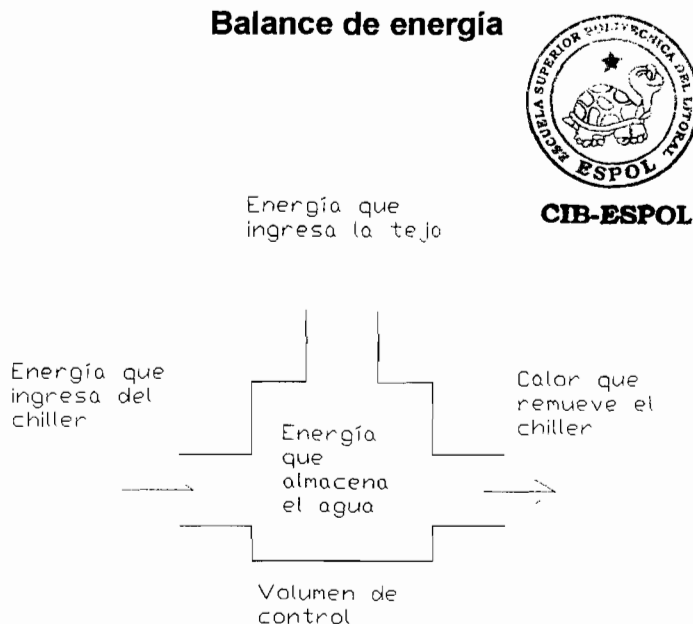


Figura 5.4. Balance de energía.

Cálculo de carga de refrigeración

$$E_{\text{inicial}} + E_{\text{entrada}} = E_{\text{final}} + E_{\text{salida}} \quad (5.11)$$

$$m^{\circ}c_p T_i + Q^{\circ}_{\text{tejas}} + Q^{\circ}_{\text{Chi}} = m^{\circ}c_p T_f + Q^{\circ}_{\text{Chf}}$$

$$m^{\circ}c_p T_i + Q^{\circ}_h + Q^{\circ}_{\text{Chi}} = m^{\circ}c_p T_f + Q^{\circ}_{\text{Chf}}$$

$$\Delta Q^{\circ}_{\text{Chiller}} = m^{\circ}c_p \Delta T - hA\Delta T \quad (5.12)$$

Los datos necesarios para el cálculo se encuentran en la tabla 14.

CALCULO DE CARGA ENFRIAMIENTO					
	VALOR	UNIDADES		VALOR	UNIDADES
calor específico	1200	J/kg*K	Nussel	506	
densidad	1300	kg/m3			
Conductividad	0.25	W/m*K	Prandal	6.62	
Coefficiente térmico	1.60E-07	m2/s			
Largo	0.307	m	Reynolds	6.74E+04	
Ancho	0.3	m			
Espesor	0.007	m	h	1023	J/s*m2*K
Peso	0.83811	Kg.			
Temperatura inicial fluido	5	C	Q agua	8.684	KW
Temperatura final fluido	15	C			
Temperatura centro	39	C	Qh	22.14	KW
Temperatura inicial	240	C			
Temperatura final teja	37	C	Qk	5.567	KW
densidad agua	1000	kg/m3			
calor agua	4200	J/kg*K	Q punto	3.326	TR
viscosidad	9.59E-04	kg/m*s			
conductividad agua	0.606	J/s*m*K	Q (Btu/h)	45913	Btu/h
Plano medio Xo	0.0035	m			
unidad de enfriamiento	1.695	m	Q total	13.456	KW

Tabla 14. Parámetros de la carga de enfriamiento.

$$\Delta Q^{\circ}_{\text{Chiller}} = 22140 \text{ J/s} - 8684 \text{ J/s}$$

$$Q^{\circ}_{\text{Chiller}} = 13456 \text{ J/s} = 3.86 \text{ TR.}$$

la cual es la capacidad de enfriamiento requerida para las tejas, por lo que se necesita un enfriador de 4 TR.

Debe considerarse la carga necesaria para la refrigeración del extrusor, especialmente para mantener la temperatura del tornillo.

Debe ser controlada debido a que el exceso de temperatura por la fricción puede degradar el polímero. Se debe tener presente lo siguiente:

- Potencia del motor: se necesita 1 TR por cada 75 KW de potencia. Para un motor de 22.35 KW se obtiene:

$$22.35 \text{ Kw} / 75 \text{ KW} = 0.3 \text{ TR}$$
- Si la dimensión de la garganta es menor que 76 mm, tal como es el caso, será menester 1 TR, según datos de Engineering Plastic System de Chicago.

Sumando todos estos resultados se obtiene un total de 1.3 TR. Se seleccionará por tanto un enfriador de agua de 2 TR.



Del extrusor, la garganta de alimentación, las zonas del barril y en muchos casos el tornillo, son enfriados por fluido de refrigeración proveniente del enfriador.

El caudal de esta agua debe ser constante y mantenido a una temperatura constante.



Figura 5.5. Enfriador.

Para esto es preciso colocar termómetros a la salida y entrada a cada sección y tener válvulas reguladoras de caudal.

Estos mecanismos permiten mantener las condiciones de operación en un nivel que da la máxima producción del equipo.

Una vez observadas las posiciones que dan un óptimo producto, con un material determinado en un producto determinado, debe mantenerse un registro para usos futuros.

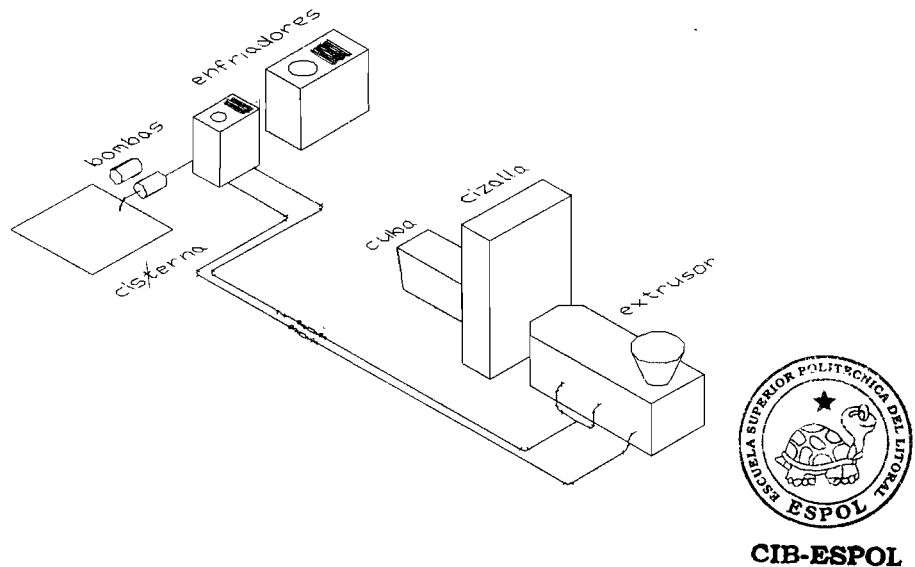


Figura 5.6. Esquema de cuba y extrusor.

Generalmente el diferencial de temperatura entre el agua enfriada y el agua utilizada debe encontrarse alrededor de los 3 o 5 °C.

De manera que el caudal se lo calcula con la ecuación 5.13:

*(Capacidad que se enfría verdadera en Kcal/h) = (diferencial de la temperatura en °C) * (caudal del agua enfriada en L/min) * 60min/h.*

Según datos obtenidos de KENPLAS, la capacidad de enfriamiento real para PET es de 31.8 kg/TR; si se tiene una producción de 130 kg/h el gasto real total será:

$$q^{\circ} = \frac{130}{31.8} = 4.09 \quad G = \frac{4.09(3000)}{60(5)}$$

$$q^{\circ} = 60G\Delta T \quad G = 40.88 \text{ l/min}$$

$$G = \frac{q^{\circ}}{60\Delta T} \quad (5.13) \quad G = 2.45 \text{ m}^3/\text{h}.$$

Silos.

Los silos utilizados serán para almacenar y secar el material.

Primeramente el de almacenamiento: contendrá las botellas trituradas, lavadas y secadas.

La capacidad especificada y recomendada por el diseñador de plantas de reciclado es de 30 m³; su diámetro exterior es de 2.5 m; el material se hará circular por medio de un equipo neumático.

Se cuenta con el silo donde se acumulará la materia prima para su deshumidificación.

En su interior se hará circular el aire necesario para el secado del plástico.

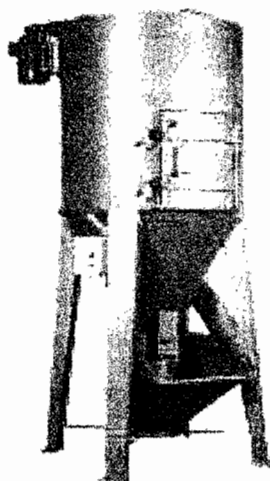


Figura. 5.7. Silo.

Su capacidad de contención es de 1.2 m^3 . El silo se dimensiona de acuerdo a la capacidad del deshumidificador y sus medidas son especificadas por el fabricante.



CIB-ESPOL

Sistema de transportación.

El transporte hacia el silo se lo efectúa mediante un equipo neumático, así se impide y anulan las molestias que se ocasionarían si se trabajara con el material de manera directa; es además una forma de evitar que se contamine el material con objetos extraños e indeseables.

Los sistemas de transporte por aspiración permiten partir de uno o varios puntos de toma de producto pudiendo ser lanzas que toman el material del interior de las bolsas o bien como muestra la figura, silos de alimentación.

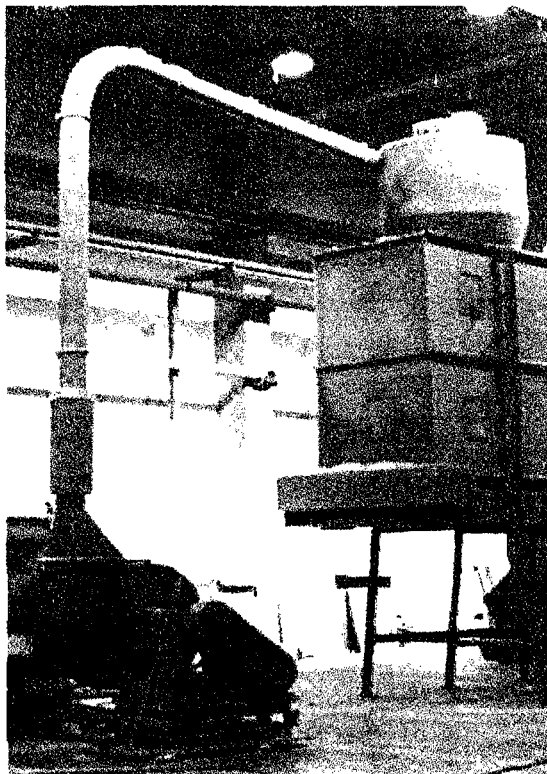


Figura 5.8. Sistema de transporte.

Los puntos hacia los cuales se transporta el material granulado son: desde el molino a la centrífuga. Luego del escurrimiento, hacia el silo de almacenaje y posteriormente al de secado para su deshumidificación.

Como último destino está la tolva del extrusor, la cual se encarga de dosificar la entrada de la materia prima por la garganta.

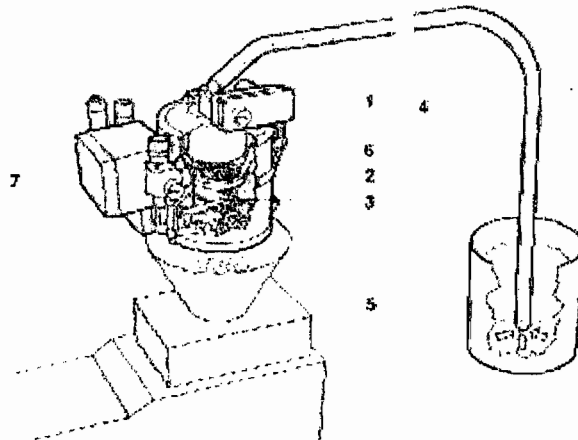


Figura 5.9. Transportador neumático.

La capacidad de un sistema de transporte neumático depende de los siguientes factores:

- Densidad del producto (también la forma y tamaño hasta cierto punto).
- El aire de transporte (presión, flujo).
- Diámetro de la línea de transporte.
- Longitud equivalente de la línea de transporte.



CIB-ESPOL

Según la producción de la planta y la densidad del material, se puede calcular el caudal y la velocidad del aire necesario para realizar la transportación.

En la figura 5.10 se pueden distinguir los parámetros necesarios para la selección del equipo.

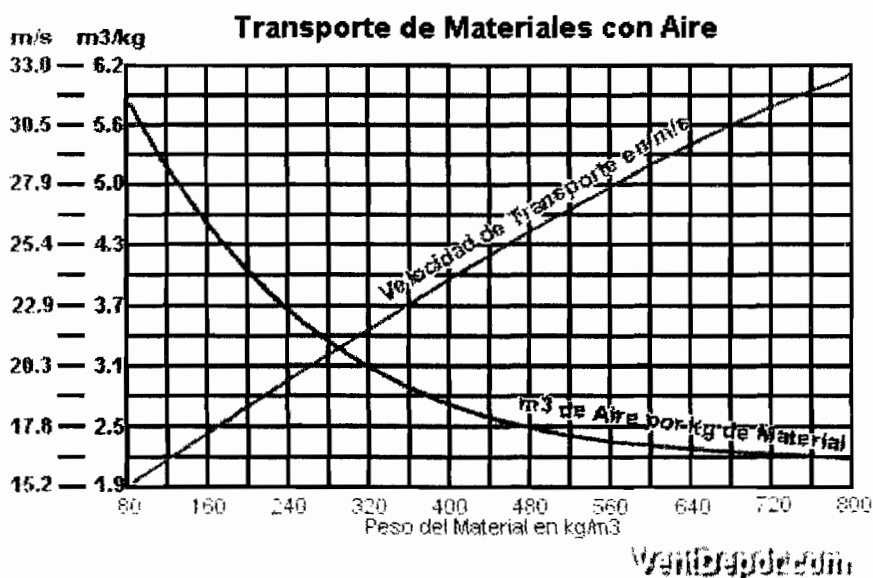


Figura 5.10. Curva para el transporte de materiales.

Se debe seleccionar el tipo de rotor adecuado para esta clase de trabajo. Los rotores tipo "U" de alabes rectos son los indicados para esta aplicación puesto que son utilizados en la industria cementera, maderera, papelera y en transporte de materiales.

Con todos estos parámetros se selecciona un autocargador cuyo rango máximo de operación es: caudal 49300 m³/h; presión estática hasta 635 mm de columna de agua.

Se lo puede apreciar en la figura 5.11:

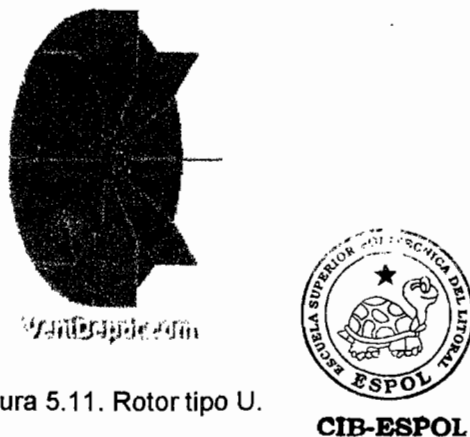


Figura 5.11. Rotor tipo U.

Aire de secado.

Luego de la salida de las tejas de la unidad de enfriamiento, éstas son secadas mediante un equipo que proporciona el flujo de aire suficiente para su escurrido; el cual es de 11800 m³/h, con una potencia de 2 KW.

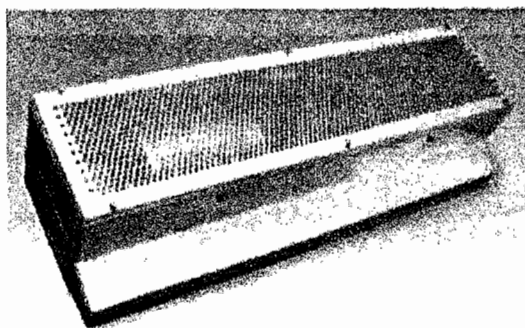


Figura 5.12. Flujo secador.

La velocidad del aire para este efecto es de 22 m/s; junto con otros datos tales como temperatura del agua, aire, humedad, se puede estimar la cantidad de agua que se evapora de las tejas.

En un balance de energía se consideran la transferencia de calor por convección desde el gas y la pérdida de calor evaporativo desde el líquido.

En la tabla 15 se encuentran los valores de los parámetros que intervienen en los cálculos a realizar.

EVAPORACION AGUA					
	valores	unidades		valores	unidades
Temperatura aire	25	C	Schmidt	6.04E-01	
velocidad aire	22	m/s	Reynolds	4.20E+06	
humedad relativa	0.5		Sherwood	5488.13342	
largo	3	m	h de masa	4.76E-02	
ancho	1	m	n	0.01265673	kg/s
viscosidad dinamica	1.57E-05	m ² /s	Na	1098.54176	kg/D
densidad aire saturado	0.0226	kg/m ³			
coeficiente de difusion	2.60E-05	m ² /s	m	0.759404	kg/min
Temperatura agua	12	C	volumen	0.0007594	m ³ /min
densidad agua saturada	0.1	kg/m ³	volumen	0.759404	l/min

Tabla 15. Cálculo de evaporación.

$$n_A = h_m A (\rho_{A,s} - \rho_{A,\infty}) \quad (5.14)$$

$$Re = \frac{vL}{\nu} \quad (5.15)$$

$$Sh = (0.037 Re^{4/5} - 871) Sc^{1/3} \quad (5.16)$$



CIB-ESPOL

$$Sh = 5488$$

$$h_{m,L} = Sh_L \left(\frac{D_{AB}}{L} \right) \quad (5.17)$$

$$h_{m,L} = 0.0476 \text{ m/s.}$$

$$\phi_\infty = \frac{\rho_{A\infty}}{\rho_{Asat}(T_\infty)} \quad (5.18)$$

$$n_A = h_m A [\rho_{Asat}(T_s) - \phi_\infty \rho_{Asat}(T_\infty)] \quad (5.19)$$

$$n_A = 0.0216(3)(1)[0.1 - (0.5)(0.0226)]$$

$$n_A = 0.013 \text{ kg/s.}$$



CIB-ESPOL

o si se prefiere sobre una base volumétrica: $V_A = 0.0456 \text{ m}^3/\text{h}$.

5.1 Obra mecánica.

Al referirse a la obra mecánica, ésta abarca la instalación de todos los equipos y maquinarias que se emplearán en la fabricación de las tejas de plástico reciclado. Para eso se empleará el método de horas-hombres y, bastará con pormenorizar el cálculo de instalación de un solo equipo para tener una idea de la metodología utilizada en este trabajo. El cálculo de las horas-hombre necesarias para la instalación de las diferentes maquinas y accesorios se evaluará en base a su peso y tomando como referencia estándares de montajes teóricos y prácticos; se elaborará un listado minucioso de los elementos

necesarios para la instalación; a guisa de ejemplo se especificará el equipo extrusor con todos sus accesorios.

Como se observa en la tabla 16, el equipo completo consta de las siguientes componentes:

EQUIPOS Y ACCESORIOS DEL EXTRUSOR

INSTALACION DE MAQUINARIA	
Equipos	Peso (kg)
Extrusor	2700
Bomba 0.37 KW	50
Chiller 2 TR	120
Tubería 25 mm	125
ACCESORIOS	
Codos 25 mm x 90°	3.23
Válvula retención 10 bares	12
Válvula compuerta	90
Tees	0.2
Filtros	15
unión 25 mm	0.99
PERNOS	
Pernos anclaje 19 x 140 mm	3.3
Pernos anclaje bomba 9.5 x 48 mm	0.12
pernos anclaje chiller 9.5 x 48 mm	0.12



CIB-ESPOL

Tabla 16. Componentes del extrusor.

Cabe señalar que se laborará de lunes a viernes con jornadas de trabajo de 8 horas diarias.

Se muestra en la tabla 17 las diferentes cuadrillas necesarias para la realización del trabajo.

Para el montaje de los equipos dinámicos se tienen 2 grupos de trabajo (C7 y C7') conformados cada uno por: un mecánico, un montador y 4 ayudantes.

CONFORMACIÓN DE GRUPOS DE TRABAJOS

CUADRILLAS DE TRABAJO	
	SUPERVISIÓN C1
1	supervisor general
2	supervisores de campo
	MONTAJE TUBERÍA C2
1	maestro tubero
1	montador I
2	ayudantes
	MONTAJE MAQ. DINAMICA C7
2	mecánico montador 7
2	montador I
	FABRICACION SOPORTES C3
8	ayudantes
1	maestro soldador
1	armador
2	ayudantes
	MONTAJE MAQ. ESTATICA C8
1	mecánico montador 8
1	montador I
2	ayudantes
	PINTURA DE SOPORTES C4
2	ayudantes
1	pintor
	PRUEBA Y PUESTA EN MARCHA C9
	MONTAJE DE EQUIPOS C5
1	mecánico
1	mecánico montador 5
1	ayudante
1	ayudante

Tabla 17. Cuadrillas de obreros.

Se designará como "equipos", para diferenciar el montaje, a las bombas y los enfriadores.

La "maquinaria dinámica" encierra a la centrífuga, molino, cizalla, banda transportadora y el flujo de aire.



CIB-ESPOL

La designación de “maquinaria estática” denota a los silos, extrusor, cuba, deshumidificador, transportador neumático.

Primeramente se empieza con el cálculo de las horas-hombre para el extrusor exclusivamente. Así se tiene que considerar como un equipo estático y su estimado es de 30 hh/Tn, con lo cual se obtiene:

$$2.7tn \times \frac{30hh}{tn} = 81hh$$

Trabajando con 4 hombres:

- 1 mecánico /montador
- 1 montador II
- 2 ayudantes



durante 8 horas se tendrá:

$$81hh \times \frac{1dia}{4 hom bres \times 8 horas} = 2.53 dias$$

Se debe aproximar el número de días al inmediato superior porque aquí no está estipulado el lapso de trabajo con los llamados “tiempos muertos”, es decir los minutos que se toman los trabajadores hasta recoger las herramientas, tiempo de comidas, etc. Por lo tanto se tendrá un total de 3 días.

Para la instalación de la bomba de agua se considera ésta como un equipo dinámico cuyo peso es menor que $\frac{1}{2}$ Tn por lo tanto se tiene un estándar de 150 hh/Tn:

$$0.020tnx \frac{150hh}{tn} = 3hh$$

Contando con un solo hombre para la instalación, el mecánico montador de la bomba, se tendrá:

$$3hhx \frac{1dia}{1\text{ hom } bresx8\text{ horas}} = 0.375días$$

Es decir un día completo.

El enfriador de 2 TR, es también un equipo estático por lo que:

$$0.12tnx \frac{30hh}{tn} = 3.6hh$$

Con dos hombres para la instalación:

- 1 mecánico /montador
- 1 ayudante

$$3.6hhx \frac{1dia}{2\text{ hom } bresx8\text{ horas}} = 0.23días$$

Teóricamente $\frac{1}{4}$ de día pero debe considerarse como día completo.

En lo que se refiere a la instalación de tuberías y accesorios, los estándares de montaje dependerán de si se realiza la misma en un área de proceso o en áreas exteriores; si ésta es soldada o no y si tiene elementos bridados.

Los 50 m. de tubería a instalar son sólo de uniones roscadas y se encuentra en un área de procesos por lo cual se tiene un estándar de 230 hh/Tn, con lo que:

$$0.144tnx \frac{230hh}{tn} = 33.22hh$$

Las instalaciones de los diferentes accesorios (codos, válvulas, etc) están consideradas en el valor total de las horas-hombre calculadas anteriormente.

Si se reduce a días laborables las horas-hombre, obtendremos

$$33.22hhx \frac{1dia}{3 hom bresx8horas} = 1.38días$$

es decir 2 días.

Se contará para ello con:

- 1 maestro tubero
- 2 ayudantes



CIB-ESPOL

La prueba y puesta en marcha del equipo demora en promedio 8 horas, es decir un día completo.

Sumando todos los días necesarios para la instalación de los componentes se tendrá:

Número de días necesarios para la instalación = 8 días.

La formación de las cuadrillas de trabajo se la realiza considerando los diferentes aspectos y diversas actividades de fabricación y montaje según sea el caso.

En la tabla 18 se observa el detalle de las horas-hombre empleadas durante las cinco semanas de instalación.

CATEGORIA	SEMANAS					hh
	1	2	3	4	5	
Supervisor General	40	40	40	40	40	200
Supervisor campo 1	40	40	40	40	40	200
supervisor campo 2	40	40	40	40	40	200
maestro tubero	40	32	32		8	112
montador I	40	32	32		8	112
ayudante 2	40	32	32		8	112
ayudante 2	40	32	32		8	112
maestro soldador	32	24				56
armador	32	24				56
ayudante 3	32	24				56
ayudante 3	32	24				56
pintor		16				16
mecánico montador 5		8	16			24
ayudante		8	16			24
mecánico montador 6		16	16			32
montador I		16	16			32
ayudante 6		16	16			32
ayudantes 6		16	16			32
mecánico montador 7		40	40	32		112
montador I		40	40	32		112
ayudante 7		40	40	32		112
ayudantes 7		40	40	32		112
mecánico montador 7'		8	40	32		80
montador 7'		8	40	32		80
ayudante 7'		8	40	32		80
ayudantes 7'		8	40	32		80
mecánico montador 8		16	24	40	16	96
montador I		16	24	40	16	96
ayudante 8		16	24	40	16	96
ayudante 8		16	24	40	16	96
mecánico 9		16	32	32	16	96
ayudante 9		16	32	32	16	96
TOTAL						2808

Tabla 18. Número de horas-hombre.

Descrita ya la metodología a seguir, en el Anexo VI se expone un cuadro general que presenta las horas-hombre, número de días y las diferentes cuadrillas que realizarán el montaje de los elementos que conforman la planta en cuestión.

Como compendio de todo lo anterior, se mencionará que la obra mecánica se culmina en cinco semanas; son necesarias 2808 horas-hombre y se emplean treinta y seis personas entre supervisores, mecánicos, instaladores, maestros y ayudantes.



CIB-ESPOL

CAPITULO 6

6. ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO.

Dentro de toda actividad comercial ejercida por el hombre, siempre se encuentra el deseo de alcanzar réditos; así es que se analizará la rentabilidad del proyecto expuesto anteriormente para tratar de interesar a los inversionistas y plasmar en hechos los guarismos sopesados.

La sección del análisis de costos se la dividirá de manera simplificada en las siguientes partes:

- Costos directos
- Costos indirectos

Costos Directos.

Los costos directos son aquellos que están relacionados con: equipos, materiales, mano de obra y transporte.

Para el caso del importe de los equipos, se debe considerar que los precios indicados son sólo valores referenciales y no 100% exactos.

Así mismo los precios de alquiler de equipos, materiales, etc, están basados en el boletín estadístico publicado por la Cámara de la Construcción hasta septiembre del 2002.

Costo de maquinaria.

El costo de los equipos y maquinarias, tubería y todos los accesorios y material metal-mecánico necesarios para el funcionamiento óptimo de la planta asciende a un total de \$ **125391** como se observa en la tabla 19.

Alquiler de equipos.

El costo de alquiler de una grúa de 10 Tn, menester para el levantamiento, manipulación e instalación de equipos es de \$ 35/h de lo que resulta:

$$35 \frac{\$}{h} \times 8 \frac{h}{días} \times 7 días = \$1960$$



El alquiler de la soldadora necesaria para la fabricación de los soportes y la cuba es de \$ 1.5/h, en 8 días de trabajo:

$$1.5 \frac{\$}{h} \times 8 \frac{h}{d} \times 7 d = \$84$$

DETALLE DE MATERIAL Y EQUIPOS

COSTO DETALLADO DE MATERIALES Y EQUIPOS					
EQUIPOS Y ACCESORIOS	CANT.	PRECIO	EQUIPOS Y ACCESORIOS	CANT.	PRECIO
extrusor	1	20000	cizalla	1	3600
pernos anclaje 19x140 mm	6	24.66	pernos anclaje 19x140 mm	4	16.44
sub-total			total		\$ 3,616.44
bomba 0.37 KW	1	43			
pernos anclaje bomba 9.5x48 mm	4	0.92	molino	1	2600
sub-total			pernos anclaje 19x140 mm	4	16.44
chiller 2TR	1	1600	sub-total		2616.44
pernos anclaje chiller 9.5x48 mm	4	0.92	fabricación soporte molino	1	47.61
sub-total			montaje soporte	1	
tubería ASTM A120 25 mm SCH40	50 m	837.5	total		\$ 2,664.05
codos 25 mm	19	9.5			
tees 25 mm	1	0.7	deshumidificador	1	12400
filtros	3	150	tubería ASTM 38 mm SCH40	15 m	273.45
union 25 mm	9	3.6	codos 38 mm	5	4.5
sub-total			tees 38 mm	0	0
valvula retencion 150psi	1	16.16	uniones 38mm	5	3.05
valvula compuerta	6	84	pernos anclaje 9.5x48 mm	4	0.92
total		\$ 22,770.96	total		\$ 12,681.92
centrifuga	1	58000	banda transporte	1	2700
pernos anclaje 19x140 mm	8	32.88	pernos anclaje 19x140 mm	6	24.66
sub-total			sub-total		
bomba 0.37 KW	1	43	total		\$ 2,724.66
pernos anclaje bomba 9.5x48 mm	4	0.92			
sub-total			transportador neumatico	4	3200
tubería ASTM A120 50 mm SCH40	46 m	388.7	pernos anclaje 9.5x48 mm	16	3.68
codos 50 mm	10	14	sub-total		
tees 50 mm	1	2	tubería ASTM 50 mm SCH40	20	1710
filtro	1	50	codos 50 mm	5	7
union 50 mm	8	8.8	uniones 50 mm	5	5.5
sub-total			sub-total		4926.18
valvula retencion 50 mm 150psi	1	62	total		\$ 4,926.18
valvula compuerta 50 mm	2	80			
bomba 0.37 KW	1	43	cuba	1	355
pernos anclaje bomba 9.5x48 mm	4	0.92	pernos anclaje 9.5x48 mm	4	0.92
sub-total			sub-total		
tubería ASTM A120 19 mm SCH40	83 m	991.85	bomba 0.37 KW	1	98.5
codos 19 mm	14	4.9	pernos anclaje 9.5x48 mm	4	0.92
tees 19 mm	0	0	sub-total		
filtros	2	100	chiller 6TR	1	5500
union 19 mm	14	4.2	pernos anclaje 9.5x48 mm	4	0.92
valvula retencion 19 mm 150 psi	1	11.92	sub-total		
valvula compuerta 19 mm	2	13.28	tubería ASTM A120 76 mm SCH40	45 m	3847.5
sub-total			codos 76 mm	17	59.5
total		\$ 59,852.37	tees 76 mm	0	0
			filtros	1	50
bascula	3	2850	union 76 mm	8	15.68
pernos anclaje 9.5x48 mm	12	2.76	sub-total		
total		\$ 2,852.76	valvula retencion 76 mm 150psi	1	178.98
			valvula compuerta 76 mm	2	210
silo almacenamiento	1	2550	total		\$ 10,317.92
pernos anclaje 25x152 mm	9	155.79			
total		\$ 2,705.79	silo secado	1	600
			pernos anclaje 19x140 mm	6	24.66
silo secado	1	600	total		\$ 624.66
pernos anclaje 19x140 mm	6	24.66	flujo de aire	3	1560
total		\$ 624.66	pernos anclaje 9.5x48 mm	12	2.76
			total		\$ 1,562.76

Tabla 19. Costo de materiales.



CIB-ESPOL

El alquiler de andamios se hace necesario para la fabricación y montaje de soportes; así como para la instalación de la tubería del transportador.

El alquiler de estos implementos sólo se lo realiza por mes; será forzoso contratar los mismos durante un período de 2 meses ya que la obra tarda 5 semanas.

Por tanto:

$$4\text{tramos} \times 5.54 \frac{\$}{\text{mes}} \times 2\text{meses} = \$44.32$$



CIB-ESPOL

Se muestra un resumen del gasto total en alquiler de equipos la tabla 20:

EQUIPOS				
Categoría	No.	Costo Unitario	Tiempo alquiler	Total
Grúa 10 Tn	1	35	56 h	1960
Soldadora	1	1.5	56 h	84
Andamios	4	5.54	2 meses	44.32
COSTO TOTAL				\$ 2,088.32

Tabla 20. Alquiler de equipos.

Para contabilizar el costo de mano de obra cada obrero o empleado tiene precisada su cantidad de horas-hombre laborada, así como el costo de una jornada de trabajo, misma que es de 8 horas.

Los rubros de mano de obra de la instalación mecánica se precisan en la tabla 21.

TABLA DE COSTOS DE MANO DE OBRA

CATEGORIA	hh	Costo Diario	TOTAL
Supervisor General	200	20	500
Supervisor campo 1	200	15	375
supervisor campo 2	200	15	375
maestro tubero	112	9.13	127.82
montador I	112	8.94	125.16
ayudante2	112	8.85	123.9
ayudantes2	112	8.85	123.9
maestro soldador	56	9.13	63.91
armador	56	8.94	62.58
ayudante 3	56	8.85	61.95
ayudante 3	56	8.85	61.95
pintor	16	8.94	17.88
mecánico montador 5	24	9.85	29.55
ayudante	24	8.94	26.82
mecánico montador 6	32	9.85	39.4
montador I	32	8.94	35.76
ayudante6	32	8.85	35.4
ayudantes6	32	8.85	35.4
mecánico montador 7	112	9.85	137.9
montador I	112	8.94	125.16
ayudante7	112	8.85	123.9
ayudantes7	112	8.85	123.9
mecánico montador 7'	80	9.85	98.5
montador 7'	80	8.94	89.4
ayudante 7'	80	8.85	88.5
ayudantes 7'	80	8.85	88.5
mecánico montador 8	96	9.85	118.2
montador I	96	8.94	107.28
ayudante 8	96	8.85	106.2
ayudante 8	96	8.85	106.2
mecánico 9	96	9.85	118.2
ayudante 9	96	8.94	107.28
COSTO TOTAL MANO DE OBRA			\$ 3,760.50

Tabla 21. Mano de obra.

Costo de transporte.

El transporte de los diferentes equipos, materiales, soportería, genera un gasto por la movilización desde el lugar de venta, fabricación o desde la aduana donde se encuentran, hasta el sitio final de la instalación.

Esta tabla resume el importe por movilización de los diversos ítems mencionados.

TRANSPORTE			
Descripción	Viajes	Costo	Total
Equipos	6	20	120
Material	5	12	60
Soportes	2	10	20
COSTO TOTAL			\$ 200.00

Tabla 22. Rubros de transportación.

Dentro de los costos directos se contemplan además a los gastos incurridos por importación de equipos, los cuales son:

TARIFAS DE IMPORTACION		
Descripción	Porcentaje	Precio (\$)
Valor puerto embarque		111160.00
Valor del flete		15000.00
Seguro	1%	1261.60
CIF		127421.60
Arancel	10%	11116.00
IVA	12%	13339.20
Taza modernización	1%	1274.22
Taza verificación	1%	1274.22
VALOR TOTAL DE IMPORTACION		\$ 154,425.24

Tabla 23. Tarifas de importación.

Por tanto los costos directos de la obra son:

COSTOS DIRECTOS	
Rubro	Valor
equipos y accesorios	127300.47
importación	43265.24
obra mecánica	3760.5
alquiler de equipos	2088.32
transporte	200
TOTAL	\$ 176,614.53

Tabla 24. Costos Directos.

Costos Indirectos.

Los costos indirectos están compuestos a su vez por:

- Costos indirectos de operación
- Utilidad
- Imprevistos
- Fiscalización
- Prueba y reparaciones hasta recepción definitiva



CIB-ESPOL

Costos indirectos de operación.

Dentro de los costos indirectos de operación se encuadran: los sueldos y salarios, energía eléctrica, agua potable, costo de materia prima, alquiler de naves, gastos administrativos, impuestos, etc.

Para el caso de los sueldos del personal que labora en la planta, se tiene un sueldo mensual de \$350 para cada empleado; un salario de \$500 para el ingeniero de producción. Entre los 22 integrantes se encuentran:

- Operadores de equipos
- Personal administrativo
- Personal de vigilancia
- Personal de aseo



CIB-ESPOL

TABLA DE SALARIOS DEL PERSONAL

SALARIOS		
No	EMPLEADOS	SUELDO
1	Operador molino	350
2	Operadores centrífuga	700
1	Operador silo	350
1	Operador almacaenaje	350
1	Operador extrusor	350
3	Operadores cuba y escurrido	1050
1	Operador transportador	350
3	Operadores de pesaje	1050
3	Clasificadores	1050
1	Secretaria	350
1	Conserje	350
1	Ingeniero	500
2	Guardias	700
1	Ayudante	350
TOTAL		\$ 7,850.00

Tabla 25 Gastos de operación.

El gasto ocasionado por el consumo de energía de todos los equipos es el siguiente:

CONSUMO ENERGIA				
Equipos	potencia	consumo (h)	energía	costo
extrusor	22.37	176	3937.12	393.712
molino	7.5	176	1320	132
centrifuga	75	176	13200	1320
cizalla	56	176	9856	985.6
enfriador 2 TR	2.37	176	417.12	41.712
enfriador 6 TR	8.1	176	1425.6	142.56
banda	7.5	176	1320	132
deshumificador	22.2	176	3907.2	390.72
silo secado	9	176	1584	158.4
flujo secador	2	176	352	35.2
transportador	2.98	176	524.48	52.448
COSTO TOTAL ENERGIA ELECTRICA				\$ 3,784.35

Tabla 26. Gastos por energía.

Para el caso del gasto por consumo de agua, INTERAGUA establece el precio del m³ de acuerdo al siguiente rango:

CONSUMO DE AGUA		
precio (\$)	rango (m3)	(m3)
0.241	0	15
0.375	16	30
0.482	31	60
0.663	61	100
0.726	101	300
1.043	301	2500
1.296	2501	5000



Tabla 27. Precio del m³.

El gasto por consumo de agua por los equipos, se puede contemplar en la tabla 28:

TABLA DE CONSUMO

CONSUMO DE AGUA		
Equipos	caudal (m3/mes)	costo (\$)
Centrífuga	1330	1267.01
Cuba	144	79.85
Bomba enfriamiento	243	91.61
Bomba del extrusor	433	330.81
TOTAL		\$ 1,769.28



CIB-ESPOL

Tabla 28. Gastos por consumo de agua.

Para la compra de la materia prima esencial para empezar la producción, no existe en nuestro medio un precio base, esto encuentra sus motivos en que el PET no es recolectado por ninguna empresa o compañía.

Por tanto, es de esperar que el precio, casi nulo al principio, experimente un alza vertiginosa cuando se empiece a operar la planta; por lo cual se toma como precio referencial para el cálculo 0.30 dólares por kilogramo de material. Así con una producción de 130 kg/h se tendrá:

$$130 \frac{\text{kg}}{\text{h}} \times 8 \frac{\text{h}}{d_{\text{lab}}} \times 22 \frac{\text{d}}{\text{mes}} \times \frac{0.3\$}{\text{kg}} = 6864 \frac{\$}{\text{mes}}$$

En lo tocante a las naves que cobijarán la maquinaria, se pueden alquilar o construir.

Si se decide por la construcción de galpones o naves propias, el costo de la obra civil está pormenorizado en la tabla adjunta en el Anexo VII; esto supone un aumento en los costos iniciales de la fábrica y ampliará el tiempo de retomo de la inversión.

Utilidad.

Por lo regular se obtiene una utilidad que varía entre el 5 y 10%.

Utilidad = \$17661.45

Imprevistos.

El monto debido a imprevistos fluctúa entre el 2 y el 5% de la cuantía de la obra.

Imprevistos = \$8830.73

Fiscalización.

Debido a fiscalización se puede percibir entre un 3 y 7% del valor total de la obra.

Fiscalización = \$12363.01

Prueba y reparaciones.

Hasta la recepción definitiva de los trabajos, debe considerarse el 1% de los costos directos totales de la obra.

Prueba y reparación = \$1766.14

En definitiva, el porcentaje de los costos indirectos puede variar entre el 18% y 46%.

Uso de herramientas.

Este rubro es la depreciación de las herramientas a utilizar en la obra.

Uso de herramientas = \$17.00

El detalle de todos los costos indirectos se resume de la siguiente manera:

COSTOS INDIRECTOS	
Rubro	Valor
salarios	7850
energía eléctrica	3748.27
consumo agua	1769.28
materia prima	6864
utilidad	17661.45
imprevistos	8830.73
fiscalización	12363.01
prueba y reparación	1766.14
uso de herramientas	17
TOTAL	\$ 60,869.88



CIB-ESPOL

Tabla 29. Costos Indirectos.

Referente a los réditos producidos por la comercialización de las tejas, la producción mensual es de **2450 m²/mes**, la cual abarca un 20% del

mercado; con un precio de venta que oscile entre los \$ 12 y \$ 14 se captaría una ganancia de:

$$2450 \frac{m^2}{mes} \times 12 \frac{\$}{m^2} = \$29400 / mes$$

La ganancia alcanzada considerando estos parámetros, se obtiene mediante la diferencia del ingreso por producción con los costos de operación de la planta; restando también el valor del préstamo del banco el cual tiene un valor máximo en el primer año de \$36000; el valor mensual a pagar es entonces de \$3000 con lo cual se obtiene:

$$\text{Ganancia} = \text{Ingresos} - \text{Costo} - \text{Préstamo}$$

$$\text{Ganancia} = \$29400 - \$20232 - \$3000$$

$$\text{Ganancia neta} = \$ 6168 \text{ mensuales}$$

En lo que se refiere a la rentabilidad del proyecto, en el anexo VIII, se encontrará los datos necesarios para su conocimiento.

Se proyectan los cálculos para depreciar la maquinaria y equipos cuyo costo es de \$ 127300, a diez años, es decir, \$ 12730 anuales; una tasa de descuento del 12%; pago de impuesto 25% y se considera un préstamo de \$ 180000 al banco, pagaderos en cinco años a una tasa de interés del 20%.

Inicialmente se operará la planta al 60% de su capacidad y se irá incrementando su producción a un ritmo del 10% anual.

Como se observa, el valor actual neto (VAN) para la recuperación del capital de trabajo es \$ 116853.11, lo cual es ya una ganancia; estas cifras indican que el proyecto es rentable ya que se obtuvo una TIR (20.28%) mayor que la estimada (12%).



CIB-ESPOL



CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. La escasa formación cultural que tiene el ciudadano común acerca del reciclaje tanto de vidrio, acero, aluminio, plásticos, es uno de los principales óbices para la no existencia de empresas que se dediquen a esta actividad a gran escala.
2. Como resultado de lo anterior, se forma un círculo vicioso: ante la falta de material reciclado, no es posible instalar empresas que utilicen la mayoría de estos elementos como materia prima de trabajo.
3. Sería posible lograr un cambio gradual en la conducta de la ciudadanía si ésta observara que el reciclaje le reporta beneficios no sólo económicos, aunque esto es lo primordial, sino también ecológicos, ornamentales; como una clara muestra de esto se tiene la rehabilitación del Malecón del Salado.

4. La aplicación de algunas de las soluciones planteadas a la creciente acumulación de residuos de envases de PET podría ser la respuesta a varios de los problemas que aquejan a la ciudad y al país: altos costos de producción de energía térmica, reducción del tiempo de vida útil del relleno sanitario, generación de nuevas plazas de trabajo.
5. Nuevas fuentes de empleo se pueden generar con la implementación de la fábrica para la producción de tejas de PET; además se ofrece al sector de la construcción un producto que puede reducir los costos de edificaciones de tipo residencial.
6. En lo que atañe específicamente al proceso de fabricación, se puede decir que éste es sencillo y no encierra mayor dificultad pero se debe tener presente que al calentar el PET, éste se degrada y pierde su transparencia característica, por lo que no se debe esperar un producto de propiedades ópticas similares.
7. En las pruebas de fundición realizadas para la obtención del elemento, se determinó que la temperatura de fundición y el medio y temperatura de enfriamiento son cruciales para el buen éxito de los ensayos. Otras variables que intervienen son: la presión, forma del molde, calentamiento previo el molde.

8. Se recomienda profundizar en el procedimiento de fundición de la teja; de ser posible realizarla con el equipo adecuado para el caso, ya que las pruebas efectuadas fueron hechas de manera artesanal.

9. Aunque este trabajo no se enfocó específicamente en las características de las piezas fabricadas, se recomienda tener especial cuidado en la forma de calentamiento y considerar otras variables además de las ya mencionadas.



CIB-ESPOL

BIBLIOGRAFÍA



- 1.- Boletín Estadístico. Cámara de la Construcción. Guayaquil. Septiembre 2002.
- 2.- Diccionario de la Lengua Española. Grupo Editorial Océano. Barcelona. 1994.
- 3.- Efficacitas Energética y Ambiental. "Auditoria ambiental de las instalaciones de PROCEPLAS y RECIMETAL". Guayaquil. 1998.
- 4.- Enciclopedia del Plástico. Instituto Mexicano del Plástico Industrial. S.C. México. 1997.
- 5.- Gianni Bodini / Franco Cacchi Pesan. Moldes y máquinas de inyección para la transformación de plásticos. McGraw-Hill Interamericana. México. 1992.

- 6.- Incropera Frank / DeWitt David. Fundamentos de transferencia de calor. Prentice Hall. Cuarta edición. México. 1999.
- 7.- INEC. "Contaminación Industrial en Guayaquil". Primera edición. Guayaquil. 1996.
- 8.- "Indicadores urbanos Ciudad de Guayaquil 1993-2000". Departamento de estadísticas del Municipio de Guayaquil. Guayaquil. 2000.
- 9.- Manual del Ingeniero Mecánico. McGraw-Hill. Tercera edición. México. 1995.
- 10.- Manual del reciclaje de plásticos. Editorial Quito 2000. Corporación OIKOS. Quito. 2000.
- 11.- Richardson Paul. Introducción a la extrusión. L. M. international Polymer Services. Inc. 1975.

- 12.- Salazar Jefferson. Tesis de grado. "Diseño y construcción de una línea de extrusión y peletizado para PEAD y PP". Guayaquil. 2002.
- 13.- Streater Victor / Benjamin Wylie. Mecánica de los Fluidos. McGraw-Hill Latinoamericana. Sexta edición. Colombia. 1981.
- 14.- Toro Marín Welmer. Tesis de grado. "Montaje electromecánico de una línea de embotellado de cerveza de 1500 bpm". Guayaquil. 1998.
- 15.- White Frank. Mecánica de Fluidos. McGraw-Hill. México. 1983.
- Página www.arpet.com
 - Página www.aprepet.com
 - Página www.kenplas.com
 - Página www.hansweber.de
 - Página www.cocacola.com.co
 - Página www.plastico.com.
 - Página www.soloplastico.com



CIB-ESPOL

- Página www.ajover.com
- Página www.uniplusinternational.com
- Página www.navarini.com
- Página www.bregargentina.com
- Página www.resol.com.br
- Página www.sms-k.com
- Página www.welex.com
- Página www.wittmann.com.br
- Página www.aea.com.ar
- Página www.alquimicos.com
- Página www.mideplan.go.cr
- Página www.idrc.ca
- Página www.cepis.org.pe
- Página www.cig.org.ec
- Página www.canalmeta.com
- Página www.munchy.com
- Página www.cumberland-plastic.com
- Página www.dzm.com.co
- Página www.kunststoffmaschinen-shultz.de
- Página www.sptechpk.com
- Página www.asian-machinery.com
- Página www.vmcimpianti.it

- Página www.exiplas.com
- Página www.cincinnati.com
- Página www.costarelli.com
- Página www.reciclaveis.com.br



CIB-ESPOL

ANEXO I



CIB-ESPOL

COMPARATIVO DE COMPOSICION FISICA DE RESIDUOS SOLIDOS CIUDAD DE GUAYAQUIL AÑO 1996

COMPOSICION FISICA		VALORES EN PORCENTAJE	
CLAVE	SUBPRODUCTOS	FUENTE GENERADOR	DISPOSICION FINAL
		PROMEDIO	PROMEDIO
1	ALGODON	0,00	0,00
2	CARTON		
2,1	TETRABRIK	0,11	0,14
2,2	CORRUGADO	0,34	0,68
2,3	OTROS CARTONES	1,66	2,18
3	CUERO	0,05	0,07
4	RESIDUO FINO	1,48	0,65
5	ENVASE DE CARTON ENCERADO	0,00	0,00
6	FIBRA DURA VEGETAL	0,20	0,60
7	FIBRA SINTETICA	0,05	0,38
8	HUESO	0,11	0,38
9	HULE	0,13	0,17
10	LATA DE ALUMINIO	0,06	0,07
11	LOZA Y CERAMICA	0,27	0,10
12	MADERA	0,55	0,54
13	MATERIAL DE CONSTRUCCION	0,20	0,06
14	MATERIAL FERROSO		
14,1	LATA METALICA	0,85	0,79
14,2	ALAMBRE	0,02	0,02
14,3	OTROS	0,08	0,00
15	MATERIAL NO FERROSO	0,00	0,00
16	PAPEL		
16,1	PERIODICO Y REVISTAS	4,09	3,84
16,2	HIGIENICO	2,77	6,54
16,3	BOND Y OTROS	1,47	3,61
17	PANAL DESECHABLE	1,88	2,05
18	PLASTICO PELICULA	3,84	5,03
19	PLASTICO RIGIDO		
19,1	PET (POLIETILEN TERELTALATO)	0,30	0,29
19,2	HOPE (POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD	0,08	0,33
19,3	PVC (CLORURO DE POLIVINILO)	0,06	0,33
19,4	LDPE (POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD	0,03	0,00
19,5	PS (POLIESTIRENO)	0,32	0,43
19,6	PP (POLIPROPILENO	0,19	0,17
19,7	ACETATO DE CELULOSA	0,06	0,03
19,8	NO IDENTIFICADOS	1,02	1,23
20	POLIURETANO	0,07	0,07
21	POLIESTIRENO EXPANDIDO	0,10	0,10
22	RESIDUOS DE JARDINERIA	30,16	24,27
23	RESIDUOS ALIMENTICIOS	39,50	38,01
24	TRAPOS	1,86	1,72
25	VIDRIO DE COLOR		
25,1	AMBAR	0,00	0,70
25,2	ESMERALDA	0,43	0,10
25,3	GEORGIA	0,06	0,45
25,4	PLANO	0,00	0,00
26	VIDRIO TRANSPARENTE	1,49	1,25
27	OTROS	2,02	0,89
SUBTOTAL		97,96	98,27
PERDIDAS		2,04	1,73
TOTAL		100,00	100,00



CAF-ESPOL

FUENTE: DIRECCION DE MEDIO AMBIENTE, "ESTUDIO DE UN PROGRAMA DE RECICLAJE EN LA FUENTE Y EL SITIO DE DISPOSICION FINAL DE LOS DERECHOS SOLIDOS", REALIZADOS POR CONSORCIO ISTA - CPR, RANCHO SECO #127. MEXICO D.F. TELF. 671-6813 FAX: 671-8745, J.P. ARENAS 322 GUAYAQUIL - ECUADOR TELEF. 310-332 FAX: 313-483

COMPOSICION FISICA DE LA BASURA (en peso)
M.I. MUNICIPALIDAD DE GUAYAQUIL
1992

TIPO DE DESECHO	%
Putrescibles	58,90
Papel y Cartón	9,70
Plásticos	8,00
Madera	4,70
Metales	2,60
Vidrio	2,40
Textiles	2,20
Des. de Jardín	1,70
Otros *	9,80
TOTAL	100,00



CIB-ESPOL

Otros: Comprende los desechos de construcción, tierra y pequeñas cantidades de cueros y cauchos.

FUENTE: PROYECTO RELLENO SANITARIO LAS IGUANAS, MANUAL DE OPERACION Y MANTENIMIENTO

ANEXO II



CIB-ESPOL

SEMINARIO

RECICLADO DEL PET

ESTUDIO COMPARADO DE PET RECICLADO

Ing. Carlos A. Pisano
Téc. Ulises Cardamone
Téc. Pablo Daniel Conde.

Resistencia al Impacto:

Norma Utilizada: ISO 179
Temperatura de ensayo: 23°C +/- 2°C
Humedad ambiente: 50 % +/- 5%
Tipo de ensayo: Ensayo de impacto Charpy sin entalla.



CIB-ESPOL

PET virgen
EASTAPAK 9921W



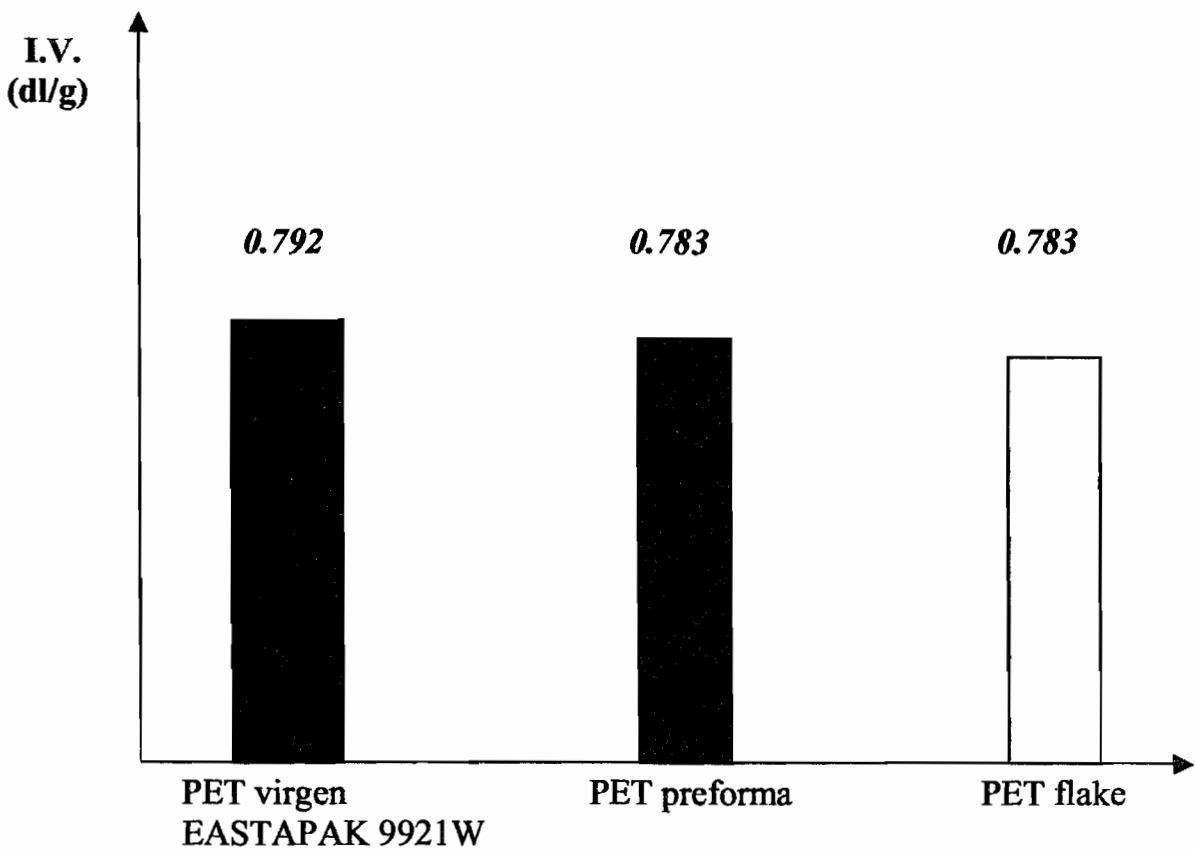
PET preforma



PET flake

No rompe

Viscosidad Intrínseca iniciales de los Materiales:



Datos suministrados por la firma: SCHMALBACH-LUBECA

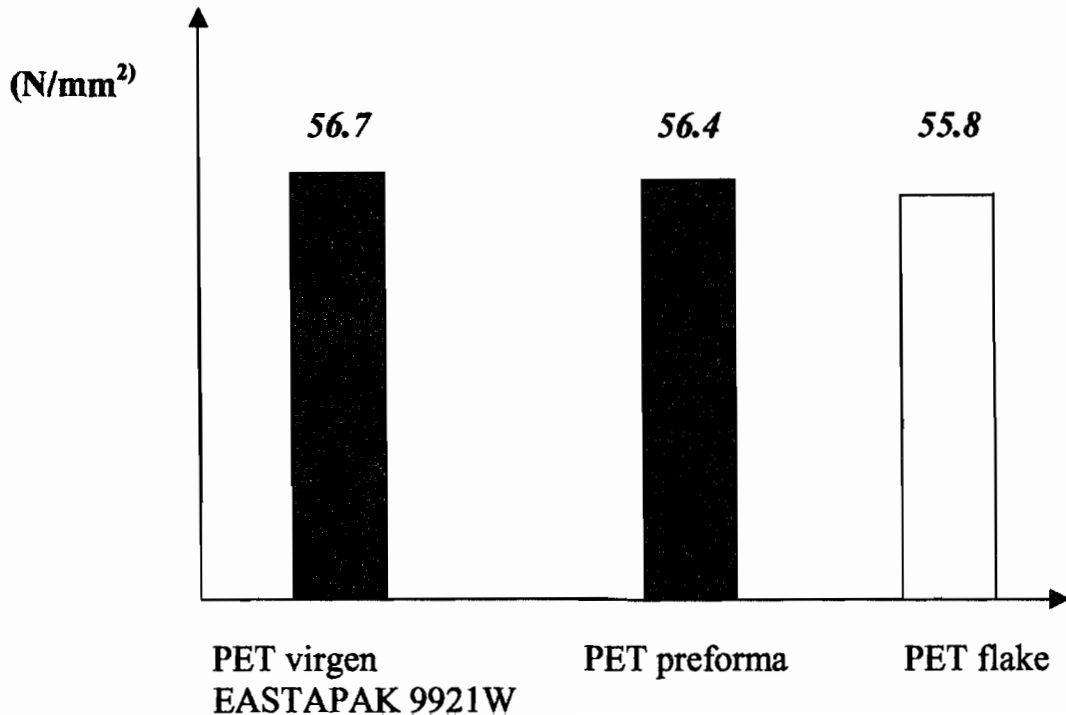
Resistencia a la Tracción Comparada:

Norma Utilizada: ASTM D638 M
Temperatura de ensayo: 23°C +/- 2°C
Humedad ambiente: 50 % +/- 5%
Velocidad del ensayo: 50mm/min.
Probeta tipo: M-I

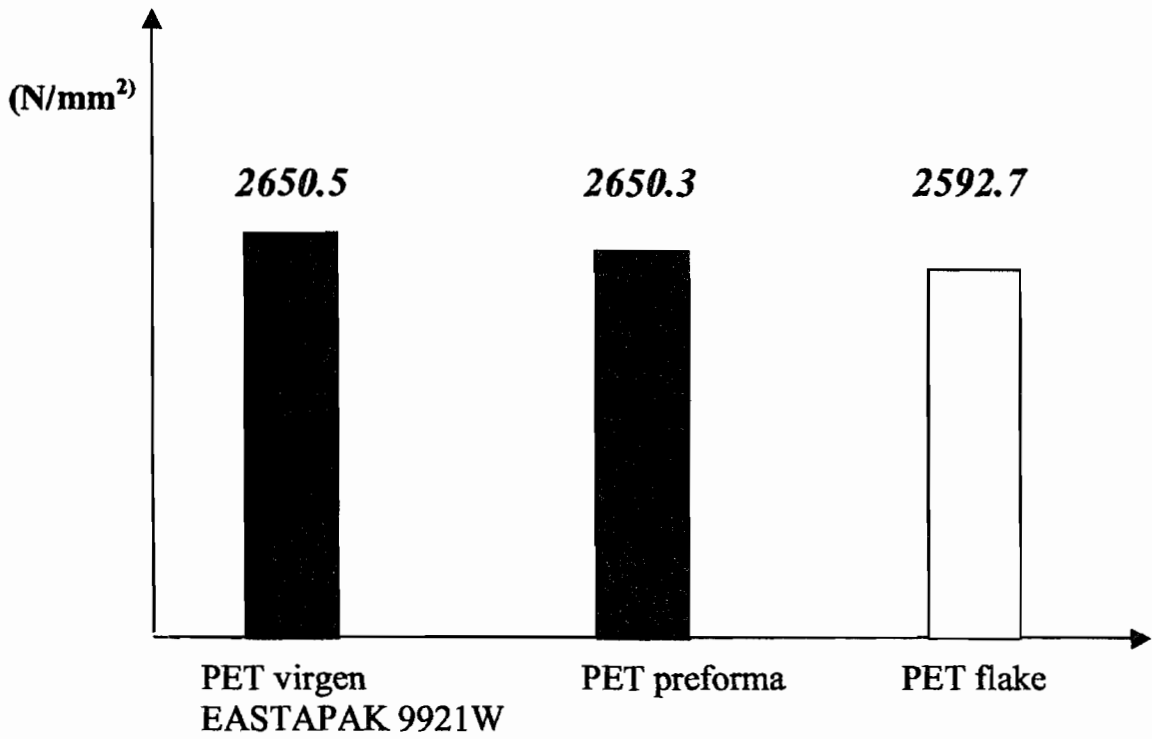


CTB-ESPOL

Resistencia en el punto de fluencia



Módulo a la tracción



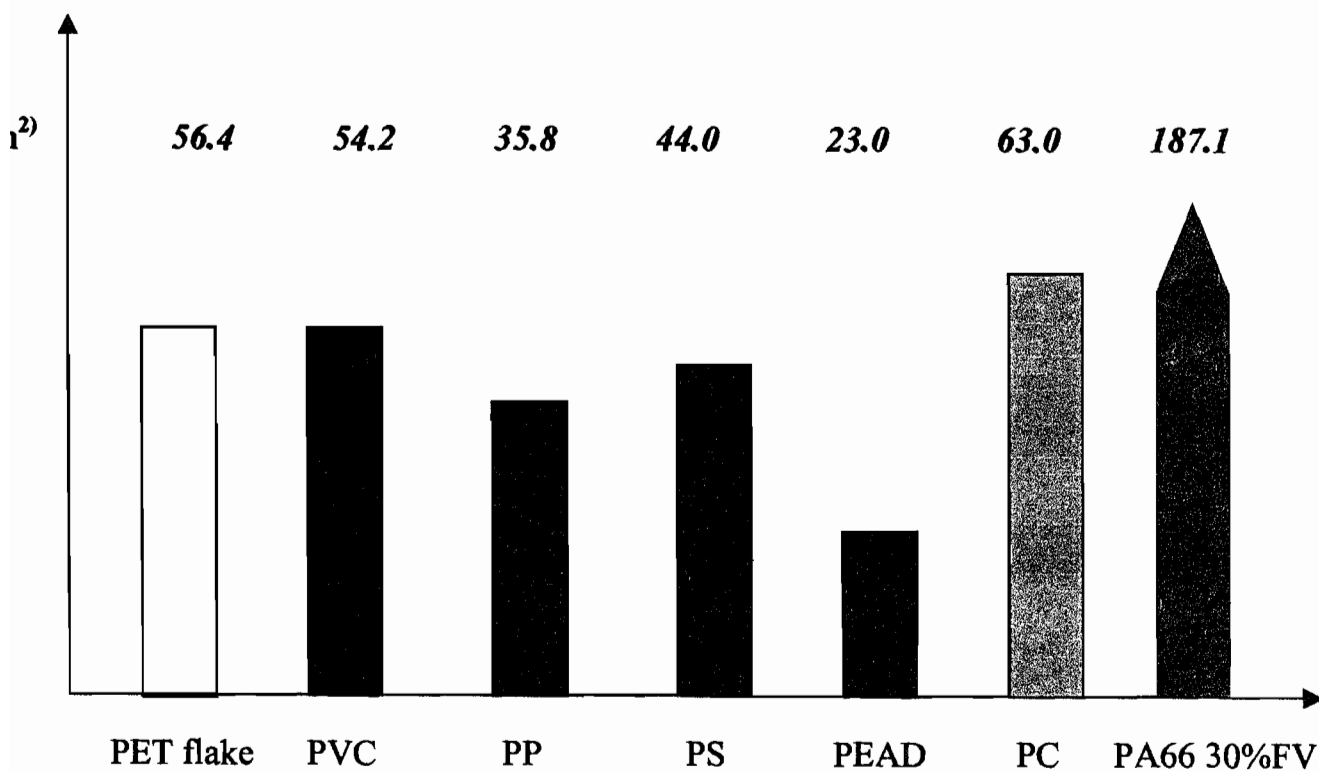
CIB-ESPOL

Propiedades comparadas del PET 100% reciclado con materiales de uso común y de ingeniería sin uso previo:

Resistencia a la tracción:



CIB-ESPOL



Resistencia al impacto:

PET flake 100% reciclado:

No rompe

Policloruro de vinilo (PVC):



Polipropileno (PP):



Poliestireno (PS):



Polietileno de alta densidad:



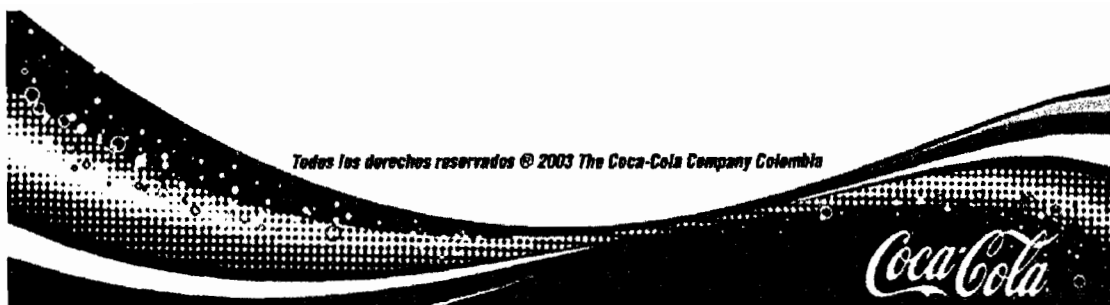
Policarbonato (PC):

no rompe

Nylon con 30% de Fibra de Vidrio:



ANEXO III



CIB-ESPOL

Coca-cola, adelante con el reciclaje de plástico

Los envases no retornables tienen ahora un final feliz: convertirse en telas y prendas de vestir. Sinergia entre empresas hace posible un mejor cuidado del medio ambiente. Venezuela, próximo país en reciclar envases.

Bogotá D.C. Septiembre 24 de 2002. Tomando la delantera en su sector en lo que corresponde a reciclaje para proteger el medio ambiente, Coca-Cola anunció hoy en Colombia la consolidación de su programa de reciclaje de envases plásticos, el cual ha sido piloto en América Latina y gracias a sus positivos resultados será instaurado en Venezuela en los siguientes meses.

El programa, destinado a cerrar un ciclo en el manejo de basuras, tuvo como punto de partida la creciente demanda de los consumidores por envases plásticos, sobre todo los no retornables, que por ser poco atractivos para los recicladores, estaban siendo abandonados a su suerte. Tras año y medio de creación e implementación de esta iniciativa, los envases plásticos de los productos de Coca-Cola tienen un fin distinto: convertirse en prendas de vestir y telas para diversos usos.

A la iniciativa de Coca-Cola se han vinculado la Fundación Codesarrollo, que recicla y procesa los envases plásticos; Enka, que produce la fibra; y Fibrandina, que teje las telas y confecciona las prendas.

Este programa corresponde a tres principios básicos de Coca-Cola: ser un ciudadano responsable, satisfacer las necesidades de los consumidores y ser un símbolo de calidad. El tema de cuidado del medio ambiente vincula estos principios y le agrega sentido a la labor de la Compañía en todos los rincones del mundo donde está presente. Al respecto, comentó Javier Cruz, Gerente Asuntos Ambientales de Coca-Cola Región VeneCol: "el compromiso de la Compañía no se limita sólo a refrescar a la familia y llevarle momentos alegres, sino que va más

allá, a apoyar a la sociedad en la mejora de su calidad de vida, como en este caso es cuidar el medio ambiente".

De botellas a telas. La problemática ambiental generada por el plástico va en aumento, ya que cada vez son más las cosas fabricadas con este material y aunque éste termina por degradarse, el proceso dura más de 90 años, por lo cual la mejor alternativa es reciclarlo una y otra vez, pues en este proceso se puede aprovechar hasta el último residuo.

El proceso de reciclaje planteado por el Programa de Coca-Cola dura apenas cuatro días y consiste en tomar los envases hechos con PET (Polietilentereftalato, que químicamente es poliéster) y convertirlos en fibra que es tejida y teñida hasta convertirla en tela, para luego confeccionar prendas de vestir.

La labor inicia en Codesarrollo, entidad que acopia y procesa las botellas plásticas, ya que tiene una planta especializada en plásticos y actúa como centro de acopio de recolectores de basura de la calle que trabajan en cooperativas de apoyo para labores sociales.

En la planta de Codesarrollo se retira, en el caso de las botellas retornables, su parte central (donde está la marca roja), que se destina a la fabricación de tejas y fibras de escobas. En el caso de las botellas no retornables, sencillamente se retira la etiqueta de plástico y se procesa por completo. La base y el pico de las botellas retornables y en las no retornables, pasan por un proceso manual o mecánico de lavado y luego se muelen y se convierten en hojuelas, que son posteriormente lavadas con compuestos químicos. Las hojuelas son calentadas y convertidas en tubillos largos (como espaguetis), que son partidos y condensados en bloques de masa plástica.

El segundo paso del proceso se lleva a cabo en Medellín, en Enka, la textilera más avanzada del país. Allí se procesa el material condensado, el cual es calentado y estirado muchas veces hasta obtener fibra muy delgada y motas parecidas al algodón.

Esta fibra y motas son transportados a Ibagué, a la planta textil de Fibrandina, donde son mezclados para hacer hilo (50% de algodón y 50% ó hasta un 70% de plástico). Luego se realiza un proceso textil en el que se hila horizontal y verticalmente para armar los rollos de tela, pasando por los procesos de control de calidad y teñido. Después se corta y se confecciona y finalmente se hace el estampado.

Los resultados. Con la fibra de PET reciclado se pueden fabricar diversos tipos de telas, desde aquellas para uso humano en prendas de vestir, hasta lonas para camiones. Estas, una vez utilizadas, pueden ser recicladas nuevamente. Para el efecto, cada prenda llevará impreso un número telefónico en la marquilla, al cual las personas podrán recurrir para donar las prendas en desuso, que servirán como material de relleno para colchones.

Las telas obtenidas de PET reciclado tienen vidas útiles similares a las de

cualquier otra y su precio es competitivo en el mercado si se fabrican blancas. La relación material original-producto obtenido es beneficiosa, ya que de dos envases plásticos de dos litros se puede hacer una camiseta.

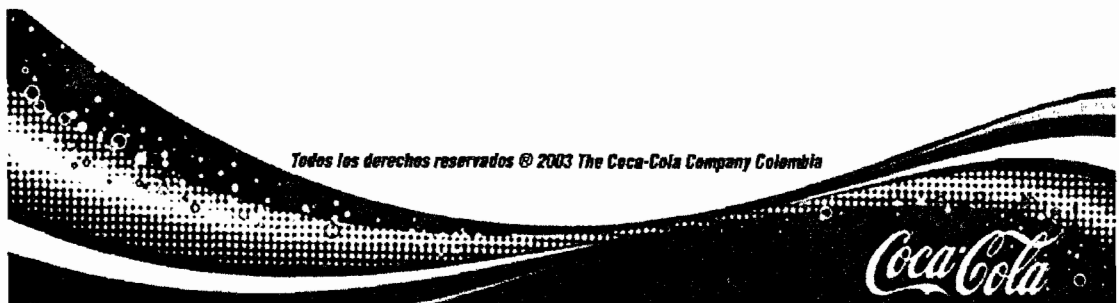
Hasta el momento, los resultados del Programa de Reciclaje PET de Coca-Cola, de marzo hasta agosto, arrojan cifras bastante alentadoras:

- Se están reciclando envases en Bogotá, Medellín, Cali e Ibagué.
- Se han hecho 10.263 camisetas para Colombia.
- Se han exportado 1.600 camisetas.
- Alrededor de 25 personas trabajan reciclando en 6 puntos directos. Se espera tener al final del año 50 puntos.
- Aproximadamente 200 personas hacen parte del proceso desde la limpieza de la botella hasta la confección de una camiseta.
- Se producen casi 400 camisetas diarias.
- En este mes se entregarán 500 cachuchas.
- Coca-Cola de Colombia espera abastecer gran parte de las actividades promocionales de la Compañía en toda Latinoamérica con elementos hechos con PET reciclado.

Esto puede resultar un poco más costoso que comprar las prendas en cada país, pero se realizará con el objeto de concienciar a sus consumidores sobre la importancia del reciclaje.

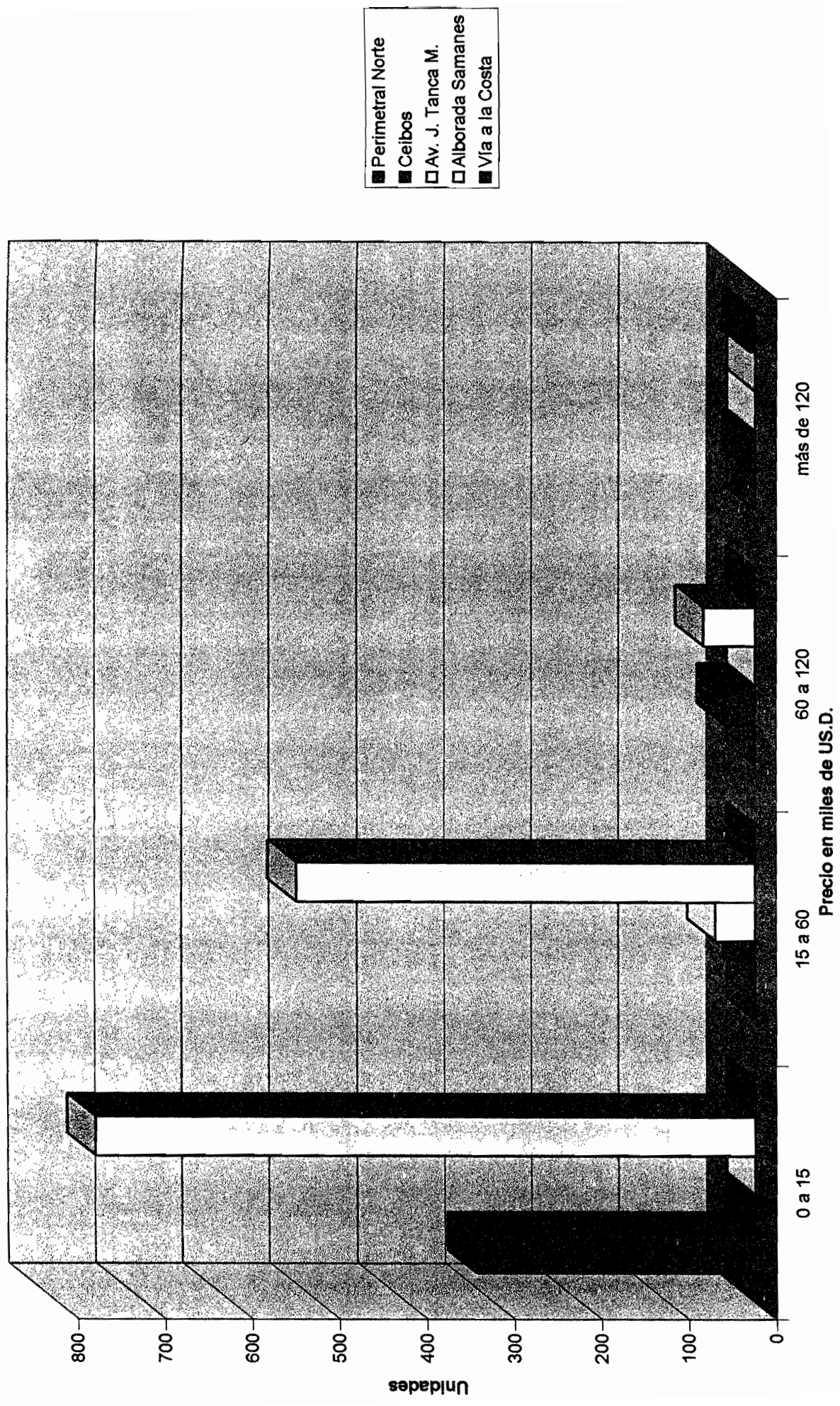
El siguiente paso del programa consiste en realizar acciones de concienciación entre los colombianos, sobre la conveniencia de reciclar y de este modo proteger el medio ambiente. Es así como en octubre Coca-Cola realizará la Quinta Jornada de Limpieza de Costas en las Islas del Rosario, evento que en sus cuatro versiones anteriores ha recogido más de veinte toneladas de basuras.

De otro lado, Coca-Cola recientemente extendió su compromiso ambiental de ciudadano corporativo a una alianza con el Departamento Administrativo del Medio Ambiente de Bogotá, DAMA, mediante la cual llevará educación en tratamiento de desechos sólidos a los alumnos de diversos colegios bogotanos. Así mismo apoyó las campañas Agua Pintada y Eco-recorrido POWERADE 2002 de la Fundación Al Verde Vivo en sus esfuerzos por recuperar el río Bogotá.

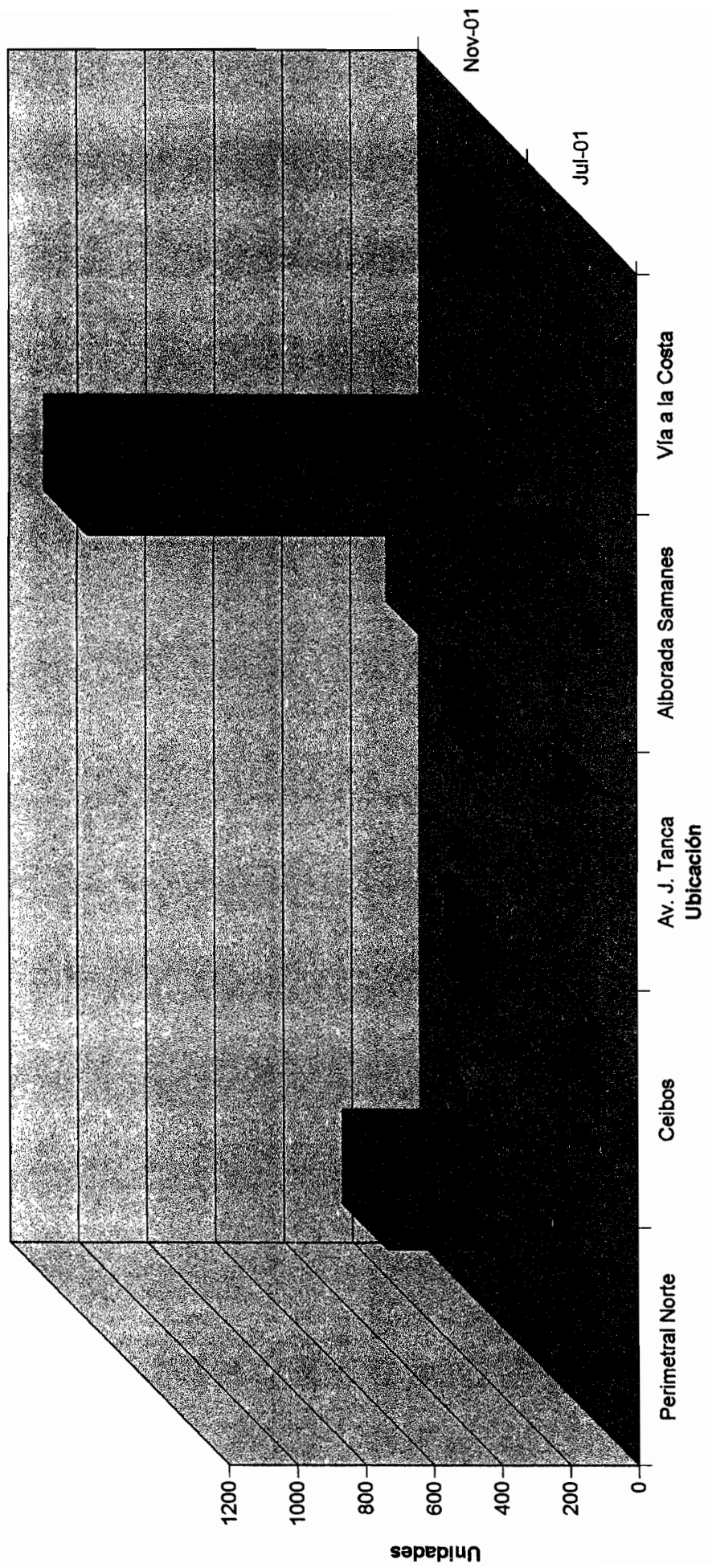


ANEXO IV

Viviendas según rango de precios por sector

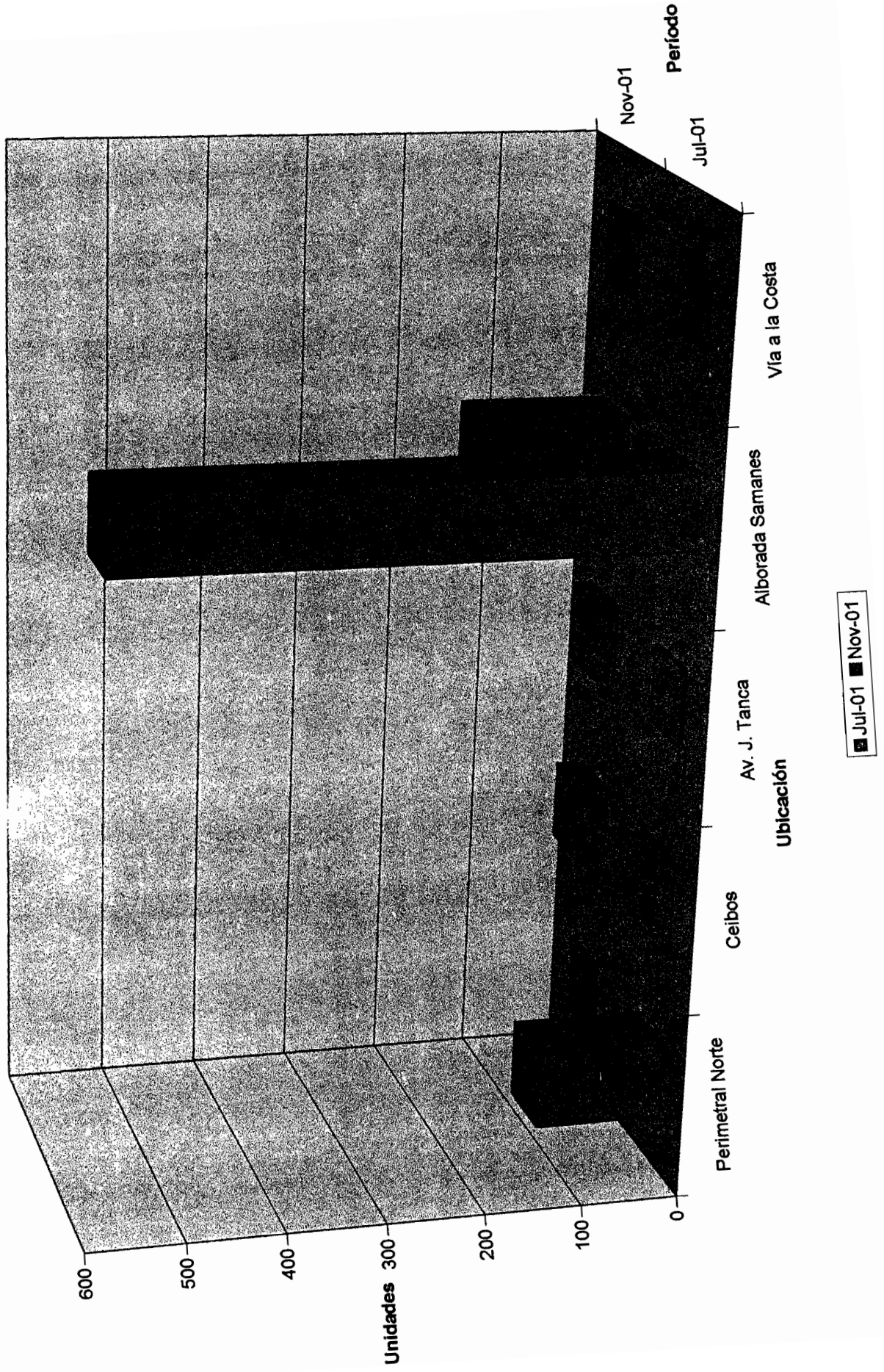


Viviendas terminadas por sector

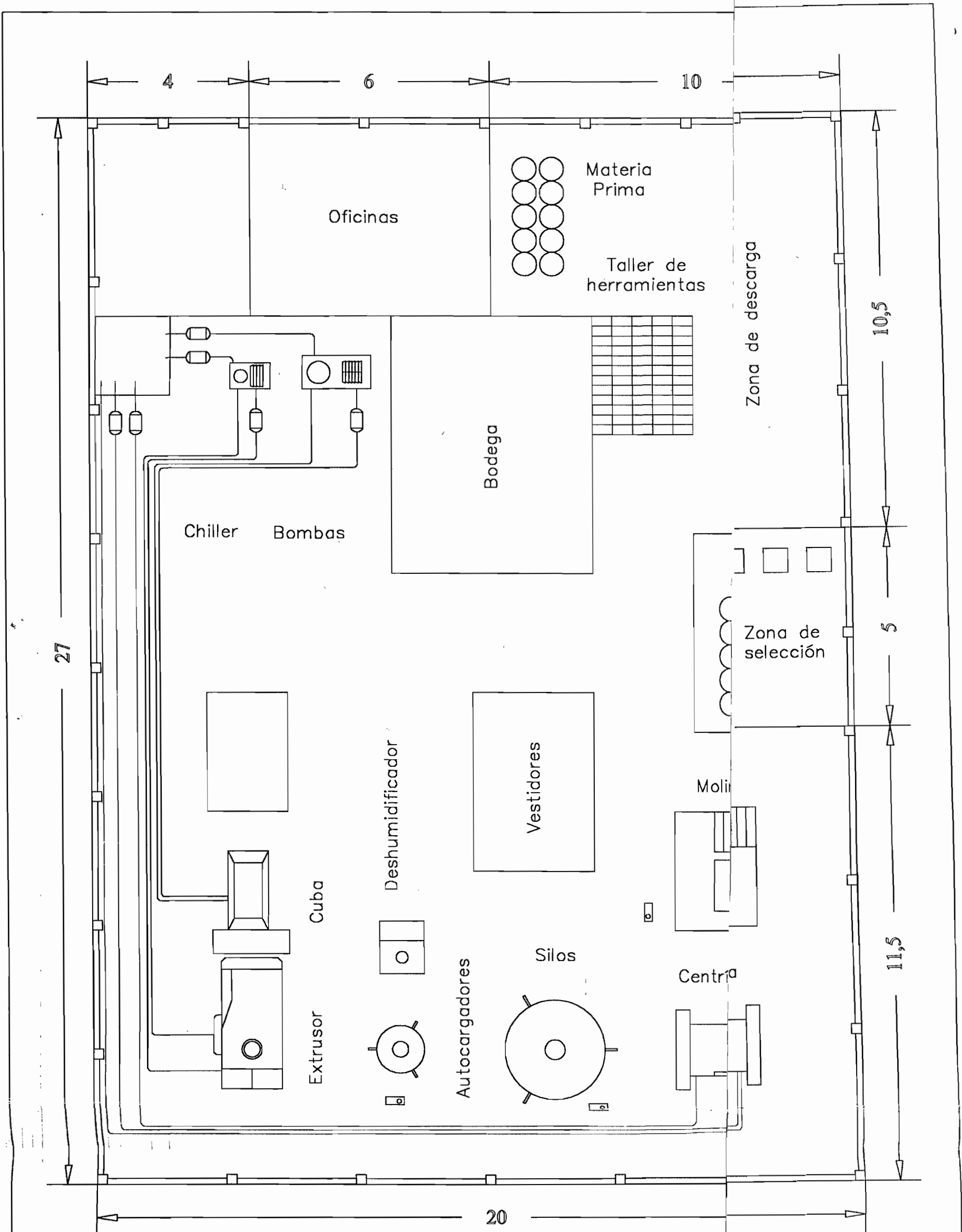


■ Jul-01 ■ Nov-01

Viviendas en construcción por sector



ANEXO V



SIMBOLOGIA	
	Tubería de llenado y retorno de centrífuga
	Tubería de distribución de agua de la cuba
	Tubería de distribución de agua del extrusor

Dibujado por: Jorge Enrique Toro Sánchez	
Revisado por: Ing. Ernesto Martínez	
Aprobado por: Ing. Ernesto Martínez	
Escala: 1:100	Plano #: 1
Fecha: 27/11/03	

FACULTAD DE INGENIERIA EN MECANICA Y CIENCIAS DE LA PRODUCCION	
Titulo: Planta de fábrica de tejas plásticas	

<p>ESPOL</p>

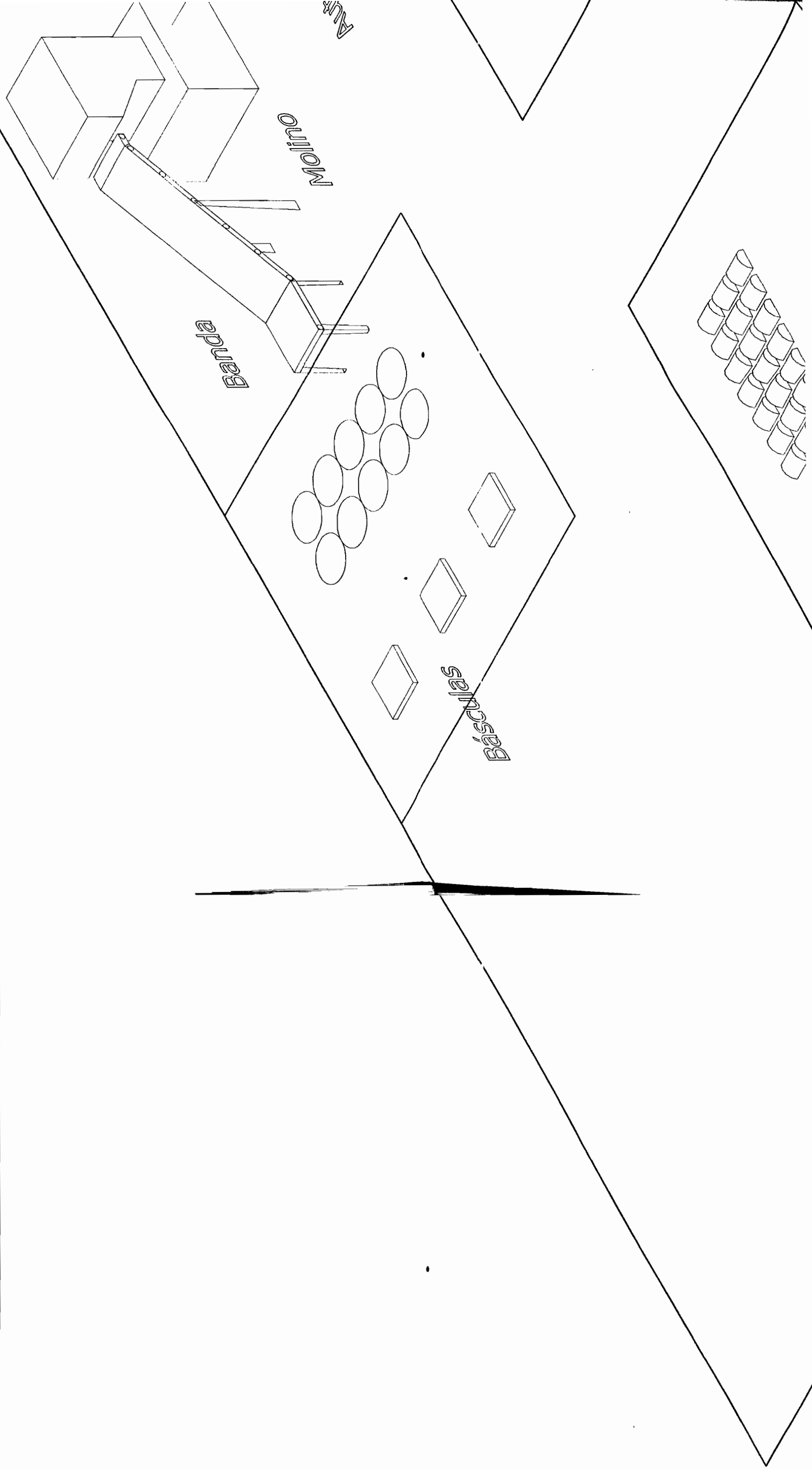
SIMBOLOGIA

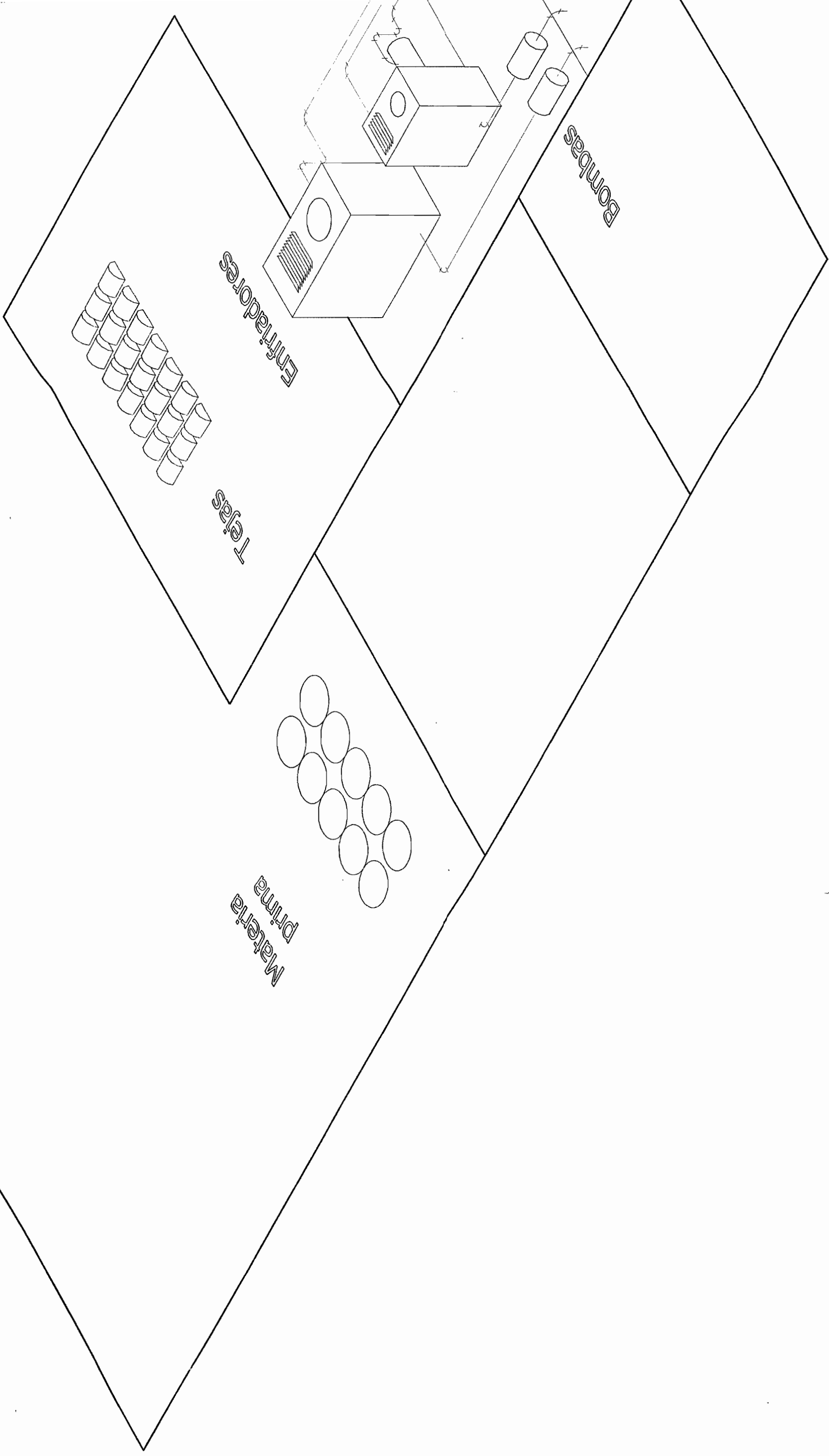
TUBERIA DE LLENADO Y RETORNO DE CENTRÍFUGA

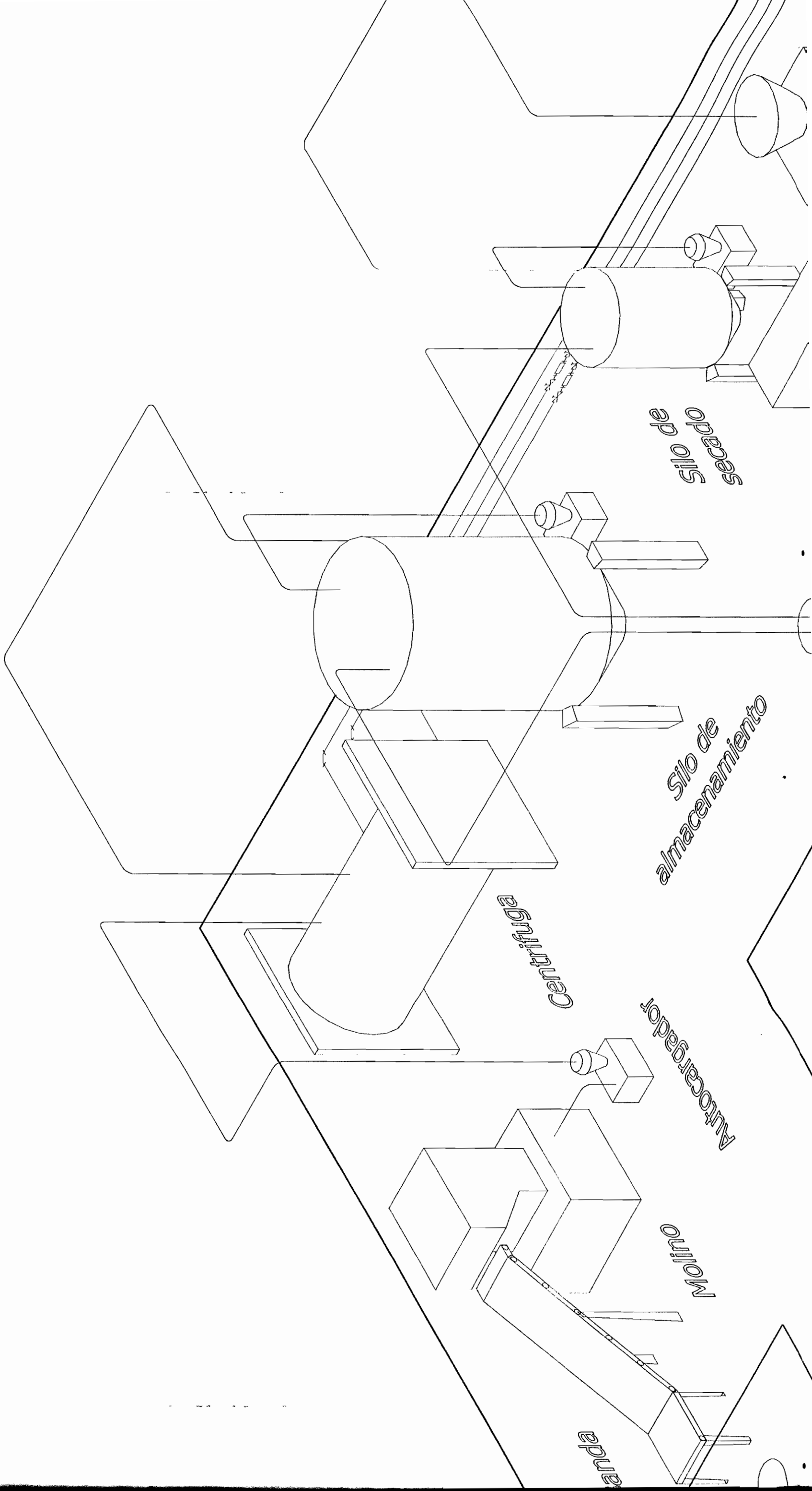
TUBERIA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA DE LA CUBA

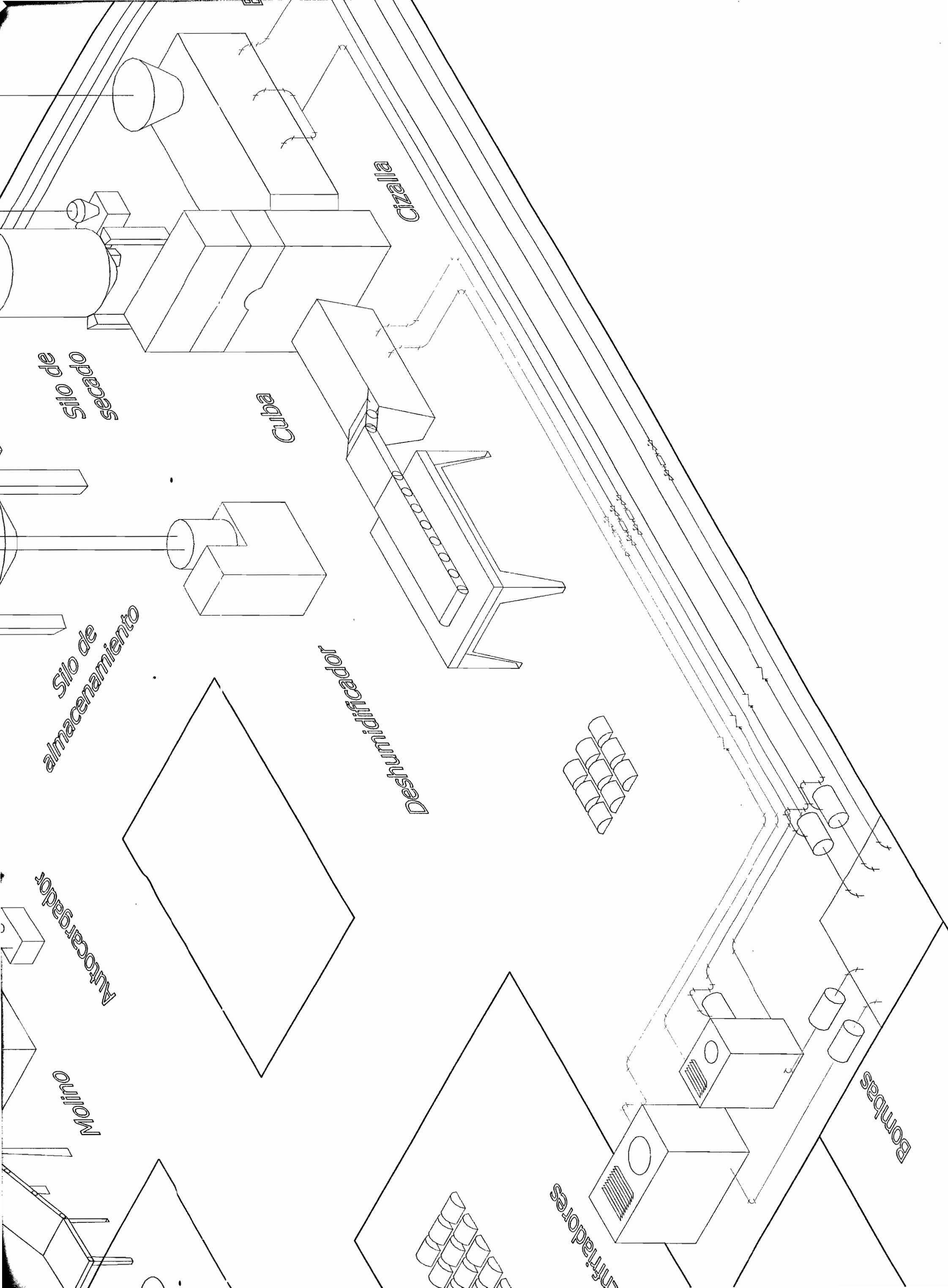
TUBERIA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA DEL EXTRUSOR

TUBERIA DE AIRE PARA TRANSPORTACIÓN DE MATERIAL









Silo de
secado

Silo de
almacenamiento

Autocargador

Molino

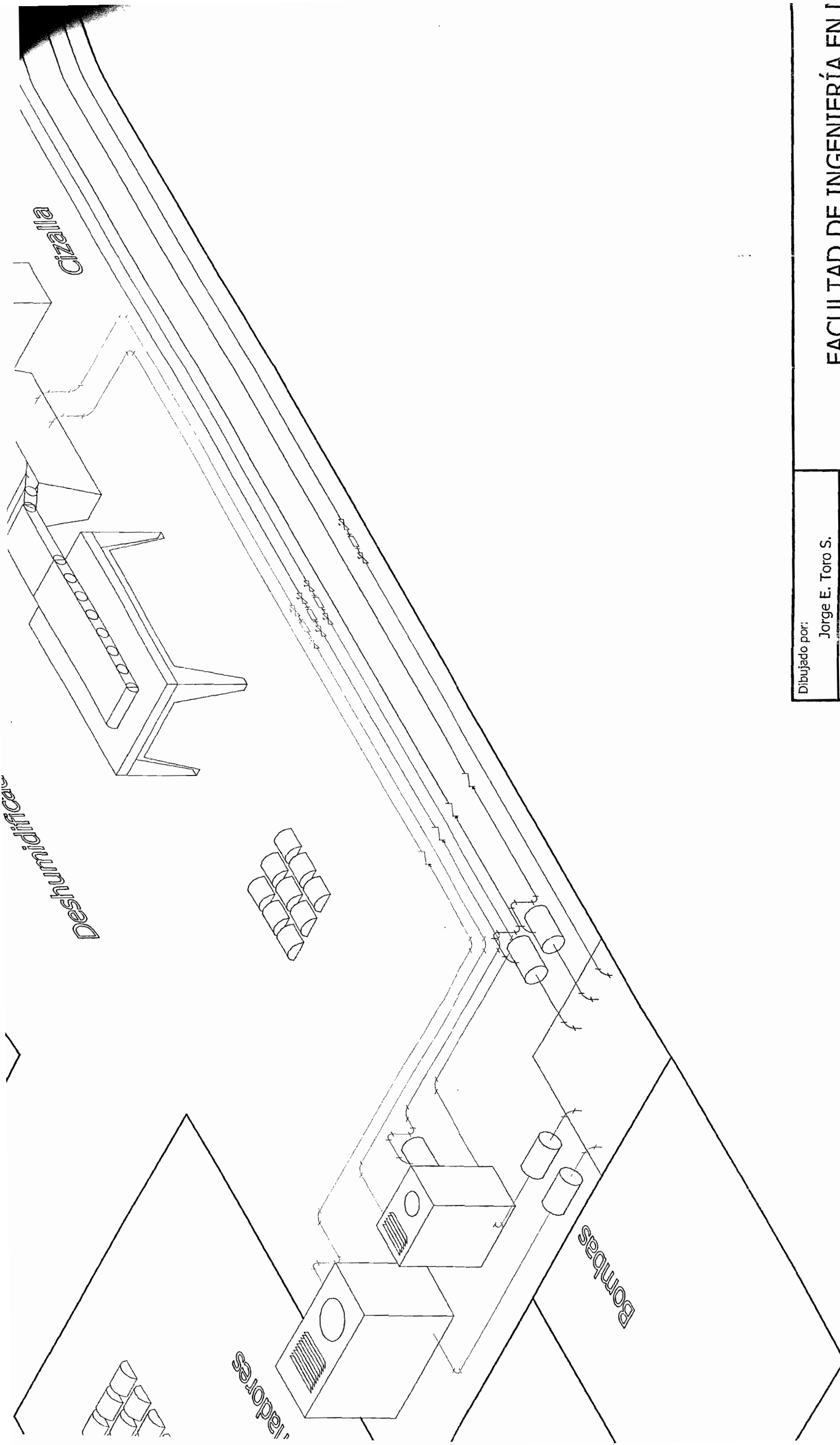
Cuba

Deshumidificador

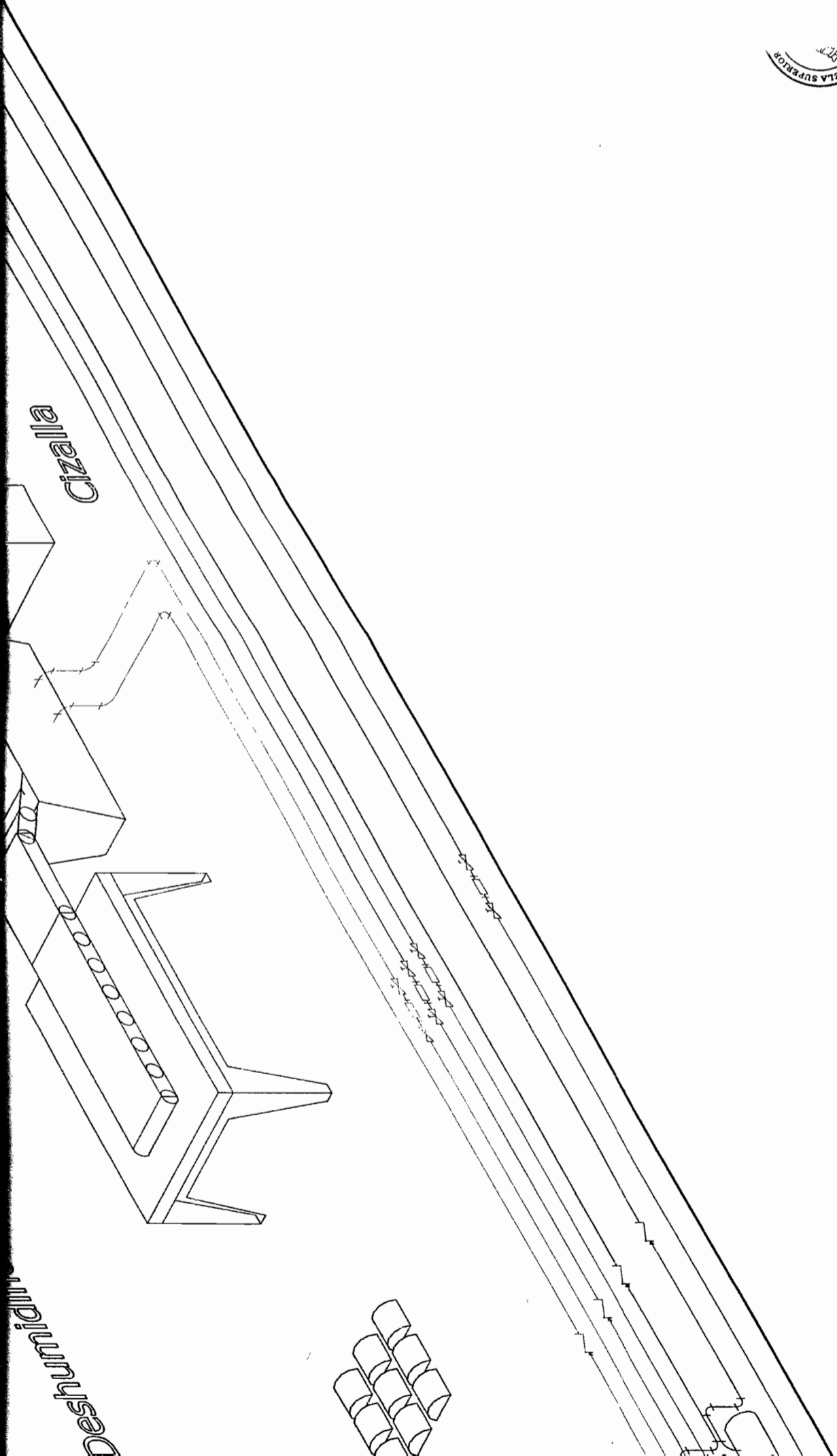
Cizalla

Enfriadores

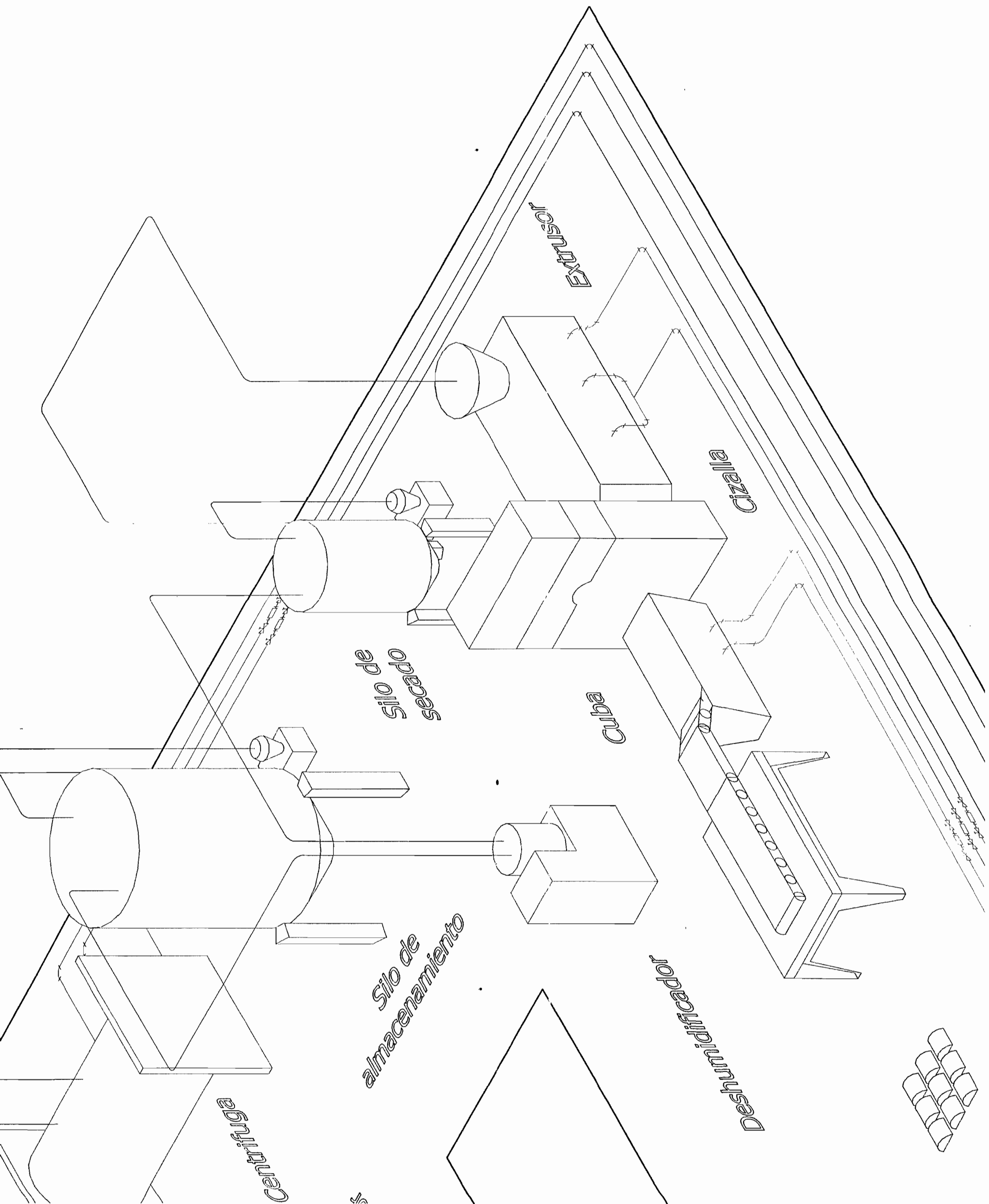
Bombas



Dibujado por: Jorge E. Toro S.		FACULTAD DE INGENIERÍA EN I Y CIENCIAS DE LA PRODUC	
Revisado por: Ing. Ernesto Martínez		Título: Fábrica de tejas plásticas	
Aprobado por: Ing. Ernesto Martínez		Escala:	Plano #: 2
Fecha: 27/11/03			



Dibujado por: Jorge E. Toro S.	FACULTAD DE INGENIERÍA EN MECÁNICA Y CIENCIAS DE LA PRODUCCIÓN Título: Fábrica de tejas plásticas	ESPOL
Revisado por: Ing. Ernesto Martínez		
Aprobado por: Ing. Ernesto Martínez	Escala: Plano #: 2	
Fecha: 27/11/03		



Centrifuga

Silo de almacenamiento

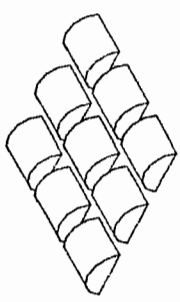
Silo de secado

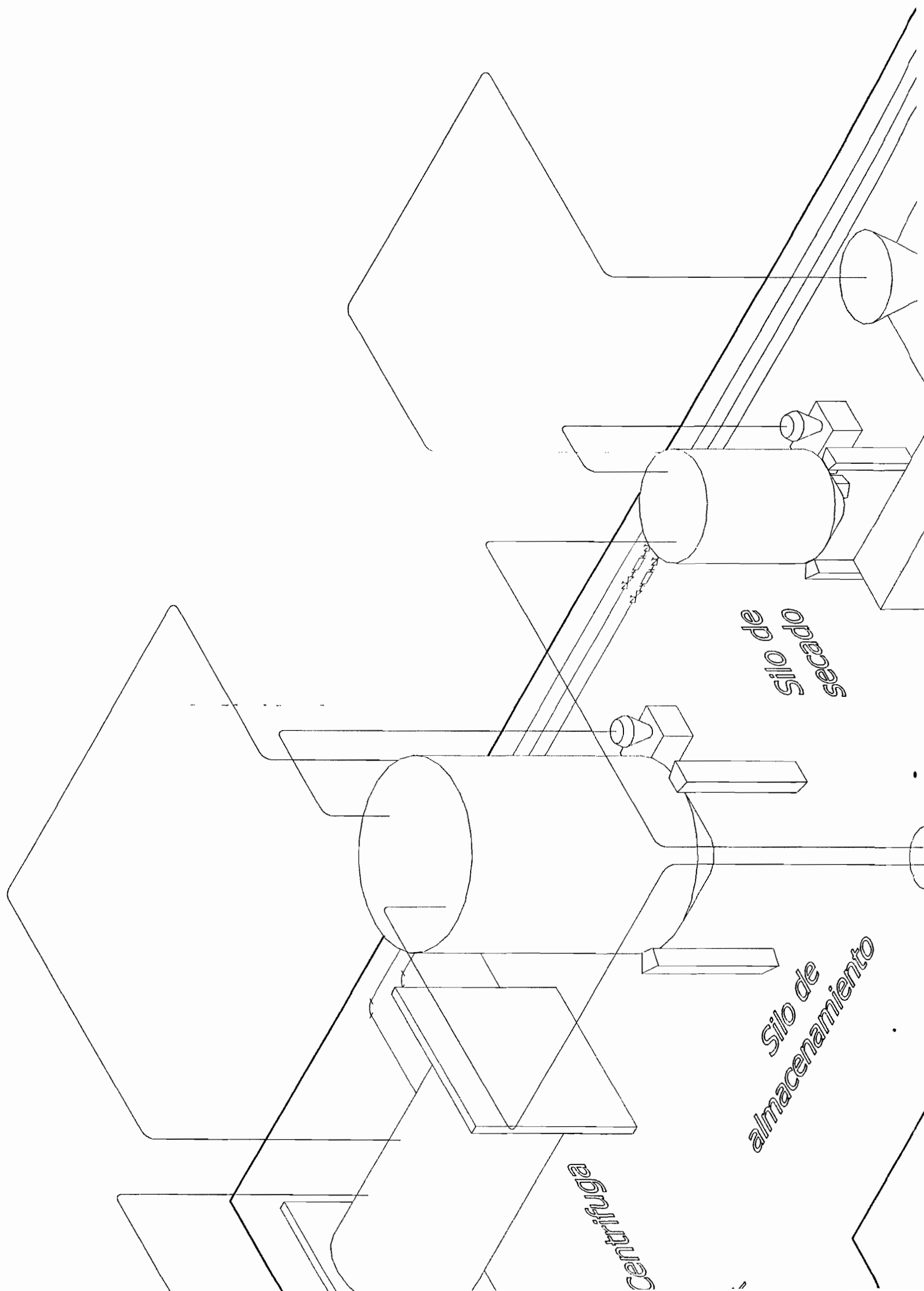
Cuba

Desmenuficador

Cizalla

Extrusor



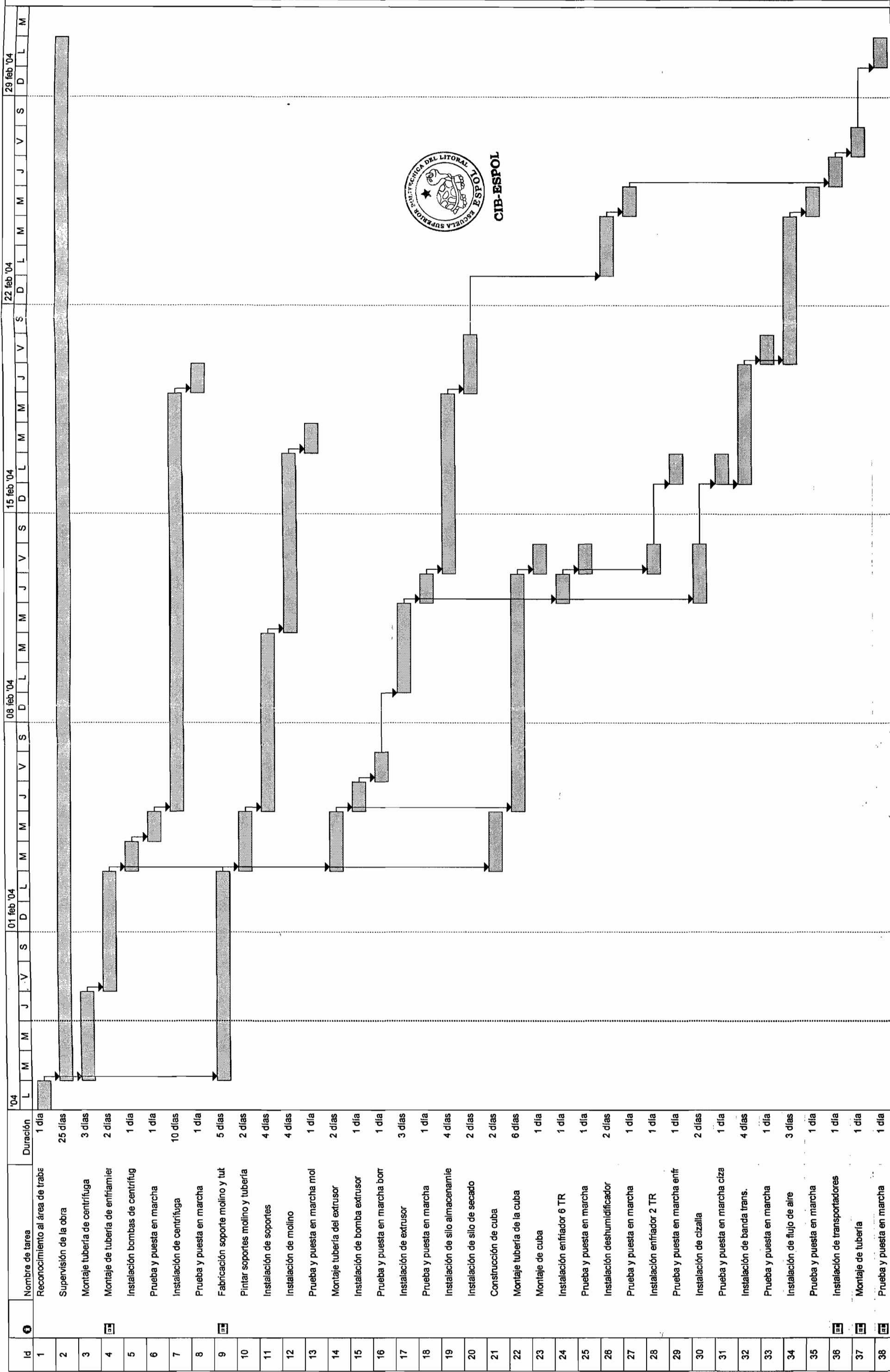


Silo de
secado

Silo de
almacenamiento

Centrifuga

ANEXO VI



Proyecto: tesis
 Fecha: Ju 29/01/04

Progreso (Barra con puntos) **Resumen** (Barra sólida) **División resumida** (Barra con puntos) **Progreso resumido** (Barra con puntos) **Resumen del proyecto** (Barra sólida)

Hito (Diamante negro) **Tarea resumida** (Barra con puntos) **Hito resumido** (Diamante blanco) **Tareas externas** (Barra con puntos)

ANEXO VII

ANEXO VII

OBRA CIVIL			
No	RUBROS	UNIDAD	VALOR
1	Bomba y tanque	m	\$ 1.080,12
2	Bordillos	m	\$ 650,88
3	Caja de registro	u	\$ 359,34
4	Cerámica pared	m2	\$ 512,68
5	Cisterna H.A.	u	\$ 2.820,48
6	Constrapisos de H.S. e=10 cm	m2	\$ 2.006,00
7	Cubierta estilpanel e=0.4mm	m2	\$ 5.590,47
8	Estructura metálica de la cubierta	m2	\$ 5.751,00
9	Excavación	m3	\$ 59,52
10	Hormigón armado 210 kg/cm2	m3	\$ 3.580,50
11	Nivelación y replanteo	m2	\$ 84,00
12	Paredes de bloque	m2	\$ 3.450,00
13	Pintura de caucho	m2	\$ 1.882,32
14	Pozo séptico	u	\$ 1.653,90
15	Punto agua potable	u	\$ 183,04
16	Punto agua servida	u	\$ 136,14
17	Puntos de iluminación	u	\$ 639,00
18	Relleno compactado	m3	\$ 99,60
19	Replanteo de H.S. e=5cm	m2	\$ 50,58
20	Sistema conta incendio	global	\$ 2.241,72
21	Tubería agua potable	m	\$ 180,50
22	Tubería agua servida	m	\$ 611,50
23	Panel de breakers	u	\$ 379,74
24	Tomacorriente 110 V	u	\$ 269,40
25	Tomacorriente 220 V	u	\$ 296,96
26	Acera de hs, e=8cm	m2	\$ 1.056,72
27	Tablero de medidor	u	\$ 1.117,80
28	Acometida interior eléctrica	ml	\$ 2.075,00
29	Puertas de madera	u	\$ 1.490,32
30	Ventanas aluminio/vidrio	m2	\$ 2.360,54
31	Rejas de acero	m2	\$ 2.039,40
32	Caseta guardián	u	\$ 1.046,52
TOTAL			\$ 45.755,69

ANEXO VIII

