

T
668.4
CHA
C.2



ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Mecánica
y Ciencias de la Producción

“Diseño de equipo para molienda y
lavado de PET (polietileno tereftalato)”



TESIS DE GRADO

Previo a la obtención del título de:

INGENIERO MECANICO

Presentada por:

Oscar Fabián Chapa Córdova



GUAYAQUIL – ECUADOR

Año : 2005



D-34116

CIB

AGRADECIMIENTO

Al Ing. Ernesto Martínez.
Director de esta tesis de
grado, por su ayuda y
colaboración para la
realización de este
proyecto.

DEDICATORIA

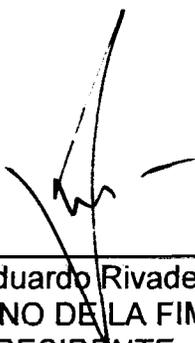
A MIS PADRES:

FREDDY Y SUSANA

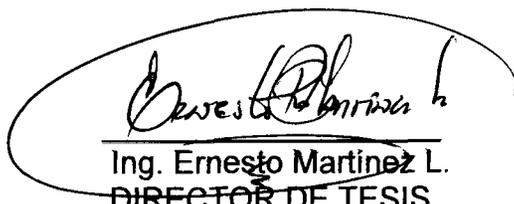
A MIS HERMANAS:

ANDREA Y SAMANTHA

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN



Ing. Eduardo Rivadeneira P.
DECANO DE LA FIMCP
PRESIDENTE



Ing. Ernesto Martínez L.
DIRECTOR DE TESIS



Ing. Manuel Helguero G.
VOCAL PRINCIPAL

DECLARACION EXPRESA

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

(Reglamento de Graduación de la ESPOL)


Oscar Fabián Chapa Córdova

RESUMEN

El presente trabajo se basa en el diseño de un equipo de molienda y lavado de plástico reciclado, particularmente para PET (polietileno tereftalato), que es un tipo de plástico de gran uso en los últimos años. Usado casi por todas las embotelladoras de nuestro país; convirtiéndose de esta manera en una amenaza, debido a su gran aglomeración si no es retirado o reciclado de nuestros desechos sólidos (conocidos mas comúnmente como residuos sólidos urbanos), para que sea debidamente reutilizado; aprovechando así no solo la característica de renovable que es un beneficio que nos ofrece los plásticos, sino que además ahorrando una parte de dinero para las empresas que usan el mismo.

Actualmente se ponen a disposición los servicios de molienda y lavado de manera independiente, en este proyecto se desarrollara un equipo que realice las dos cosas a la vez, siendo esto lo que hace viable el proyecto y además innovador.

Durante el desarrollo de este proyecto no solo me referiré al diseño en sí del equipo; si no que también, en los primeros capítulos tocaré temas: de contaminación que producen los residuos sólidos urbanos; los plásticos sus principales características y usos y el problema que causan cuando no son

degradados naturalmente, luego realizaré un análisis a las principales propiedades y características del reciclaje especialmente del PET, así como a su aglomeración en varias partes de la ciudad de Guayaquil.

En los capítulos finales desarrollaré el estudio teórico-técnico sobre el diseño del equipo, tanto del sistema de molienda como del sistema de lavado, se presentará un análisis de costos para la posible fabricación y factibilidad del proyecto; finalmente se presentará un último capítulo señalando las principales conclusiones y recomendaciones a las que nos llevo la realización de este proyecto.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN.....	ii
INDICE GENERAL.....	IV
INDICE DE FIGURAS.....	VII
INDICE DE TABLAS.....	IX
INDICE DE PLANOS.....	X
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPITULO 1	
1. RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS.....	3
1.1 Definición y Fundamentos Teóricos.....	3
1.2 Composición de los Residuos Sólidos Urbanos.....	4
1.3 Eliminación de los Residuos Sólidos Urbanos.....	18
1.3.1 Métodos de eliminación.....	18
1.4 Normativa Sobre El Manejo De Los Residuos Sólidos Urbanos...22	22
CAPITULO 2	
2. PLASTICOS.....	24
2.1 Breve Reseña Histórica del Plástico.....	24
2.2 Definición y Características.....	25
2.3 Obtención o Fabricación del Plástico.....	26
2.4 Clasificación de los Plásticos.....	27

CAPITULO 3

3.RECICLAJE.....	33
3.1 El Reciclado del PET.....	33
3.2 Procedimientos del Reciclado del PET.....	34
3.3 Características y Propiedades del PET Reciclado.....	37
3.4 Reciclaje del PET en Guayaquil.....	42
3.5 Descripción del Proceso de Reciclaje del PET.....	44

CAPITULO 4

4. SISTEMA DE MOLIENDA.....	48
4.1 Descripción del Proceso.....	48
4.2 Generalidades y Datos para el Diseño.....	52
4.3 Sistema Motriz.....	54
4.3.1 Selección de Poleas y Bandas.....	91
4.3.2 Selección del Motor.....	94
4.4 Diseño de las Cuchillas.....	98
4.5 Diseño del Tamiz.....	103

CAPITULO 5

5.SISTEMA DE LAVADO.....	105
5.1 Descripción del proceso.....	105
5.2 Generalidades y datos para el Diseño.....	110
5.3 Sistema de Alimentación de Agua.....	112
5.3.1 Selección de Bomba.....	113
5.4 Diseño de Aspersores de Lavado.....	118
5.5 Selección de Conductos de Agua.....	122
5.6 Sistema de escurrido.....	125

CAPITULO 6

6 ANÁLISIS ECONOMICO.....	143
6.1 Estudio de Producción del Equipo.....	143
6.2 Inversión.....	145
6.3 Recuperación de la Inversión.....	147

CAPITULO 7

7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	148
--	------------

APENDICES**BIBLIOGRAFIA**

INDICE DE FIGURAS

Figura	N°	Descripción	Pag.
Figura	1.1	Composición Porcentual De Los Residuos Sólidos	15
Figura	1.2	Componentes de Desechos Domésticos	15
Figura	1.3	Desechos Reciclables en Basura Doméstica	16
Figura	1.4	Desechos Sólidos Industriales	16
Figura	1.5	Porcentaje de Plásticos Componentes de los RSU	17
Figura	3.1	Clases de Reciclado de PET	35
Figura	3.2	Proceso mecánico de los plásticos	46
Figura	3.3	Proceso mecánico de los plásticos modificado	47
Figura	4.1	Sistema de lavado y trituración ML400	50
Figura	4.2	Equipo de lavado y trituración Pet	50
Figura	4.3	Clases de rotores	57
Figura	4.4	Pared de Pet	58
Figura	4.5	Fuerzas sobre el árbol de transmisión	60
Figura	4.6	Geometría del árbol de transmisión	63
Figura	4.7	Fuerzas en la plano YZ	63
Figura	4.8	Fuerzas en el plano XZ	64
Figura	4.9	Fuerzas en el plano XZ (2)	65
Figura	4.10	Momentos en el plano YZ	66
Figura	4.11	Momentos en el plano XZ	67
Figura	4.12	Momento total	68
Figura	4.13	Vista 3D de la cuña	81
Figura	4.14	Fuerzas sobre la cuña	81
Figura	4.15	Soldadura entre soportes y árbol de transmisión	85
Figura	4.16	Soporte para cuchilla	86
Figura	4.17	Pernos de las cuchillas	99
Figura	4.18	Datos para diseño del tamiz	104
Figura	5.1	Sistema lavado opción 1	106
Figura	5.2	Sistema lavado opción 2	107
Figura	5.3	Sistema de alimentación de agua	112
Figura	5.4	Posicionamiento de bomba de agua	114
Figura	5.5	Influencia de la altura de aspersion	119
Figura	5.6	Chorro agua tobera cono lleno	121
Figura	5.7	Diagrama de aspersion del equipo	121
Figura	5.8	Esquema de los conductos de agua	124
Figura	5.9	Filtro de agua	125
Figura	5.10	Características malla metálica	127
Figura	5.11	Escama de Pet	128
Figura	5.12	Forma de tejido de la malla	128
Figura	5.13	Reducción en la salida del molino	130
Figura	5.14	Malla transportadora	132

Figura	5.15	Fricción del Pet sobre malla transportadora	132
Figura	5.16	Partes de la malla transportadora	136
Figura	5.17	Placas laterales de la malla transportadora	136
Figura	5.18	Chumacera tipo tensor con bastidor	140
Figura	5.19	Partes del deposito de recolección de agua	142

INDICE DE TABLAS

Tabla	N°	Descripción	Pag.
Tabla	1.1	Recolección de basura por ciudad	6
Tabla	1.2	Cobertura de aseo por área y región	7
Tabla	1.3	Generación de basura por región y área	9
Tabla	1.4	Composición de la basura a nivel nacional	12
Tabla	1.5	Precios de compra de material pagados por REIPA	14
Tabla	3.1	Energía liberada por algunos materiales	37
Tabla	4.1	Factor de tamaño	69
Tabla	4.2	Coefficiente para la ecuación de factor superficial	70
Tabla	4.3	Factores de confiabilidad	70
Tabla	4.4	Tamaños de cuñas	80
Tabla	4.5	Fuerzas actúan sobre chumaceras	88
Tabla	4.6	Diámetros de agujeros de tamiz	103
Tabla	5.1	Ventajas, Desventajas. Sistema lavado #1	108
Tabla	5.2	Ventajas, Desventajas. Sistema lavado #2	108
Tabla	5.3	Volumen de agua para lavar Pet	113
Tabla	5.4	Perdidas por fricción descarga	116
Tabla	5.5	Perdidas por fricción descarga	116
Tabla	5.6	Selección de dimensiones de tubos para sistemas de agua	123
Tabla	6.1	Tiempos de construcción y ensamble del equipo	144
Tabla	6.2	Tiempos de construcción y ensamble del equipo	144
Tabla	6.3	Costos de materiales sistema de molienda	145
Tabla	6.4	Costos de implementación del sistema de lavado	146
Tabla	6.5	Costos total del equipo	147
Tabla	7.1	Especificaciones técnicas del equipo	151

ÍNDICE DE PLANOS

Plano	Nº	Contenido
Plano	1	Tolva alimentación
Plano	2	Cuerpo molino parte superior
Plano	3	Cuerpo molino parte inferior
Plano	4	Reducción
Plano	5	Árbol de transmisión y soporte de cuchillas
Plano	6	Cuchillas
Plano	7	Tamiz
Plano	8	Partes sistema molienda 3D
Plano	9	Ensamble del sistema de molienda
Plano	10	Plano de conductos de agua
Plano	11	Chumacera tipo tensor y soporte
Plano	12	Chumacera cuadrada y soporte
Plano	13	Ensamble del motorreductor
Plano	14	Ensamble de chumacera tipo tensor
Plano	15	Plano depósito agua
Plano	16	Sistema de escurrido
Plano	17	Vista frontal de equipo
Plano	18	Vista lateral izquierda y derecha del equipo
Plano	19	Vista de planta del equipo
Plano	20	Vista 3D Equipo de Molienda y Lavado de PET

INTRODUCCIÓN

El reciclaje es la actividad de recuperar los desechos sólidos al fin de reintegrarlos al ciclo económico, reutilizándolos o aprovechándolos como materia prima para nuevos productos, con lo que podemos lograr varios beneficios: económicos, ecológicos y sociales, etc.

Se puede definir a la basura como: "Un subproducto del esfuerzo y la actividad humana". En épocas remotas, el control de la basura, no tenía importancia, la cantidad de terreno disponible para su asimilación era grande y la degradación era rápida. Las grandes epidemias por causa de la basura dieron lugar a la creación de la "Higiene Pública", la cual condujo a formar normas elementales para la manipulación, transporte, depósito, eliminación y recuperación de los desechos sólidos.

Estudios del ciclo de vida media de diferentes materiales, indican que si se recicla 1 TM de aluminio se evita la extracción de 5 TM de bauxita y se ahorra 95% de energía; si fuera papel, por 1 TM reciclada, 15 árboles se salvarían de ser talados y se economizaría 74% de energía; y por cada tonelada de plástico reciclado, se ahorraría 80% de energía en comparación con la energía utilizada en la fabricación de un nuevo plástico.

El desarrollo de este trabajo se refiere a la factibilidad de diseñar un equipo que realice la molienda y lavado del Pet en un solo proceso o conjunto, con lo cual no esta de mas recalcar que este trabajo beneficiara no solo a la empresa que lo desarrolle o utilice, sino también, a la comunidad en general donde sea puesto en funcionamiento

En la actualidad solo ciertas empresas en el país se preocupan por la reutilización de sus envases plásticos, la mayoría deja este trabajo a manos de ciertas compañías que se dedican específicamente a este trabajo de reciclado. Normalmente en nuestro país al momento de reciclar el plástico los procesos de triturado y lavado se hacen por separado; y aquí es donde hace hincapié este proyecto diseñando un equipo para realizar este trabajo en conjunto.

CAPITULO 1

1 RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS

1.1 Definición Y Fundamentos Teóricos

Residuos sólidos (*Definición*): fracción de los materiales de desecho que se producen tras la fabricación, transformación o utilización de bienes de consumo, que no se presentan en estado líquido o gaseoso.

El origen de estos residuos se puede deber a las actividades agrarias, pero la mayor parte de ellos es generada en las ciudades. Éstas producen los residuos sólidos urbanos, que proceden de las actividades domésticas en los domicilios particulares, de los edificios públicos como los colegios, de la demolición y reparación de edificios, entre otras. Algunos de los residuos sólidos que producen las industrias son similares a los urbanos, pero otros son más peligrosos, puesto que pueden contener sustancias inflamables, radiactivas o tóxicas.

En cualquier caso, la producción de cantidades enormes de residuos sólidos plantea el problema de su eliminación. Son materiales que no tienen valor económico, o su aprovechamiento es muy caro, y por ello se acumulan en vertederos. En estos lugares aparecen olores desagradables, se producen plagas de roedores o insectos y se contamina el agua del subsuelo, entre otros problemas. Una posible alternativa es la incineración, que permite obtener energía de su combustión, pero es necesario un control muy estricto de las sustancias que pueden originarse durante el proceso, porque algunas pueden ser muy tóxicas y perjudiciales para la salud.

1.2 Composición de los Residuos Sólidos Urbanos

Los residuos producidos por los habitantes urbanos comprenden: basura, muebles y electrodomésticos viejos, embalajes y desperdicios de la actividad comercial, restos del cuidado de los jardines, la limpieza de las calles, etc. El grupo más voluminoso es el de las basuras domésticas. La basura suele estar compuesta por:

- **Materia orgánica.-** Son los restos procedentes de la limpieza o la preparación de los alimentos junto la comida que sobra.
- **Papel y cartón.-** Periódicos, revistas, publicidad, cajas y embalajes, etc.

- Plásticos.- Botellas, bolsas, embalajes, platos, vasos y cubiertos desechables, etc.
- Vidrio.- Botellas, frascos diversos, vajilla rota, etc.
- Metales.- Latas, botes, etc.
- Otros

Composición de desechos sólidos en el Ecuador

Antecedentes y factores técnicos

La información relacionada con el manejo de desechos sólidos en el Ecuador es escasa. Apenas en la década pasada se emprendieron esfuerzos sistemáticos por registrar y contrastar la información existente en función de diseñar estrategias de manejo.

En 1990 el Instituto Ecuatoriano de Obras Sanitarias (IEOS) realizó un primer estudio de la recolección de basura en las capitales provinciales, el mismo que permite contextualizar la situación actual del manejo de desechos sólidos en el país. Algunos de los hallazgos más relevantes se resumen a continuación:

REGIÓN	COBERTURA %	PRODUCCIÓN Tm / día	Recolección Tm / día
COSTA	33	1,161.0	385.4
Esmeraldas	21	76.0	16.1
Portoviejo	50	72.0	36.2
Babahoyo	55	27.0	14.9
Guayaquil	32	905.0	289.6
Machala	35	81.0	28.6
SIERRA	80	883.0	707.4
Tulcán	89	21.0	18.6
Ibarra	84	41.0	34.2
Quito	80	848.0	386.7
Latacunga	88	15.0	13.2
Ambato	81	61.0	49.5
Riobamba	78	69.0	53.7
Guaranda	74	8.0	6.0
Azogues	59	8.0	4.7
Cuenca	80	121.0	97.2
Loja	79	55.0	43.6
AMAZONÍA	54	28.0	15.1
Nueva Loja	16	8.0	1.3
Tena	71	6.0	4.3
Puyo	73	6.0	4.4
Macas	97	2.0	2.0
Zamora	97	2.0	3.2
INSULAR	2	1.9	97
Puerto Baquerizo			1.9
TOTAL PAÍS	54	2,074	1,109.8

Fuente: Proyecto PATRA, 2001: 25

Elaboración: Encuesta Línea de Base IPEC-DYA, 2002

Tabla 1.1: Recolección de basura por ciudad

Como se puede apreciar, la situación más crítica en cuanto al manejo de desechos sólidos la padece la región Costa, donde apenas existe una cobertura del 33%. De las 2,074 toneladas de basura producidas en todo el país, tan solo un poco más de la mitad son recolectadas, mientras que el resto es dispuesto en las calles, quebradas, ríos, etc.

Hacia 1999, el Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI) realizó una evaluación nacional de los servicios de agua potable, alcantarillado y desechos sólidos, la misma que concluyó que solamente el 49.1% de la población (esto es, 6'046,900 de personas) contaba con servicio de aseo cuya cobertura, en el área urbana era del 72% (5'774,310) y en el área rural apenas del 9.75%. (413,645). Nuevamente gran parte de los indicadores con valor negativo correspondían a las áreas rurales.

En la siguiente tabla podemos observar la distribución regional de la cobertura de aseo hacia 1999:

Región	Cobertura / Población Servicio					
	Área Urbana		Área Rural		País	
	%	Hab.	%	Hab.	%	Hab.
Sierra	82.6	2'712.265	11.50	255.772	53.90	2'968.037
Costa	62.6	2'763.696	8.10	144.698	46.90	2'908.394
Amazonía	70.9	148.870	4.00	15.359	27.60	164.228
Galápagos	42.4	6.060	9.50	181	38.60	6.241
Total	72.04	5'774.310	9.75	413.645	49.10	6'046.900

Fuente: Proyecto PATRA, 2001,

Elaboración: Encuesta Línea de Base IPEC-DYA, 2002

Tabla 1.2: Cobertura de aseo por área y región

En relación a los datos recogidos por el IEOS en 1990, se observa una mejoría en la cobertura correspondiente al 18.04% en el área urbana nacional; sobre todo en la región Costa donde se ha producido un incremento del 16.6%. La región Insular por el contrario, da cuenta de un déficit en la cobertura del servicio en un 54.6%.

El Proyecto PATRA ha realizado estimaciones de la producción actual de basura per cápita en localidades de distinto tamaño geográfico y poblacional, de la que ha deducido la producción a nivel de país. Así, sus estadísticas arrojan que las ciudades grandes como Quito (más de 1'000.000 de habitantes) producen alrededor de 0,85 kilogramos de basura por habitante al día; ciudades medianas como Riobamba (entre 15.000 y 1'000.000 hab.), producen 0.64 Kg/hab/día; y las ciudades pequeñas como Tena (menos de 15.000 hab.) producen 0.45 Kg/hab/día.

Proyectando las cifras al ámbito nacional, el Proyecto PATRA estima que se producen alrededor de 7,423 toneladas de residuos sólidos diarios en el Ecuador, de las cuales el 50.2% se generan en las ciudades medianas, 40.3% en las ciudades grandes y 9.5% en las pequeñas.

Las 7,423 toneladas diarias que genera el país se distribuyen por región y área de la siguiente manera:

Región	Cobertura / Población Servicio					
	Área Urbana		Área Rural		País	
	%	Tm/día	%	Tm/día	%	Tm/día
Sierra	31.1	2.311	13.50	804	44.6	3.312
Costa	40.8	3.032	10.80	1.001	51.7	3.836
Amazonía	1.3	94	2.30	174	3.6	268
Galápagos	0.1	6	0.01	1	0.1	7
Total	73.3	5.443	26.7	1,980	100.0	7,423

Fuente: Proyecto PATRA, 2001

Elaboración: Encuesta Línea de Base IPEC-DYA, 2002

Tabla 1.3 Generación de basura por región y área

Las dos ciudades que alcanzan los niveles más altos de producción de basura son Quito y Guayaquil (41.7%), mientras que el 18.4% se genera en las ciudades de Machala, Esmeraldas, Durán, Milagro, Quevedo, Portoviejo, Manta, Cuenca, Riobamba, Ibarra, Santo Domingo de los Colorados y Ambato. El 60.1% de los residuos sólidos del país se generan en el área urbana de estas ciudades y el 39.9% restante se origina en las 199 ciudades restantes y en el área rural de todo el país.

Por otra parte, de la información se desprende que la mayoría de ciudades ecuatorianas poseen centros de acopio donde son recogidos los residuos y llevados a los botaderos de basura. Todas las ciudades poseen un sistema de barrido, limitado en gran parte a las áreas con estructura física y calles, el cual casi siempre consiste en sistemas manuales a excepción de los de Quito, Guayaquil, Tulcán, Riobamba y Cuenca, que poseen maquinarias para tal efecto.

Se estima que en todo el Ecuador, se recoge apenas el 49.1% de la basura producida: 62% en la Sierra, 46.9% en la Costa, 27.6% en la Región Amazónica, y 38.6% en Galápagos.

La frecuencia de recolección en la mayoría de las ciudades del Ecuador es diaria (62.88%); el 36.59% tiene una frecuencia interdiaria (pasando un día) y 0.54% una frecuencia semanal, debido en gran medida a que el servicio tiene un costo elevado. Los vehículos recolectores de la mayoría del país se encuentran en mal estado para la recolección, lo que repercute en la calidad del servicio.

En cuanto al transporte de los desechos sólidos, se conoce que en la Sierra el 62% de la basura es conducida al botadero, mientras que el 38% es arrojada a quebradas, ríos, etc. En la región Costa tan solo 1,799 Ton. de las 3,836 Ton. son llevadas a lugares de disposición final, en la Amazonía solo el 27.6% es dispuesto y en Galápagos apenas el 38.6%.

Son pocas las ciudades que en el país cuentan con rellenos sanitarios. Solamente Guayaquil y Cuenca poseen la suficiente tecnología sanitaria, mientras que las demás ciudades disponen los residuos en botaderos en malas condiciones, incluida Quito, donde a pesar de que



sus autoridades reportan un botadero relativamente controlado, sobrepasó su capacidad de carga desde hace mucho tiempo.

En los botaderos, la basura no recibe ningún tratamiento sanitario de líquidos o gases; simplemente se mezclan los residuos con el material pétreo de los emplazamientos (excepto, como se verá más adelante en la ciudad de Cuenca, que ahora está inaugurando un relleno sanitario manejado con parámetros técnicos). Solo en los rellenos sanitarios (como el de las Iguanas en Guayaquil) se efectúa un proceso con alta tecnología.

La deficiente disposición en los botaderos de cielo abierto, así como la basura acumulada en avenidas, esteros, ríos, quebradas, etc., constituye una permanente amenaza para la salud de minadores y pobladores aledaños o incluso para los habitantes que por uno u otro motivo acceden a las aguas subterráneas contaminadas.

El reciclaje de basura y la actividad de los minadores

A nivel nacional el promedio de composición de la basura es el siguiente:

Material	%	Tm/día
Materia Orgánica	71.4	5.298
Papel y Cartón	9.6	709
Plástico	4.5	336
Vidrio	3.7	274
Metales	0.7	53

Fuente: Proyecto PATRA, 2001

Elaboración: Encuesta Línea de Base IPEC-DYA, 2002

Tabla 1.4: Composición de la basura a nivel nacional

Gran parte de la basura producida es susceptible de ser reciclada para distintos fines y aprovechada como abono en el caso de los desechos orgánicos.

Efectivamente, según las estadísticas de Fundación Natura, gran parte de la basura producida es reciclada por distintas vías; sobre todo materiales como papel y cartón, envases de vidrio, metales y plásticos, así como desechos orgánicos.

En el Ecuador el reciclaje se realiza desde hace tres décadas sin que haya habido de por medio una tarea de planificación, por el contrario ha sido una actividad improvisada a través de distintos mecanismos. Ello ha dado lugar a que existan varias prácticas de recolección en distintos niveles: algunas empresas o instituciones públicas y privadas y ciertas familias, venden parte de los desechos que producen a empresas recicladoras. En otros casos existen empresas que tienen empleados dedicados al reciclaje y ocurre también que los propios empleados

municipales desarrollan labores de separación de desechos con fines de comercialización. Los minadores denominados “informales” han tenido también un rol fundamental en el reciclaje de la basura.

Existen en todas las ciudades del país personas que se dedican al reciclaje de basura ya sea en las fuentes o en los botaderos. Los “minadores” o “chamberos”, que forman parte de lo que se denomina la economía informal del país, se ven excluidos de todo proceso productivo “formal” lo que, sumado al factor pobreza, los empuja a desplegar la fuerza de trabajo familiar que les permita subsistir.

La comercialización generalmente se realiza en el sitio del botadero con los intermediarios o con los mismos delegados de las empresas recicladoras. En otros casos, los materiales son comercializados directamente en las empresas recicladoras entre las que se destaca REIPA (Recicladores y Protectores Ambientales) de Guayaquil, que anualmente comercializa alrededor de 1,200 toneladas de plástico reciclado en forma de tuberías y productos bajo pedido; y 48,000 toneladas de cartón, papel de distintos tipos y vidrio.

Los valores que esta empresa paga por el material de reciclaje se detallan en la siguiente tabla:

Material	Unidad	Precio de compra (\$.)
Plástico Fino y limpio	Kilo	0.120
Plástico de botellas	Kilo	0.100
Plásticos jabas o chancletas	Kilo	0.200
Vidrio Blanco	Kilo	0.020
Vidrio Café	Kilo	0.018
Papel bond blanco	Kilo	0.200
Papel bond impreso	Kilo	0.140
Papel mixto-color	Kilo	0.100
Cartón	Kilo	0.060
Periódico	Kilo	0.080
Aluminio-envases	Libra	0.230
Aluminio grueso-ollas	Libra	0.260
Láminas litográficas	Libra	0.250
Perfil aluminio	Libra	0.260
Chatarra gruesa	Kilo	0.010
Cobre	Libra	0.480
Bronce	Libra	0.340

Fuente: Proyecto PATRA, 2001

Elaboración: Encuesta Línea de Base IPEC-DYA, 2002

Tabla 1.5: Precios de compra de material pagados por REIPA

Composición de desechos sólidos en la ciudad de Guayaquil

A inicios de la década pasada, cada persona en Guayaquil producía 0.6 Kg de basura por día y se producían 1,385 Ton diarias de desechos.

La composición porcentual de tales residuos la podemos observar en la siguiente Fig. 1.1:

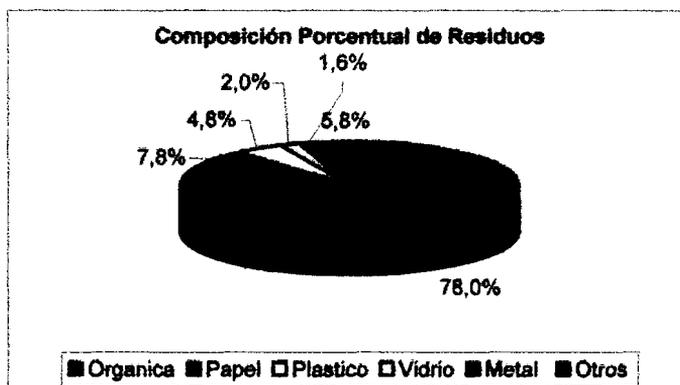


Fig. 1. 1 Composición Porcentual De Los Residuos Sólidos

El promedio de producción de desechos es de 0.97 Kg por habitante por día con un promedio hasta el mes de mayo del 2003 de 1,972 ton/día. Podemos observar un detalle más específico acerca de los desechos sólidos y su composición en apéndice A.

Los componentes globales en porcentajes de basura domestica se observa en la siguiente Fig. 1.2 y Fig. 1.3:

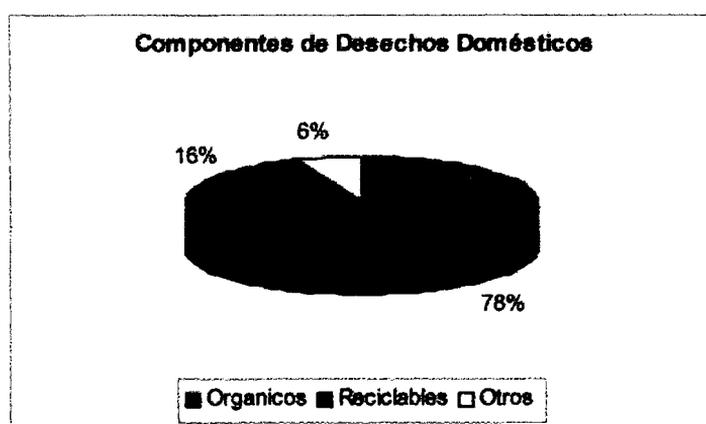


Fig. 1.2 Componentes de Desechos Domésticos

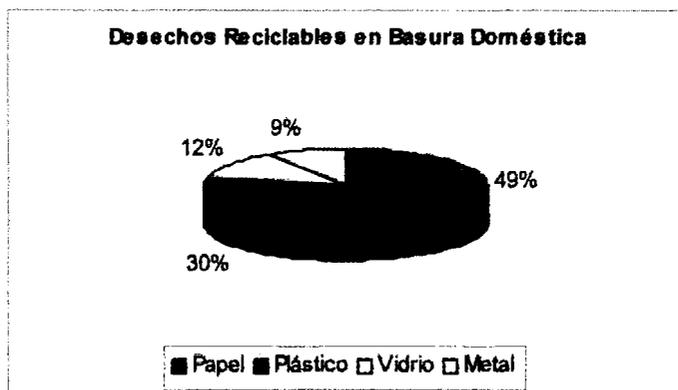


Fig. 1.3 Desechos Reciclables en Basura Doméstica

En cuanto a las industrias (solo para la ciudad de Guayaquil), según el INEC: la descarga de desechos sólidos en 1993 fue de 26,981 Tn/año, descompuestos de la siguiente forma:

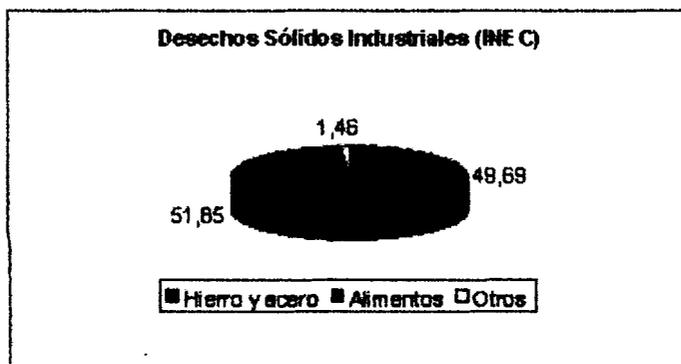


Fig. 1.4 Desechos Sólidos Industriales

En el caso de la industria de bebidas, que son las que manufacturan cantidades considerables de Pet, se tiene la contaminación por descarga de desechos sólidos correspondientes a 9 industrias a las cuales abarco el estudio, es de 2,365 Tn/año.

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 está las tuberías y piezas plásticas para la construcción.

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

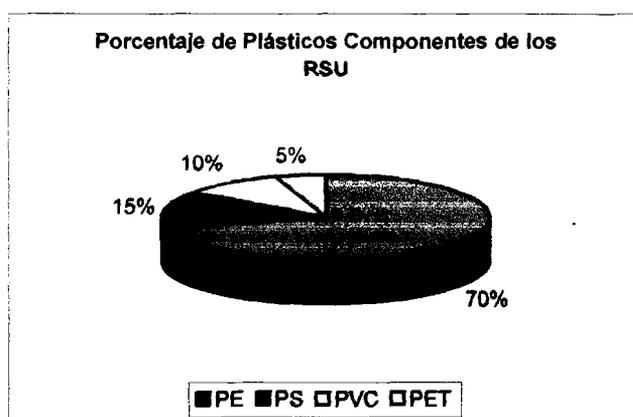


Fig. 1.5 Porcentaje de Plásticos Componentes de los RSU

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

1.3 Eliminación de los Residuos Sólidos Urbanos

Eliminación de residuos sólidos se refiere a la eliminación de los materiales sólidos o semisólidos sin utilidad que generan las actividades humanas y animales. Los residuos sólidos se separan en cuatro categorías: residuos agrícolas, industriales, comerciales y domésticos. Los residuos comerciales y domésticos suelen ser materiales orgánicos, ya sean combustibles, como plásticos, papel, madera y tela, o no combustibles, como metales, vidrio y cerámica. Los residuos industriales pueden ser cenizas procedentes de combustibles sólidos, escombros de la demolición de edificios, productos químicos, pinturas y escoria; los residuos agrícolas suelen ser estiércol de animales y restos de la cosecha.

1.3.1. Métodos De Eliminación

La eliminación de residuos mediante vertido controlado es el método más utilizado. El resto de los residuos se incinera y una pequeña parte se utiliza como fertilizante orgánico. La selección de un método u otro de eliminación se basa sobre todo en criterios económicos, lo que refleja circunstancias locales.

Vertido controlado: En las ciudades, una persona media puede llegar a producir hasta una tonelada de residuos al año, una

cantidad que desborda muy pronto los vertederos de basura locales. A veces, las ciudades recurren a la incineración de residuos o los transportan a otras zonas.

El vertido controlado es la manera más barata de eliminar residuos, pero depende de la existencia de emplazamientos adecuados. En general, la recogida y transporte de los residuos suponen el 75% del costo total del proceso. Este método consiste en almacenar residuos en capas en lugares excavados. Cada capa se prensa con máquinas hasta alcanzar una altura de 3 metros; entonces se cubre con una capa de tierra y se vuelve a prensar. Es fundamental elegir el terreno adecuado para que no se produzca contaminación ni en la superficie ni en aguas subterráneas. Para ello se nivela y se cultiva el suelo encima de los residuos, se desvía el drenaje de zonas más altas, se seleccionan suelos con pocas filtraciones y se evitan zonas expuestas a inundaciones o cercanas a manantiales subterráneos. La descomposición anaeróbica de los residuos orgánicos genera gases. Si se concentra una cantidad considerable de metano se pueden producir explosiones, por lo que el vertedero debe tener buena ventilación. Técnicas más recientes apuestan por el aprovechamiento de estos gases procedentes de la descomposición como recurso energético.

Incineración: Las incineradoras convencionales son hornos o cámaras refractarias en las que se queman los residuos; los gases de la combustión y los sólidos que permanecen se queman en una segunda etapa. Los materiales combustibles se queman en un 90%. Además de generar calor, utilizable como fuente energética, la incineración genera dióxido de carbono, óxidos de azufre y nitrógeno y otros contaminantes gaseosos, cenizas volátiles y residuos sólidos sin quemar. La emisión de cenizas volátiles y otras partículas se controla con filtros, lavadores y precipitadores electrostáticos.

Elaboración De Fertilizantes: Fabricación de abono orgánico Los residuos del jardín pueden compactarse y emplearse como fertilizante. Para fabricar abono orgánico se disponen por capas en un cajón, sin apretarlos demasiado con el fin de que el aire pueda circular. Se añade nitrógeno a la pila en forma de estiércol, aserrín o plantas, para generar calor. El calor facilita la putrefacción y elimina los organismos no deseados. Después de humedecer la pila, se tapa. El calor se va acumulando y los residuos se descomponen convirtiéndose en abono orgánico rico en nutrientes, que después se emplea como fertilizante.

La elaboración de fertilizantes o abonos a partir de residuos sólidos consiste en la degradación de la materia orgánica por microorganismos aeróbicos. Primero se clasifican los residuos para separar materiales con alguna otra utilidad y los que no pueden ser degradados, y se entierra el resto para favorecer el proceso de descomposición. El humus resultante contiene de un 1 a un 3% de nitrógeno, fósforo y potasio, según los materiales utilizados. Después de tres semanas, el producto está preparado para mezclarlo con aditivos, empaquetarlo y venderlo.

Reciclaje: La práctica del reciclado de residuos sólidos es muy antigua. Los utensilios metálicos se funden y remodelan desde tiempos prehistóricos. En la actualidad los materiales reciclables se recuperan de muchas maneras, como el desfibrado, la separación magnética de metales, separación de materiales ligeros y pesados, criba y lavado. Otro método de recuperación es la reducción a pulpa. Los residuos se mezclan con agua y se convierten en una lechada pastosa al pasarlos por un triturador. Los trozos de metal y otros sólidos se extraen con dispositivos magnéticos y la pulpa se introduce en una centrifugadora. Aquí se separan los materiales más pesados, como trozos de cristal, y se envían a sistemas de

reciclaje; otros materiales más ligeros se mandan a plantas de reciclado de papel y fibra, y el residuo restante se incinera o se deposita en un vertedero.

Las autoridades locales de muchos países piden a los consumidores que depositen botellas plásticas, latas, papel y cartón en contenedores separados del resto de la basura. Unos camiones especiales recogen los contenedores y envían estos materiales a las instalaciones de reciclado, reduciendo el trabajo en incineradoras, los residuos en los vertederos y especialmente a los recicladores.

1.4. Normativa Sobre El Manejo De Los Residuos Sólidos Urbanos.

En el Ecuador existe el marco legal sobre saneamiento ambiental y manejo de los residuos sólidos urbanos, estando definido por un cuerpo de leyes normas y reglamentos que a continuación describiremos:

La Constitución de la República: establece que es deber del estado ecuatoriano brindar un ambiente libre de contaminación y asegurar todas las condiciones necesarias para precautelar el medio en el que el hombre desarrolla sus actividades.

El Código de la Salud: En el capítulo V establece las normas sobre recolección y disposición de basuras:

Toda persona está obligada a mantener el aseo de las ciudades donde viven, debiendo inhibirse de arrojar basura en lugares no autorizados.

Los municipios son las instituciones obligadas a realizar la recolección y disposición final de las basuras (residuos) de acuerdo con procedimientos técnicamente adecuados.

Es obligación de la población hacer uso de los servicios de recolección y disposición de basuras (residuos).

Se prohíbe el manipuleo de desechos sin el previo permiso de la autoridad de salud.

Es responsabilidad de los municipios la remisión de escombros y amontonamiento de basuras.

Se prohíbe emplear a menores de edad en el manipuleo de basuras.

CAPITULO 2

2 PLASTICO

2.1 Breve Reseña Histórica del Plástico

El desarrollo de estas sustancias se inició en 1860, cuando el fabricante estadounidense de bolas de billar Phelan and Collander ofreció una recompensa de 10,000 dólares a quien consiguiera un sustituto aceptable del marfil natural. Una de las personas que optaron al premio fue el inventor estadounidense Wesley Hyatt, quien desarrolló un método de procesamiento a presión de la piroxilina, un nitrato de celulosa de baja nitración tratado previamente con alcanfor y una cantidad mínima de alcohol. Si bien Hyatt no ganó el premio, su producto, patentado con el nombre de celuloide, se utilizó para fabricar diferentes objetos, desde placas dentales a cuellos de camisa. El celuloide tuvo un notable éxito comercial a pesar de ser inflamable y deteriorarse al exponerlo a la luz.

Durante las décadas siguientes aparecieron de forma gradual más tipos de plásticos. Se inventaron los primeros plásticos totalmente sintéticos: un grupo de plásticos termoestables o resinas desarrollado hacia 1906 por el químico estadounidense de origen belga Leo Hendrik Baekeland, y comercializado con el nombre de baquelita. Entre los productos desarrollados durante este periodo están los polímeros naturales alterados, como el rayón, fabricado a partir de la celulosa, del nitrato de celulosa o del etanoato de celulosa.

2.2 Definición y Características

Plásticos (*Definición*): - materiales polímeros orgánicos (compuestos formados por moléculas orgánicas gigantes) que son plásticos, es decir, que pueden deformarse hasta conseguir una forma deseada por medio de extrusión, moldeo o hilado. Las moléculas pueden ser de origen natural, por ejemplo la celulosa, la cera y el caucho (hule) natural, o sintéticas, como el *polietileno* y el *nylon*.

Los plásticos se caracterizan por una alta relación resistencia/densidad, unas propiedades excelentes para el aislamiento térmico y eléctrico y una buena resistencia a los ácidos, álcalis y disolventes. Las enormes moléculas de las que están compuestos pueden ser lineales, ramificadas o entrecruzadas, dependiendo del tipo de plástico. Las

moléculas lineales y ramificadas son termoplásticas (se ablandan con el calor), mientras que las entrecruzadas son termoestables (no se ablandan con el calor).

2.3 Obtención o Fabricación del Plástico

La fabricación de los plásticos y sus manufacturados implica cuatro pasos básicos: obtención de las materias primas, síntesis del polímero básico, obtención del polímero como un producto utilizable industrialmente y moldeo o deformación del plástico hasta su forma definitiva.



CIB-ESPOL

Materias primas.- En un principio, la mayoría de los plásticos se fabricaban a partir de resinas de origen vegetal, como la celulosa (del algodón), el furfural (de la cáscara de la avena), aceites de semillas y derivados del almidón o del carbón. La caseína de la leche era uno de los materiales no vegetales utilizados. A pesar de que la producción del nailon se basaba originalmente en el carbón, el aire y el agua, y de que el nailon 11 se fabrica todavía con semillas de ricino, la mayoría de los plásticos se elaboran hoy con derivados del petróleo. Las materias primas derivadas del petróleo son tan baratas como abundantes. No obstante, dado que las existencias mundiales de petróleo tienen un



CIB-ESPOL

límite, se están investigando otras fuentes de materias primas, como la gasificación del carbón.

2.4 Clasificación de los Plásticos

Los envases de plástico muestran los códigos o números establecidos para la identificación de este material. Estos códigos se encuentran en el fondo de los envases con el símbolo de reciclaje y el número que establece el tipo de plástico.



2.4.1 Polietileno Tereftalato (PET)

Características: Se produce a partir del Ácido Tereftálico y Etilenglicol, por policondensación; existen dos tipos: grado textil y grado botella. Para el grado botella se lo debe post condensar, existiendo diversos colores para estos usos.

Usos y Aplicaciones: Envases para gaseosas - Aceites - Agua mineral - Cosmética - Frascos varios (mayonesa, salsas, etc.) - Películas transparentes - Fibras textiles - Laminados de barrera (productos alimenticios) - Envases al vacío - Bolsas para horno - Bandejas para microondas - Cintas de video y audio - Geotextiles (pavimentación / caminos) - Películas radiográficas.

Ventajas y Beneficios:

- Barrera a los gases
- Transparente
- Irrompible
- Liviano
- Impermeable
- No tóxico
- Inerte (al contenido)

El PET está hecho de petróleo crudo, gas y aire. Un kilo de PET está compuesto por 64% de petróleo, 23% de derivados líquidos del gas natural y 13% de aire.

A partir del petróleo crudo, se extrae el paraxileno y se oxida con el aire para dar ácido tereftálico.

El etileno, que se obtiene a partir de derivados del gas natural, es oxidado con aire para formar etilenglicol.

El PET es el material de embalaje de mayor reciclado. Varios millones de toneladas se reciclan en productos de valor agregado.

En los Estados Unidos se recicla casi un tercio de las botellas de PET por año. En 1994 se recicló el 48% de todos los envases de gaseosas.

Los materiales de embalaje de PET representan, aproximadamente, sólo el 0.3 % del total de los residuos sólidos urbanos. Los esfuerzos en todo el mundo siguen siendo para reducir la cantidad de envases de PET que se depositan en los rellenos sanitarios.

Aunque los envases de PET no se descomponen, ellos no contienen componentes nocivos que podrían lixiviar en las aguas subterráneas.

Más de 7,000 comunidades de los Estados Unidos tienen programas de recolección diferenciada de botellas de PET. Muchas comunidades tienen estaciones de recolección local.

Las aplicaciones del PET reciclado son alfombras, fibras, films, envases para alimentos y productos no alimenticios, componentes de moldeo, ropa y geotextiles.



2.4.2 Polietileno de Alta Densidad (PEAD)

Características: El Polietileno de Alta Densidad es un termoplástico fabricado a partir del Etileno (elaborado a partir del etano, uno de los componentes del gas natural). Es muy versátil y se lo puede transformar de diversas formas:

- Inyección
- Soplado
- Extrusión
- Rotomoldeo



2.4.3 Policloruro de Vinilo (PVC)

Características: Se produce a partir de dos materias primas naturales: petróleo o gas 43 % y sal común 57 %. Su versatilidad le permite obtener productos de variadas propiedades para un gran número de aplicaciones. Se obtienen desde productos rígidos hasta productos totalmente flexibles y se puede transformar por Inyección, Extrusión, Soplado, etc.



2.4.4 Polietileno de Baja Densidad (PEBD)

Características: Se produce a partir del gas natural. Al igual que el PEAD, es de gran versatilidad y se procesa de diversas formas:

- Inyección
- Extrusión
- Soplado
- Roto moldeo.

2.4.5 Polipropileno (PP)



Características: El PP es un termoplástico que se obtiene por polimerización del propileno. Los copolímeros se forman agregando Etileno durante el proceso. El PP es el termoplástico de más baja densidad. Es un plástico de elevada rigidez, alta cristalinidad, elevado punto de fusión y excelente resistencia química. Al adicionarle distintas cargas (talco, caucho, fibra de vidrio, etc.) se potencian sus propiedades hasta transformarlo en un polímero de ingeniería. El PP es transformado en la industria por los procesos de inyección, soplado, extrusión y termoformado.

2.4.6 Poliestireno (PS)



Características:

- PS Cristal: Es un polímero de estireno monómero derivado del petróleo, cristalino y de alto brillo.

- ◆ PS Alto Impacto: Es un polímero de estireno monómero con oclusiones de Polibutadieno que le confiere alta resistencia al impacto.

Ambos PS son fácilmente moldeables a través de procesos de:

- Inyección
- Extrusión y Termoformado
- Soplado



2.4.7 Otros Plásticos

Características: En este rubro se incluyen una enorme variedad de plásticos tales como: Policarbonato (PC); Poliamida (PA); ABS; SAN; EVA; Poliuretano (PU); Acrílico (PMMA), etc. Se puede desarrollar un tipo de plástico para cada aplicación específica.

CAPITULO 3

3. RECICLAJE

3.1 El Reciclaje del PET

El consumo responsable es uno de los aspectos trascendentes que contribuyen en gran medida al paradigma del Desarrollo Sustentable, impulsado por numerosos organismos internacionales, notablemente por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA).

En la década pasada, comenzó a utilizarse masivamente una nueva resina plástica, el PET. La ausencia de cementantes y una de sus propiedades más distintivas como es la barrera de gases, le confirió gran difusión como envase de bebidas gaseosas, sifones y posteriormente otros productos como aceites, mayonesas, cosméticos,

etc. Pero no sólo estas propiedades influyeron en esta elección de los industriales y el público consumidor. Su escaso peso en relación al producto adquirido, aproximadamente 50 veces menos que el líquido contenido y fundamentalmente la seguridad de los usuarios, ante una eventual rotura, fueron factores determinantes para la generalización de su uso.

Desde el punto de vista ambiental, es la resina que presenta mayores aptitudes para el reciclado, ostentando el número 1 rodeado de tres flechas formando un triángulo, en el fondo del envase. El principal destino de esta materia prima posconsumo es la fabricación de fibras textiles, utilizándose en la confección de alfombras, cuerdas, cepillos y escobas, sunchos, telas para prendas de vestir como el "polar", calzados, camisetas, etc. El PET reciclado no se destina a nuevos envases para bebidas o alimentos en contacto permanente.

3.2 Procedimientos del Reciclaje del PET.

Si tenemos en cuenta que basura es un residuo colocado en un lugar equivocado, el comienzo del reciclaje es la separación en origen y la recolección diferenciada en el ámbito municipal, dada la responsabilidad que le cabe a los municipios de dar disposición final a

los residuos urbanos. Las técnicas de reciclaje de esta materia prima post consumo son fundamentalmente tres: someterlos a un reciclaje mecánico, a un reciclaje químico, o a un reciclaje energético empleándolos como fuente de energía. El ciclo de vida se muestra en la siguiente figura:

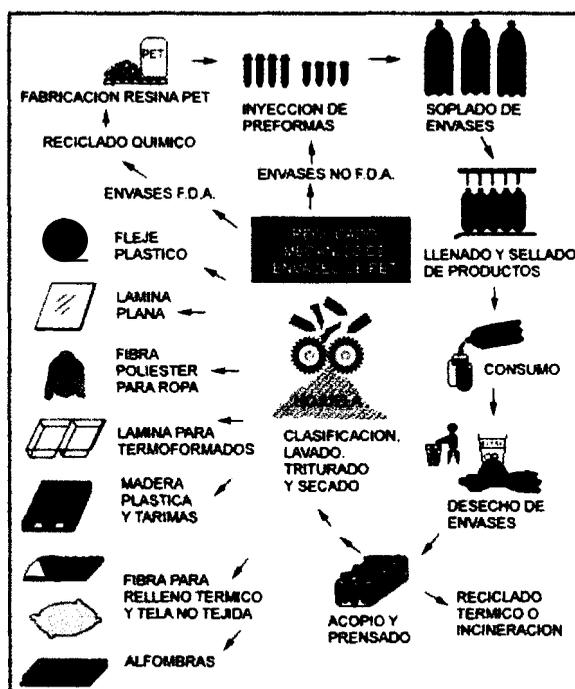


Fig. 3.1 Clases de Reciclado de PET

Reciclaje mecánico.- Es la técnica más utilizada en la actualidad, consiste en la molienda, separación y lavado de los envases. Las escamas resultantes de este proceso se pueden destinar en forma directa, sin necesidad de volver a hacer pellets, en la fabricación de productos por inyección o extrusión.

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

Se debe tener presente que las propiedades de todo material plástico reciclado se degrada , 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 está expuesto a elevadas temperaturas, originando cambios químicos en la estructura del material. Las impurezas o aditivos que contienen plásticos 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; estos generan calor de fricción, iniciando el rompimiento de cadenas. La degradación mecánica se controla con la velocidad del husillo.

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 los electrones o neutrones. A este tipo de exposición solo 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 plástico, 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 bajo 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 resultados en el anexo.

Las siguientes tablas muestran las diferentes propiedades que tiene el PET:

Propiedades eléctricas

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

Propiedades físicas

Absorción de Agua-Equilibrio (%)	<0,7
Absorción de agua - en 24 horas (%)	0,1
Densidad (gr.cm ⁻³)	1,3-1,4
Índice refractivo(ohm/m ²)	1,58-1,64
Índice de Oxígeno Límite (%)	21
Inflamabilidad	Auto Extinguible
Resistencia a los Ultra-Violetas	Buena

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, filmes blax 190-260
Resistencia al impacto Izod (Jm ⁻¹)	13-35

Propiedades térmicas

Calor específico (KJ). (Kg ⁻¹ .K ⁻¹)	1,2-1,35
Coefficiente de expansión térmica (x10 ⁻⁸ .K ⁻¹)	20-80
Conductividad térmica @23C (W.m ⁻¹). (K ⁻¹)	0,15-0,4
Temperatura máxima de utilización (C)	115-170
Temperatura mínima de utilización (C)	-40 a -60
Temperatura de deflexión en caliente -0,45MPa (C)	115
Temperatura de deflexión en caliente -1,8MPa (C)	80

Propiedades químicas

Ácidos - concentrados	Buena
Ácidos - Diluidos	Buena
Álcalis	Mala
Alcoholes	Buena
Cetnas	Buena
Grasas y aceites	Buena
Halógenos	Buena
Hidrocarburos aromáticos	Aceptable

3.4. Reciclaje del PET en Guayaquil.

En Guayaquil encontramos pocas empresas que se dedican al reciclaje de plásticos, entre estas tenemos por ejemplo PROCEPLAS, que es una empresa perteneciente al grupo REIPA, pero esta empresa no se dedica específicamente al reciclaje del PET. Entre las empresas que se dedican a la manufactura preferentemente del PET tenemos por ejemplo: Coca Cola, (ver apéndice A), 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 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 38,583 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 47gr., lo cual nos arroja 1,813 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 ya que solo consta de una etapa (molido), por lo cual no es menester rigurosos controles de calidad, aunque sigue la línea tradicional de comercializar solamente la 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 3,000 botellas al día, con un peso medio de 34g. Esto representa 102 Kg/día, los cuales pueden recolectarse diariamente de la fabrica 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 solo 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 en general.

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

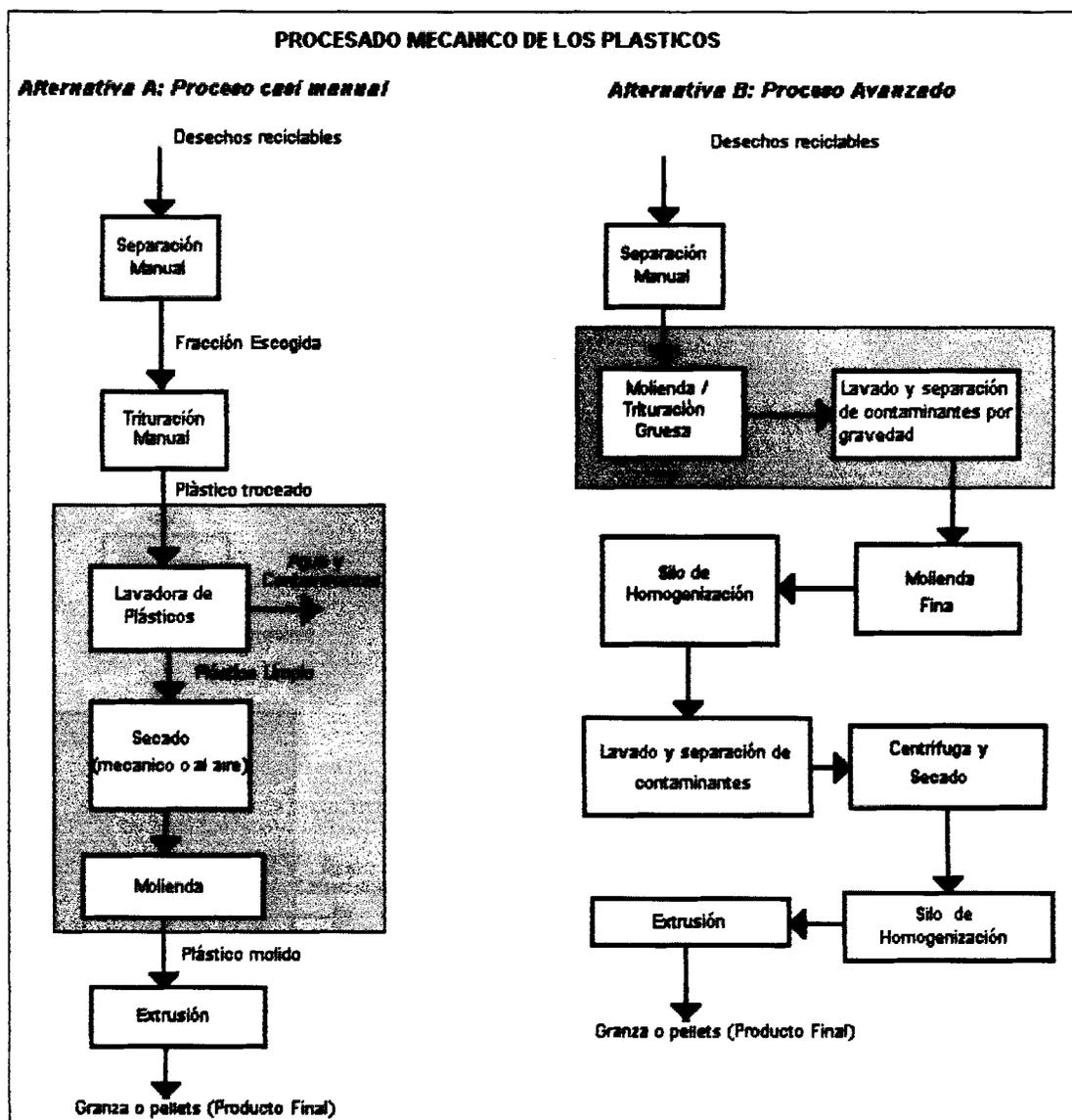
3.5. Descripción del Proceso de Reciclaje del PET

Los plásticos se pueden vender a mucho mejor precio si ya han pasados por un procesamiento secundario. Después de la clasificación y limpieza de estos materiales, se pueden moler y peletizar (grancear).

Los plásticos escogidos y gruesamente limpiados (etiquetas, papeles, residuos de material biodegradable) pasan por un molino o una trituradora. Este proceso se puede realizar en diferentes ordenes de sucesión, dependiendo del grado de contaminación de los plásticos y de la calidad del producto reciclado. La siguiente figura muestra dos alternativas de procesar mecánicamente el plástico.

La preparación final del producto empieza con el lavado y la separación de sustancias contaminantes, proceso que se puede repetir si es necesario. Después el material pasa por una centrifuga y secadora y se almacena en un silo intermedio. En el caso ideal, este silo sirve también para homogeneizar más el material, al fin de obtener una calidad constante.

El producto triturado, limpio, seco y homogéneo se alimenta a una extrusora, y, tras el proceso de granceado, se obtiene la granza lista para ser procesada por diferentes técnicas.



En la figura anterior podemos observar que tanto para la alternativa A como para la alternativa B, el proceso de lavado y molienda (encerrados en el cuadro) se hacen por separado; pero como se dijo anteriormente el objetivo de este proyecto es hacer de estos dos pasos

uno solo, quedando el proceso como se puede observar en la siguiente figura:

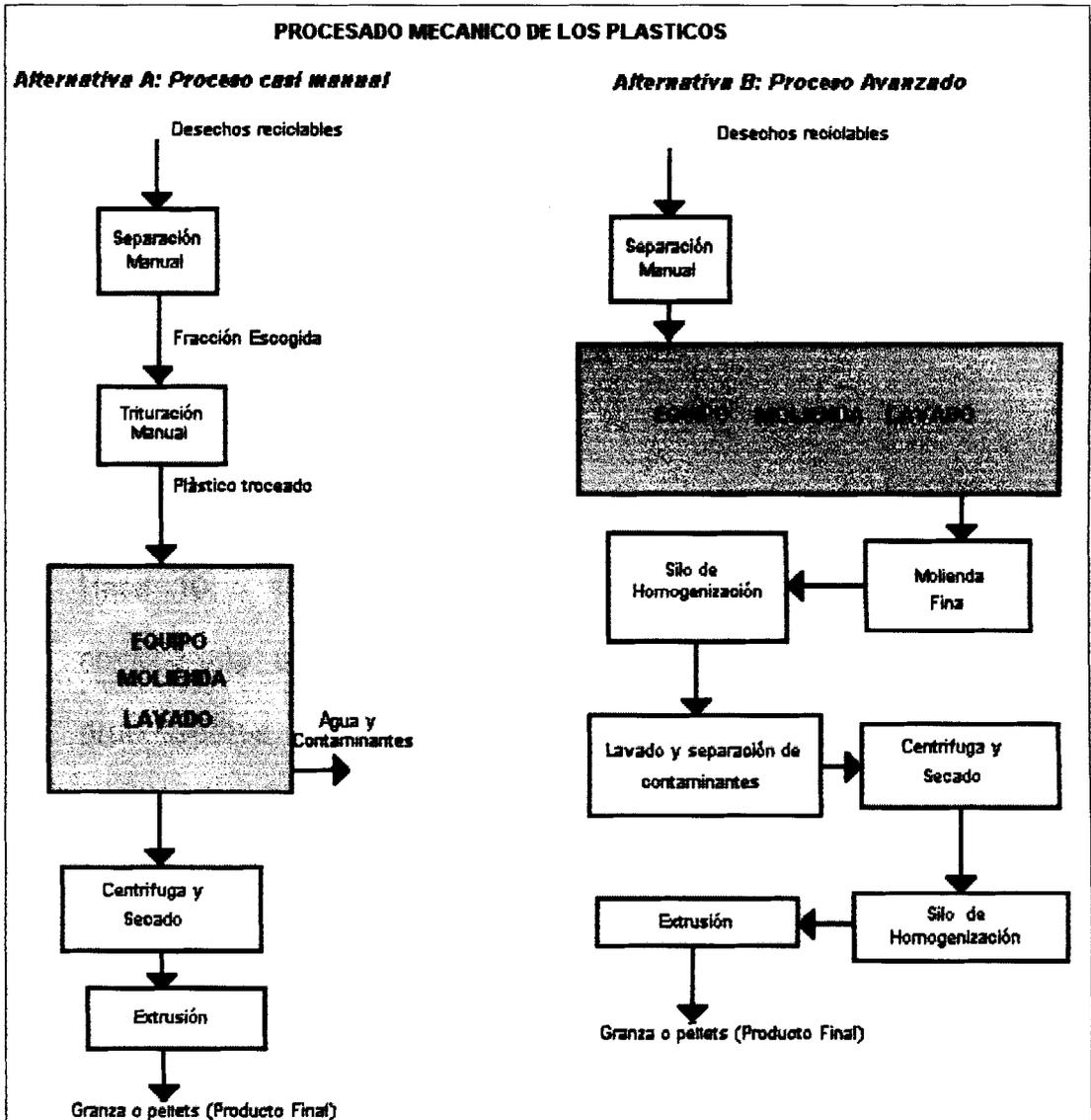


Fig. 3.3 Proceso mecánico de los plásticos modificado

CAPITULO 4

4. SISTEMA DE MOLIENDA

4.1. Descripción del Proceso

Hace 10 o 15 años, la molienda de materiales plásticos no era considerada una operación de alta tecnología. Aun hoy, algunos procesadores persisten en pensar que la operación de reducir el tamaño de los materiales plásticos no requiere una consideración especial si la máquina con que se cuenta es lo suficientemente grande como para recibir cualquier tipo de desperdicio que se lance en ella. Pero, si se descuida la importancia que tiene el molino en la eficiencia global de la producción y en la alta calidad del producto, estas propiedades se pueden perjudicar. Si el procesador esta alimentando material molido en el proceso, debe poner atención a la manera como se esta tratando al material en el momento en que ocurre la reducción del tamaño.

El desarrollo del reciclado mecánico de los plásticos y específicamente del Pet es muy grande en los últimos años; lo cual se debe, no solo al intento del hombre por detener la inminente destrucción de nuestro planeta al desgastar de manera irreparable sus recursos; sino también, por el importante ahorro económico que significa la reutilización de la materia prima.

En los últimos tiempos ya se observan los primeros diseños de equipos en los cuales interviene molienda y lavado de Pet en un solo proceso: por ejemplo, la empresa Navarini ha desarrollado el sistema *ML 1400 Sistema de lavado y trituración*. Este sistema combina lavadero y trituración de residuos de plásticos, tal como botellas PET, películas (pre-cortadas en una guillotina) y otros. El concepto de la máquina (patentado) es derivado del diseño mecánico del densificador Costarelli, y efectúa a la vez los trabajos del lavado y machacar del material. El lavado es causado del agua inyectada y la fricción mutua de los flakes debido a la rotación del rotor con sus cuchillas. Una película de aire inyectada tangencialmente prohíbe que el material se ataca a la pared del bote.



Fig. 4.1 Sistema de lavado y trituración ML400

Por otro lado la empresa de Representaciones Comerros de Argentina nos presenta un equipo de lavado y trituración de Pet, el cual tritura el material con agua, pero el diseño de forma de este equipo es parecido a los molinos de Pet tradicionales como se ve en la siguiente figura:



Fig. 4.2 Equipo de lavado y trituración Pet

Este tipo de diseño de forma es el que se utilizará para el desarrollo de esta tesis, a continuación se realizará un análisis del sistema de molienda.

La molienda de Pet se la realiza dentro de un molino de cuchillas; el cual tritura las botellas con un grupo de cuchillas que son colocadas en un rotor ubicado sobre un par de chumaceras, hasta reducirlas a un tamaño muy pequeño semejante al tamaño de su resina virgen. En el ambiente industrial estos pequeños pedazos de Pet son llamados: "escamas de Pet".

El molino está constituido por una tolva en su parte superior; que es por donde ingresará el material reciclado (Pet). Esta tolva posicionará al material para que sea alcanzado por las cuchillas; las cuchillas serán colocadas sobre unos soportes para las cuchillas, los cuales están soldados al árbol de transmisión que girará sobre un par de chumaceras, esta flecha tiene en uno de sus extremos una polea que está conectada al motor eléctrico que generará la potencia para que el equipo realice su trabajo.

4.2. Generalidades y Datos para el Diseño

Comenzaremos el diseño del molino aclarando que cuando se especifica un molino, es mejor sobredimensionarlo, tanto en tamaño como en potencia. La tolva de alimentación debe tener las dimensiones suficientemente grandes como para recibir la parte mas grande a ser procesada sin tener que cortarla de antemano.

Para empezar el diseño de un molino de cuchillas para plástico debemos comenzar adquiriendo un entendimiento claro del tipo de material a ser molido. Su composición, dureza, sensibilidad al calor, forma física (partes completas, canales de inyección, retales, rollos o pilas de restos de películas), tamaño, espesor de pared y temperatura. Por ejemplo los materiales suaves, flexibles y con capacidad para absorber energía generalmente producen partículas mas uniformes.

Los materiales rígidos y frágiles tienden a fracturarse bajo el impacto de las cuchillas rotatorias y van a generar tamaños de partículas menos uniformes. Como se ha dicho en este proyecto el material que se va a triturar es Pet, y la forma en que ingresara a la maquina será principalmente en forma de botellas, como las que se puede observar principalmente en los envases no retornables para gaseosas.

También se debe considerar como y a que velocidad el desperdicio es alimentado en el molino y como el material molido será transportado después de obtenido. Todos estos factores ayudan a determinar el tamaño mas apropiado de maquina para moler, tipo de alimentación, diseño de la cámara, configuración del rotor y las cuchillas, velocidad del rotor, potencia del motor, tamaño de la malla y sistema de extracción del material molido.

Idealmente, un molino debería ser especificado para procesar un material en particular bajo condiciones de proceso también particulares. No espere poder usar la maquina para todo propósito, para procesar todos los tipos de materiales bajo las condiciones de operación. Para ser mas realista, se puede pedir un grado de versatilidad, pero esta debe ser solicitada en las especificaciones iniciales del molino y, seguramente, se deberá aceptar que se afecte en un cierto grado el desempeño del equipo a cambio de esa versatilidad extra.

El primer objetivo en el proceso de molienda es lograr un tamaño de material molido uniforme y que en tamaño se acerque a aquel de la resina virgen, y con un mínimo de finos. El tamaño del granulo afecta la densidad a granel más de lo que puede afectar la gravedad especifica del material

4.3. Sistema motriz

Este es el sistema encargado de todo el proceso de corte, desde que el material es ingresado a la maquina hasta que el material pasa a través del tamiz. A continuación se muestra el diseño de cada una de las partes de este sistema:

Diseño de la tolva de alimentación: El material puede ser ingresado al molino de algunas maneras: por banda transportadora, con un robot, a mano, etc. En este proyecto el material será ingresado a mano, lo cual nos lleva al empleo de una tolva para seguridad del operario.

Hay dos tipos básicos de diseño de tolvas. Los molinos de caída directa sobre la tolva y la cámara de corte alimentan el material perpendicularmente al circulo de corte, obteniendo así mordidas mas pequeñas. Este tipo de alimentación es utilizado para materiales de pared gruesa ya que así se evitara que el rotor se pare con tamaños demasiado grandes de plástico. Por otro lado, el popular de alimentación tangencial, que coloca al rotor en una posición desviada de la abertura de alimentación de tal manera que el alimento es dirigido hacia abajo, a las cuchillas rotatorias; en una posición

tangencial al círculo de corte. Este estilo de tolva se prefiere para moler botellas, gabinetes inyectados de televisores y otros artículos voluminosos de pared delgada. Este tipo de tolva nos proporciona un mayor radio de mordida, por lo cual resulta ser la forma más eficiente para lograr las mayores producciones y molidos limpios a partir de los materiales mencionados. Mientras más tangencial sea la alimentación, mayor es la mordida de las cuchillas, y a la vez menor es la posibilidad de que el material de vueltas en la cámara antes de ser molido totalmente.

Diseño del rotor: Los tres tipos principales de rotores son el abierto, el cerrado, y el escalonado. Los rotores abiertos proporcionan un flujo de aire sin restricciones a través de la cámara de corte y, por lo tanto, son escogidos con frecuencia para moler resinas sensibles al calor o materiales que al momento de ser alimentados al molino están todavía muy calientes. Los rotores abiertos también se prestan para dar mordiscos grandes en partes voluminosas pero de pared delgada.

Los rotores cerrados o sólidos no tienen espacios abiertos entre las cuchillas rotacionales y el eje, proporcionando así un arreglo más de montaje mucho más resistente y adicionando inercia al corte de las

partes gruesas, tales como tortas de purga; especialmente las que están frías.

Los rotores escalonados se ofrecen en configuraciones cerradas o semicerradas y son excelentes para cortar las partes mas pesadas o de pared mas gruesa. Un rotor helicoidal segmentado combina las ventajas de los rotores abiertos y cerrados, proporcionan mas cortes por vuelta y requieren menor potencia en cantidades de producción comparables.

El rotor del equipo constituye una de las partes mas importantes dentro del sistema de molienda, ya que es el encargado de realizar el corte mediante las cuchillas móviles forman parte de él, por medio de la energía que le es entregada por el motor eléctrico. Se encuentra formado por las siguientes partes:

- ◆ **Árbol de transmisión**
- ◆ **Soportes de cuchillas**
- ◆ **Cuchillas**

El árbol de transmisión estará posicionado sobre las chumaceras, en un extremo se colocara la polea de transmisión de potencia, luego en el árbol también se soldaran los soportes de cuchillas en los cuales

irán sujetas las cuchillas móviles; en la siguiente figura podemos observar algunos tipos de rotor utilizados por la empresa ZERMA en la construcción de sus molinos:

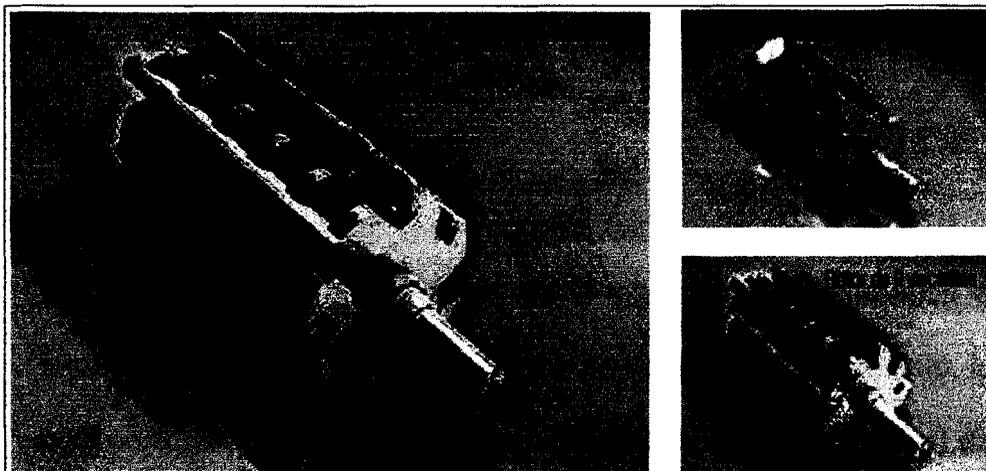


Fig. 4.3 Clases de rotores

Diseño del árbol de transmisión: El árbol de transmisión es el encargado tanto de transmitir la potencia que es entregada por el motor eléctrico a una polea unida al árbol de transmisión en un extremo por medio de una cuña; y luego el árbol transmite esta la potencia a las cuchillas que son las encargadas de realizar el trabajo de molienda. Por lo que cada vez que una cuchilla móvil se encuentre con una cuchilla fija se genera una carga por impacto, se la llama de impacto porque es súbita y en un intervalo muy pequeño de tiempo. El análisis de la pared de pet que esta sometida en un instante a la carga de impacto es el siguiente:

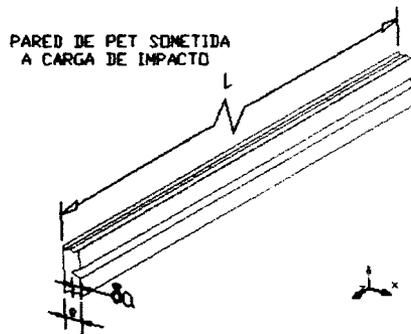


Fig. 4.4 Pared de Pet

En esta figura se puede observar la pared de pet sometida a impacto. L es la longitud máxima que se tiene por cada impacto, la cual será la longitud de la cuchilla, t es el espesor de la pared de pet y δa es el avance del corte a lo largo de todo el espesor durante el instante del impacto. Un balance de energía que satisface la fractura por impacto o fractura rápida de un material es la siguiente:

$$\delta W \geq \delta U^{el} + G_c t \delta a \quad \text{ec. 4.1}$$

La cual nos indica que el trabajo necesario para realizar la ruptura del material debe ser mayor que el cambio de energía elástica más la energía absorbida por el material en ruptura. Para el tipo de geometría del Pet se puede reducir esta fórmula a $\delta W = G_c t \delta a$ (porque el cambio de energía elástica es nula o insignificante comparado con el trabajo hecho por la cuchilla al realizar el corte).

Donde G_c es la energía absorbida por unidad de área apéndice E, t la longitud de material que es cortada por la cuchilla (L) y δa es el avance de la fractura durante el instante de impacto. Entonces se tiene:

$$\delta W = G_c t \delta a$$

$$\int \delta W = \int G_c t \delta a$$

$$W = G_c t \int \delta a$$

$$W = G_c t a \Big|_0^e$$

$$W = G_c t e$$

Para el Pet se tiene $G_c = 7 \text{ kJ/m}^2$, con lo cual:

$$W = \frac{7000 \text{ J}}{\text{m}^2} (0.4 \text{ m})(0.002 \text{ m})$$

$$W = 5.6 \text{ Nm}$$

$$F \cdot d = 5.6 \text{ Nm}$$

$$F = 37.33 \text{ N}$$

Esta es la fuerza aproximada que es necesaria para romper una pared de pet por medio de cizalla en impacto. Pero lógicamente esta no es la única fuerza que actúa sobre el árbol de transmisión; para poder explicar todas las fuerzas que actúan sobre este se necesita de la siguiente figura:

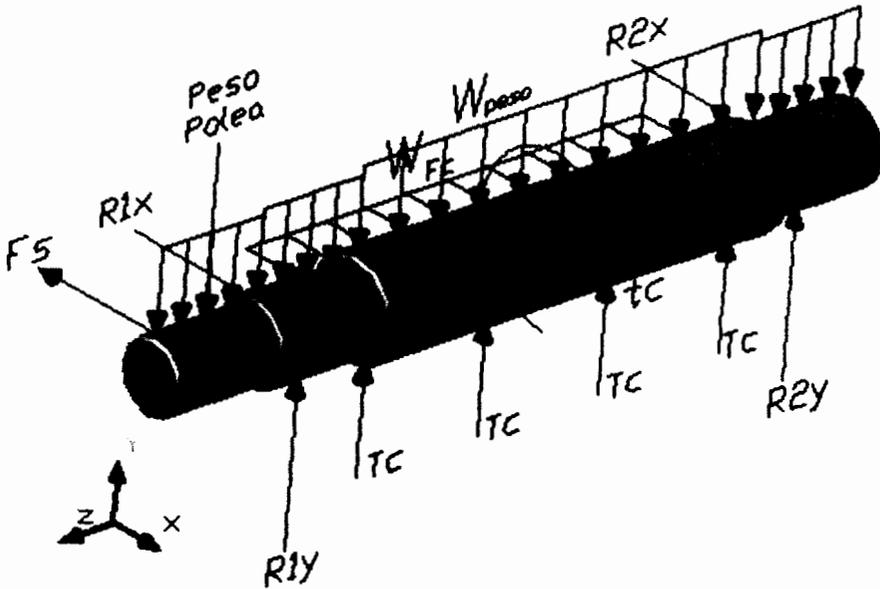


Fig. 4.5 Fuerzas sobre el árbol de transmisión

Como se puede ver en la figura las fuerzas que actúan sobre el eje son las siguiente:

w_{peso} : Carga distribuida debido al peso de todo el árbol de transmisión incluido el peso aproximado de los soportes de cuchilla y cuchillas

Para el calculo de la masa se utiliza la fórmula:

$$m = \rho * V \quad \text{ec.4.2}$$

El volumen V se lo obtiene dependiendo de la geometría del material y la densidad $\rho = 7850 \text{ kg/m}^3$ que es la densidad del acero, por lo que, usando esta formula la masa aproximada del eje

será 35kg, la masa de los cuatro soportes para cuchilla es de 36kg, y la masa de las tres cuchilla móviles es de 11kg.

Obteniendo una masa total de:

$$m_{total\ rotor} = 82\ Kg$$

Entonces el peso será:

$$W_{rotor} = 797.7\ N$$

Con lo que tenemos la carga distribuida generada por el peso del árbol:

$$w_{peso} = 1994.3\ N/m$$

w_{Fc} : Carga distribuida debido a la acción de corte de la cuchilla en el momento del impacto

Al momento que la cuchilla esta cortando se genera una fuerza flexionante sobre el árbol de transmisión, por lo que esta carga distribuida será:

$$w_{Fc} = \frac{F}{l} = 93.33\ N/m$$

F_s : Fuerza que flexiona la flecha debido a la potencia que entrega el motor.

La transmisión de potencia será por medio de bandas en V, este tipo de transmisión tiene tensión en ambos lados, la razón entre la

fuerza F_1 del lado tirante y F_2 en el lado "flojo" por lo general es de 5. La fuerza neta asociada con el par de torsión impulsor es $F_n = F_1 - F_2$, pero la fuerza que flexiona la flecha es $F_s = F_1 + F_2$, combinando estas relaciones tenemos $F_s = 1.5F_n$

$$F_n = \frac{T}{r} = \frac{280Nm}{0.2m} = 1400N$$

$$F_s = 1.5 * 1400N = 2100N$$

W_p : Es la fuerza debido el peso de la polea. Utilizando la ecuación 4.2 se obtiene la masa de la polea que es de 43.15kg, luego:

$$W_p = 43.15kg * 9.8m/s^2 = 423N$$

τ_c : Torque de corte debido al impacto de la cuchilla

T_c : Fuerza cortante que se transmite debido al corte por impacto de una cuchilla por cada uno de los soportes, son cuatro ya que el molino contara con cuatro soportes para cuchillas móviles.

En este caso T_c será igual a la fuerza de corte ya calculada entonces: $T_c = F = 37.33N$

R_{1y} y R_{2y} : Reacciones de las chumaceras en el eje y debido peso del árbol de transmisión.

$R1x$ y $R2x$: Reacciones de las chumaceras en el eje y debido peso del árbol de transmisión.

En la siguiente figura se puede observar la geometría del árbol de transmisión:

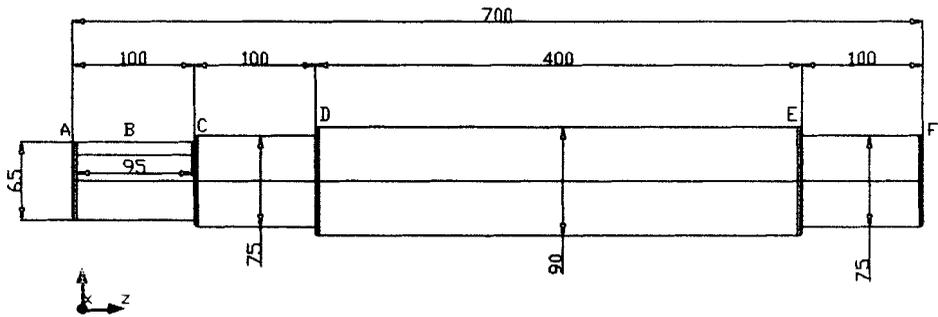


Fig. 4.6 Geometría del árbol de transmisión

Como se puede ver en la figura 4.5, el molino está sometido a fuerzas en dos planos en el xz y en el plano yz . A continuación se realiza el análisis de fuerzas en el plano yz .

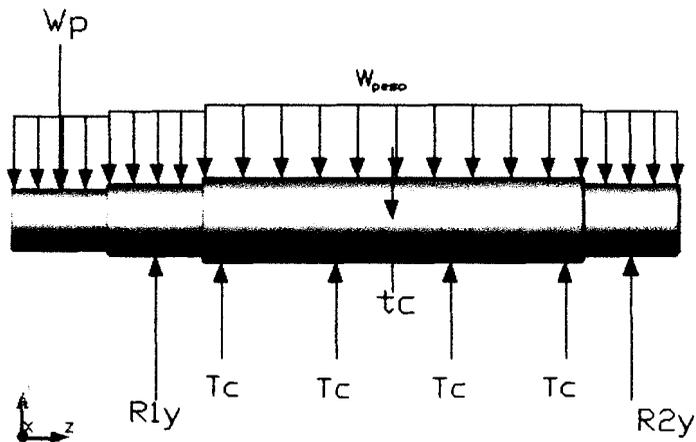


Fig. 4.7 Fuerzas en la plano YZ

$$\sum F_y = 0$$

$$R1y + R2y + Tc + Tc + Tc + Tc - W_{\text{peso}} * L - Wp = 0$$

$$R1y + R2y = Wp + 797.72N - 4Tc$$

$$R1y + R2y = 1071.4N \quad (a)$$

$$\sum M_A = 0$$

$$-Wp(0.05) + R1y(0.15) - \frac{W_{\text{peso}}L}{2}(0.7 - 0) + Tc(0.225) + Tc(0.342) + Tc(0.459) + Tc(0.575) + R2y(0.65) = 0$$

$$-21.15 + 0.15R1y - 209.4 + 59.7 + 0.65R2y = 0$$

$$0.15R1y + 0.65R2y = 170.85Nm \quad (b)$$

Resolviendo el sistema de ecuaciones (a) y (b), se tiene.

$$R1y = 1051.1N$$

$$R2y = 20.28N$$

Ahora se realiza el análisis en el plano xz:

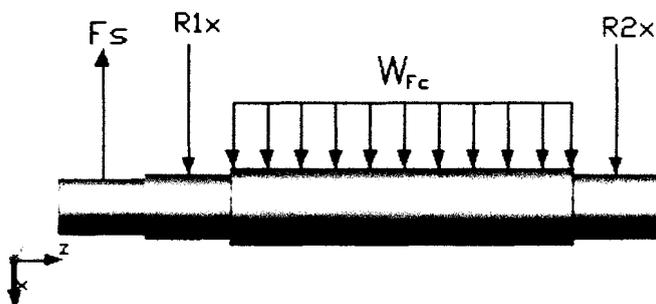


Fig. 4.8 Fuerzas en el plano XZ

$$\sum F_x = 0$$

$$F_s - R1x - R2x - W_{Fc} * 0.4 = 0$$

$$2100 - R1x - R2x - (93.33 * 0.4) = 0$$

$$R1x + R2x = 2062.7N \quad (a)$$

$$\sum M_A = 0$$

$$F_s(0.05) - R1x(0.15) - \frac{W_{Fc}L}{2}(0.6 - 0.2) - R2x(0.65) = 0$$

$$105 - 0.15R1x - 13.0662 - 0.65R2x = 0$$

$$0.15R1x + 0.65R2x = 91.934Nm \quad (b)$$

Resolviendo el sistema de ecuaciones (a) y (b), se tiene:

$$R1x = 2497.6N$$

$$R2x = -434.9N$$



CIB-ESPOL

Por lo que el grafico de fuerzas en el plano xz queda de la siguiente manera:

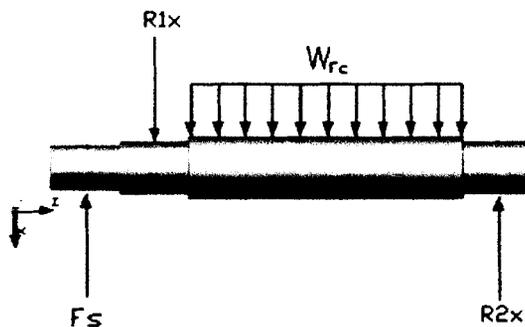


Fig. 4.9 Fuerzas en el plano XZ (2)

Las funciones de singularidad para poder realizar los respectivos gráficos de momentos tanto en el plano xz como en el plano yz son las siguientes:

En el plano yz:

$$M_{yz} = Wp\langle z - 0.05 \rangle - R1y\langle z - 0.15 \rangle + \frac{W_{\text{peso}}}{2}\langle z - 0 \rangle^2 - Tc\langle z - 0.225 \rangle \\ - Tc\langle z - 0.342 \rangle - Tc\langle z - 0.459 \rangle - Tc\langle z - 0.575 \rangle - R2y\langle z - 0.65 \rangle$$

Con la ayuda del programa Excel se puede obtener la grafica que determina esta ecuación de singularidad la cual es la siguiente.

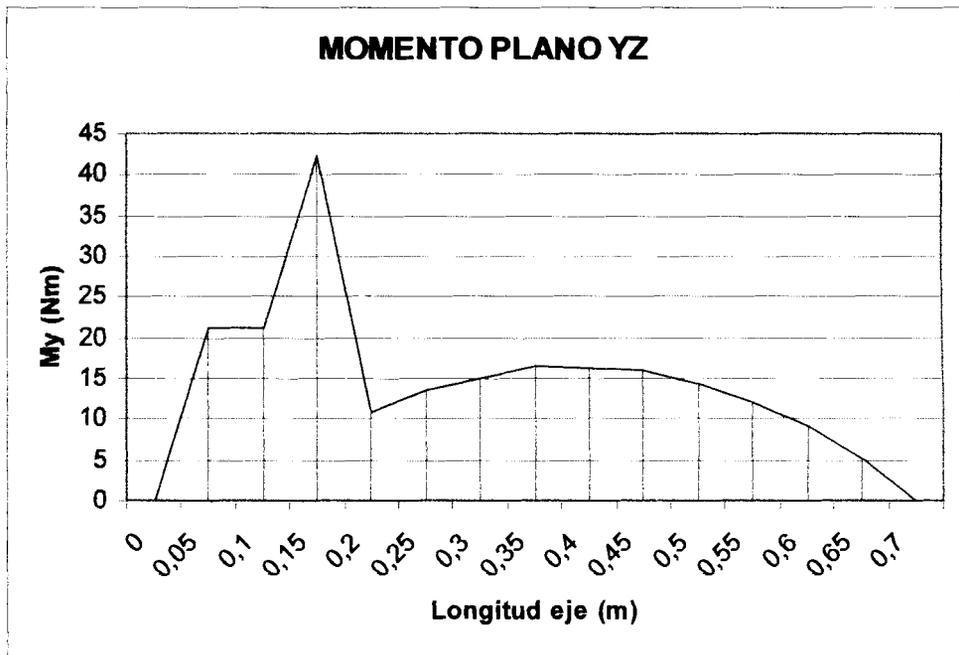


Fig. 4.10 Momentos en el plano YZ

En el plano xz:



$$M_{xz} = F_S \langle z - 0.05 \rangle - R1x \langle z - 0.15 \rangle - \frac{W_{Fc} * L}{2} \langle z - 0.2 \rangle + R2x \langle z - 0.65 \rangle$$

$$M_{xz} = 2100 \langle z - 0.05 \rangle - 2504.071 \langle z - 0.15 \rangle - \frac{93.33(0.7)}{2} \langle z - 0.2 \rangle + 441.4 \langle z - 0.65 \rangle$$

$$M_{xz} = 2100 \langle z - 0.05 \rangle - 2504.071 \langle z - 0.15 \rangle - 32.7 \langle z - 0.2 \rangle + 441.4 \langle z - 0.65 \rangle$$

Esta ecuación de singularidad nos entrega la siguiente grafica:

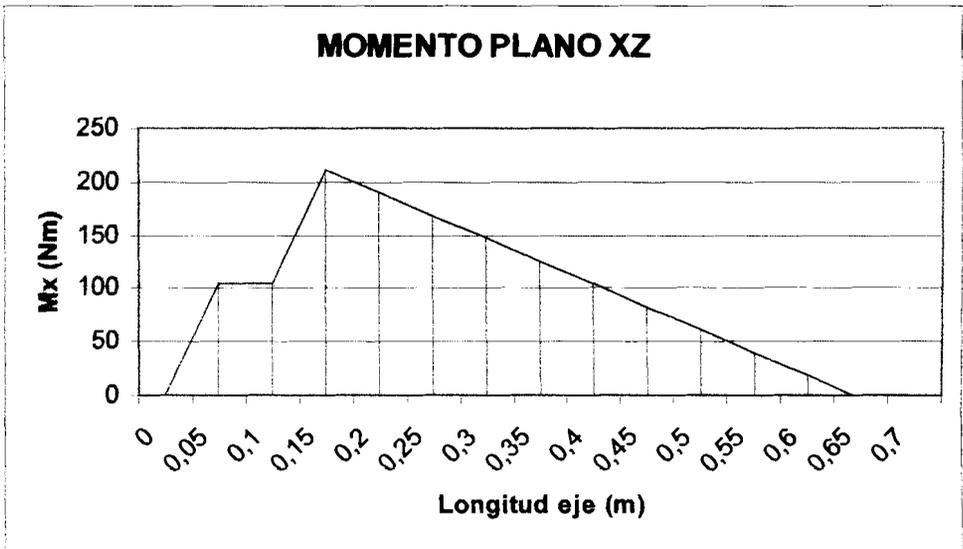


Fig. 4.11 Momentos en el plano XZ

Con estas dos graficas se puede obtener el momento total flexionante que actúa sobre el árbol de transmisión, los valores de este momento se pueden ver en la siguiente figura:

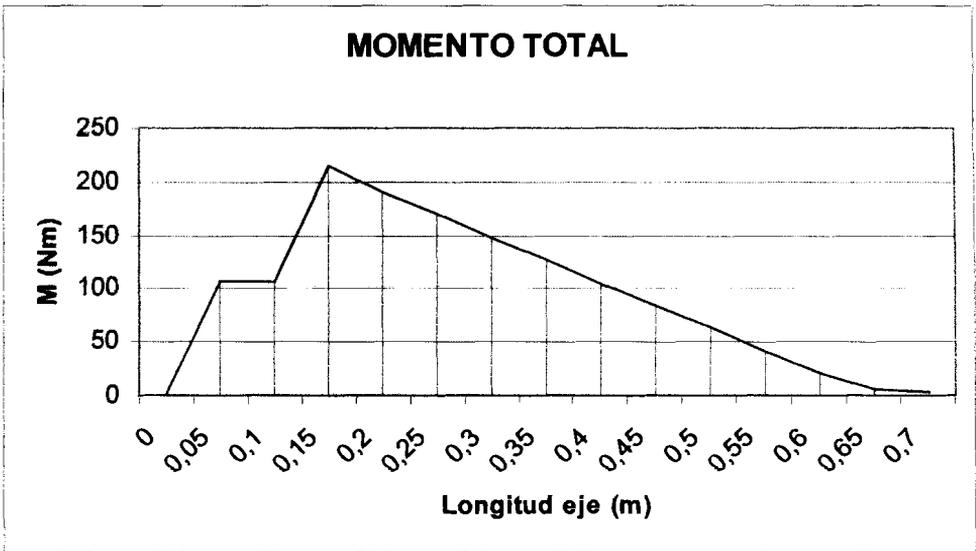


Fig. 4.12 Momento total

A continuación se analizará el factor de seguridad a la fatiga que presenta el árbol de transmisión sometido a este momento durante intervalos muy pequeños de tiempo, lo que me lleva a realizar el siguiente procedimiento:

En primer lugar en la figura 4.6, donde se muestra la geometría del árbol de transmisión, se puede observar unas letras B, C, D, E las cuales se han colocado en los puntos donde el árbol puede presentar fallas, estos son los concentradores de esfuerzos. Además se sabe que para este tipo de capacidad de molienda el diámetro del eje está entre 80mm y 100mm. Para el análisis se asumirá un valor de 90mm. Con estos datos comienzo a realizar el cálculo de resistencia a la fatiga corregida:

El material común para la construcción de árboles de transmisión es el acero AISI 4340, más conocido como 705, las tablas de propiedades de este acero se pueden ver en el apéndice E. Para el análisis de fatiga es necesario primero tener en claro el valor del límite de resistencia a la fatiga corregido, que está definido por:

$$S_e = C_{CARGA} \cdot C_{TAMAÑO} \cdot C_{SUPERFICIE} \cdot C_{TEMPERATURA} \cdot C_{CONFIABILIDAD} \cdot C_{efectos\ variables} S_e' \quad \text{ec. 4.3}$$

El factor de corrección de carga es igual a uno ya que este es el valor que se asume cuando la flecha está sometida a flexión y torsión. De igual manera el factor de corrección de temperatura es igual a uno, porque el equipo trabajara en temperaturas menores a 450°C, los demás factores de corrección se desarrollan a continuación: El factor de tamaño presenta los siguientes rangos:

para $d \leq 0.3$ in (8 mm):	$C_{tamaño} = 1$
para 0.3 in $\leq d \leq 10$ in:	$C_{tamaño} = 0.869d^{-0.097}$
para 8 mm $\leq d \leq 250$ mm:	$C_{tamaño} = 1.189d^{-0.097}$

Fuente: DISEÑO DE MAQUINAS, Robert Norton. Pág. 376

Tabla 4.1 Factor de tamaño

Por lo tanto para un eje de 90mm, tenemos que escoger la ecuación:

$$C_{TAMAÑO} = 1.189d^{-0.097}$$

$$C_{TAMAÑO} = 1.189(90)^{-0.097}$$

$$C_{TAMAÑO} = 0.768$$

El factor de corrección de superficie presenta la siguiente fórmula:

$$C_{SUPERFICIE} = A(S_{ut})^b$$

Los valores de A y b los podemos obtener a partir de la tabla que se muestra a continuación, y el valor de S_{ut} de la tabla de propiedades de los materiales mostrada en apéndice E, con lo que tenemos:

Acabado superficial	MPa		kpsi	
	A	b	A	b
Rectificado	1.58	-0.085	1.34	-0.085
Maquinado o estrado en frío	4.51	-0.265	2.7	-0.265
Rolado en caliente	57.7	-0.718	14.4	-0.718
Forjado	272	-0.995	39.9	-0.995

Fuente: DISEÑO DE MAQUINAS, Robert Norton. Pág.. 378

Tabla 4.2 Coeficiente para la ecuación de factor superficial

La superficie es maquinada por lo que:

$$C_{SUPERFICIE} = 4.51(965)^{-0.265}$$

$$C_{SUPERFICIE} = 0.727$$

La siguiente tabla proporciona los valores para el factor de confiabilidad:

Confiabilidad %	$C_{confiabilidad}$
50	1.000
90	0.897
99	0.814
99.9	0.753
99.99	0.702
99.999	0.659

Fuente: DISEÑO DE MAQUINAS, Robert Norton. Pág.. 381

Tabla 4.3 Factores de confiabilidad

Con lo cual con un porcentaje de confiabilidad del 50% tenemos un factor de confiabilidad de:

$$C_{\text{CONFIABILIDAD}} = 1.00$$

Puesto que este rotor y por ende el árbol de transmisión va a estar en constante contacto con el agua, dato que se explica en el sistema de lavado, el factor de corrección por efectos varios es de 0.6. El límite de resistencia a la fatiga sin corregir lo obtenemos de la siguiente relación:

$$S_e' = 0.504.S_u$$

$$S_e' = 0.504(965MPa)$$

$$S_e' = 482.5MPa$$

Reemplazando en la ecuación 4.3 se tiene el límite de resistencia a la fatiga corregido:

$$S_e = (1 * 0.768 * 0.727 * 1 * 1 * 0.6) * 482.5MPa$$

$$S_e = 161.638MPa$$

CONCENTRADORES DE ESFUERZOS:

Punto B, es un concentrador de esfuerzos ya que es cuñero para la cuña de la polea se encuentra a 0.050m del punto A que es el extremo del árbol de transmisión:

$$M_a = \frac{M_{\max} - M_{\min}}{2} = \frac{107.11 - 0}{2} = 53.555 Nm$$

$$M_m = \frac{M_{\max} + M_{\min}}{2} = \frac{107.11 + 0}{2} = 53.555 Nm$$

La cufia tendrá en sus extremos un radio de 5mm aproximadamente, y para esta sección el diámetro del árbol asumido es de 65mm, la profundidad de la ranura de la polea será de 11mm. Con estos datos se procede a determinar los factores de concentradores de esfuerzos para este caso, para el calculo de los concentradores además es necesario el uso de la grafica en el apéndice D:

$$K_t = A \left(\frac{r}{d} \right)^b \quad \text{ec. 4.4}$$

Donde A y b se pueden obtener de la tabla de factores de concentraciones de esfuerzos del apéndice D, el valor de r será de 5mm. Para $D/d=90/65=1.385$ tenemos $A=0.99792$ y $b=-0.26739$, por lo tanto:

$$K_t = 0.99792 \left(\frac{5}{65} \right)^{-0.26739}$$

$$K_t = 1.98$$

Luego:

$$K_f = 1 + q(K_t - 1)$$

$$K_f = 1 + 0.92(1.98 - 1) = 1.9016$$

$$K_f |\sigma_{\max}| < S_y \Rightarrow K_{fm} = K_f$$

$$K_f \left| \frac{Mc}{I} \right| < 855 \text{ Mpa}$$

$$1.9016 \left| \frac{107.11(0.0325)}{\frac{\pi}{64}(0.065)^4} \right| = 7.6 \text{ Mpa} < 855 \text{ Mpa}$$

Por lo tanto:

$$K_f = K_{fm} = 1.9016$$

$$\sigma_a = k_f \frac{M_a c}{I} = (1.9016) \frac{53.555(0.0325)}{8.8 \times 10^{-7}} = 3.8 \text{ Mpa}$$

$$\sigma_m = k_{fm} \frac{M_m c}{I} = (1.9016) \frac{53.555(0.0325)}{8.8 \times 10^{-7}} = 3.8 \text{ Mpa}$$

Como se puede ver el árbol de transmisión estará sometido a esfuerzos simples multiaxiales; por lo que se puede recurrir al uso de la formula para el caso de esfuerzo biaxial por el método de Von Mises. El torque en este punto es cero ya que esta fuera del área del rotor.

$$\sigma'_a = \sqrt{\sigma_{xa}^2 + \sigma_{ya}^2 - \sigma_{xa}\sigma_{ya} + 3\tau_{xya}^2}$$

$$\sigma'_a = \sqrt{3.8^2 + 3(0)} = 3.8 \text{ Mpa}$$

$$\sigma'_m = \sqrt{\sigma_{xm}^2 + \sigma_{ym}^2 - \sigma_{xm}\sigma_{ym} + 3\tau_{xym}^2}$$

$$\sigma'_m = \sqrt{3.8^2 + 3(0)} = 3.8 \text{ MPa}$$

Con lo cual se puede determinar el factor de seguridad a la fatiga en este punto el cual esta definido por la siguiente ecuación.

$$N_f = \frac{S_e S_{ut}}{\sigma'_a S_{ut} + \sigma'_m S_e} \quad \text{ec 4.5}$$

$$N_f = \frac{161.63 * 965}{3.8 * 965 + 3.8 * 161.63} = 36.4$$

El mínimo factor de seguridad que se desea obtener es de 2 por lo que todo valor que este sobre este es aceptable. El valor de 36.4 grande para ser un factor de seguridad, pero debe tomarse en cuenta que este no es el punto de esfuerzo máximo, razón por la cual se obtiene un factor de seguridad de este valor.

Punto C: Este es el punto que se encuentra a 100mm del extremo A. En este punto el concentrador de esfuerzo se debe a una reducción en el diámetro del árbol. Se asumirá un chaflán con radio de 3mm:

$$M_a = \frac{M_{\max} - M_{\min}}{2} = \frac{126 - 0}{2} = 63 \text{ Nm}$$

$$M_m = \frac{M_{\max} + M_{\min}}{2} = \frac{126 + 0}{2} = 63 \text{ Nm}$$



La reducción de diámetro en este punto es de 75 a 65mm, por lo que los factores de concentradores de esfuerzos serán los siguientes: $D/d=1.15384$, con lo que según la gráfica de apéndice D, se tiene: $A=0.961849552$ y $b=-0.227011$, por lo tanto $K_t = 1.934$.

$$K_f = 1 + q(K_t - 1) \quad \text{ec. 4.6}$$

$$K_f = 1 + 0.9(1.934 - 1) = 1.8406$$

$$K_f |\sigma_{\max}| < S_y \Rightarrow K_{fm} = K_f$$

$$1.8406 \left| \frac{126(0.0375)}{\frac{\pi}{64}(0.075)^4} \right| = 5.6 \text{MPa} < 855 \text{MPa}$$

Por lo tanto:

$$K_f = K_{fm} = 1.8406$$

$$\sigma_a = k_f \frac{M_a c}{I} = (1.8406) \frac{63(0.0375)}{4.5 \times 10^{-7}} = 9.7 \text{MPa}$$

$$\sigma_m = k_{fm} \frac{M_m c}{I} = (1.8406) \frac{63(0.0375)}{4.5 \times 10^{-7}} = 9.7 \text{MPa}$$

Utilizando el método de Von Mises, tenemos los siguientes esfuerzos:

$$\sigma'_a = \sqrt{\sigma_{xa}^2 + \sigma_{ya}^2 - \sigma_{xa}\sigma_{ya} + 3\tau_{xya}^2}$$

$$\sigma'_a = \sqrt{9.7^2 + 3(0)} = 9.7 \text{MPa}$$

$$\sigma'_m = \sqrt{\sigma_{xm}^2 + \sigma_{ym}^2 - \sigma_{xm}\sigma_{xm} + 3\tau_{xym}^2}$$

$$\sigma'_m = \sqrt{9.7^2 + 3(0)} = 9.7 \text{ MPa}$$

Reemplazando en la ecuación 4.5 de factor de seguridad a la fatiga:

$$N_f = \frac{S_e S_u}{\sigma'_a S_u + \sigma'_m S_e}$$

$$N_f = \frac{161.63 * 965}{9.7 * 965 + 9.7 * 161.63} = 14.3$$

El cual esta por encima de 2 que es el mínimo, aun el valor de factor de seguridad es elevado, este tampoco es el punto de máximos esfuerzos.

Punto D: Este punto se localiza a 200mm del extremo A. Es donde se observa el momento máximo sobre el árbol de transmisión. El concentrador de esfuerzo en este punto se debe a la reducción de sección que tiene el árbol de 90mm a 75mm. Este punto esta sometido a un torque que es que se produce por el impacto de la cuchilla sobre el Pet y su valor ya fue calculado al inicio de este análisis. Se utilizara un chaflán de 3mm en el hombro de la reducción.

$$M_a = \frac{M_{\max} - M_{\min}}{2} = \frac{215 - 0}{2} = 107.5 Nm$$

$$M_m = \frac{M_{\max} + M_{\min}}{2} = \frac{215 + 0}{2} = 107.5 Nm$$

Los factores de concentración de esfuerzo para este punto serán los siguientes: $D/d = 90/75 = 1.2$, con lo que según la grafica de apéndice D, se tiene $A = 0.97098$ y $b = -0.21796$. Por lo cual $K_t = 1.96$

$$K_f = 1 + q(K_t - 1)$$

$$K_f = 1 + 0.9(1.96 - 1) = 1.864$$

$$K_f |\sigma_{\max}| < S_y \Rightarrow K_{fm} = K_f$$

$$1.864 \left| \frac{215(0.045)}{\frac{\pi}{64} (0.090)^4} \right| = 5.6 MPa < 855 MPa$$

$$K_f = K_{fm} = 1.864$$

Para este punto también se debe calcular el factor de corrección a la torsión. K_{fs} de concentración de esfuerzos. Para esto se debe tener el valor de K_{ts} , para lo cual se recurre al apéndice D:

$A = 0.83425$ y $b = -0.21649$, entonces $K_{ts} = 1.67$:

$$K_{fs} = 1 + q(K_{ts} - 1)$$

$$K_{fs} = 1 + 0.9(1.67 - 1) = 1.603$$

$$\sigma_a = k_f \frac{M_a c}{I} = (1.864) \frac{107.5(0.045)}{2 \times 10^{-7}} = 45.1 \text{ MPa}$$

$$\sigma_m = k_{fm} \frac{M_m c}{I} = (1.864) \frac{107.5(0.045)}{2 \times 10^{-7}} = 45.1 \text{ MPa}$$

$$\tau_m = k_{fsm} \frac{T_m r}{J} = (1.603) \frac{107.5 \times 0.045}{6.4 \times 10^{-6}} = 1.21 \text{ MPa}$$

Utilizando las ecuaciones para esfuerzos biaxiales por el método de Von Mises:

$$\sigma'_a = \sqrt{\sigma_{xa}^2 + \sigma_{ya}^2 - \sigma_{xa}\sigma_{ya} + 3\tau_{xya}^2}$$

$$\sigma'_a = \sqrt{45.1^2 + 3(1.21)^2} = 45.2 \text{ MPa}$$

$$\sigma'_m = \sqrt{\sigma_{xm}^2 + \sigma_{ym}^2 - \sigma_{xm}\sigma_{ym} + 3\tau_{xym}^2}$$

$$\sigma'_m = \sqrt{45.1^2 + 3(1.21)^2} = 45.2 \text{ MPa}$$

Reemplazando en la ecuación 4.5 de factor de seguridad a la fatiga se tiene:

$$N_f = \frac{161.63 * 965}{45.2 * 965 + 45.2 * 161.63} = 3.06$$

Este valor esta por encima de 2 que es el mínimo; por lo que es aceptable y se puede decir por lo tanto que el árbol de transmisión no fallara ya que este es el punto donde se presenta el momento máximo.

El punto E que se encuentra a 600mm del extremo A también presenta concentrador de esfuerzo por causa de la reducción en su diámetro de 90 a 75mm, pero el momento que se puede ver en la grafica es mucho menor que el que tiene el punto de momento máximo D, por lo que no se hace necesario realizar el calculo de factor de seguridad ya que con seguridad será mayor que 2.

Diseño de la cuña: Una cuña paralela es de sección transversal cuadrada o rectangular, y tiene una altura y ancho constante en toda su longitud, y es la de uso común. Se recomienda cuñas cuadradas para diámetros de flechas de hasta 6.5 plg. Conociendo el diámetro del árbol de transmisión de este molino que es de 90mm, entonces utilizaremos este tipo de cuña.

La longitud de la cuña debe ser inferior a 1.5 veces el diámetro de la flecha a fin de evitar demasiada torsión con la deflexión de ésta.

$$L \leq 1.5D$$

$$L \leq 1.5 * 0.065m = 0.0975m$$

Entonces asumiré la longitud de la cuña de 95mm para realizar los cálculos. Con la siguiente tabla definida por la norma ANSI se puede determinar el ancho de la cuña:

Tamaños de cuñas para flechas de tamaño en pulgadas	
Diámetros de las flechas (pulg.)	Ancho nominal de la cuña (pulg.)
0,312 < d ≤ 0,437	0,093
0,437 < d ≤ 0,562	0,125
0,562 < d ≤ 0,875	0,187
0,875 < d ≤ 1,250	0,25
1,250 < d ≤ 1,375	0,312
1,375 < d ≤ 1,750	0,375
1,750 < d ≤ 2,250	0,5
2,250 < d ≤ 2,750	0,625
2,750 < d ≤ 3,250	0,75
3,250 < d ≤ 3,750	0,875
3,750 < d ≤ 4,5	1
4,5 < d ≤ 5,5	1,25
5,5 < d ≤ 6,5	1,5

Fuente: DISEÑO DE MAQUINAS, Robert Norton. Pag. 587

Tabla 4.4 Tamaños de cuñas

Por lo que el ancho de la cuña será de 0.875"=22mm

Por lo general el material con el cual se fabrican este tipo de cuñas es el AISI 1020 CD. Las propiedades que presenta este material son: $S_{ut}=469\text{MPa}$ y $S_y=393\text{MPa}$.

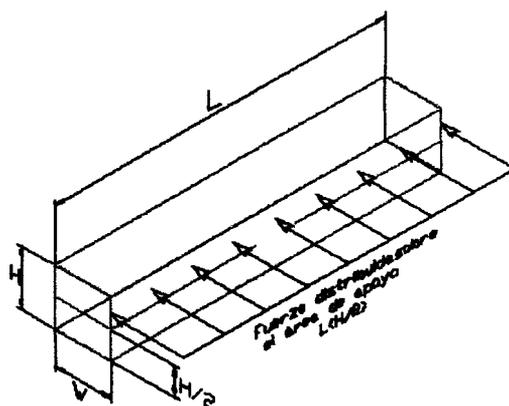


Fig. 4.13 Vista 3D de la cuña

En la figura anterior se puede observar la fuerza distribuida que actúa sobre el área de apoyo de la cuña $L(H/2)$. Y en la siguiente figura se observa una vista lateral de la ubicación de la cuña y la fuerza a la que es sometida por la acción de torque:

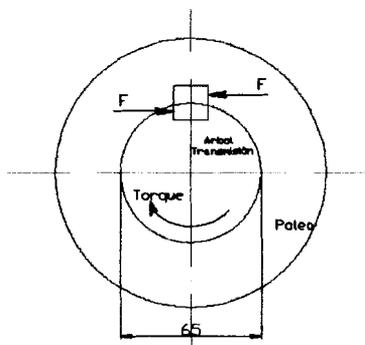


Fig. 4.14 Fuerzas sobre la cuña

A continuación se determinara los componentes medios y alternantes de las fuerzas sobre la cuña, a partir del par de torsión (entregado por el motor mas el generado por el impacto del material sobre las cuchillas) dividido para el radio de la flecha en el punto de ubicación de la cuña:

$$F_a = \frac{T_a}{r} = \frac{285.6}{0.0325} = 8787.7N$$

$$F_m = \frac{T_m}{r} = \frac{285.6}{0.0325} = 8787.7N$$

Ahora procedo a calcular los componentes de esfuerzo alternante y medio:

$$\tau_a = \frac{F_a}{A_{\text{corte}}} = \frac{8787.7}{(0.095)(0.022)} = 4.2MPa$$

$$\tau_m = \frac{F_m}{A_{\text{corte}}} = \frac{8787.7}{(0.095)(0.022)} = 4.2MPa$$

Para determinar el factor de seguridad a la fatiga al corte de la cuña, se utiliza los esfuerzos de Von Mises:

$$\sigma'_a = \sqrt{\sigma_{xa}^2 + \sigma_{ya}^2 - \sigma_{xa}\sigma_{ya} + 3\tau_{xya}^2} = \sqrt{3(4.2)^2} = 7.3MPa$$

$$\sigma'_m = \sqrt{\sigma_{xm}^2 + \sigma_{ym}^2 - \sigma_{xm}\sigma_{ym} + 3\tau_{xym}^2} = \sqrt{3(4.2)^2} = 7.3MPa$$

Para determinar el factor de seguridad a la fatiga, primero se debe determinar S_e con la ecuación 4.3, con la cual

$S_e = 59.6MPa$; entonces:

$$N_f = \frac{1}{\frac{\sigma'_a}{S_e} + \frac{\sigma'_m}{S_{ut}}} = \frac{1}{\frac{7.3MPa}{59.6MPa} + \frac{7.3MPa}{469MPa}} = 7.24$$

También se debe analizar la falla por aplastamiento de la cuña:

$$\sigma_{MAX} = \frac{F_m + F_a}{A_{apoyo}} = \frac{8787.7N + 8787.7N}{1.21 * 10^{-4} m^2} = 145.3MPa$$

El esfuerzo de apoyo sobre la cuña es a compresión y puede, por lo tanto, considerarse como carga estática:

$$N_s = \frac{S_y}{\sigma_{MAX}} = \frac{393MPa}{145.3MPa} = 2.7$$

Estos valores están por encima del mínimo de 2, lo que indica que la cuña no fallara.

Diseño de soportes de las cuchillas: Los cuerpos voluminosos pero de pared delgada (botellas de Pet por ejemplo) necesitan rotores de tipo abierto. Los soportes de cuchillas son los que definen esta característica en los rotores.

Otro punto muy importante dentro del diseño de forma de los soportes de las cuchillas es, que las cuchillas deben quedar colocadas en forma sesgada porque así proporcionarían una forma de corte semejante al de las tijeras con lo que podemos obtener una mayor capacidad de producción con menos consumo de potencia, menor generación de ruidos, y reduce la producción de finos y polvo. El corte tipo tijera se logra desviando en un ángulo pequeño (para el diseño de este molino el ángulo será de 3°) al rotor o a la cama de cuchillas. Este tipo de diseño produce una acción de corte en tajadas o por cizalla, en un área de impacto mas reducida que la que se encuentra en las cuchillas colocadas en posición derecha, que corta a lo largo de la cuchilla en un solo golpe

Los asientos para las cuchillas se los diseñará a partir de la forma que tienen los usados por la empresa *ZERMA*, pero en este caso solo utilizare cuatro soportes que serán repartidos equitativamente sobre 400mm del árbol de transmisión, donde el diámetro del eje es de 90mm; siempre tomando en cuenta que el diseño de forma sea lo más parecido al de los usados por esta empresa para evitar que el material este dando vueltas sin ser cortado, mejorando así la eficiencia del molino.

Los soportes para cuchillas están sometidos a un torque producido por el impacto y el entregado por el motor sobre el árbol. Pero además tiene el esfuerzo originado por la acción centrífuga que se ve reflejado como un esfuerzo tangencial en el perímetro interior del soporte. En este punto es donde se une el soporte al árbol, esta unión se realizara por medio de soldadura. Por lo que a continuación se analiza la soldadura:

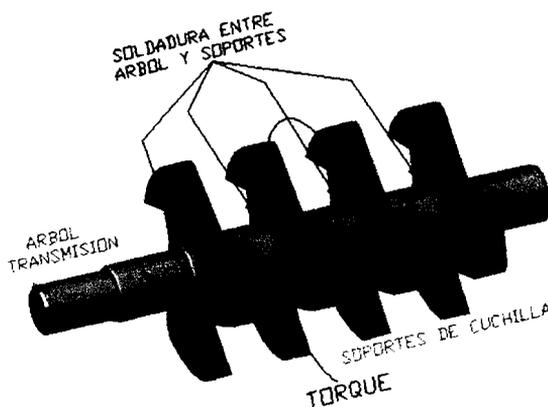


Fig. 4.15 Soldadura entre soportes y árbol de transmisión

En primer lugar analizare al esfuerzo máximo originado por la inercia. Los soportes tienen una forma especial necesaria para el trabajo a realizar pero para este análisis se asumirá a los soportes como disco giratorio. Con r_o como el diámetro exterior y r_i como el diámetro interior, así se puede ver en la siguiente figura:



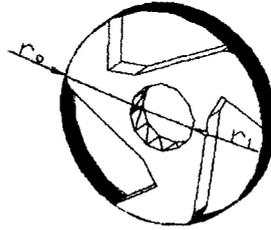


Fig. 4.16 Soporte para cuchilla

El máximo esfuerzo por la acción centrífuga esta definido por la siguiente ecuación:

$$S_{iMAX} = \frac{\rho\omega^2}{4g} [(3+u)r_o^2 + (1-u)r_i^2] \quad \text{ec. 4.7}$$

Donde:

$$S_{iMAX} = \text{Esfuerzo (kg/m}^2\text{)}$$

$$\rho = \text{Densidad (Kg/m}^3\text{)}$$

$$\omega = \text{Velocidad angular (rad/seg)}$$

$$g = \text{Gravedad (m/seg}^2\text{)}$$

$$u = \text{Relación de Poisson}$$

$$S_{iMAX} = \frac{7850 \cdot (45.6)^2}{4 \cdot 9.8} [(3 + 0.28)(0.150)^2 + (1 - 0.28)(0.090)^2]$$

$$S_{iMAX} = 33158.96 \text{kg/m}^2 \cdot 9.8 = 324957.8 \text{Pa}$$

$$\tau = S_{iMAX} = \frac{F_{FC}}{A} \Rightarrow F_{FC} = A \cdot S_{iMAX} = (\pi \cdot d) 0.040 (324957.8)$$

$$F_{FC} = \pi \cdot (0.090) \cdot 12998.312 = 3675.2 \text{N}$$

Donde T_{FC} es la fuerza que produce este esfuerzo pero también se debe sumar a esta la fuerza que producen los torque por impacto y entregado por el motor, para luego poder obtener la altura de garganta necesaria para que la soldadura no falle.

$$T_{corte} = F * r$$

$$T_{corte} = (37.3333N)(0.105m)$$

$$T_{corte} = 3.9Nm$$

$$T = 280Nm + 3.9Nm$$

$$T = 283.9Nm$$

$$F_{total} = \frac{T}{r} + F_{FC} = \frac{283.9Nm}{0.045m} + 3675.2N$$

$$F_{total} = 9984.08N$$

Utilizando un electrodo E-6011, cuyas propiedades se muestran en apéndice E, tenemos:

$$\tau = \frac{F}{A_G} = \frac{F}{h_G L} = \frac{F}{h_G (\pi * d)}$$

$$\eta = \frac{S_{sy}}{\tau} \Rightarrow h_G = \frac{\eta * F_{total}}{S_{sy} (\pi * d)}$$

$$h_G = \frac{4 * 9984.08N}{\left(\frac{345 * 10^6 N/m^2}{2} \right) (\pi * 0.090m)} = 0.82mm$$

Selección de chumaceras: Las chumaceras del equipo estarán sometidas a las fuerzas de reacción que fueron calculadas, las resultantes de estas fuerzas por lo tanto son:

Componente Y	Componente X	Resultantes
R1y=1051.1N	R1x=2497.6N	R1=2709.76N
R2Y=20.28N	R2x=434.9N	R2=435.4N

Tabla 4.5 Fuerzas actúan sobre chumaceras

El punto 1 es el apoyo de la chumacera, entre los puntos CD, de la figura 4.6, y el punto 2 es el punto de apoyo de la chumacera entre los puntos EF de la misma figura. Como es de esperar la mayor reacción se produce en el punto de apoyo 1, donde se genera el momento máximo. Para comenzar a seleccionar las chumaceras, se debe aclarar que estas funcionarán bajo cargas de impacto con cargas radiales considerables; además estarán trabajando bajo condiciones moderadamente corrosivas, y temperatura ambiente. La vida nominal básica esta dada por la siguiente relación.

$$L_{10h} = 500f_h^3 \quad \text{ec. 4.8}$$

El factor de vida f_h para este tipo de maquina según el catálogo de chumaceras *NTN* esta entre 3 y 4, por lo que escogeré el mayor 4.

$$L_{10h} = 500f_h^3 = 500(4)^3 = 32000horas$$

Por lo que la vida ajustada en millones de revoluciones esta dada por:

$$L_n = a_1 a_2 a_3 L_{10h}$$

Los valores de a_1 , a_2 y a_3 son factores de ajuste por confiabilidad, material y condiciones de operación respectivamente, las tablas de las cuales fueron obtenidos también se muestran en apéndice F:

$$L_n = a_1 a_2 a_3 L_{10h} = (1)(1)(1)(32000h) = 32000h$$

Si se supone que el molino trabaje 9 horas al día, durante unos 300 días aproximadamente en el año, entonces las chumaceras tendrán un periodo de vida de 11.5 años aproximadamente

La carga actual que actúa sobre el árbol por la fuerza de transmisión, se la calcula a través de la siguiente ecuación:

$$Carga\ actual = f_w * K_t$$

Donde f_w es el factor de carga que se la obtiene de la tabla de factores de carga (apéndice F), para este tipo de maquina se puede asumir de 3; y K_t es la fuerza radial que ya fue calculada y que se puede ver en la tabla 4.5, entonces:

$$Carga\ actual = P = 3 * 2709.8N = 8129.4N$$

Con este valor se puede calcular la capacidad de carga dinámica mediante la siguiente ecuación.

$$C_r^3 = \frac{L_n * P^3 * 60n}{10^6} \quad \text{ec. 4.9}$$

$$C_r^3 = \frac{32000 * (8129.4N)^3 * 60 * 435}{(1)(1)(1)10^6}$$

$$C_r = 76557.7N$$

Con este valor se va a la tabla en apéndice F, en la cual para un diámetro de 75mm se selecciona una chumacera UCP215. Para este valor de diámetro tenemos una capacidad básica de carga estática C_o de 100000N, con este valor podemos verificar el factor de seguridad (*ver apéndice F*) para la chumacera que para este tipo de equipo se recomienda como mínimo 1:

$$S_o = \frac{C_o}{P_{or}} \quad \text{ec. 4.10}$$

$$S_o = \frac{100000}{76557.7} = 1.31$$

Las características de este tipo de chumaceras se puede ver en el catalogo de chumaceras NTN, o en el apéndice F

4.3.1 Selección de Poleas y Bandas

La transmisión de potencia para este equipo se realizara por medio de un sistema de banda-polea. Antes de seleccionar una transmisión por bandas se necesita conocer:

Los caballos de fuerza necesarios para la transmisión

- ◆ RPM de la unidad motriz
- ◆ RPM de la maquina impulsada
- ◆ La distancia entre centros aproximada de la transmisión
- ◆ El tamaño de eje de las dos unidades
- ◆ El promedio de horas al día de operación

Las dimensiones de las poleas encargadas de la reducción de velocidad son 150mm y 400mm para la polea motriz e impulsada respectivamente, por medio de estas podemos encontrar la velocidad de rotación del árbol de transmisión la cual debe estar en un rango de 400-600RPM, que es la velocidad de rotación que generalmente se usa para este tipo de molinos. La relación entre diámetros y revoluciones esta dado por la siguiente ecuación:

$$\frac{\omega_{motriz}}{\omega_{impulsada}} = \frac{D_{impulsada}}{D_{motriz}} \quad \text{ec. 4.11}$$

$$\omega_{impulsada} = \frac{1160RPM * 150mm}{400mm} \cong 435RPM$$

La potencia de diseño para este equipo es de $7\frac{1}{2}$ HP (calculo de este valor se puede ver en la parte de diseño del motor) con una velocidad de rotación de 1160RPM. Asumiremos que este equipo trabajara 8 horas diarias, la distancia entre centros tentativa será de 600mm.

Con todos estos datos procedo a seleccionar el tipo de banda, primero se tiene que determinar la sección transversal de la banda preferencial según la tabla de selección por sección transversal para ranuras convencionales que se muestra en apéndice G, del catalogo *MARTÍN*, con estos datos la grafica nos indica que podemos utilizar banda tipo A o AX, para este caso utilizaremos tipo A.

A continuación se debe revisar el diámetro mínimo de la polea motriz, el cual se obtiene de la tabla 4 (Mínimos diámetros recomendados en poleas para motores eléctricos) en esta misma sección del catalogo *MARTÍN*, tabla mostrada también en apéndice G. Se tiene que para estas condiciones el diámetro mínimo de la polea motriz es de $3.75''=95.25\text{mm}$, $95.25\text{mm}<150\text{mm}$ lo que nos indica que el diámetro asumido se puede utilizar para esta transmisión.

Con los datos seleccionados y verificados se ingresa a las tablas de selección de transmisión en existencia para sección transversal A (apéndice G), nos ubicamos en la 1160RPM de la unidad motriz, y buscando los rpm mas cercanos a los de la polea impulsada tenemos 433rpm, entonces se vuelve a verificar los diámetros

$$Polea\ motriz \Rightarrow d_{\min} = 5.6" = 142.24mm \therefore 150mm \geq 142.24mm$$

$$Polea\ impulsada \Rightarrow d_{\min} = 15" = 381mm \therefore 400mm \geq 381mm$$

Lo que nos indica que los diámetros asumidos han sido correctos. De la misma tabla también se obtiene los hp por banda que para el tipo de banda A son 2.88hp por banda. El factor de corrección de longitud de arco para una distancia entre centros aproximada de 600mm aprox. 24" es 1.02, Con lo que se calcula los hp corregidos por banda

$$hp\ banda\ corregido = 1.02 * 2.88hp = 2.94hp$$

Entonces el numero de bandas requeridas es de:

$$NumBandas = \frac{Diseño\ HP}{HPporBanda\ corregido}$$

$$NumBandas = \frac{7.5hp}{2.94hp} = 2.55 \Rightarrow 3bandas$$

Se recomienda usar tres bandas. Las dimensiones para las ranuras y las poleas se muestran en tabla en apéndice G. Un dato adicional de diseño que debe ser considerado es la longitud aproximada de las bandas la cual viene dada por la siguiente ecuación:

$$Long\ correas = 2C + 1.57(D + d) + \frac{(D - d)^2}{4C} \quad ec.4.12$$

En la cual C es la distancia entre centros, D es el diámetro de la polea impulsada y d es el diámetro de la polea motriz:

$$Long\ correas = 2 * 0.6 + 1.57(0.4 + 0.15) + \frac{(0.4 - 0.15)^2}{4 * 0.6} = 2.08m$$

4.3.2 Selección del Motor:

El motor eléctrico estará ubicado a un costado del equipo de molienda y lavado, su centro del eje estará ubicado al mismo nivel que el centro del eje del sistema de molienda.

Los torques que debe vencer este motor para su correcto funcionamiento y arranque son: el torque para acelerar toda la masa que representa el rotor y la polea, y cuando ya se encuentre en funcionamiento el torque que se genera por el impacto de las cuchillas para realizar el corte.

$$T_{TOTAL} = T_{INERCIA} + T_{IMPACTO}$$

Para calcular el torque inercial se parte de la siguiente ecuación:

$$T = I\alpha \quad \text{ec.4.13}$$

En la cual I es el momento de inercia de los componentes que se están acelerando y α es la aceleración angular, es decir, la cantidad de cambio de velocidad angular. Esta fórmula vista de otra manera consiste en el torque que se necesita para originar un cambio en la velocidad de giro Δn , de un sistema en una cantidad específica de tiempo, t . Pero $\Delta n/t = \alpha$. A su vez conviene expresar el momento de inercia de la masa en términos de radio de giro k . Por definición:

$$k = \sqrt{I/m} \Rightarrow k^2 = I/m$$

Donde m es la masa y $m = W/g$, por lo tanto:

$$I = mk^2 = \frac{Wk^2}{g}$$

Por lo que la ecuación para el torque queda:

$$T = I\alpha = \frac{Wk^2}{g} \frac{(\Delta n)}{t}$$

Al término Wk^2 se lo suele llamar solo inercia de la carga. Entonces asumiendo a los soportes de cuchillas como discos sólidos, el *radio de giro*, y el volumen será:

$$k^2 = \frac{1}{2}(R_1^2 + R_2^2)$$

$$V = \pi(R_1^2 - R_2^2)L$$

$$Wk^2 = \rho V k^2 = \rho \pi (R_1^2 - R_2^2) L \frac{1}{2} (R_1^2 + R_2^2)$$

$$Wk^2 = \frac{\pi \rho L}{2} (R_1^4 - R_2^4) \Rightarrow [lb \cdot pu \cdot g^2]$$

Se debe tomar en cuenta que para realizar estos cálculos se debe ingresar los datos en unidades inglesas, por lo tanto:

$$Wk^2_{SOPORTES} = \frac{\pi * 0.28352 \frac{lb}{pu \cdot g^3} * 1.5754 pu \cdot g}{2} (5.9^4 - 1.77^4) pu \cdot g^4$$

$$Wk^2_{SOPORTES} = 841 lb \cdot pu \cdot g^2 \left(\frac{1 pie^2}{144 pu \cdot g^2} \right) = 5.845 lb \cdot pie^2$$

$$Wk^2_{ARBOL} = \frac{WI}{m} = \frac{\rho VI}{m} = \frac{\rho V m r^2}{2m} = \frac{\rho \pi L r^4}{2}$$

$$Wk^2_{ARBOL} = \frac{0.28352 * \pi * 27.56 * 1.77^4}{2}$$

$$Wk^2_{ARBOL} = 120.5(1/144) = 0.84 lb \cdot pie^2$$

$$Wk^2_{POLEA} = Wk^2_{PARTE SUP} + Wk^2_{PARTE CENTRAL} + Wk^2_{PARTE INTERIOR}$$

$$Wk^2_{POLEA} = \frac{(7.87^4 - 5.9^4)3.93}{323.9} + \frac{(5.9^4 - 3.94^4)1}{323.9} + \frac{(3.94^4 - 1.3^4)3.93}{323.9}$$

$$Wk^2_{POLEA} = 37.73 \text{ lb.pie}^2$$

$$Wk^2_{TOTAL} = 4 * 5.84 + 0.84 + 37.73 = 61.93 \text{ lb.pie}^2$$

Pero como sabemos la flecha del rotor no es la misma que la flecha del motor entonces para calcular esta inercia efectiva

Wk^2_e se recurre a la siguiente ecuación:

$$Wk^2_e = Wk^2 \left(\frac{n}{n_c} \right)^2 \quad \text{ec. 4.14}$$

Donde n es la velocidad de la carga que interesa y n_c es la velocidad del motor:

$$Wk^2_e = 61.93 \left(\frac{435}{1160} \right)^2 = 8.7 \text{ lb.pie}^2$$

Entonces el torque inercial en lb-pie esta dado por:

$$T_{INERCIA} = \frac{Wk^2_e (\Delta n)}{308t} = \frac{8.7(435)}{308 * 1} = 12.3 \text{ lb.pie} = 16.7 \text{ Nm}$$

$$T_{TOTAL} = 16.7 + 5.6 = 22.3 \text{ Nm}$$

Por lo tanto la potencia del motor que se necesita a 1160RPM será:

$$P = Tw = 22.3Nm \frac{1160rev}{min} \left(\frac{1min}{60seg} \right) \left(\frac{2\pi}{1rev} \right) = 2.71KW$$

Entonces con un factor de servicio para motores eléctricos utilizados en molinos de 1.8 se tiene la potencia de diseño del motor

$$P = 1.8 * 2.71 \cong 5KW$$

Para un valor de 5000W se puede decir que se necesita un motor de 7½HP.

4.4. Diseño de cuchillas

En la actualidad colocar las cuchillas en forma sesgada para que actúen en forma de tijera al momento de cortar es muy utilizado en el diseño de molinos, ya que se evita el corte de un solo golpe, además se reduce el ruido, y la formación de finos y polvos. Es importante tener en cuenta un diseño con cuchillas ajustables para así poder controlar el espacio existente entre las cuchillas rotatorias y la cama de cuchillas, y además para que permita realizar un mantenimiento a las cuchillas las cuales van a necesitar un respectivoafilamiento.

El ángulo que las cuchillas son sesgadas debe ser pequeño, para este equipo será de 3°. Por otro lado se recomienda utilizar un ángulo de filo

Como son cuatro soportes de cuchillas eso quiere decir que cada cuchilla estar apoyada en cuatro puntos por lo que se necesitan cuatro pernos por cuchilla. Para realizar el análisis de los pernos partimos asumiendo pernos que tendrán las siguientes características:

Diámetro mayor = $d = 18\text{mm}$

Rosca = Basta

Paso = 2.5mm

Numero de grado SAE = 5

Estos datos son obtenidos de la tabla de dimensiones principales de las roscas para tornillo métrico (apéndice D). Ahora se procede a verificar con los respectivos factores de seguridad si estos pernos escogidos están bien dimensionados:

La fuerza de precarga se la obtiene de la siguiente ecuación:

$$F_i = 0.9 S_p A_t = 0.9(510.215 * 10^6 \text{ Pa})(0.00019247 \text{ m}^2) = 88.4 \text{ kN}$$

La fuerza a la que estará sometido cada perno es la fuerza de impacto como se puede ver en la figura valor que ya fue calculado anteriormente

$$F = P = 9984.08 \text{ N}$$

A continuación se determina el factor de rigidez del perno k_b a partir de la ecuación:



$$\frac{1}{k_b} = \frac{l_t}{A_t E} + \frac{l_s}{A_b E} \quad \text{ec 4.15}$$

En la cual

A_t = Área de esfuerzo de tensión del perno (Apéndice D)

A_b = Área transversal del perno

l_t = Longitud de rosca axialmente cargada

l_s = Longitud del vástago sin usar = $l - l_t$

E = Modulo de Young = 30Mpa

Para caso estándar la longitud de roscado es $2d+0.25$, datos en pulgadas

$$\text{Long roscado} = 2 * 0.7087" + 0.25 = 1.7" = 42.35\text{mm}$$

Si se desea un perno de 40mm de longitud quiere decir que lo podemos conseguir completamente roscado. Entonces:

$$l_t = \text{espesor cuchilla} = 15\text{mm}$$

$$\frac{1}{k_b} = \frac{0.015\text{m}}{(0.00019247\text{m}^2)(30 * 10^6 \text{ N/m}^2)} + \frac{0}{(\pi * 0.009^2)(30 * 10^6)}$$

$$K_b = 384940 \text{ N/m}$$

La relación entre la rigidez del perno y la rigidez del material para aceros es $k_m = 6 \text{ a } 8k_b$

$$k_m = 6(384.94 \text{ kN/m}) = 2.3 \text{ MPa}$$

Por lo que la constante de rigidez C será:

$$C = \frac{k_b}{k_m + k_b} = \frac{0.385}{2.3 + 0.385} = 0.15$$

Entonces se puede verificar el factor de seguridad de carga η_c :

$$\eta_c = \frac{S_p A_t - F_i}{CP} = \frac{(510.215 * 10^6 \text{ Pa})(0.00019247 \text{ m}^2) - 88400 \text{ N}}{0.15 * 9984.08 \text{ N}} = 6.5$$

La carga requerida para la unión P_o , y el factor de seguridad a la separación de la unión η_{sep} ; se determinan a partir de las siguientes ecuaciones:

$$P_o = \frac{F_i}{(1-C)} = \frac{88400 \text{ N}}{(1-0.15)} = 1.04 * 10^5 \text{ N}$$

$$\eta_{sep} = \frac{P_o}{P} = \frac{1.04 * 10^5}{9984.08} = 10.4$$

Estos valores de factor de seguridad son un poco altos pero asumiendo que no representan mucho costo se los puede asumir a los pernos como correctos, así tenemos la seguridad de que no fallaran.

4.5. Selección del tamiz

El diseño de un tamiz depende particularmente de la velocidad con la que se está trabajando. Cuando se opera a velocidades más bajas, las mallas con huecos más pequeños y de pared delgada proporcionan tamaños de partícula más uniformes a una mayor capacidad de producción. Por el contrario, a velocidades más altas de rotor, se requiere contar con huecos más grandes para mantener la capacidad de producción; pero los huecos más grandes incrementan el rango de tamaños de partículas producido, particularmente cuando el material es frágil. Aunque los tamaños de los huecos dependen mucho de la composición del material y del tamaño del molido, sus valores están en el orden de:

Tamaño del hueco (pulg.)	Velocidad del rotor (rpm)
3/16	Rpm < 200
5/16	200 < rpm < 400
3/8	Rpm > 400

Tabla 4.6 Diámetros de agujeros de tamiz

Por lo tanto escojo un tamaño de agujero de 8mm, ya que la velocidad es mayor que 400rpm, pero el material es considerablemente frágil. Se recomienda que el diámetro de las perforaciones deberá ser igual o mayor al espesor de la plancha metálica que es fabricada, y el espacio entre las perforaciones deberá ser igual o mayor al espesor de la plancha metálica.

Los principales requerimientos o datos que se necesitan para el diseño del tamiz se la muestra en la siguiente figura:

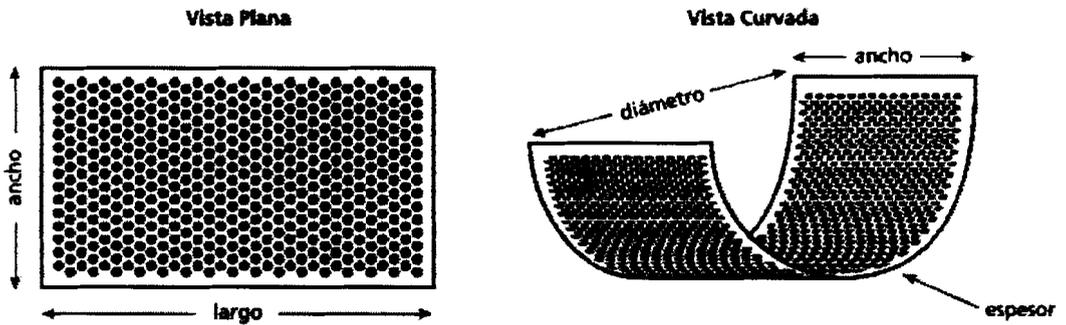


Fig. 4.18 Datos para diseño del tamiz

Estos datos se los pueden observar claramente al final de este trabajo en el plano del tamiz (plano #7). Es conveniente no dejar mucho espacio entre el rotor y el tamiz, de lo contrario pedazos de material que esta siendo molido pueden tapar algunos agujeros del mismo reduciendo así la eficiencia del molino y además generando la formación de polvo. En este equipo la distancia entre las cuchillas móviles y el tamiz será de 2mm. Como se puede ver en la tabla para la selección de tamices de apéndice D, con un diámetro de 8mm se recomienda una distancia entre centros de 15mm, y el espesor de la plancha para estas características debe estar entre 4.75-6.35mm, por lo que se escoge un espesor de 6mm.

CAPITULO 5

5. SISTEMA DE LAVADO

5.1. Descripción del Proceso

El reciclado mecánico del Pet, se puede decir, consta de los siguientes pasos principales: separación manual de impurezas; molienda; lavado; secado y extrusión. Estos son los pasos principales de los cuales se parte y se hace mas o menos complejos los procesos de reciclado dependiendo que calidad de producto se requiere obtener.

El sistema de lavado se hace por separado puede ser luego o antes de la molienda. En este capitulo se desarrollara un sistema de lavado el cual lave el plástico mientras se lo esta triturando.

Para la solución de este problema me planteo dos posibles diseños, los cuales explico a continuación:

1. En esta primer diseño de forma del sistema de lavado se han colocado los aspersores de agua sobre las cuchillas móviles produciendo así un flujo de agua tipo abanico (toberas de chorro tipo "abanico") que se lo puede obtener usando el correcto aspersor de agua para esta necesidad. El flujo de agua que sale de los aspersores moja aproximadamente en un 50% el rotor, y luego cuando el agua pierde presión cae mojando el resto del rotor. Lavando de esta manera cualquier pedazo de Pet que aun no ha sido cortado y que aun esta girando en la máquina. En la siguiente figura se presenta con mas detalle este diseño de forma:

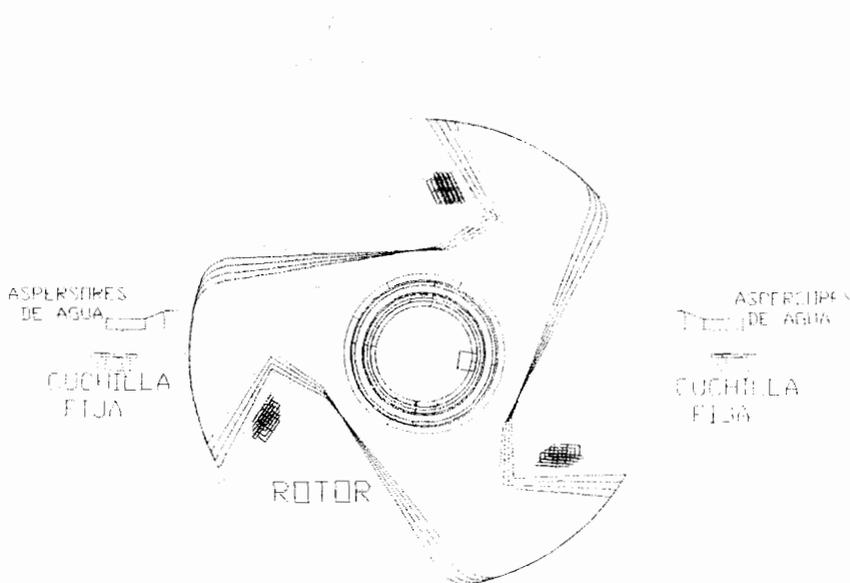


Fig. 5.1 Sistema lavado opción 1

2. Para este diseño se plantea colocar los aspersores de agua en la parte superior de la tolva de alimentación (aspersores de chorro tipo cono lleno y continuo). procurando así cubrir la mayor superficie de rotor posible. En este sistema también se espera que el agua llega con presión pero en forma intermitente a la superficie del tamiz. Será intermitente por la acción rotacional de las cuchillas

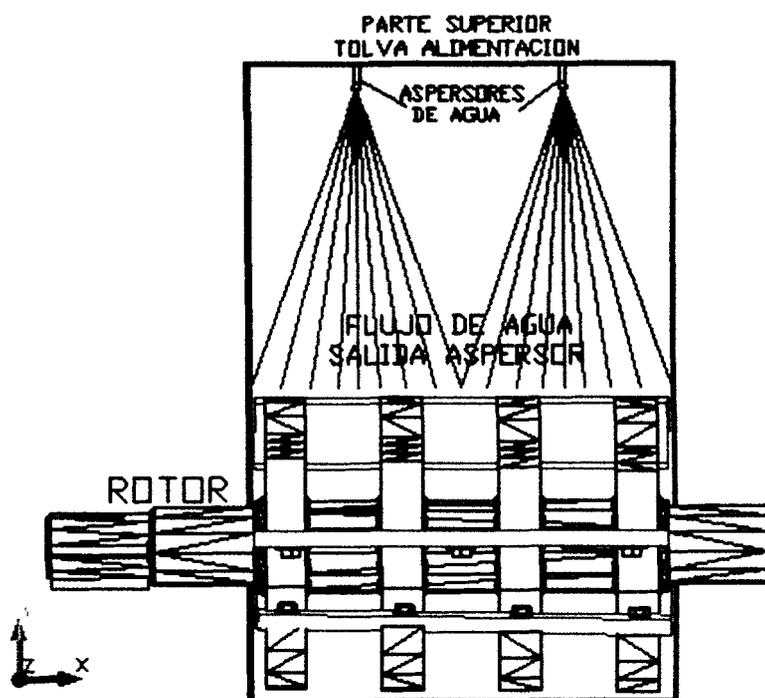


Fig. 5.2 Sistema lavado opción 2

A continuación se plantean las posibles ventajas y desventajas que se pueden encontrar entre estos dos diseños de forma:

SISTEMA DE LAVADO #1	
<i>Ventajas</i>	<i>Desventajas</i>
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Mayor presión sobre área de impacto de corte de cuchillas ▪ Mayor espacio para colocar mayor número aspersores sin intermitencia entre aspersores paralelos 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Pet no es lavado desde su ingreso a la tolva ▪ No existe presión sobre la superficie del tamiz ▪ Se deben mover los aspersores cuando se regulan las cuchillas ▪ Aspersores con posible espacio para aglomeración de escamas

Tabla 5.1 Ventajas, Desventajas. Sistema lavado #1

SISTEMA DE LAVADO #2	
<i>Ventajas</i>	<i>Desventajas</i>
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Pet lavado desde su ingreso a la tolva ▪ Presión de agua en forma continua sobre toda la superficie de rotor ▪ Ayuda a la circulación de escamas a través del tamiz ▪ Presión intermitente sobre la superficie del tamiz ▪ Buena ubicación de aspersores 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Poca presión de agua sobre el área de impacto de cuchillas ▪ Intermitencia entre flujo de aspersores paralelos ▪ Su flujo puede ser obstruido por material acumulado en su ingreso.

Tabla 5.2 Ventajas, Desventajas. Sistema lavado #2

Luego de analizar las ventajas y desventajas que se presentaran en los dos diseños de forma, se escoge la opción #2 como la mejor, pese a que también presenta ciertas desventajas como es la presión de salida de los aspersores, y la posible sobre posición de chorros de agua, aunque esta, no es en sí una desventaja ya que se podría trabajar con chorros sobrepuestos, pero en este equipo se diseñara para que no trabajen de esta manera.

Uno de los principales problemas que se puede presentar en el diseño y otra de las razones fundamentales para escoger la segunda opción es: como se sabe las por las propiedades del plástico cuando este esta húmedo es fácilmente adherente a casi toda superficie de la cual no esta exenta el acero. Por esto se hace necesario un análisis para que el plástico pueda circular libremente a través del tamiz y no se quede adherido. Para la construcción de este sistema de lavado se necesita el diseño o la selección de las siguientes partes:

- Aspersores de agua
- Bomba de agua
- Conductos de agua
- Filtros de agua
- Sistema de escurrido
- Reservorios de agua.

Para explicar tanto el funcionamiento como la ubicación de los diferentes componentes de este sistema observar la figura 5.3. El sistema funcionará de la siguiente manera: El agua sale del reservorio #1, del cual es succionada por la bomba, el agua pasa a través de un filtro para evitar así la obstrucción de las boquillas de los aspersores, luego mediante conductos de agua es llevada hacia la parte superior de la tolva donde se encuentran los aspersores de agua. Estos según la presión de agua requerida para su funcionamiento rocían agua a una presión de salida sobre la superficie superior del rotor que es por donde ingresa el Pet para ser triturado, el agua que circula por el molino, a más de lavar el plástico, ayuda a este a su circulación a través del tamiz, donde caerá a un sistema de escurrido, que se lo planea hacer mediante una malla transportadora la cual escurrirá el plástico mediante su permanencia sobre esta y dejara pasar el agua a través de ella para ser recogida en un reservorio #2 que posee un pequeño sistema de decantación de sólidos que proviene de la suciedad del plástico. Para luego regresarla al reservorio #1; punto en el cual comenzara un nuevo ciclo.

5.2 Generalidades y datos para el Diseño

Como se sabe el diseño de la parte del sistema de molienda se la realizo para tener una capacidad de 200kg/hora, lo que quiere decir que

este sistema de lavado tiene que tener la capacidad de lavar los mismos 200kg/hora de escamas de Pet.

Antes de empezar el diseño es necesario dejar en claro que no es necesario utilizar ningún otro sistema para que ayude a caer al plástico a través del tamiz, ya que en un trabajo de campo que se realizó se comprobó que el agua que está circulando por este también lleva las escamas consigo hasta el sistema de escurrido.

El trabajo de campo consistió: En la construcción de un prototipo de árbol de transmisión colocado sobre su respectivo soporte, y con el tamiz en cuyo lugar se procedió a colocar escamas de plástico húmedas en la cámara de corte. Entonces con la aplicación de un flujo mínimo de agua las escamas de plástico atravesaban fácilmente por los agujeros del tamiz.

5.3. Sistema de Alimentación de Agua

El lavado del plástico se lo realizara desde antes de ser molido (cuando el Pet ingresa a la tolva), y cuando es molido por las cuchillas del rotor. Como se dijo antes el molino consta de las siguientes partes; aspersores o rociadores de agua, bomba de agua, dos reservorios, uno para la succión de la bomba y el otro para decantación de sólidos, los

conductos de agua y filtro; un esquema que ayuda a ver la ubicación y la función que cumple cada uno de estos elementos en conjunto se muestra a continuación:

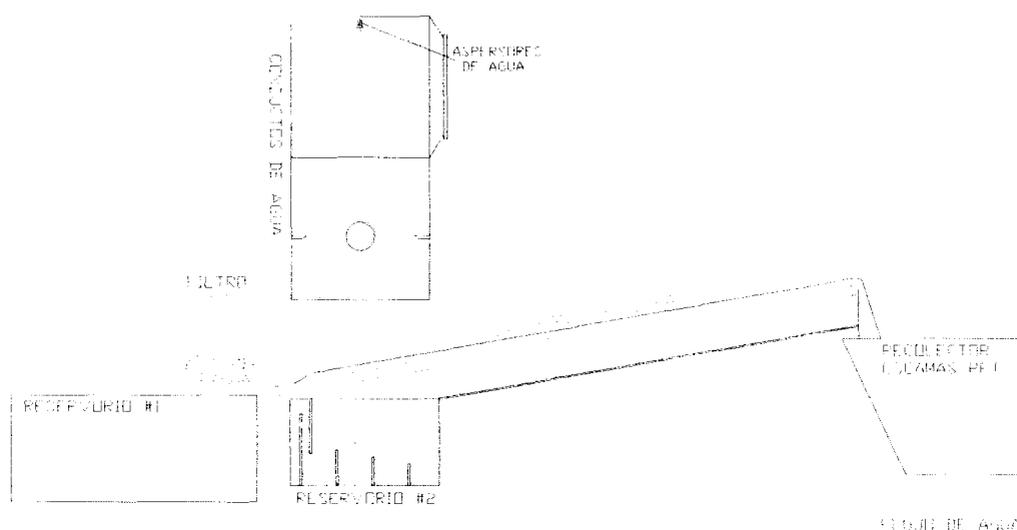


Fig. 5.3 Sistema de alimentación de agua

Para comenzar el análisis del sistema de lavado se realizó un trabajo que me permitió aproximar el volumen de agua que se necesita para lavar el Pet que será molido, obteniéndose los siguientes resultados:

Nº	Masa Pet (Kg)	Volumen Agua (litros)
1	1	5.0
2	2	8.5
3	1.5	7.0
Promedio	1.5	6.83

Tabla 5.3 Volumen de agua para lavar Pet

Observando esta tabla se puede decir que se necesitan aproximadamente 7 litros de agua para lavar 1.5 kg de plástico. Por otro lado, como es conocido, el molino tendrá una capacidad 200 kg/hora.

Por lo que el volumen de agua que se necesita que este circulando por minuto en el equipo es el siguiente:

$$\left(\frac{200\text{kg}}{\text{hora}}\right)\left(\frac{1\text{hora}}{60\text{min}}\right) = \frac{3.333\text{kg}}{\text{min}} \left(\frac{7\text{lt}}{1.5\text{kg}}\right) = 15.54\text{lt}/\text{min}$$

Este seria entonces el caudal necesario tanto para la selección de los aspersores como para los demás diseños del sistema de lavado. Conociendo además que 1galon contiene 3.785lt entonces se puede decir también que el caudal es de 4.1galones/minuto

5.3.1 Selección de Bomba

Una de las partes mas importante dentro del sistema de agua es la selección de la bomba. La bomba será ubicada debajo del motor eléctrico sobre una plancha de acero ASTM A36 de 6mm y asegurada con pernos SAE grado 5, para evitar su desplazamiento en el funcionamiento, En el siguiente esquema se presenta una vista lateral del molino en la cual se puede ver la ubicación de la bomba en el equipo:

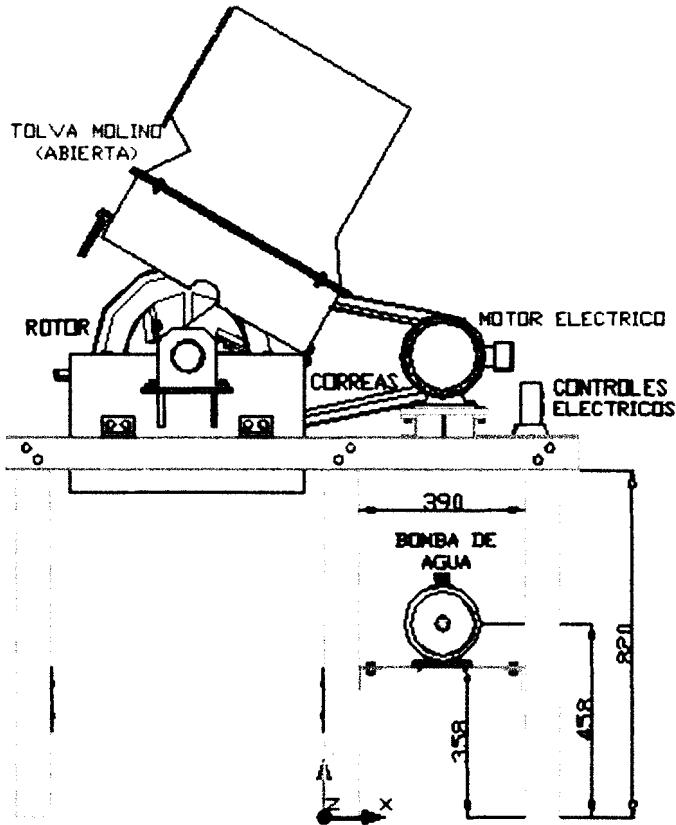


Fig. 5.4 Posicionamiento de bomba de agua

La selección de la bomba parte del calculo del TDH (total dynamical head = cabezal hidráulico). El TDH esta definido por la siguiente relación:

$$TDH = Z + P_{descarga} + f_{friccion} \quad \text{ec. 5.1}$$

En la cual Z es la altura de descarga de la bomba, $P_{descarga}$ es la presión de descarga, esta presión será la presión a la salida de los rociadores la cual se la obtiene del apéndice H; y $f_{friccion}$ son las



perdidas por fricción dentro de los conductos de agua, $f_{fricción}$ esta definida por la siguiente ecuación:

$$f_{fricción} = f_{succión} + f_{descarga} \quad \text{ec. 5.2}$$

En la cual $f_{succión}$ son las pérdidas por fricción en las tuberías de succión de la bomba; y $f_{descarga}$ son las pérdidas por fricción dentro de las tuberías de descarga. Según las dimensiones que hasta ahora se le ha dado al sistema de molienda los conductos de agua tendrán una longitud de 1700mm, también se ha tomado en cuenta que la tubería debe tomar la forma del perfil posterior del sistema de molienda para facilidad de diseño hasta llegar a los aspersores y para esto se utilizaran los siguientes accesorios: 7 codos de 90° y dos codos de 45°, además de una T para la separación de los aspersores en la descarga. (todos estos datos son para la sección de descarga). En la parte de descarga también se debe tomar en cuenta las pérdidas por un filtro de canastilla que son de aproximadamente 7psi, que seria igual a 16.17ft ca (pies de cabezal de agua). En la parte de la succión la longitud de tubería es igual a 1110mm, y como accesorios se utilizaran dos codos y una válvula de retención (válvula cheque) las características técnicas de esta válvula se presentan en el apéndice H, colocada al inicio de la succión.

Todos estos accesorios presentan sus respectivas longitud equivalente para perdidas por fricción la cual se las obtiene del apéndice H (catalogo EBARA, para selección de bombas), con estos datos se puede obtener la longitud equivalente total para la determinación de las perdidas tanto en la succión como en la descarga:

Longitud equivalente de perdidas por descarga			
	Coficiente	Cantidad	Total
<i>Longitud</i>	—	5.6ft	5.6ft
<i>Filtro</i>	16.17	1	16.17ft
<i>Codos 90°</i>	4.4	9	39.6ft
<i>Codos 45°</i>	0.92	2	1.84ft
<i>T</i>	5.3	1	5.3ft
<i>L_d equivalente</i>			68.51ft

Tabla 5.4 Perdidas por fricción descarga

Longitud equivalente de perdidas por succión			
	Coficiente	Cantidad	Total
<i>Longitud</i>	—	3.7ft	3.7ft
<i>Codos 90°</i>	4.4	2	8.8ft
<i>Válvula cheque</i>	8.8	1	8.8ft
<i>L_s equivalente</i>			21.3ft

Tabla 5.5 Perdidas por fricción succión

Para obtener las perdidas que producen estas longitudes se recurre al apéndice H, en la tabla de perdidas por fricción por cada 100 pies de agua para diferentes diámetros de tuberías en este caso ¾", para ingresar a esta tabla se necesita el caudal de

agua pero en galones por minuto que ya se obtuvo anteriormente y es de 4.1gal/min, iterando se puede obtener el valor que corresponde a este caudal y es de $h_f = 4.421 \text{ ft}$ por cada 100ft de tubería, con lo cual las perdidas a la succión y a la descarga serán:

$$f_{descarga} = Ld_{equivalente} * \left(\frac{h_f}{100}\right)$$

$$f_{descarga} = 68.51 \text{ ft} * \left(\frac{4.421}{100}\right) = 3.03 \text{ ft}$$

$$f_{succion} = LS_{equivalente} * \left(\frac{h_f}{100}\right)$$

$$f_{succion} = 21.3 \text{ ft} * \left(\frac{4.421}{100}\right) = 0.94 \text{ ft}$$

Utilizando la ecuación 5.2 tenemos:

$$f_{friccion} = 3.03 \text{ ft} + 0.94 \text{ ft} = 3.97 \text{ ft}$$

Utilizando un rociador industrial con 2.1bar de presión (observar apéndice H, la selección de esta presión se explica en la parte de selección de aspersores) esta será la presión de descarga pero para poder trabajar con las unidades que se esta desarrollando la selección de bomba se debe obtener esta presión en pies de cabezal de agua

$$P_{boquilla} = 2.1bar * \left(\frac{1.0197 \text{ kg/cm}^2}{1bar} \right) * \left(\frac{14.22 \text{ psi}}{1 \text{ kg/cm}^2} \right) * \left(\frac{2.31 \text{ ft ca}}{1 \text{ psi}} \right)$$

$$P_{boquilla} = 70.34 \text{ ft ca}$$

Utilizando la ecuación 5.1, se puede determinar el TDH, el valor de Z es la altura del sistema de molienda que es de 1.3m=4.27ft:

$$TDH = 4.27 \text{ ft} + 70.34 \text{ ft} + 3.97 \text{ ft}$$

$$TDH = 78.6 \text{ ft}$$

Ahora con las curvas de funcionamiento de las bombas EBARA en la parte CMA-B-C-D-CMR, se puede ver que la bomba que satisface estas necesidades de cabezal y caudal es una bomba tipo Ebara CMA 0.75M, que consta con un motor de ¾ HP o 0.55kW.

5.4 Diseño de Aspersores de Lavado

Los aspersores de agua se comienzan diseñando al escoger la correcta altura de aspersion ya que una mala selección de esta presenta los problemas que se presentan en el siguiente grafico:

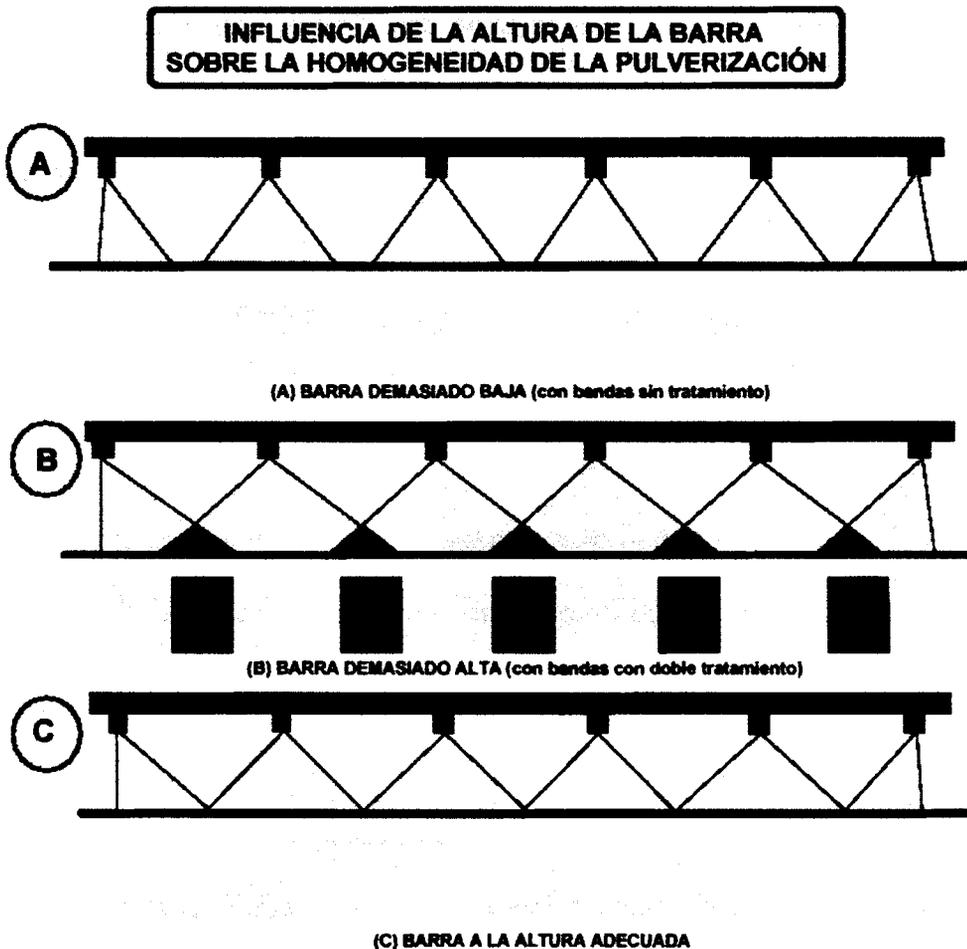


Fig. 5.5 Influencia de la altura de aspersion

Estos problemas se presentan por: El primero, (A) nos indica que con una altura demasiado baja tendremos sectores sin mojar, en cambio en el segundo (B), se presenta una barra demasiado alta produce superposición de chorros de agua; por ultimo, la opción (C) muestra que una buena selección de la altura nos entrega la correcta aspersion de agua sobre la superficie deseada.

Para obtener un resultado como en la figura C se debe tener en cuenta tanto la altura de aspersión como la longitud de aspersión, esto se lo hace con la regulación del ángulo de apertura.

Regulación Del Ángulo De Apertura .- Para regular el ángulo de apertura, se debe realizar el diseño de forma que:

- a. Todos los conos o abanicos tengan el mismo ángulo de apertura y por tanto recubran la misma anchura.
- b. Todas las boquillas den un chorro cuyo eje de simetría sea perpendicular a la zona de aplicación.

Altura De Aspersión .- La altura de aspersión será correcta siempre y cuando no se permita mas de 100 mm de solape entre cada chorro de boquillas paralelas.

Los aspersores de agua que se utilizaran para el equipo son de la marca *Rain Bird* de cono lleno (ver apéndice H), el tipo de aspersores de cono lleno presentan la siguiente forma de chorro:



Fig. 5.6 Chorro agua tobera cono lleno

Para poder calcular el ángulo de aspersión se recurre a la geometría del molino

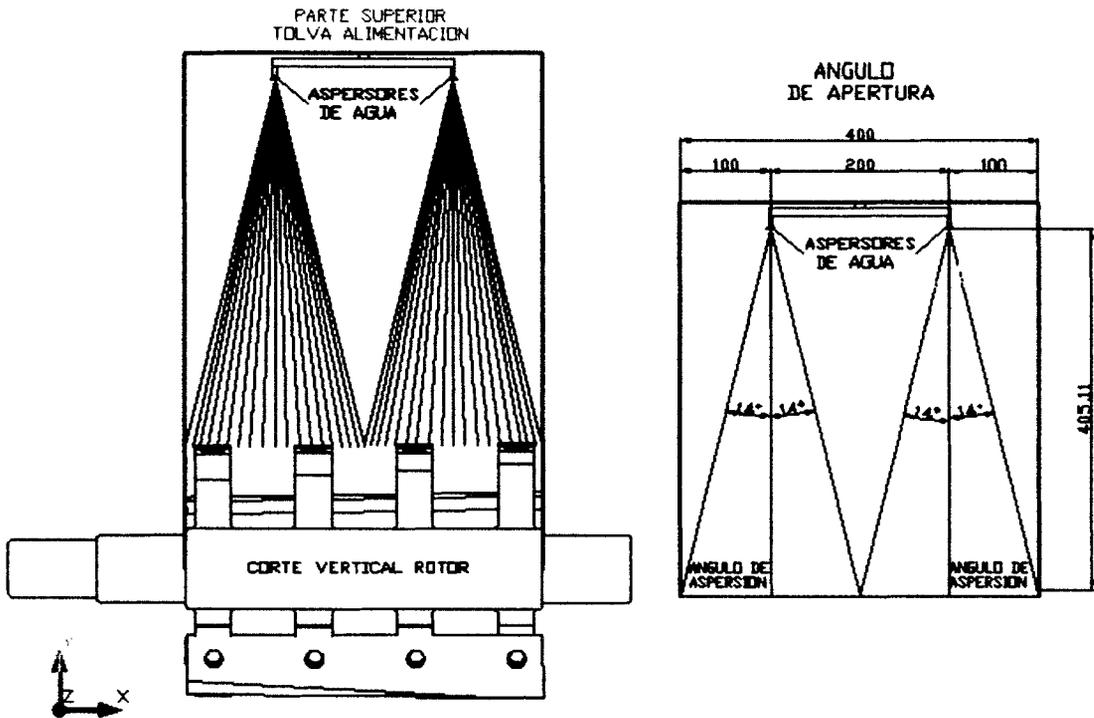


Fig. 5.7 Diagrama de aspersión del equipo

$$\text{Angulo Apertura} = \beta = \tan^{-1} \frac{100}{405.11} = 14^\circ$$

Con este ángulo de apertura y el caudal del equipo entonces entro a la tabla de aspersores *Rain Bird*, por lo tanto el tipo de aspersor seleccionado es un tipo 15F, ya que presenta una trayectoria de 30°, la trayectoria de rocío es igual a dos veces el ángulo de apertura. Se escoge este ángulo ya que según la geometría del molino tenemos un ángulo de aspersión de 14°, con lo cual el ángulo de trayectoria será:

$$\text{Ang trayectoria} = 2 * 14^\circ = 28^\circ$$

Se escogerá además una presión de 2.1bar porque ayudara a la eficiencia del lavado siendo esta la mayor presión que ofrecen este tipo de aspersores. Razón que se justifica ya que: una mayor presión de aspersión mejorara el lavado puesto que ayudara a la remoción de las impurezas presentes sobre las escamas de Pet.

5.5 Selección de Conductos de Agua

En este trabajo se llama conductos de agua tanto a la tubería como a los accesorios que se encargan de la succión y la descarga de agua producida por la bomba, la selección del diámetro de estos conductos se realiza de acuerdo al caudal de agua que va a circular por estos. Entonces el diámetro para los conductos de agua que se utilizaran en el sistema de lavado se lo puede verificar en la siguiente tabla (selección de las dimensiones del tubo para sistemas de agua):

TABLA A-4a Selección de las dimensiones del tubo para sistemas de agua.

Intervalo de flujo gal/min	Dimensión del tubo (peso estándar)	Intervalo de velocidad pies/seg	Pérdida de carga pie
1-2	3/8	1-2	2-10
2-5	3/4	1-3	2-10
4-9	1	1.5-3.5	2-10
8-19	1 1/4	1.7-4.0	2-10
12-30	1 1/2	1.9-4.7	2-10
23-55	2	2.4-5.5	2-10
38-65	2 1/4	2.5-5.7	2-10
65-150	3	2.8-6.5	2-10
130-310	4	3.3-7.8	2-10
240-570	5	3.4-9.8	2-10
390-920	6	4.3-10.1	2-10
800-1300	8	5.1-8.3	2-5
1400-2400	10	5.7-10.8	2-5
2300-3700	12	6.7-10.0	2-5

*Basado en un coeficiente de NPS

NOTA: la pérdida de carga está dada en pies de agua: 100 pies de tubo. Para convertir a lb./pulg²: pie de agua/2.3 = lb./pulg².

Fuente: MANUAL DEL AGUA, Frank Kemmer. Pág. A-5

Tabla 5.6 Selección de dimensiones de tubos para sistemas de agua

El caudal de agua que va a estar circulando por el sistema será de 4.1gal/min, en la tabla nos ubicamos entre 2 y 5 gal/min, con lo cual se tiene que el diámetro de la tubería que se debe utilizar es de 3/4" para tuberías de peso estándar.

Desde la ubicación de la bomba los conductos de agua se los posicionara junto a la parte posterior del sistema de molienda, hasta llegar a la parte de superior de la tolva donde están ubicados los aspersores. Hay un punto muy importante a considerar, este es el de la parte de la abertura del sistema de molienda para su respectivo mantenimiento; si colocamos una sola tubería rígida sobre este tramo, estaremos en la necesidad de quitar los conductos de agua para realizar este trabajo, razón por la cual se decide colocar justo en esta

posición un tramo de tubería flexible para permitir la apertura del molino. Ver la siguiente figura:

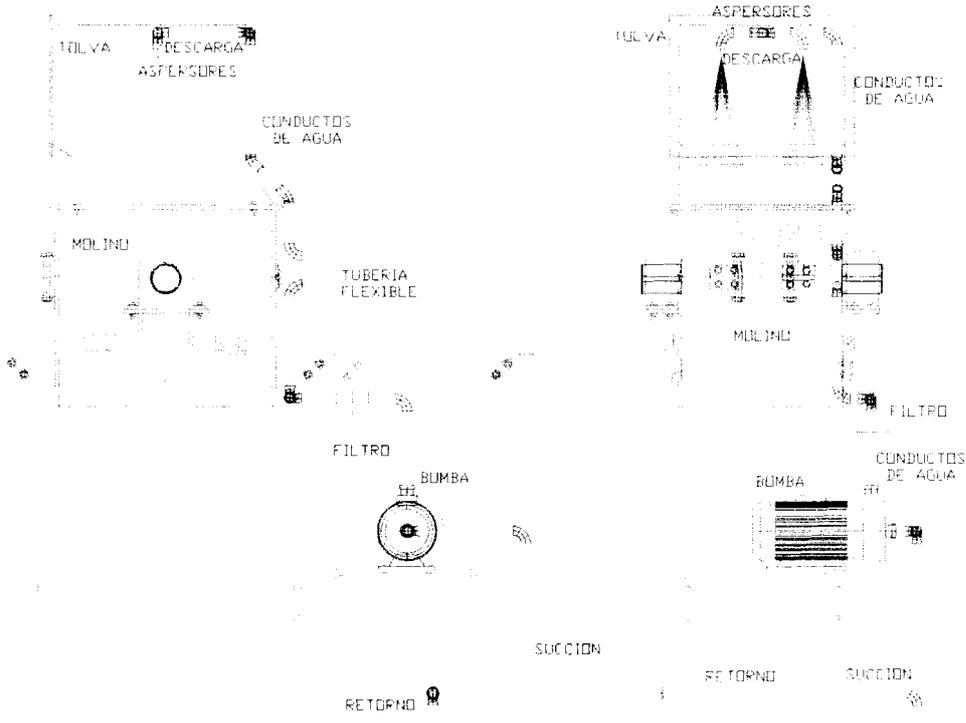


Fig. 5.8 Esquema de los conductos de agua

En la figura se puede ver un tramo de tubería con el nombre de retorno que es la que se encarga del retorno de agua hacia el reservorio o deposito #1.

Selección del filtro de agua.- Como ya se dijo en la tubería de descarga de la bomba, que es la encargada de llevar el agua hasta los aspersores de lavado, se colocara un filtro de agua para evitar con esto

que las boquillas de los aspersores de lavado sean obstruidas por alguna partícula que haya sido succionada por la bomba. Para este servicio se escogerá un filtro tipo cedazo, contiene una canastilla de acero inoxidable, su cubierta es removible, además es de tipo lineal lo que permite colocarlo directamente en la tubería sin necesidad de otro accesorio, también es roscado. Las características técnicas de este filtro se pueden ver en el apéndice H. En la figura 5.8 se puede ver su posicionamiento en el equipo, esto también se puede ver en los planos al final de este trabajo. Su forma se ve en la siguiente figura:

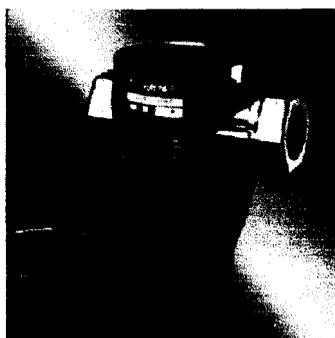


Fig. 5.9 Filtro de agua

5.6 Sistema de escurrido

El producto que se obtiene del equipo luego de realizar un ciclo de trabajo son las escamas de plástico más el agua del lavado por lo que se hace necesario el diseño de un sistema de escurrido para el plástico antes de ser recolectado.

El sistema de escurrido se encargará de la separación del flujo del agua de lavado de las escamas de pet, para luego retomarla al reservorio #1; este sistema estará formado de las siguientes partes:

- Malla transportadora
- Sistema motriz de la malla transportadora
- Depósito de recolección de agua

Malla transportadora.- Los usos de las mallas metálicas son los siguientes:

- Filtros
- Tamices
- Clasificación de harinas y polvos en general
- Clasificación y limpieza de aceites, barnices, alcoholes en general
- Secadoras y Escurridoras

Dentro de los usos principales de las mallas se encuentra el requerido por este equipo, que es de secado y escurrido, por lo que se justifica la selección de una malla para este trabajo. Los materiales mas frecuentes en los que se fabrican las mallas transportadoras son los aceros normales, galvanizados e inoxidable, en sus diferentes denominaciones (AISI 304, 316, 430, etc.), así como los aluminios,

latón, bronce, cobre y aleaciones especiales (Monel, Inconel, aceros refractarios, etc.); dependiendo del uso que se vaya a aplicar a la malla. En este caso es indispensable trabajar con un material resistente a la corrosión ya que la malla va a estar sometida a un constante contacto con el agua así como de impurezas provenientes del plástico, por esto el material que se usara para la fabricación de la malla es el AISI 304 (18% de cromo y 8% de níquel), que es un tipo de acero inoxidable y por lo tanto resistente a ambiente corrosivo.

A parte del material para su fabricación las mallas metálicas para uso industrial vienen definidas por :

d : Diámetro del alambre en mm.

w : Abertura (luz de malla). Distancia en mm entre dos alambres contiguos.

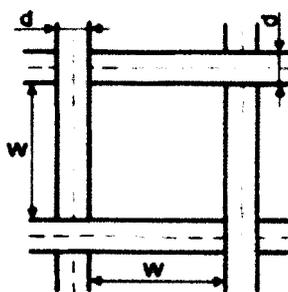


Fig. 5.10 Características malla metálica

Y también se tienen otras características como:

$S(\%)$: Superficie útil. Porcentaje aproximado de la superficie total de las aberturas de una tela.

$$S = \frac{100w^2}{(w+d)^2} \quad \text{ec. 5.3}$$

Peso (Kg/m²): Peso aproximado en Kilogramos de un metro cuadrado de tela metálica.

Luego de que el Pet es triturado se obtiene escamas que tendrán como promedio las siguientes dimensiones (espesor 1mm):



Fig. 5.11 Escama de Pet

Lo que nos indica que se debe seleccionar una malla mesh 7, que se obtienen de la tabla del apéndice N, esta tiene las siguientes características $d=0.8\text{mm}$ y $w=2.80\text{mm}$ además el tejido debe ser tipo tela lisa como se ve en la siguiente figura:

Tela Lisa

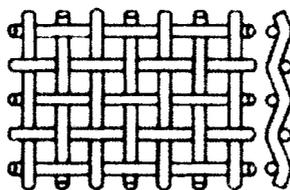


Fig. 5.12 Forma de tejido de la malla

Asegurando con este tipo de tejido que el agua pase a través de sí y que las escamas de Pet sean llevadas hasta un recolector.

El porcentaje aproximado de superficie útil, S, utilizando la ecuación 5.3, será:

$$S = \frac{100w^2}{(w+d)^2} = \frac{100 * 2.80^2}{(2.80 + 0.80)^2} = 60.5\%$$

Este valor también se puede verificar en la tabla de mallas metálicas del apéndice H.

Sistema motriz de la malla transportadora.- Este sistema estará conformado de las siguientes partes:

- ◆ Motorreductor
- ◆ Cadena y piñones
- ◆ Cople de mordaza
- ◆ Chumaceras
- ◆ Tensores

Antes de empezar a diseñar este sistema se debe hacer una reducción a la salida del tamiz en el molino para que ayude al posicionamiento de las escamas sobre la malla, porque dará el efecto semejante al de un “embudo”. La implementación de esta parte en el molino se puede ver en la siguiente figura:

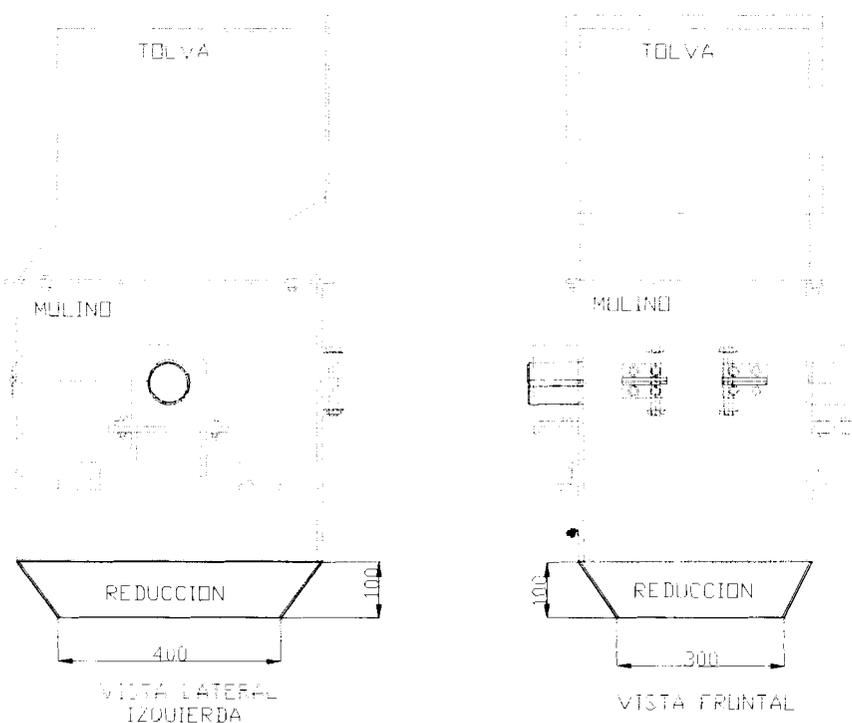


Fig. 5.13 Reducción en la salida del molino

El material lavado será sacado hacia un costado del equipo por lo que la longitud de la reducción es de 400mm, razón por la cual se diseñara con un ancho para la malla transportadora de 500mm.

La capacidad de la maquina es de 200kg/hora, por lo que:

$$Volumen = \frac{m}{\rho}$$

$$Volumen = \frac{200\text{kg}}{1350\text{kg}/\text{m}^3}$$

$$Volumen = 0.15\text{m}^3$$

Este será el volumen de Pet que se tiene por hora, con esto se obtiene el flujo de masa Q

$$Q = 0.15 \text{ m}^3 / \text{hora}$$

$$Q = \frac{0.15 \text{ m}^3}{\text{hora}} * \frac{1 \text{ hora}}{3600 \text{ s}}$$

$$Q = 4.2 * 10^{-5} \text{ m}^3 / \text{s}$$

Para un buen escurrido del material se diseñara la banda con una velocidad tal que permita tan solo la aglomeración de una capa menor o igual a 5mm de altura, por lo que el área transversal del material transportado será $A = 0.005 \text{ m} * 0.400 \text{ m} = 0.002 \text{ m}^2$, con este valor podemos estimar la velocidad mediante la siguiente ecuación:

$$Q = A * v$$

$$v = \frac{4.2 * 10^{-5} \text{ m}^3 / \text{s}}{0.002 \text{ m}^2}$$

$$v = 0.021 \text{ m} / \text{s} = 1.3 \text{ m} / \text{min}$$

Para el calculo del ángulo máximo de inclinación que puede tener la banda se realiza el siguiente análisis estático, pero antes se consulta en las propiedades mecánicas del Pet en apéndice C, el cual es 0.2

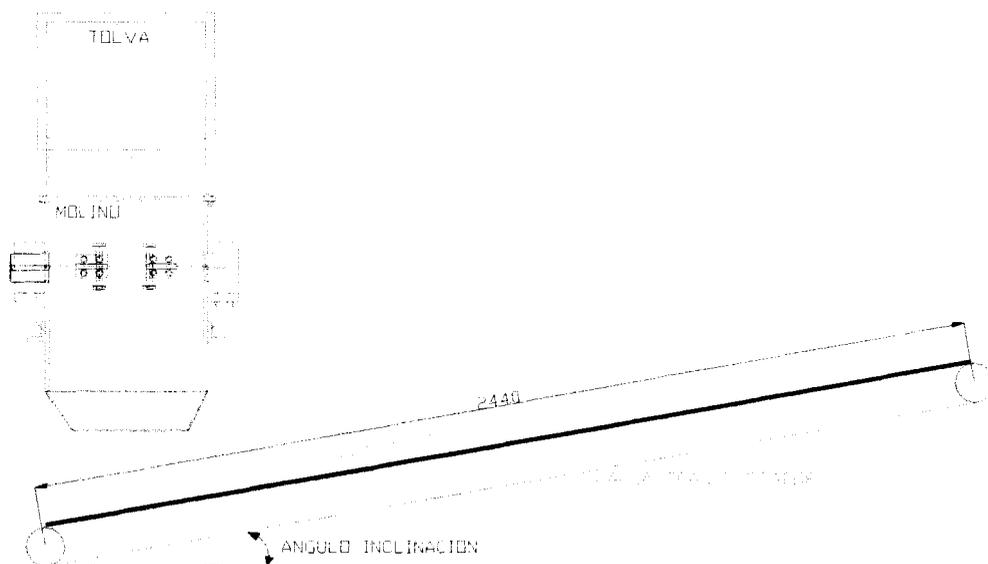


Fig. 5.14 Malla transportadora

Del siguiente grafico se puede observar que para realizar el análisis estático se tienen las siguientes fuerzas en acción:

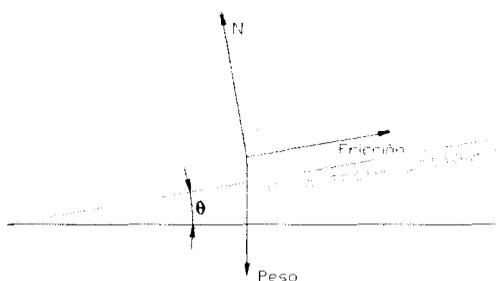


Fig. 5.15 Fricción del Pet sobre malla transportadora

Tomando en cuenta que la malla tendrá una longitud de 2440mm, el peso máximo de plástico que soportara será de:

$$V = A * l$$

$$V = 0.400 * 0.010 * 2.440 = 0.00976m^3$$

$$m = \rho V = 1350 * 0.00732 = 13.176kg$$

$$W = 129.125N$$

Realizando el respectivo balance de fuerzas en y se tiene:

$$N = W \cos \theta$$

Para el eje x se tiene:

$$W \sin \theta = \mu_k N$$

Reemplazando el valor de N:

$$W \sin \theta = \mu_k W \cos \theta$$

$$\tan \theta = \mu_k = 0.2$$

$$\theta = 11.13^\circ$$

Por lo tanto el ángulo máximo que se puede girar la malla transportadora es de 11.13° , pero para el desarrollo de este trabajo asumiré un ángulo de inclinación de 5° . Se escoge este ángulo ya que no es indispensable girar la malla para el escurrido, la única razón por la que se la inclina es para obtener una mayor altura a la salida de la malla y con esto obtener una mayor altura a la salida de esta y con esto poder colocar un recolector de escamas de mayores dimensiones.

Selección del motorreductor.- La potencia requerida para impulsar un transportador es la suma de las potencias necesarias para: mover la banda vacía; mover la carga en sentido horizontal; elevar la carga si el transportador esta inclinado hacia arriba. Para realizar los cálculos de

potencia asumiré a la malla como una banda, tomando las propiedades y características físicas que presenta la malla seleccionada.

La potencia requerida para mover la banda vacía se la puede obtener de la grafica que se presenta en apéndice H; con una distancia entre centros de 2440 mm y con un ancho de banda de 500mm=20", se tiene una potencia de 0.2HP para mover la banda vacía.

La potencia requerida para mover 100 ton/hora en sentido horizontal se expresa mediante con la formula $hp = 0.4 + 0.00325L$; donde L es la distancia entre centros en pies, para otras capacidades y dimensiones el caballaje se lo encuentra de forma proporcional, entonces:

$$hp = 0.4 + 0.00325(8) = 0.43hp$$

Esto quiere decir que se necesitan 0.43hp para mover 100 toneladas en 8 pies de longitud de banda; por lo tanto para mover la masa del Pet mas la resistencia que produce el agua durante el escurrido $m=307.6kg$; proporcionalmente se tiene:

$$hp = \frac{0.43hp}{100ton} \left(\frac{0.0011023ton}{1kg} \right) (307.6kg) = 0.0015hp$$

Por último la potencia necesaria para elevar la carga con un ángulo de 5° es:



$$EC_i + EP_i + Wn = EC_f + EP_f$$

$$Wn = M_i gh = \text{Trabajo}$$

$$m_{\text{malla}} = \rho V = 0.0008 * 0.5 * 2.44 * 7850 = 7.6 \text{ kg}$$

$$M_i = 7.6 + 307.6 = 315.2 \text{ kg}$$

$$h = (\text{Sen}5^\circ) * 2.44 \text{ m} = 0.213 \text{ m}$$

$$Wn = 315.2 * 9.8 * .213 = 657.95 \text{ Nm}$$

$$t = \frac{e}{v} = \frac{2.44 \text{ m}}{0.021 \text{ m/s}} = 116.2 \text{ s}$$

$$Pot = \frac{Wn}{t} = \frac{657.95}{116.2} = 5.7 \text{ W} \left(\frac{1 \text{ hp}}{746 \text{ W}} \right) = 0.008 \text{ hp}$$

La sumatoria de estas potencias obtenidas nos da la potencia necesaria para mover este sistema de transporte:

$$HP = 0.2 \text{ hp} + 0.0015 \text{ hp} + 0.008 \text{ hp} = 0.21 \text{ hp}$$

Asumiendo un factor de servicio de 1.15 entonces se tiene la siguiente potencia de diseño:

$$HP = 0.21 * 1.15 = 0.242 \text{ hp}$$

Esto quiere decir que se necesita una potencia de 1/4hp para hacer funcionar la malla durante el escurrido. La forma que tendrá la malla transportadora con sus respectivas partes será la siguiente:

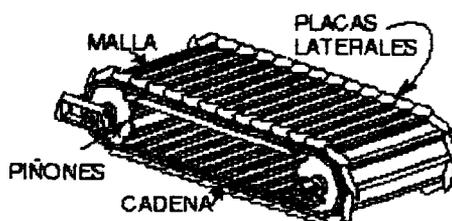


Fig. 5.16 Partes de la malla transportadora

Como se puede ver la malla transportadora será movida por la acción de cadenas una a cada lado de la malla, esta cadena será movida por 4 piñones. Además en los costados de la malla se colocara unas pequeñas placas de acero ASTM A36 para evitar que el material se esparza por los costados, estas placas se pueden ver mejor en la siguiente figura:

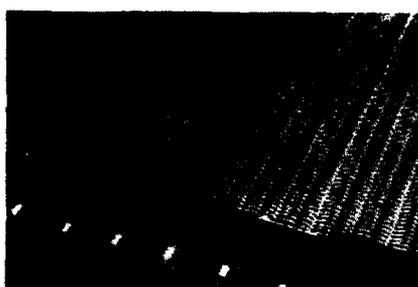


Fig. 5.17 Placas laterales de la malla transportadora

Selección de cadena y piñones.- El numero de revoluciones por minuto a la que debe girar cada piñón para generar una velocidad lineal de la banda de 1.3m/min, asumiendo un diámetro para cada piñón de 80mm es:

$$rpm = \frac{60 * v}{\pi * D}$$

$$rpm = \frac{60 * 0.021}{\pi * 0.04} = 10rpm$$

Con un valor de rpm=10, y con la potencia obtenida es recomendable colocar un motorreductor, en el mercado se puede obtener motorreductores de ¼ hp hasta 70hp; por lo tanto se puede conseguir un motorreductor de la potencia necesaria para este equipo (¼hp). Para esta potencia se puede obtener velocidades que van desde 1rpm a la salida del motorreductor; luego, también se puede obtener las revoluciones necesarias.

Para la selección de la cadena se puede ver en el catalogo MARTÍN, la tabla de selección rápida que se muestra en apéndice H. Se colocaran una cadena a cada lado de la malla por lo cual el numero de hileras para la selección de la cadena es igual a 2, también para poder ingresar a esta tabla necesita la potencia de ¼ hp y los 10rpm ya seleccionados, con estos datos la tabla nos entrega una cadena N° 40 con paso 12.700mm con una rueda dentada de 19 dientes.

Los piñones también son seleccionados de la misma sección en el catalogo MARTÍN. Para seleccionar los piñones se necesita el numero

de cadena, y el número de dientes recomendado. Con estos datos se selecciona: el piñón N°40 de acero tipo "BS", con paso de 12.700mm, diámetro exterior de 83.82mm, y con número de dientes igual a 19. De esta tabla también se puede obtener el diámetro de eje recomendado para este piñón, se puede ver que está entre 15.875mm y 38.1mm, por lo tanto selecciono un valor de 25.4mm de diámetro de eje.

Selección de cople de mordaza.- Para la transmisión de potencia desde el motorreductor hasta la malla, potencia que será transmitida directamente desde el eje del motorreductor hasta el eje de los piñones de la malla por medio de un cople de mordaza. Para la selección de un cople de mordaza primero se determina el factor de servicio igualando la unidad impulsada con el motor primario, este factor se obtiene de la tabla guía de factor de servicio del catálogo MARTÍN que se puede ver en apéndice H, como se puede ver para una unidad impulsada ligera se tiene un factor de servicio de 1.0. A continuación se debe obtener los HP ajustados con la siguiente fórmula:

$$hp_{ajustados} = hp_{diseño} * factor\ servicio = 0.25 * 1.0 = 0.25hp$$

Por último el cople se selecciona con la capacidad de caballos de fuerza igual o mayor que los caballos de fuerza ajustados, para esto se recurre a la tabla de selección que se puede ver en el apéndice H, por lo tanto se selecciona un cople ML095, el cual recomienda un máximo

de eje de 28.575mm, por lo que el eje seleccionado anteriormente (25.4mm) no sobrepasa el máximo.

Por otro lado, como ya es conocida la longitud total de escurrido es de 2440mm, por lo tanto para evitar un posible traslape de las cadenas en la parte central se decide colocar otro eje extra con dos piñones, los cuales deben tener las mismas características que los anteriormente seleccionados, el lugar y las dimensiones para su posicionamiento se puede ver en el plano del sistema de escurrido.

Selección de chumaceras y tensores.- Para que el sistema motriz funcione es necesario seleccionar las chumaceras para los árboles de los piñones. La malla transportadora constara con dos pares principales de piñones, un par al final de la malla que serán los impulsores ya que en este eje es donde se colocara la transmisión de potencia por medio del motorreductor; el otro par son los impulsados que se encuentran al inicio de la malla en la parte baja de esta. También consta de un par adicional que es el central que solo sirve para ayudar a tensar la malla y evitar así el traslape de cadena. En cada eje de los pares de piñones también deben ir colocadas un par de chumaceras. Otro punto importante es la selección de templadores para este sistema. En el catalogo NTN, existen chumaceras de tipo tensor, las cuales cumplen

las funciones de templadores y chumaceras a la vez. Estas chumaceras tipo tensor contienen un bastidor de acero prensado, además tienen con anillo de fijación excéntrico, observar la siguiente figura:

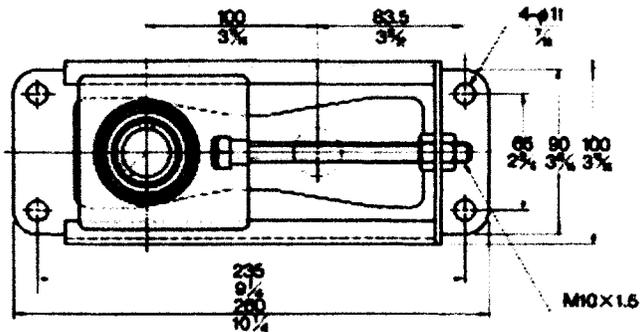


Fig. 5.18 Chumacera tipo tensor con bastidor

Estas chumaceras serán colocadas en los piñones impulsados, Entonces con un eje de $d=25\text{mm}$, se selecciona entonces la chumacera ASPT205-10. Estas chumaceras ofrecen un juego tensor de 100mm . La carga máxima recomendada por el fabricante es 35000N , esta fuerza es muy alta comparada con la que va estar sometido el sistema, que es la siguiente:

$$Pot = Fv = 0.25hp \frac{746W}{1hp} = 186.5W$$

$$F = \frac{186.5W}{0.021m/s} = 8857.1N$$

Con esto verificamos que estas chumaceras soportaran la carga a la que será sometidas durante el escurrido, ya que $35000\text{N} > 8875.1\text{N}$.

Por otro lado, para los piñones impulsores se tiene el mismo diámetro de eje $d=25\text{mm}$ pero para estas se selecciona chumaceras tipo brida cuadrada, con alojamiento de acero fundido, y tornillo de fijación prisionero. La designación de estas chumaceras son UCF202-010. El eje que va en el centro de la malla transportadora también requiere de dos chumaceras estas serán del mismo tipo de las seleccionadas para los piñones impulsores.

A continuación se presenta un resumen con todos los accesorios necesarios para diseñar el sistema motriz de la malla:

- Motorreductor de $\frac{1}{4}\text{hp}$ con 10rpm a la salida
- 6 piñones Tipo "B" N°40. Paso=12.700mm. Numero dientes=19
- 1 Cople de mordaza ML095
- Cadena de rodillos N°40, paso 12.700mm. Longitud total = 10m
- 2 Chumaceras Tipo Tensor (ASPT205-10). Juego tensor=100mm
- 4 Chumaceras Tipo Brida Cuadrada (UCF202-010)

Depósito de recolección de agua.- El deposito viene colocado debajo de la malla transportadora, cubriendo no solo la parte de la salida del molino sino también totalmente su recorrido, porque existirán escamas que pese a estar por llegar al recolector aun contengan gotas de agua que deben caer en el deposito para luego ser tratada y volver a cumplir

un ciclo de lavado en el equipo. El deposito de recolección de agua consiste en un decantador de sólidos que estará ubicado exactamente debajo del flujo principal de agua que sale del molino, para el resto de la malla transportadora solo se colocará una plancha para que el agua caiga en el decantador. El decantador contiene en su interior aletas, las cuales producen la acumulación de los sólidos e impurezas que provienen del lavado del plástico, y que van combinados con el flujo de agua, esto se realiza antes de que el agua llegue a las tuberías de retorno, las dimensiones de este deposito de agua se puede ver en los planos al final de este trabajo, y en la siguiente figura se puede ver la forma, como la ubicación de sus partes. En la figura además se ve las dos partes de las que se explico, la una que es la de decantación y la otra que es una plancha que se encarga de cubrir el resto de la malla metálica.

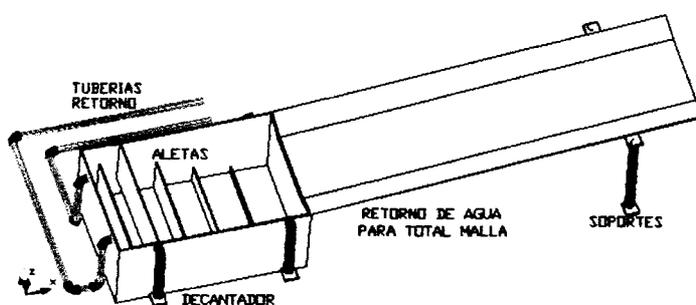


Fig. 5.19 Partes del deposito de recolección de agua

Las tuberías de retorno de agua tendrán un diámetro de 1" para ayudar a mantener el nivel de agua de decantación, y también para evitar que esta sea obstruida.

CAPITULO 6

6. ANALISIS ECONOMICO

6.1. Estudio de Producción del Equipo

Para el proceso de producción del equipo se tomaran en cuenta los tiempos que se necesitan para: Adquisición de los materiales; Construcción y ensamble del equipo; Regulación y balanceo.

El tiempo a considerar para la etapa de adquisición de los equipos y materiales será de tres días. Pero los trabajos de construcción pueden empezar a partir del segundo, tomando en cuenta que el primer día se pueden obtener las partes que constituirán los soportes del equipo.

La siguiente tabla muestra los tiempos en horas que se ha considerado para la construcción de cada una de las partes así como el tiempo de ensamble, calibrado y pintura:

Parte	Cant.	Tiempo (horas)
Tolva de alimentación	1	6
Cuerpo Superior	1	5
Cuerpo Inferior	1	5
Reducción	1	2
Árbol de transmisión	1	3
Soportes de cuchillas	4	16
Cuchillas	6	6
Base motor eléctrico	1	0,5
Base de la bomba	1	0,5
Soportes del equipo		8
Soportes de chumaceras	6	3
Ejes de piñones	3	4
Ensamble del equipo		12
Reajuste y calibración		2
Pintura		16
Total		89

Tabla 6.1 Tiempos de construcción y ensamble del equipo

El tiempo de regulación y balanceo se lo puede asumir de dos días, ya que se debe dejar constancia, el tiempo aproximado en que el agua del sistema debe ser cambiado. A continuación se puede ver un cronograma de producción del equipo en el cual se detallan las etapas con sus respectivos días, asumiendo que para la producción se trabajan 8 horas diarias:

Cronograma de producción del equipo															
Etapa	Días														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Adquisición de materiales	■	■	■												
Construcción y ensamble		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
Regulación y balanceo													■	■	
TOTAL	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	

Tabla 6.2 Tiempos de construcción y ensamble del equipo

6.2. Inversión

En la siguiente tabla se muestran los costos de cada una de las partes para la construcción del sistema de molienda:

SISTEMA DE MOLIENDA											
N°	DESCRIPCION	CODIGO	MAT.	LONG.	ANCH.	ESP.	DIA.	UNID.	CANT.	P. UNIT	P. TOTAL
1	Plancha		ASTM-A36	2440	1220	6		mm	1	119,20	119,20
2	Plancha		ASTM-A36	2440	1220	10		mm	1	198,70	198,70
3	Plancha		ASTM-A36	2440	1220	3		mm	1	59,60	59,60
4	Perfil C80x45x5		ASTM-A36	6000				mm	4	23,00	92,00
5	Árbol de transmisión		AISI4340	700			90	mm	1	210,00	210,00
6	Maquinado del eje								1	110,00	110,00
7	Soporte cuchillas		ASTM36			40	300	mm	4	24,40	97,60
8	Maquinado de soportes								4	85,00	340,00
9	Cuchillas		AISI01	400	78	15		mm	5	23,10	115,50
10	Maquinado de cuchillas								5	23,50	117,50
11	Templado de cuchillas								5	39,00	195,00
12	Chumaceras	UCP215							2	105,85	211,70
13	Polea motriz		ASTM-A36			100	150	mm	1	9,90	9,90
14	Polea impulsada		ASTM-A36			100	400	mm	1	44,50	44,50
15	Bandas								3	14,85	44,55
16	Tamiz		ASTM-A36						1	35,00	35,00
17	Pernos		ASTM-A36						162	0,20	32,40
18	Tuercas		ASTM-A36						162	0,10	16,20
19	Motor eléctrico		7 1/2HP						1	435,00	435,00
20	Balanceo del rotor									150,00	150,00
21	Controles eléctricos									50,00	50,00
22	Soldadura							Kg.	30	2,25	67,50
										Costo materiales sistema molienda	2751,85

Tabla 6.3 Costos de materiales sistema de molienda

Los molinos que en la actualidad ya existen o son usados por algunas empresas encargadas del reciclaje de plásticos. El sistema de lavado que se ha diseñado cuenta con la ventaja de poder ser adaptado a equipos de molienda ya existentes, el costo que tiene la implementación de este sistema se detalla en la siguiente tabla:

SISTEMA DE LAVADO

Nº	DESCRIPCION	CODIGO	MAT.	LONG.	ANCH.	ESP.	DIA.	UNID.	CANT.	P. UNIT	P. TOTAL
1	Plancha		ASTM-A36	2440	1220	3		mm	3	59,60	178,80
2	Plancha		ASTM-A37	2440	1220	2		mm	1	51,00	51,00
2	Bomba de agua	CMA075M							1	212,84	212,84
3	Chumaceras	UCF202010							4	19,81	79,24
4	Chumaceras	ASPT20510							2	20,84	41,68
5	Motorreductor	1/4HP								175,00	175,00
6	Malla metálica		Acero Inox	5000	500	0,8	0,8	mm	1	265,00	265,00
7	Acero de transmisión		AISI4340	1800			25,4	mm	1	43,20	43,20
8	Cadena	Nº40		10000				mm	1	370,00	370,00
9	Piñón	Tipo BS Nº40							6	15,70	94,20
10	Cople de mordaza	ML095							1	26,50	26,50
11	Conductos agua 3/4"		Galvanizado	6000				mm	1	10,19	10,19
11	Conductos agua 1"		Galvanizado	6000				mm	1	11,50	11,50
12	Codos 3/4"		Galvanizado						16	0,40	6,40
12	Codos 1"		Galvanizado						9	0,40	3,60
13	T 3/4"		Galvanizado						1	0,50	0,50
14	Rociadores de agua	15F							2	26,00	52,00
15	Manguera flexible		Caucho	200				mm	1	2,50	2,50
16	Filtro		PVC						1	343,00	343,00
17	Válvula cheque 3/4"		PVC						1	84,00	84,00
22	Soldadura							Kg.	15	2,25	33,75
										Costo materiales sistema de lavado	2041,70
										Montaje y puesta a punto	1000,00
										Dirección Técnica	1000,00
										Costo implementación sistema lavado	4041,70

Tabla 6.4 Costos de implementación del sistema de lavado

Por otro lado si se necesita la construcción total del equipo, desde la adquisición de los equipos hasta la puesta a punto de los dos sistemas, tanto el de molienda como el de lavado; partiendo de los costos de los materiales que se pueden ver en las tablas 6.3 y 6.4, se debe realizar la siguiente inversión:

EQUIPO DE MOLIENDA Y LAVADO DE PET	
Costos materiales sistema de molienda	2751,85
Costos materiales sistema de lavado	2041,70
Montaje y puesta a punto	1500,00
Dirección técnica	1500,00
COSTO TOTAL EQUIPO	7793,55

Tabla 6.5 Costos total del equipo

6.3. Recuperación de la Inversión

La inversión que se realizará para la construcción de este equipo será de 7793.55 dólares, pero como se dijo antes este equipo formará parte de un proceso mecánico como lo es el de recuperación del polietileno tereftalato. Por esto la inversión que se realizara en este equipo no solo se ve justificada por el beneficio económico que se obtiene al vender las escamas de pet, sino también en el ahorro de tiempo al momento de la realización del reciclado mecánico del PET.

Es importante también señalar que el sistema de lavado podrá ser adaptado a molinos ya existentes, con pequeñas variaciones, por lo que se mejorara el proceso actual.

CAPITULO 7

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- El crecimiento progresivo que ha tenido el PET, como envase en los últimos años es realmente considerable, muchas empresas, como por ejemplo las de bebidas gaseosas, embotelladoras de agua, industria alimenticia, etc usan desde hace algunos años solo botellas de PET, por sus grandes beneficios en comparación a las botellas de vidrio. Incluso en el 2003 la gran novedad fue que la industria cervecera se une a esta línea de envases. Razón por la cual se justifica sobre manera la implementación de equipos que ayuden a la recuperación del PET, ya que siempre se podrá tener a la mano material para ser reciclado; mas aun que este material nos brinda propiedades que ayudan a su reciclado.

- El equipo realizado en este proyecto de tesis (*EQUIPO DE MOLIENDA Y LAVADO DE PET*), es factible no solo por la baja inversión que se debe realizar, en comparación al costo que implicaría la adquisición de un molino y una lavadora de PET actualmente y por separado. Sino que también ofrece la ventaja de hacer los dos pasos en una sola fase de recuperación del PET. Con lo cual se obtienen beneficios en cuanto al ahorro del tiempo de producción de las preformas de PET.
- El diseño del rotor fue realizado para que el equipo produzca un corte tipo tijera, inclinando las cuchillas móviles un ángulo de 3° , este tipo de corte se hace necesario no solo para evitar el golpe de impacto excesivo por interfase de cuchillas, sino que también mejora la eficiencia en el trabajo dentro de la cámara de corte
- El caudal de agua que se obtienen para lavado se lo puede aumentar con facilidad ya que solo se necesitaría el cambio de las boquillas de los aspersores. El diseño fue realizado para la capacidad de molienda que tendrá el molino 200kg/h
- Como se explico en el sistema de alimentación de agua el agua va a estar cumpliendo un ciclo y luego retorna para realizar una recirculación, es por esto la necesidad de seleccionar un filtro de agua

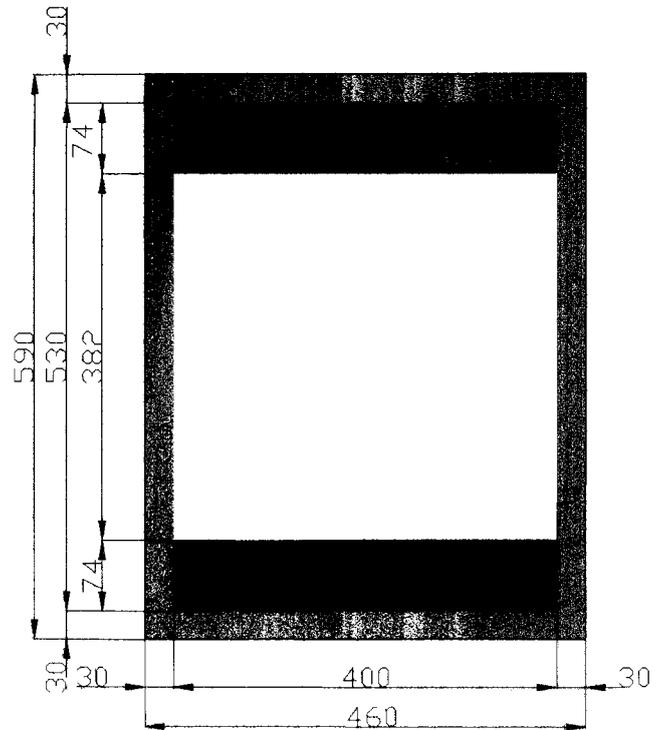
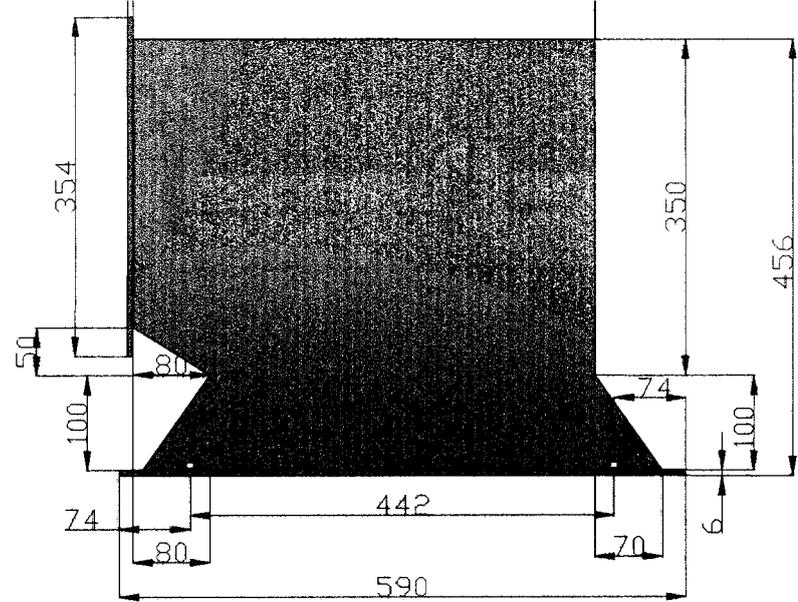
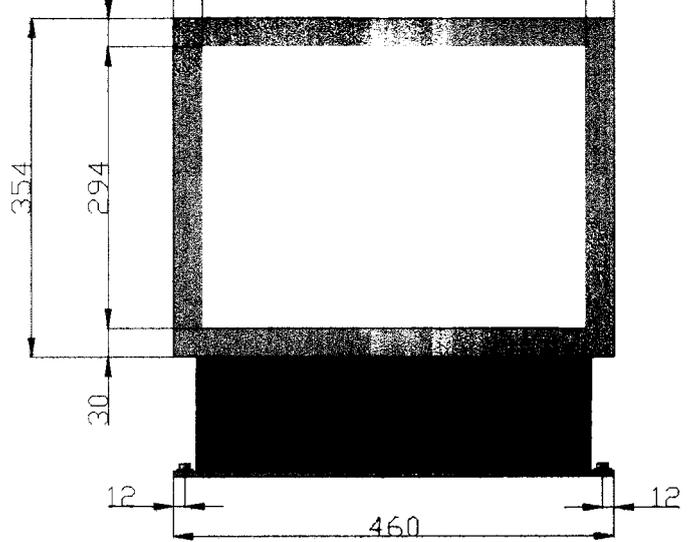
tipo cedazo como el escogido. Pero se recomienda que luego de la construcción de este equipo se realice un análisis del tiempo en que el agua de circulación debe ser cambiada, eso dependiendo de las necesidades de lavado que proponga el cliente.

- El acero seleccionado para las cuchillas es el que normalmente se escoge acero de herramienta AISI01, pero las cuchillas deben ser sometida a un temple y un rectificado ya que estarán trabajando con cargas de impacto
- La implementación del sistema de lavado sobre el sistema de molienda también se ve beneficiada ya que al circular el agua ayuda a mantener baja la temperatura dentro de la cámara de corte y por lo tanto mejora la eficiencia del equipo.
- Se recomienda como un nuevo tema de investigación el análisis de un sistema de trituración de plástico móvil, el cual sea montable en algún sistema de transporte, para así mejorar el reciclado del plástico en la ciudad, o en el país.
- En la siguiente tabla se muestran las especificaciones técnicas del equipo de trituración y lavado de PET:

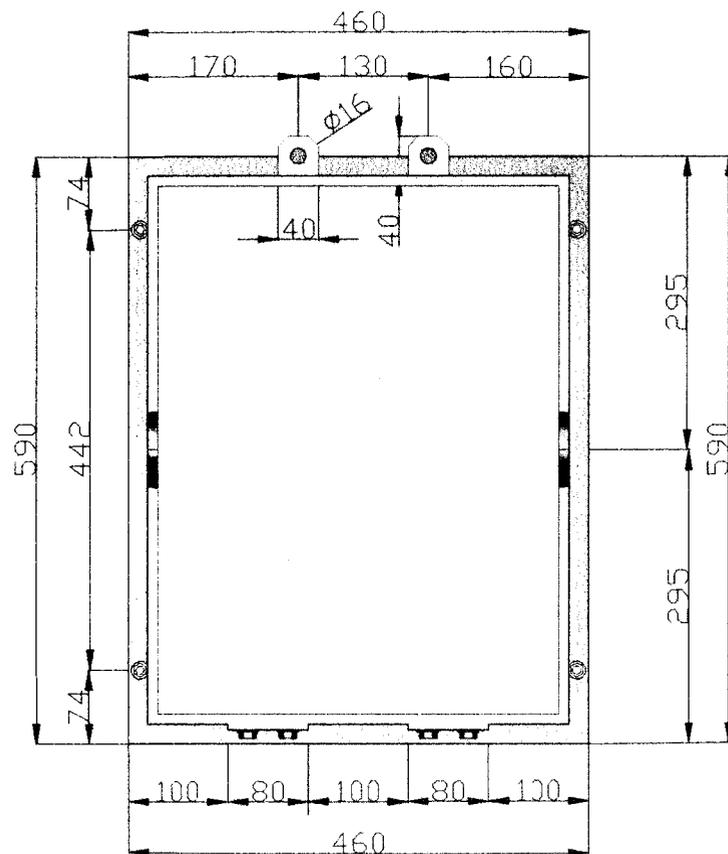
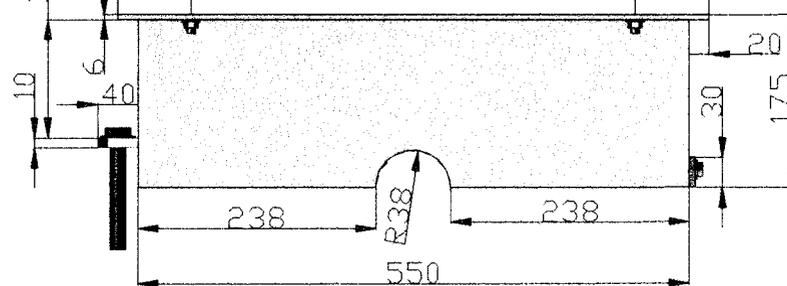
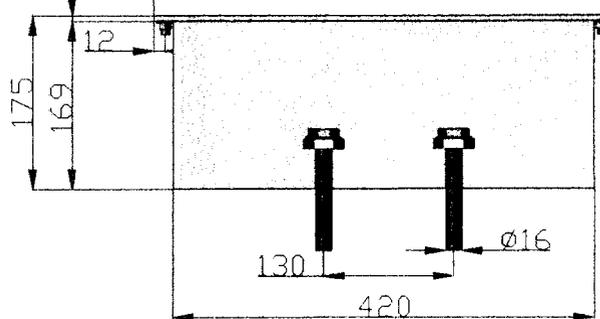
Dimensiones	<i>Largo</i>	2600mm
	<i>Ancho</i>	1350mm
	<i>Altura</i>	1660mm
Capacidad		200kg/hora
Potencia		7 1/2 HP
RPM cámara corte		435rpm
Caudal		16lt/min
Velocidad de escurrido		1,3m/min
Peso aproximado		350kg
Costo total		7794.00 dólares

Tabla 7.1 Especificaciones técnicas del equipo

PLANOS



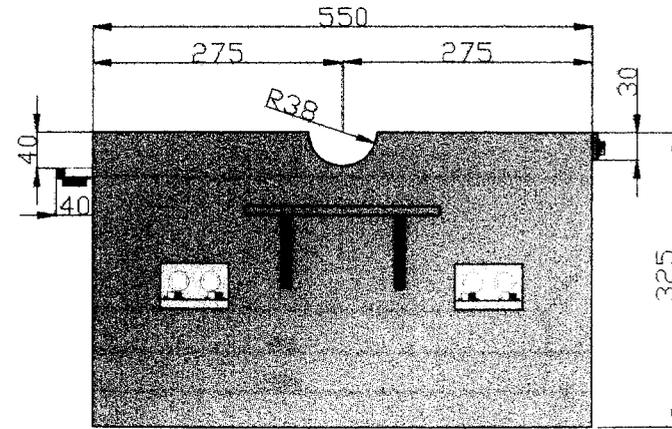
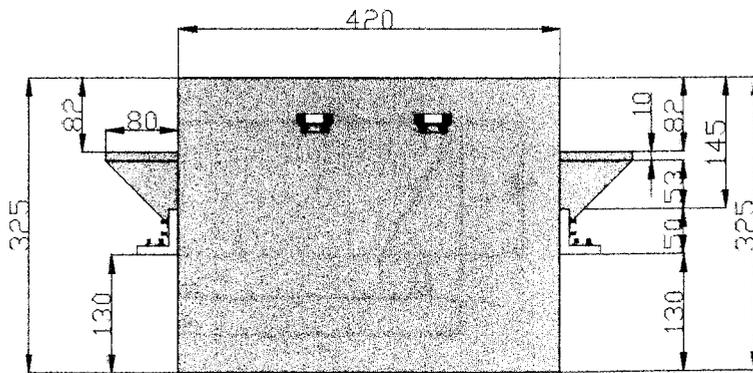
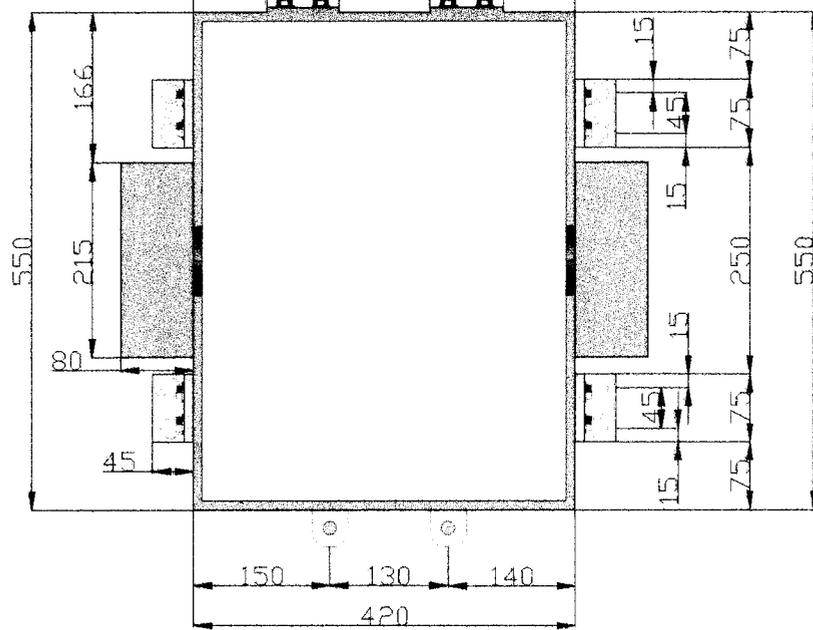
FACULTAD DE INGENIERIA EN MECANICA					
ESPOL	PROYECTO:		EQUIPO DE TRITURACION Y LAVADO DE PET		
	CONTIENE:		TOLVA DE ALIMENTACION		PLANO N°
	FECHA:	NOMBRE:		MATERIALES:	ESCALA:
REVISOR:	ING. OSCAR CHAPA CORDOVA				1
		ING. ERNESTO MARTINEZ			



FACULTAD DE INGENIERIA EN MECANICA

ESPOL

PROYECTO:	EQUIPO DE TRITURACION Y LAVADO DE PET		
CONTIENE:	SOPORTE ROTOR SUPERIOR		PLANO N°:
FECHA:	MEMBRE:	MATERIALES:	ESCALA:
ELABORADO:	DISCAR CHAPA CORBOVA		2
REVISADO:	ING. ERNESTO MARTINEZ		



FACULTAD DE INGENIERIA EN MECANICA

ESPOL

PROYECTO: EQUIPO DE TRITURACION Y LAVADO DE PET

CONTIENE: SOPORTE ROTOR INFERIOR

PLANO N°

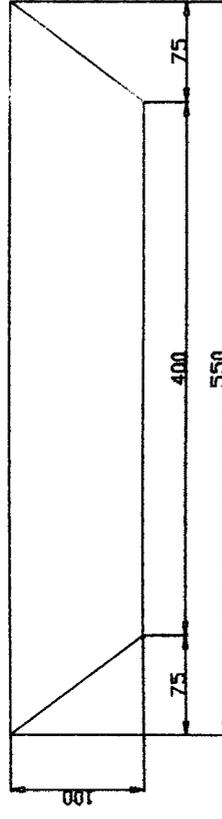
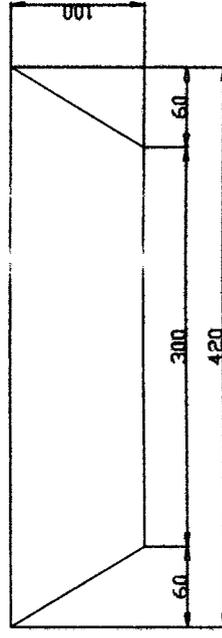
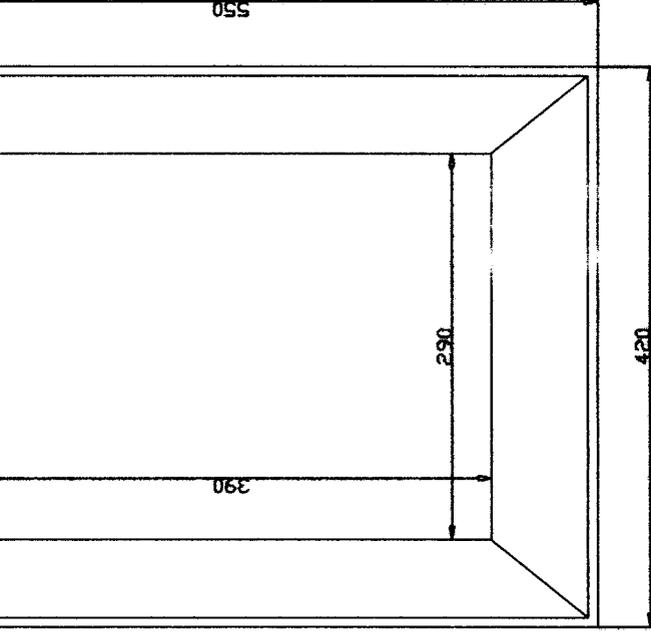
REVISIÓN	FECHA	NOMBRE
01	05/04/2008	OSCAR CHAPA CORDOVA
02	05/04/2008	ING. ERNESTO MARTINEZ



MATERIALES:

ESCALA:

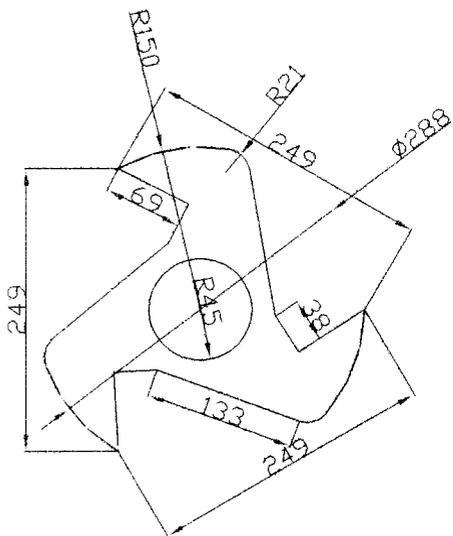
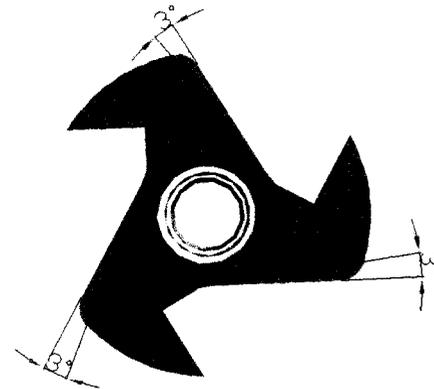
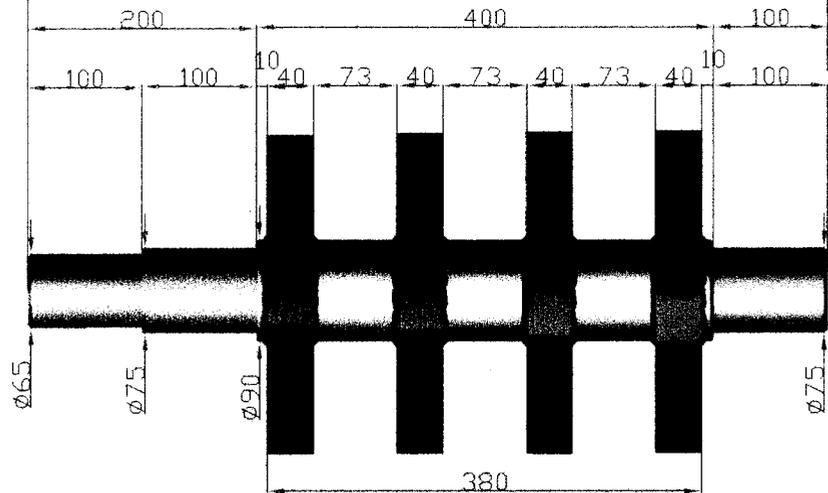
3



FACULTAD DE INGENIERIA EN MECANICA

ESPOL

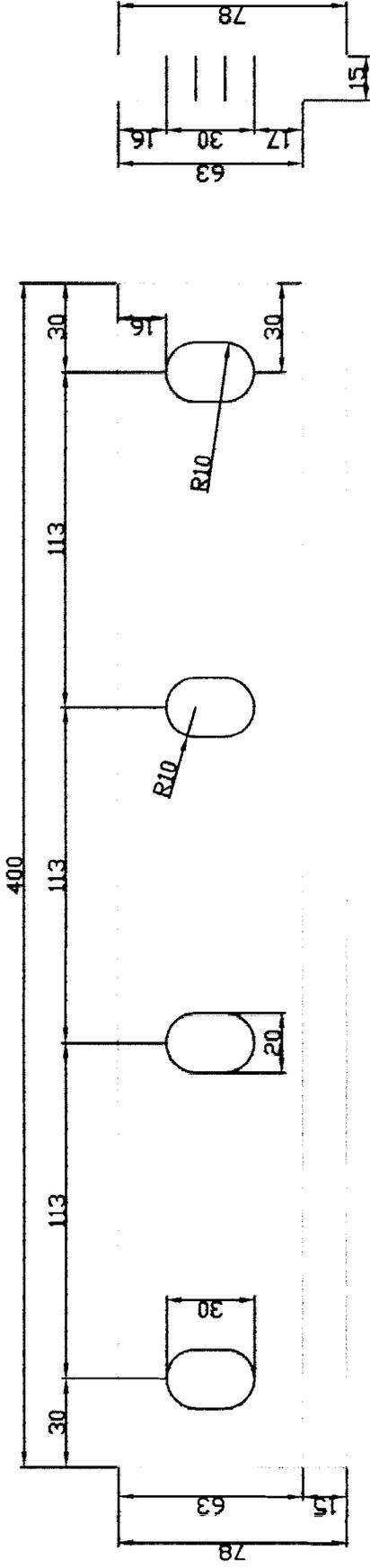
PROYECTO: EQUIPO DE TRITURACION Y LAVADO DE PET		PLANO N°
CONTIENE: REDUCCION DE SALIDA DEL PET		4
FECHA:	MATERIALES:	ESCALA:
ING. OSCAR CHAPA CORDOVA		
ING. ERNESTO MARTINEZ		



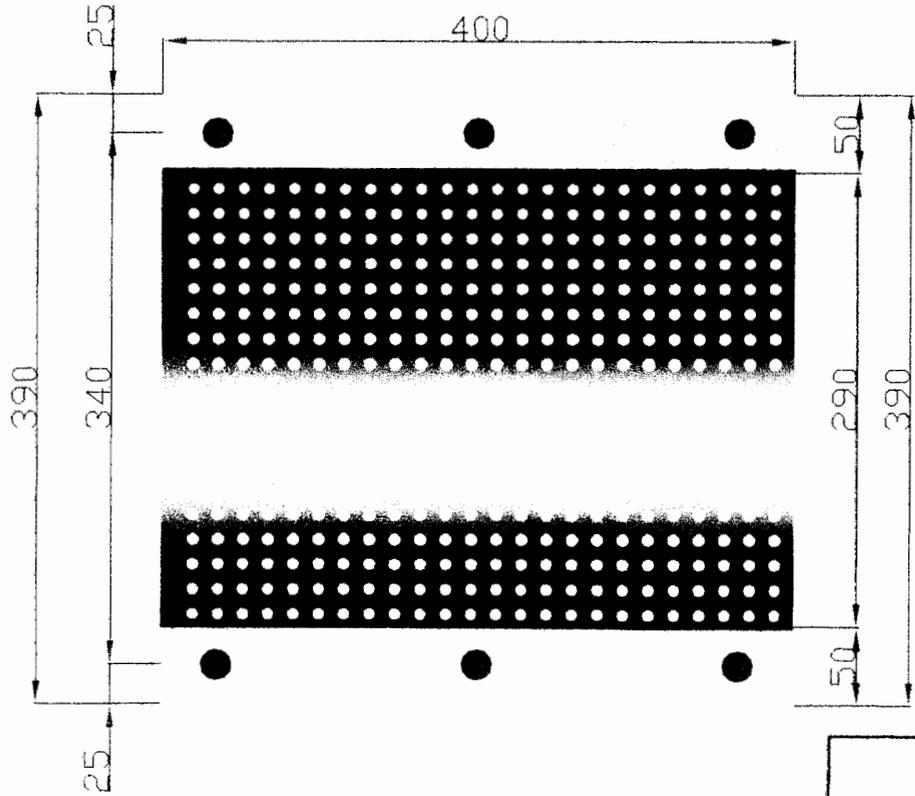
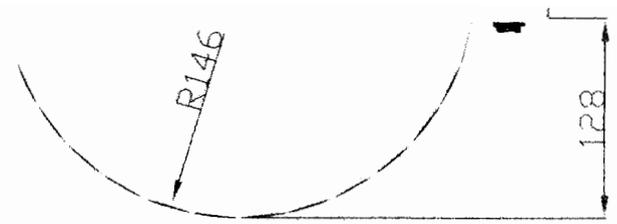
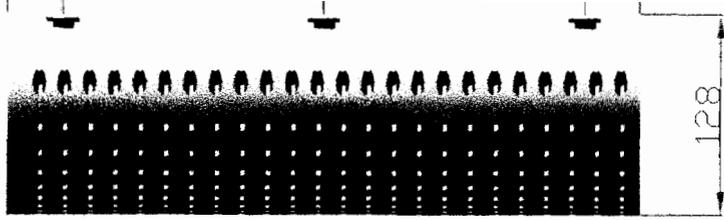
FACULTAD DE INGENIERIA EN MECANICA

ESPOL

PROYECTO:		EQUIPO DE TRITURACION Y LAVADO DE PET	
CONTIENE:		ARBOL TRANSMISION Y SOPORTES DE CUCHILLAS	
FECHA:	NOMBRE:	MATERIALES:	ESCALA:
	OSCAR CHARA CORDOVA		5
REVISOR:	ING. ERNESTO MARTINEZ		



FACULTAD DE INGENIERIA EN MECANICA	
ESPOL	CUCHILLA
PROYECTO:	EQUIPO DE TRITURACION Y LAVADO DE PET
CONTIENE:	MATERIALES
FECHA:	ESCALA:
INGENIERO:	PLANO N°:
DISCAR CHAPA CORBOVA	6
ING. ERNESTO MARTINEZ	



FACULTAD DE INGENIERIA EN MECANICA

ESPOL

PROYECTO: EQUIPO DE TRITURACION Y LAVADO DE PET

CONTIENE: TAMIZ

PLANO Nº:

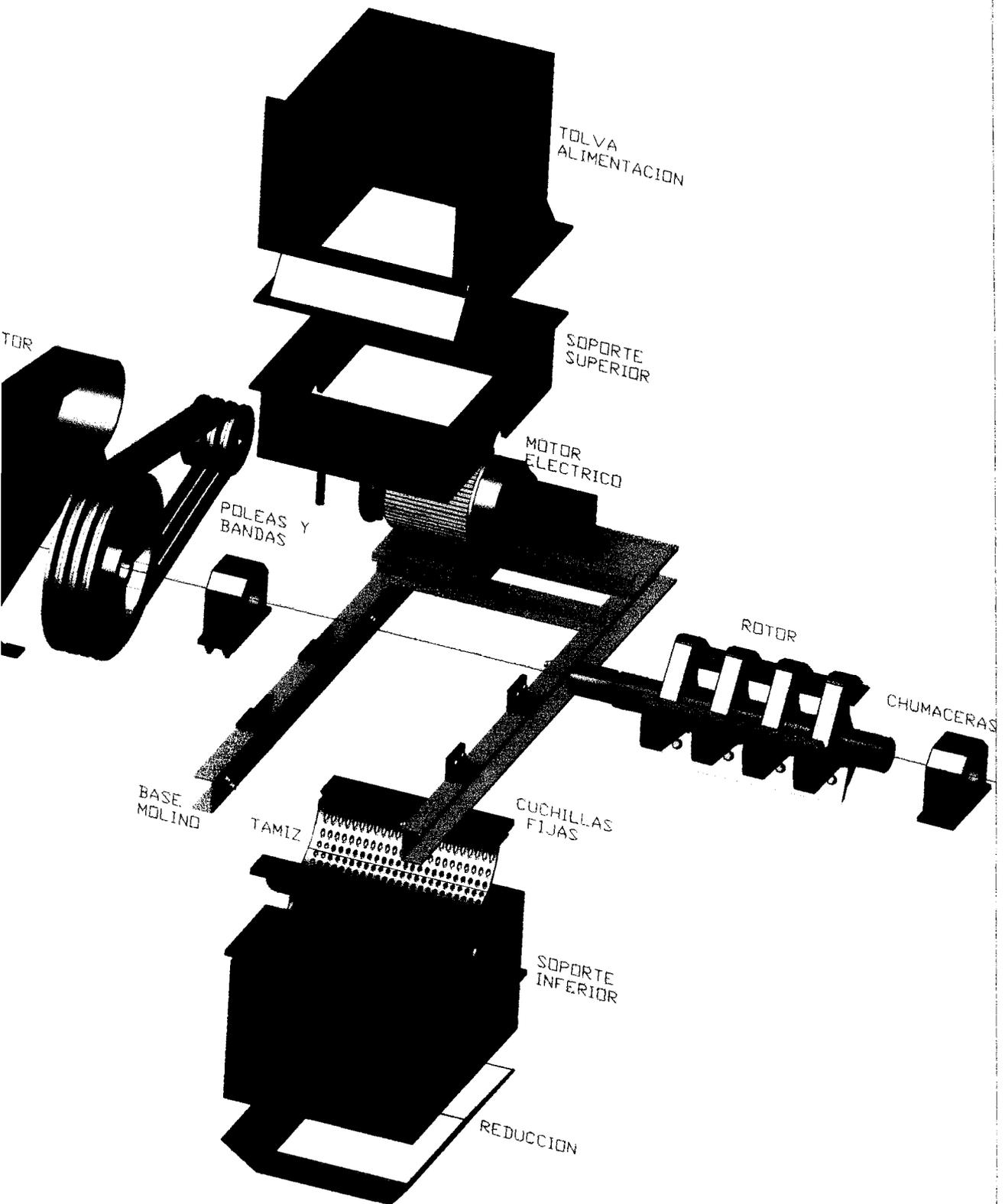
FECHA	NOMBRE
	OSCAR CHAPA CORDOVA
	DR. ERNESTO MARTINEZ



MATERIALES:

ESCALA:

7

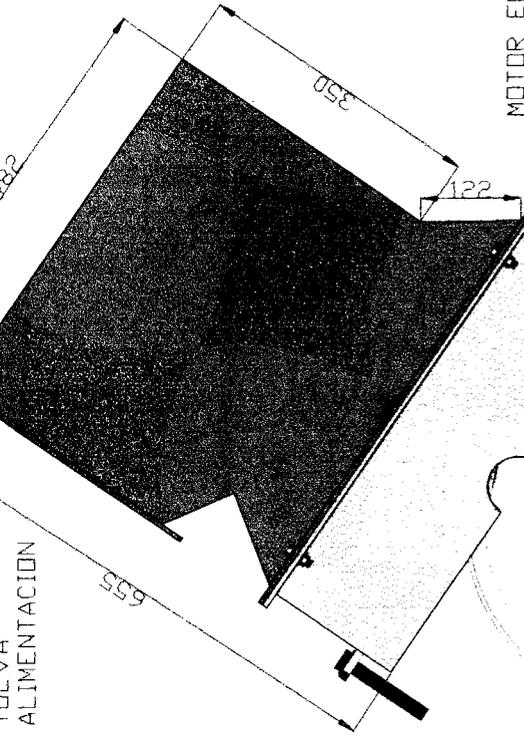


FACULTAD DE INGENIERIA EN MECANICA

ESPOL

PROYECTO:		EQUIPO DE TRITURACION Y LAVADO DE PET		
CONTIENE:		PARTES SISTEMA MOLIENTA 3D		PLANO N°:
FECHA:	NOMBRE:		MATERIALES:	ESCALA:
REALIZADO:	OSCAR CHAPA CORDOVA			
REVISADO:	ING. ERNESTO MARTINEZ			8

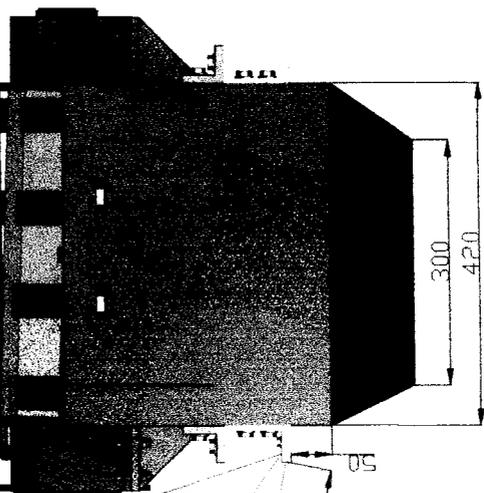
ALIMENTACION



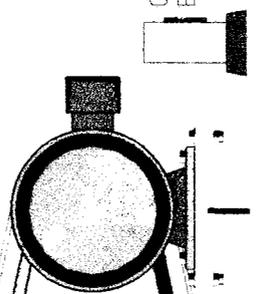
POLEAS Y BANDAS



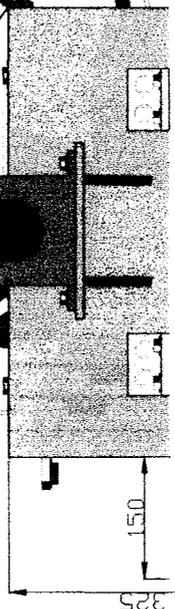
CHUMACERAS ROTOR



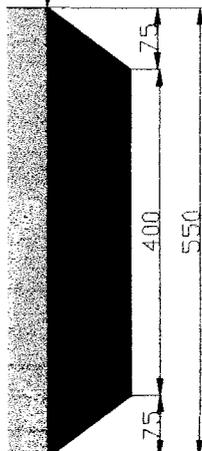
MOTOR ELECTRICO



CONTROLES ELECTRICOS



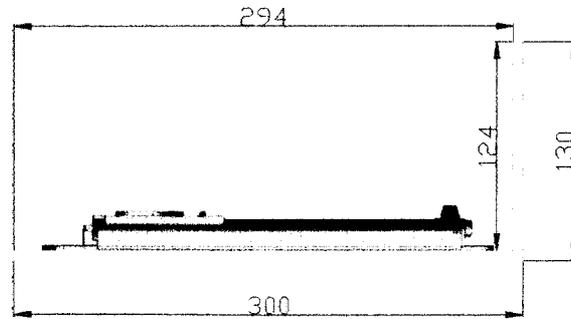
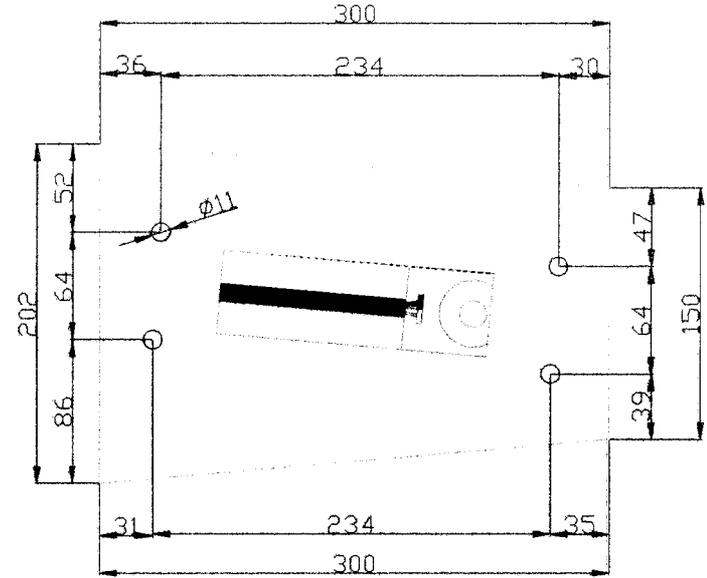
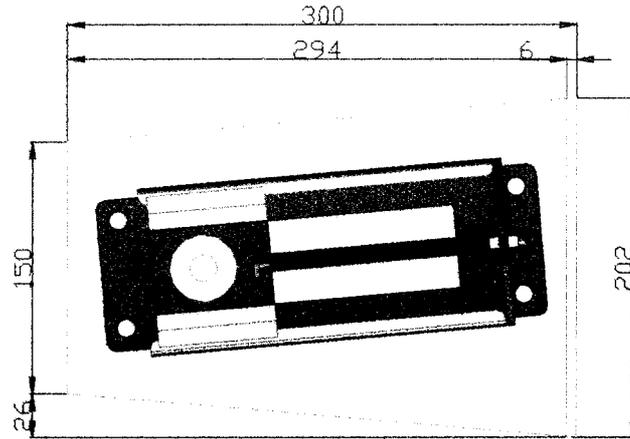
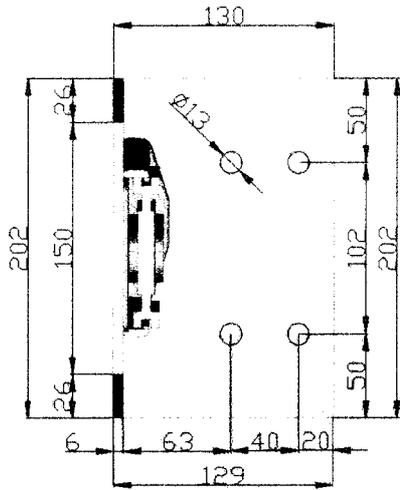
650



REDUCCION

FACULTAD DE INGENIERIA EN MECANICA		PROYECTO: EQUIPO DE TRITURACION Y LAVADO DE PET		PLANO N° 9
		CONTIENE ENSAMBLE DEL SISTEMA DE MOLIENTA		ESCALA:
FECHA:	INGENIERO:		MATERIALES:	
DISEÑADO POR:	DISCAR CHAPA CERDANOVA			
REVISADO POR:	ING. ERNESTO MARTINEZ			

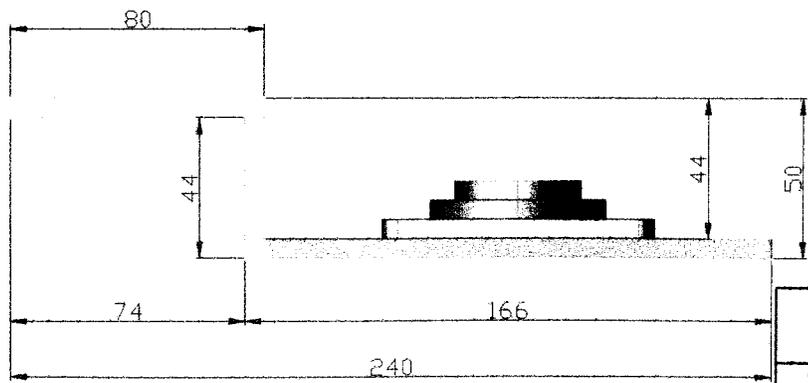
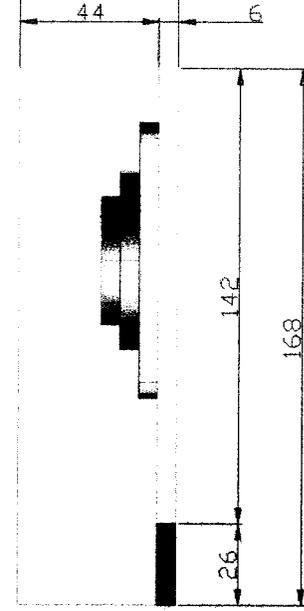
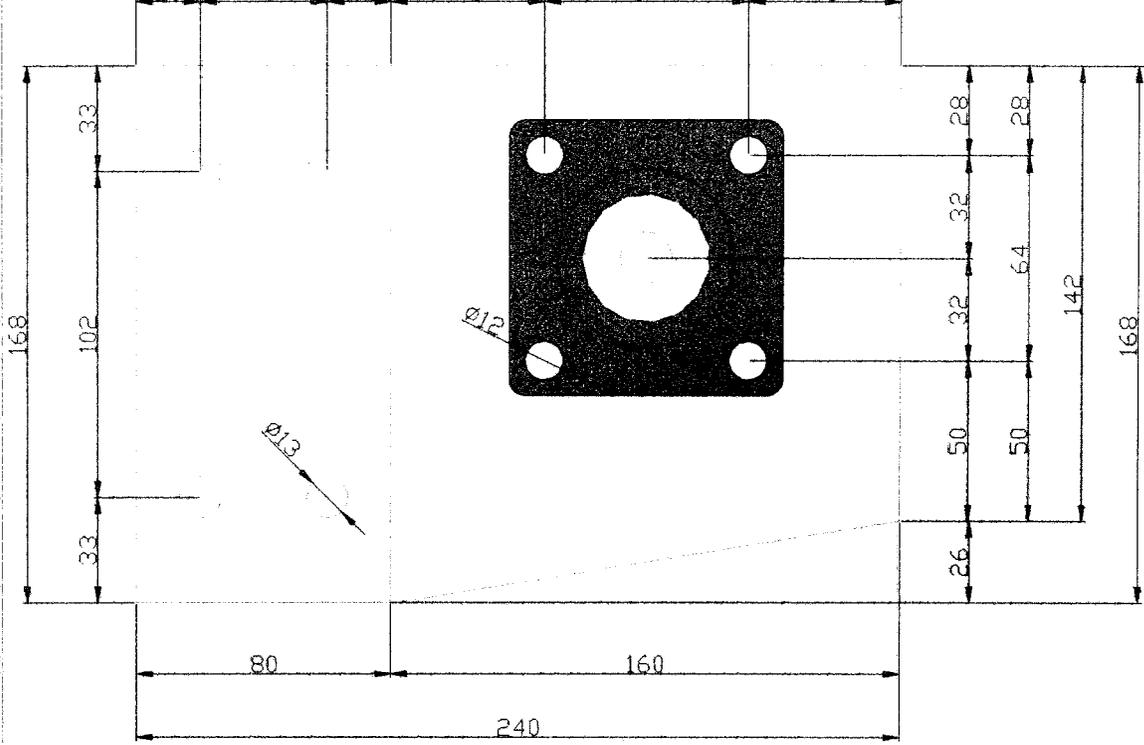
ESPOL



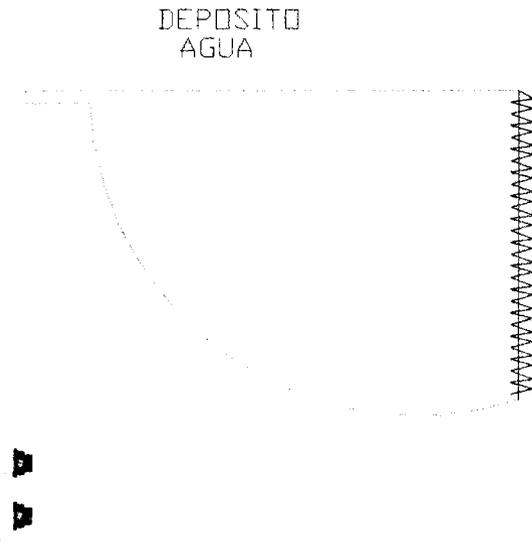
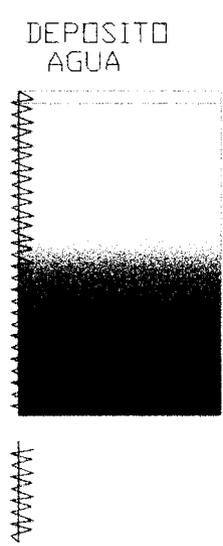
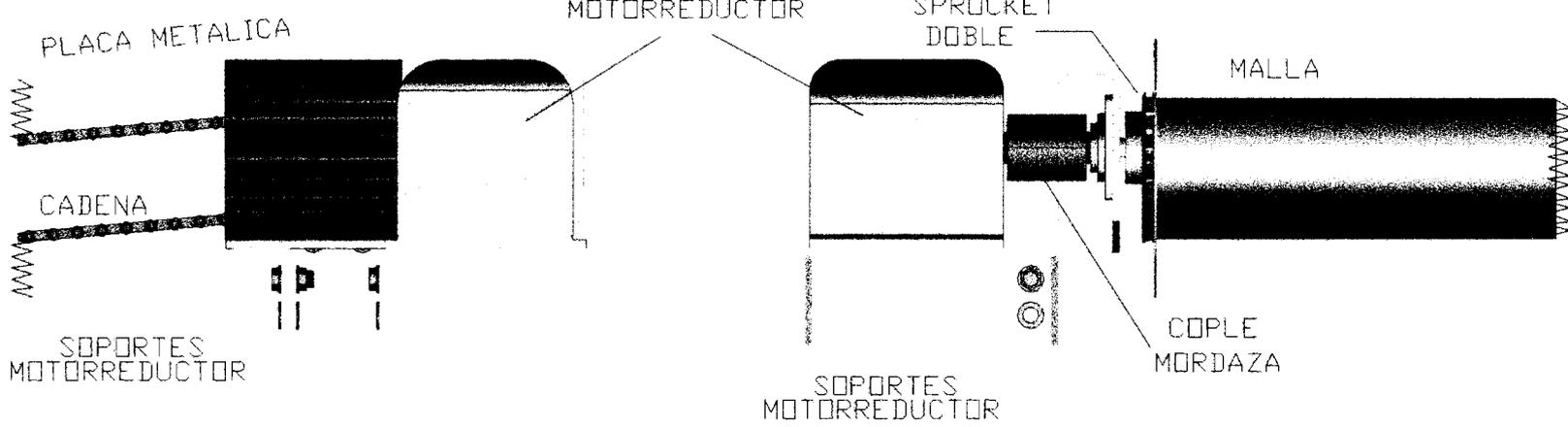
FACULTAD DE INGENIERIA EN MECANICA

ESPOL

PROYECTO:		EQUIPO DE TRITURACION Y LAVADO DE PET	
CONTIENE:		SOPORTE CHUMACERA TENSOR	
FECHA	NOMBRE	MATERIALES:	ESCALA:
REALIZADO	DISCAR CHAPA CORDOVA		
REVISADO	(ING. ERNESTO MARTINEZ)		



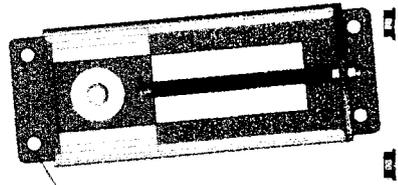
FACULTAD DE INGENIERIA EN MECANICA			
ESPOL	PROYECTO:	EQUIPO DE TRITURACION Y LAVADO DE PET	
	CONTIENE:	SOPORTE DE CHUMACERA CUADRADA	
	FECHA:	NOMBRE:	MATERIALES:
	REALIZADO:	ING. OSCAR CHAPA CORDOVA	ESCALA:
REVISADO:	ING. ERNESTO MARTINEZ		12



FACULTAD DE INGENIERIA EN MECANICA

ESPOL

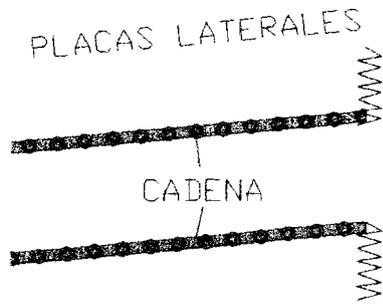
PROYECTO:		EQUIPO DE TRITURACION Y LAVADO DE PET		
CONTIENE:		ENSAMBLE DE MOTORREDUCTOR Y MALLA		PLANO N°:
FECHA	NOMBRE	MATERIALES:	ESCALA:	13
REVISOR	ING. ERNESTO MARTINEZ			



CHUMACERA
TENSOR

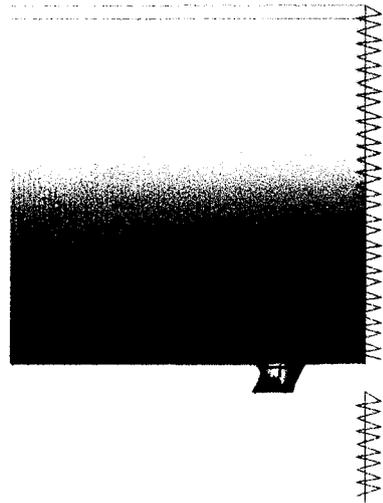


TUBERIA
RETORNO

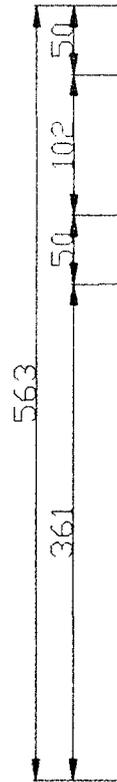


PLACAS LATERALES

CADENA

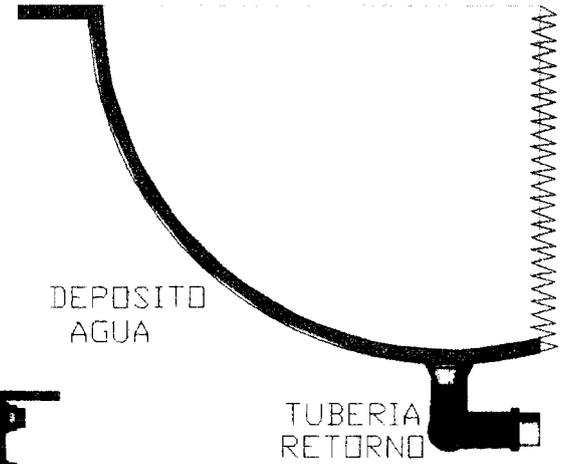
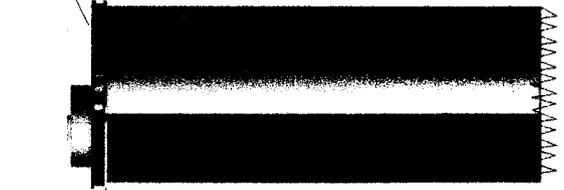


DEPOSITO
AGUA



CADENA

MALLA



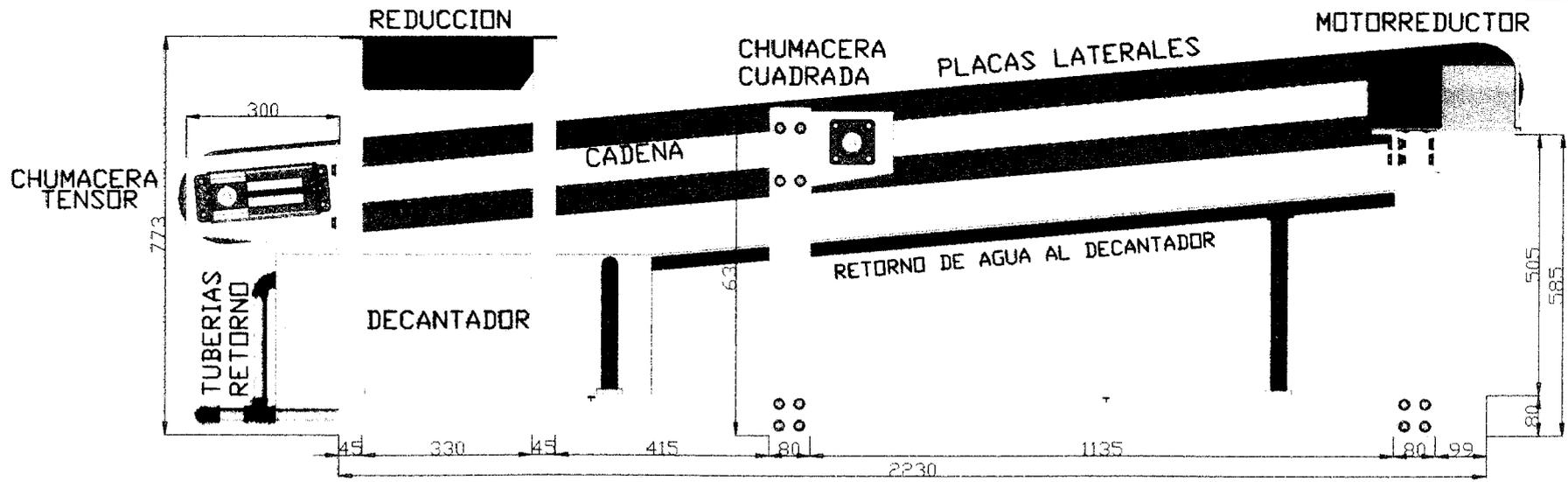
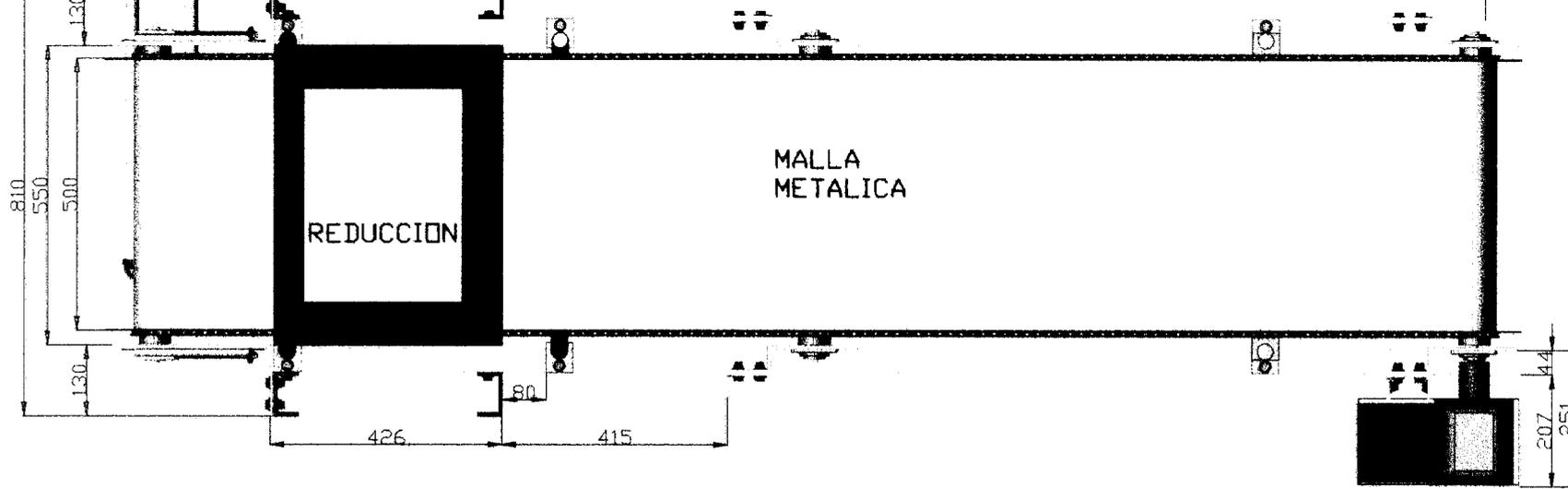
DEPOSITO
AGUA

TUBERIA
RETORNO

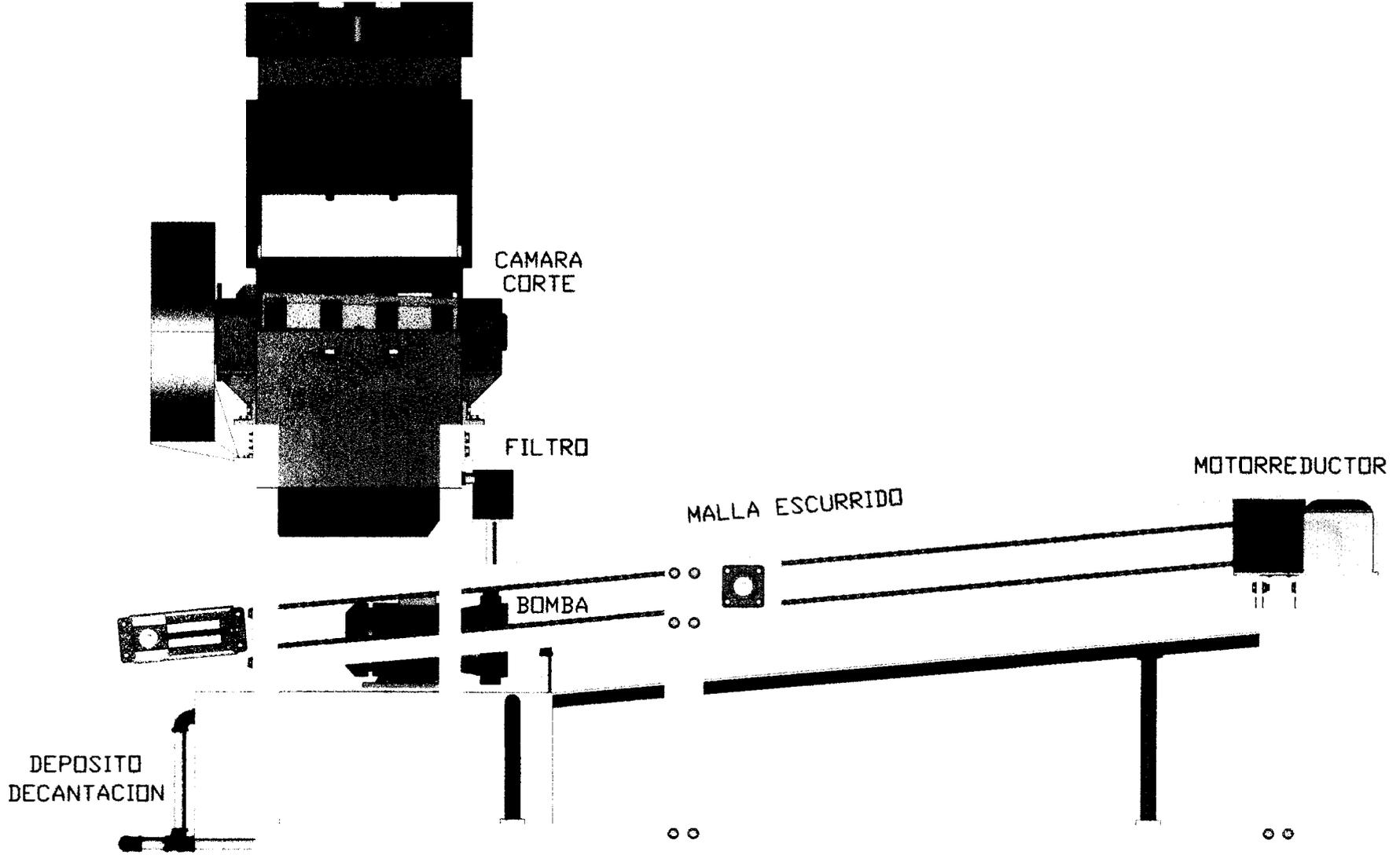
FACULTAD DE INGENIERIA EN MECANICA

ESPOL

PROYECTO:		EQUIPO DE TRITURACION Y LAVADO DE PET	
CONTIENE:		ENSAMBLE CHUMACERA TIPO TENSOR	
FECHA:	NOMBRE:	MATERIALES:	ESCALA:
REVISOR:	ING. OSCAR CHAPA CORDOVA		
	ING. ERNESTO MARTINEZ		
			14



FACULTAD DE INGENIERIA EN MECANICA					
ESPOL	PROYECTO: EQUIPO DE MOLIENDA Y LAVADO DE PET				
	CONTIENE: SISTEMA DE ESCURRIDO				
	FECHA	NOMBRE		MATERIALES:	ESCALA:
	ELABORADO	OSCAR CHAPA CORDOVA			
REVISADO	ING. ERNESTO MARTINEZ			16	



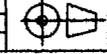
FACULTAD DE INGENIERIA EN MECANICA

ESPOL

PROYECTO: EQUIPO DE TRITURACION Y LAVADO DE PET

CONTIENE: VISTA FRONTAL EQUIPO MOLIENDA Y LAVADO PLANO N°

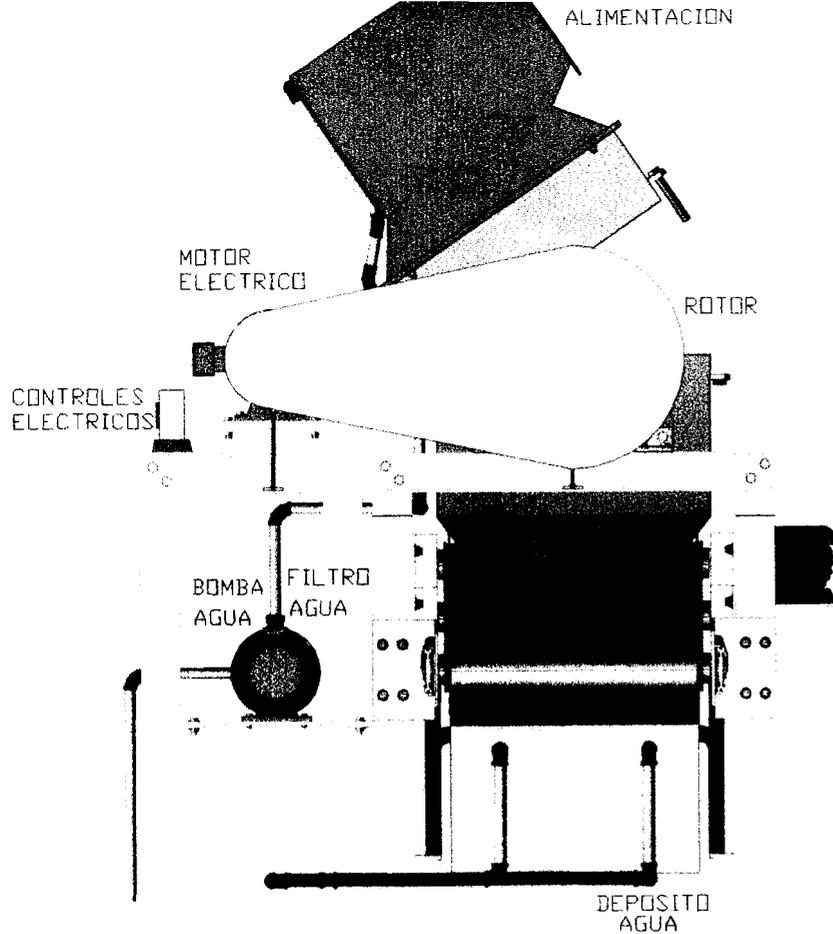
PROYECTADO	FECHA	NOMBRE
REVISADO		OSCAR CHAPA CORBOVA
		ING. ERNESTO MARTINEZ



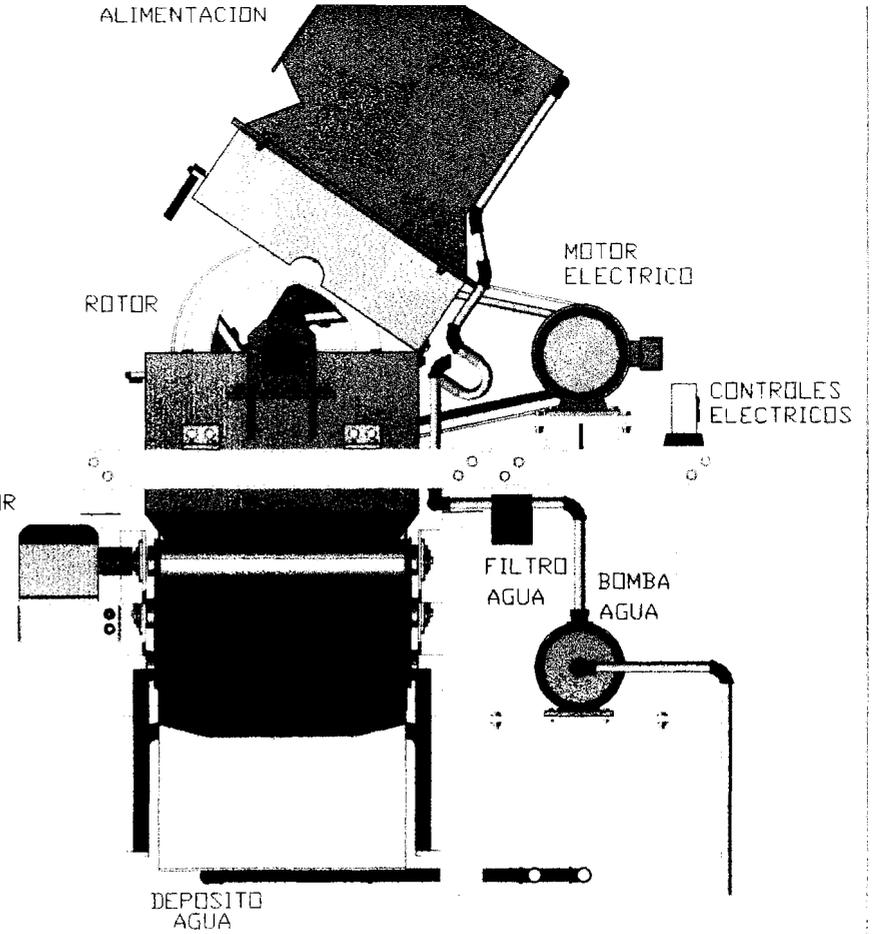
MATERIALES:

ESCALA:

17



VISTA LATERAL
IZQUIERDA



VISTA LATERAL
DERECHA

FACULTAD DE INGENIERIA EN MECANICA

ESPOL

PROYECTO:		EQUIPO DE TRITURACION Y LAVADO DE PET	
CONTIENE:		VISTA LATERAL IZQUIERDA Y DERECHA DEL EQUIPO	
FECHA:	NOMBRE:	MATERIALES:	ESCALA:
REVISADO:	OSCAR CHAPA CERDOSA		
REVISOR:	ING. ERNESTO MARTINEZ		18

MOTOR
ELECTRICO

BOMBA
AGUA

FILTRO

MALLA METALICA

MOTORREDUCTOR

FACULTAD DE INGENIERIA EN MECANICA

ESPOL

PROYECTO

EQUIPO DE TRITURACION Y LAVADO DE PET

TIENE VISTA SUPERIOR EQUIPO MOLIENDA Y LAVADO PLANO N°

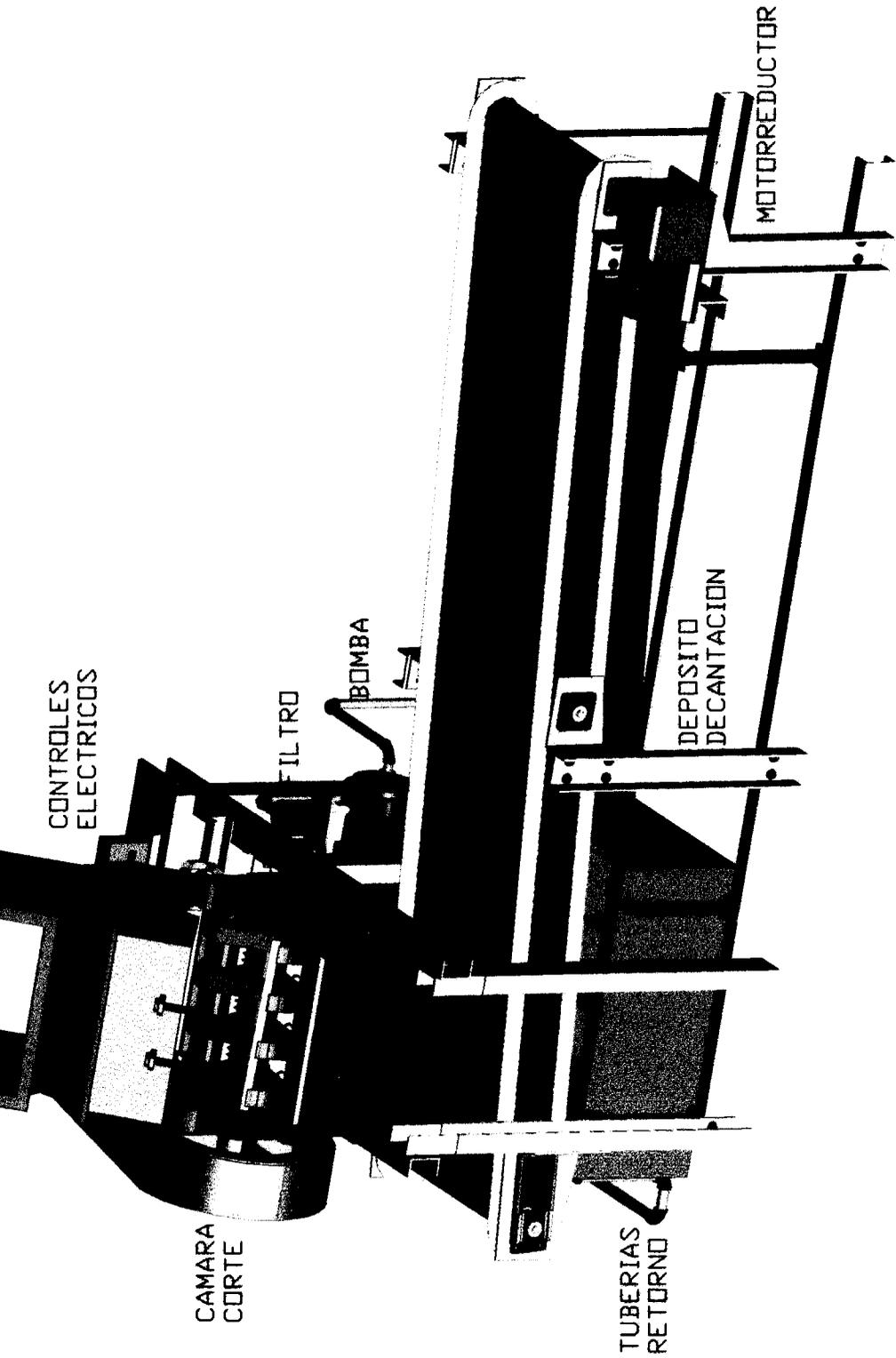
FECHA	NOMBRE
	OSCAR CHAPA CORBOVA
	ING. ERNESTO MARTINEZ



MATERIALES

ESCALA

19



CIB-ESPOL

FACULTAD DE INGENIERIA EN MECANICA

ESPOL

PROYECTO:		EQUIPO DE TRITURACION Y LAVADO DE PET	
CONTIENE:		VISTA 3D EQUIPO MOLIENTA Y LAVADO	
FECHA:	NOMBRE:	MATERIALES:	ESCALA:
	OSCAR CHAPA CORTIÑA		20
AUTOR:		ING. ERNESTO MARTINEZ	

APENDICES

APENDICE A

PUBLICACIONES SOBRE RECICLADO Y RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS



Coca-Cola, adelanta 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 el 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 recole 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 (Polietileno tereftalato, 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 botellas 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 hiló 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 1.500 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 concientizar a sus consumidores sobre la importancia del reciclaje.

El siguiente paso del programa consiste en realizar acciones de concientización 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.

Todos los derechos reservados © 2004 The Coca-Cola Company Colombia

The Coca-Cola logo is positioned in the bottom right corner of the page. It features the classic script font with a white outline, set against a dark, textured background that resembles a wave or a stylized landscape. The logo is partially overlaid by the dark, wavy graphic element that runs across the bottom of the page.

**COMPARATIVO DE COMPOSICION FISICA DE RESIDUOS SOLIDOS
CIUDAD DE GUAYAQUIL**

COMPOSICION FISICA		VALORES EN PORCENTAJE	
CLAVE	SUBPRODUCTOS	FUENTE GENERADOR	DISPOSICION FINAL
		PROMEDIO	PROMEDIO
1	ALGODON	0.00	0.00
2	CARTON		
2.1	TETRABRICK	0.11	0.14
2.2	CORRUGADO	0.34	0.62
2.3	OTROS CARTONES	1.60	2.18
3	QUERO	0.08	0.07
4	RESIDUO FINO	1.48	0.65
5	MASE DE CARTON ENCERADO	0.00	0.00
6	FIBRA DE ALGODON VEGETAL	0.20	0.55
7	FIBRA SINTETICA	0.05	0.38
8	HUESO	0.11	0.48
9	PIEDRA	0.13	0.17
10	LATA DE ALUMINIO	0.06	0.07
11	LOZA Y CERAMICA	0.27	0.10
12	MADEIRA	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	4.06	1.84
16.2	HIGIENICO	2.77	6.54
16.3	BOND Y OTROS	1.47	3.61
17	PANAL DESECHABLE	1.98	2.05
18	PLASTICO PELICULA	3.84	5.03
19	PLASTICO RIGIDO		
19.1	PET (POLIETILEN TEREFTALATO)	0.30	0.29
19.2	HDPE (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	0.06
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	0.15
22	RESIDUOS DE JARDINERIA	30.16	24.27
23	RESIDUOS ALIMENTICIOS	39.50	38.01
24	TRAFCE	1.85	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	1.23
27	OTROS	2.02	0.80
SUBTOTAL		97.96	98.21
PERDIDAS		2.04	1.79
TOTAL		100.00	100.00

FUENTE: DIRECCION DE MEDIO AMBIENTE, "ESTUDIO DE UN PROGRAMA DE RECICLAJE EN LA FUENTE Y EN 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

APÉNDICE B

PRINCIPALES USOS DE BOTELLAS PET

Embotelladoras de Cervezas



Embotelladoras De Agua (*Agua Santa Maria*)



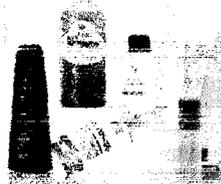
Embotelladoras De Bebidas Gaseosas



Envases de alimentos



Envase de productos personales y productos para la salud



Envase de productos para el hogar



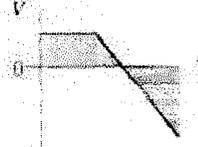
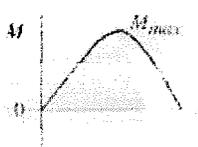
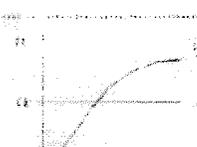
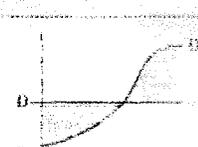
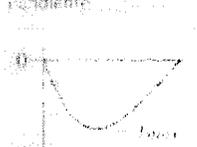
APÉNDICE C

PROPIEDADES DEL POLIETILENO TEREFALATO (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/sq)	10 ¹³
Resistividad de Volumen (Ohmcm)	>10 ¹⁴
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	1,55-1,64
Índice de Oxígeno Límite (%)	21
Inflamabilidad	HB
Resistencia a la Radiación	Buena
Resistencia a los Ultra-violetas	Fair?
Propiedades Mecánicas	
Coefficient de Fricción	0,2-0,4
Dureza - Rockwell	M94-101
Módulo de Tracción (GPa)	2-4
Relación de Poisson	0,37-0,44(oriented)
Resistencia a la Tracción (MPa)	80, para filmes biax. 190-260
Resistencia al Impacto Izod (J m ⁻¹)	13-35
Propiedades Térmicas	
Calor Específico (J K ⁻¹ kg ⁻¹)	1200 - 1350
Coefficiente de Expansión Térmica (x10 ⁻⁵ K ⁻¹)	20-80
Conductividad Térmica a 23C (W m ⁻¹ K ⁻¹)	0,15-0,4
Temperatura Máxima de Utilización (C)	115-170
Temperatura Mínima de Utilización (C)	-40 a -50
Temperatura de Deflexión en Caliente - 0,45MPa (C)	115
Temperatura de Deflexión en Caliente - 1,5MPa (C)	80
Resistencia Química	
Acidos - concentrados	Buena-Mala
Acidos - diluidos	Buena
Álcalis	Mala
Alcoholes	Buena
Cetonas	Buena-Aceptable
Grasas y Aceites	Buena
Halógenos	Aceptable-Buena
Hidro-carbonios halógenos	Buena-Mala
Hidrocarburos Aromáticos	Buena-Aceptable

APÉNDICE D

GRAFICOS, TABLAS Y ECUACIONES PARA SISTEMA MOLIENDA

(a) Viga simplemente apoyada con carga concentrada	(b) Viga simplemente apoyada con carga uniformemente distribuida
 <div style="display: flex; justify-content: space-between; margin-top: 10px;"> <div style="text-align: center;"> $R_1 = F \left(1 - \frac{a}{l}\right)$ $R_2 = F \left(\frac{a}{l}\right)$ </div> <div style="text-align: center;"> $R_1 = \frac{w}{2} (l - a)$ $R_2 = \frac{w}{2} (l^2 - a^2)$ </div> </div>	
<p>Carga: $q = R_1(x)^{-1} - F(x-a)^{-1} + R_2(x-l)^{-1}$</p>	<p>Carga: $q = R_1(x)^{-1} - w(x-a)^0 + R_2(x-l)^{-1}$</p>
 <div style="margin-top: 10px;"> $V_{max} = \text{MAX}(R_1, R_2)$ $V = R_1 - F(x-a)^0 + R_2(x-l)^0$ $= F \left[1 - \frac{a}{l} - (x-a)^0\right]$ </div>	 <div style="margin-top: 10px;"> $V_{max} = \text{MAX}(R_1, R_2)$ $V = R_1 - w(x-a)^1 + R_2(x-l)^0$ $= w \left[\frac{1}{2}l - a\right] - (x-a)^1$ </div>
<p>Cortante</p>	<p>Cortante</p>
 <div style="margin-top: 10px;"> $M_{max} = Fa \left(1 - \frac{a}{l}\right)$ cuando $a = \frac{l}{2}$, $M_{max} = \frac{Fl^2}{4}$ $M = R_1x - F(x-a)^1 + R_2(x-l)^1$ $= F \left[\left(1 - \frac{a}{l}\right)x - (x-a)^1 \right]$ </div>	 <div style="margin-top: 10px;"> $M_{max} = \frac{w \cdot l}{2} (l - a)^2 - R_2(x-l)^1$ cuando $a = 0$: $M = \frac{wl}{2} (l - a)$ $M = R_1x - \frac{w}{2}(x-a)^2 + R_2(x-l)^1$ $= \frac{w \cdot l}{2} (l - a)^2 - (x-a)^2$ </div>
<p>Momento</p>	<p>Momento</p>
 <div style="margin-top: 10px;"> $\theta = \frac{F}{2EI} \left[\left(1 - \frac{a}{l}\right)x^2 - (x-a)^2 \right]$ $+ \frac{a}{3l} (-a^2 - 3al - 2l^2)$ </div>	 <div style="margin-top: 10px;"> $\theta = \frac{w}{24EI} \left[\frac{6x^3}{l} (l-a)^2 - 4(x-a)^3 \right]$ $+ \frac{1}{l} \left[(l-a)^3 - 2l^2(l-a)^2 \right]$ </div>
<p>Pendiente</p>	<p>Pendiente</p>
 <div style="margin-top: 10px;"> $\delta_{max} = \frac{F}{3EI} \left[2a^3 - \frac{a^4}{l} - la^2 \right]$ $y = \frac{F}{6EI} \left[\left(1 - \frac{a}{l}\right)x^3 - (x-a)^3 \right]$ $+ \frac{a}{l} (-a^3 - 3al - 2l^2)x$ </div>	 <div style="margin-top: 10px;"> cuando $a = 0$: $y = \frac{wx}{24EI} (l^2 - x^2 - l^3)$ $y = \frac{7x^4}{24EI} (l-a)^2 - (x-a)^4$ $+ \frac{1}{l} \left[(l-a)^4 - 2l^2(l-a)^3 \right]$ </div>
<p>Deflexión</p>	<p>Deflexión</p>

Deflexión De Una Viga Con Carga Distribuida

FIGURA E-1

Factor de concentración de esfuerzos geométrico K_t para una flecha con un filete de hombro a tensión axial

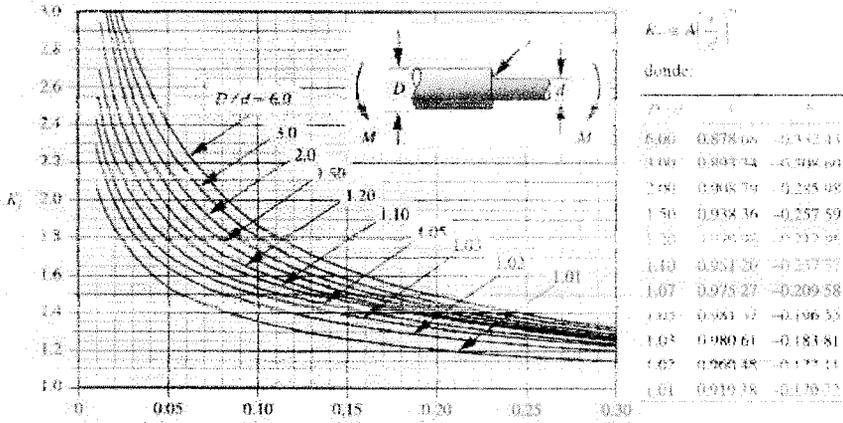


FIGURA E-2

Factor de concentración de esfuerzos geométrico K_t para una flecha con un filete de hombro a flexión

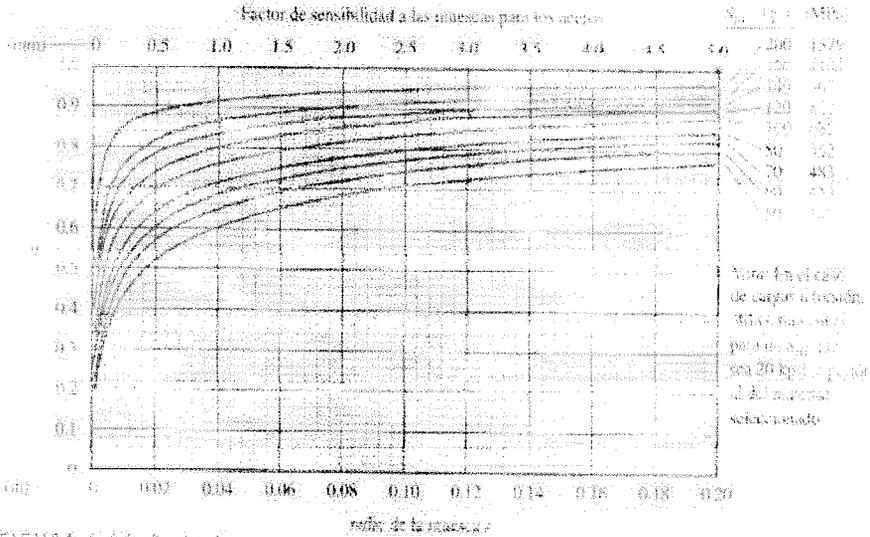
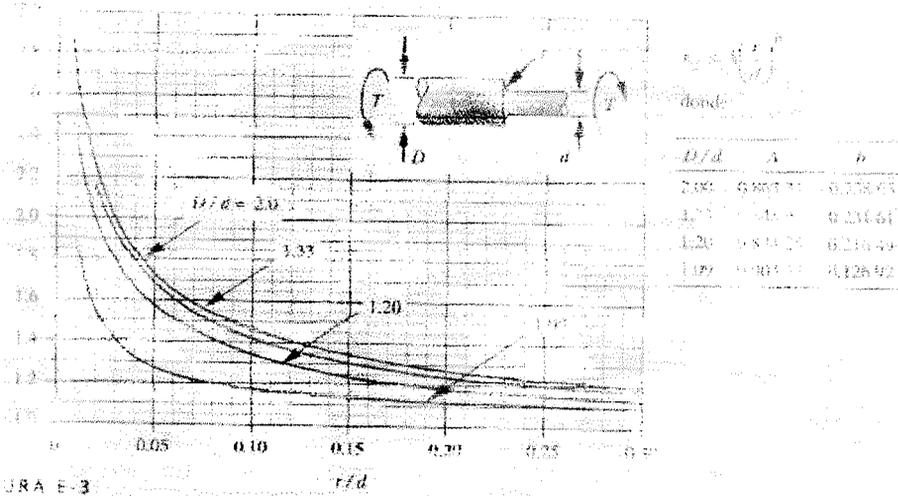


FIGURA 6-36 Parte 1

Curvas de sensibilidad a las muescas de aceros, basadas en el valor de la ecuación 6-12 de sensibilidad por los datos de la Figura 6-35. Véase el Apéndice B para obtener un "Factor Sensitivity" (capítulo 11, en Manual de Ingeniería de Materiales y Mecánica) McGraw-Hill, Nueva York, 1959.



GRA E-3

Tablas Para Análisis De Los Concentradores De Esfuerzos

TABLA 14-2 Dimensiones principales de las roscas para tornillo métrico estándar ISO

Datos calculados de las ecuaciones 14-1. Véase la referencia 4 para el caso métrico ISO.

Diámetro mayor d (mm)	Paso p (mm)	Roscas bastas		Roscas finas	
		Diámetro menor d ₂ (mm)	Área de esfuerzo a tensión A _t (mm ²)	Diámetro menor d ₂ (mm)	Área de esfuerzo a tensión A _t (mm ²)
3.0	0.50	2.39	5.03		
4.0	0.50	2.76	6.78		
5.0	0.75	3.74	8.16		
6.0	0.80	4.02	14.18		
8.0	1.00	4.77	20.42		
10.0	1.00	5.77	28.56		
12.0	1.25	6.47	36.61	1.00	6.77
16.0	1.50	8.16	57.99	1.25	8.97
20.0	1.75	9.85	84.27	1.25	10.97
24.0	2.00	11.55	114.50	1.50	15.16
28.0	2.00	13.55	156.57	1.50	14.16
32.0	2.50	14.93	193.47	1.50	16.16
36.0	2.50	16.93	244.79	2.00	21.16
40.0	2.50	18.93	303.40	1.50	21.16
45.0	3.00	20.71	362.60	2.00	26.16
50.0	3.00	23.32	469.41	2.00	31.16
55.0	3.50	25.71	560.59	2.00	27.99
60.0	3.50	29.71	693.85	2.50	30.99
66.0	4.00	31.09	816.72	2.50	32.99
72.0	4.00	34.09	978.25	2.50	34.99

Tablas Para Selección De Pernos

Diámetro (mm)	Distancia entre centros	Area abierta %	Espesores (mm)
1.50	3.00	22.68	1.60
2.00	4.00	22.68	2.00
2.50	5.00	22.68	2.00
3.25	6.00	26.61	3.20
3.50	7.00	22.68	3.20
4.00	7.00	29.62	3.20
4.75	8.00	31.97	3.20
5.50	9.00	33.87	3.20
6.25	9.00	43.74	3.20
6.50	10.00	38.32	3.20 - 4.75
7.00	11.00	36.73	3.20 - 4.75
8.00	15.00	25.80	4.75 - 6.35
9.00	15.00	32.65	4.75 - 6.35
9.50	15.00	36.38	4.75 - 6.35
11.00	18.00	33.87	4.75 - 6.35
12.00	18.00	40.31	4.75 - 6.35
13.00	19.00	42.46	4.75 - 6.35
14.00	20.00	44.44	4.75 - 6.35
16.00	22.00	47.97	4.75 - 6.35
19.00	26.00	48.44	4.75 - 6.35
25.00	34.00	49.04	4.75 - 6.35
32.00	44.00	47.97	4.75 - 6.35
38.00	50.00	52.39	4.75 - 6.35
50.00	62.00	58.99	4.75 - 6.35
75.00	96.00	55.36	4.75 - 6.35

Tabla para la selección de tamiz

APÉNDICE E

Tablas de propiedades de materiales

PART 1: PROPERTIES OF MATERIALS

TABLE E.1
TENSILE STRENGTH, G_c , AND FRACTURE TOUGHNESS, K_{Ic}

Material	G_c (kJ/m ²)	K_{Ic} (MPa√m)
Pure ductile metals	100-1000	10-100
Fe, Cu, Ni, Ag, Al		
Power steels (A-53, Duplex)	200-250	10-15
High-strength steels (HY-130)	150	10
High-strength alloys (Ti-6Al-4V)	10-100	10-15
Aluminum alloys (Ti-6Al-4V)	20-114	10-15
Al-Ni	10-100	10-15
Phenolic glass fiber epoxy	10	10-15
Aluminum alloys (high strength-low strength)	10	10-15
CFRP	10	10-15
Common woods, crack \perp to grain	10-20	10
Medium carbon steel	10	10
Medium carbon steel	10	10
Polypropylene	10	10
Polyethylene (low density)	10	10
Polyethylene (high density)	10	10
ABS polystyrene	10	10
Nylon	10	10
Glass-reinforced cement	10-20	10
Cast iron	0.2-3	0-20
Polystyrene	10	10
Common woods, crack \parallel to grain	10-20	10-15
Polycarbonate	10-40	10-15
Carbon-fiber-reinforced composites	10-100	10-15
FRP/FR	10-100	10-15
Epoxy	10-100	10-15
Granite (Western Granite)	10	10
Polystyrene	10	10
Silicon nitride Si_3N_4	10	10
Beryllium	10	10
Silicon carbide (SiC)	10	10
Aluminum Al_2O_3	10	10
Cement-concrete, unreinforced	10-20	10
Crack \perp to grain, flexure	10	10
Crack \parallel to grain, flexure	10	10
Crack \perp to grain, tension	10	10
Crack \parallel to grain, tension	10	10
Crack \perp to grain, shear	10	10
Crack \parallel to grain, shear	10	10
Crack \perp to grain, compression	10	10
Crack \parallel to grain, compression	10	10

Energía absorbida por unidad de área

705-AISI 4340

Acero bonificado para maquinaria



GENERALIDADES: 705 es un acero al molibdeno más cromo y níquel. El molibdeno tiene una solubilidad limitada y es un buen formador de carburos. Ejerce un fuerte efecto sobre la templabilidad y de manera semejante al cromo, aumenta la dureza y resistencia a alta temperatura de los aceros. Menos susceptibles al fragilizado debido al revenido que los demás aceros al carbono para maquinaria. Al combinarse con níquel y cromo soporta altas temperaturas de resistencia y tenacidad en secciones grandes. Su contenido de níquel le da más tenacidad al mismo que la resistencia en caliente.

705 combina alta resistencia mecánica (la mayor del mercado) con buena tenacidad. Este acero en forma standard es suministrado bonificado, por lo que no se requiere luego un tratamiento térmico, sin embargo, si se desean mejores propiedades, puede ser templado al aceite, luego prior de temple por inducción y también puede someterse a tratamiento de nitrado.

ANÁLISIS QUÍMICO

	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo
705	0.37	0.22	0.28	0.01	0.01	1.65	1.05	0.20
AISI 4340	0.32-0.40	0.20-0.35	0.60-0.80	0.01	0.01	1.60-2.00	0.70-0.90	0.10-0.20

EQUIVALENCIAS

AISI/SAE	4340
DIN	1.6513 (DIN 6)
W.Nr	1.6513
IIS	4340
AFNOR	A4340

PROPIEDADES MECÁNICAS EN CONDICIÓN ESTÁNDAR

Resistencia a la Tracción	870-1100 kg/cm ²
Tensión de cedencia	70 kg/cm ²
Elongación, A5	mín. 12%
Tenacidad de Charpy	mín. 45 J
Resistencia al Impacto KV	aprox. 20 J
Dureza	270-350 HB

De acuerdo a DIN 17240 resp. W.Nr. 1.6513 o a DIN 1013 resp. DIN 7527 / 6

Nota: Estas propiedades se garantizan hasta Ø250 mm. Medidas mayores, favor consultarnos.

APLICACIONES:

1. Partes de gran resistencia para la industria automotriz, como:

- ejes
- ejes de transmisión
- ejes de motor
- ejes de eje de motor
- tornillos de alta resistencia

2. Partes para las construcciones de maquinaria de trabajo pesado como:

- artícles para trituradoras
- ejes de transmisión de grandes dimensiones
- ejes de eje de motor para flotas, tractores o trituración
- tornillos de tornillo
- mandriles
- tornillos de ajuste

3. Aplicaciones donde se requiere resistencia a la fatiga, como:

- En la construcción de edificios pesados para camiones, aviones, equipo militar, etc.

Propiedades físicas de algunos materiales de ingeniería

Datos provenientes de varias fuentes. Estas propiedades son aproximadamente similares para todas las aleaciones del material específico.

Material	Módulo de elasticidad E		Módulo de rigidez G		Razon de Poisson ν	Peso específico γ lb/in ³	Densidad de masa ρ Mg/m ³	Gravedad específica
	Mpsi	GPa	Mpsi	GPa				
Aleación de aluminio	10.1	71.7	3.9	26.8	0.34	0.10	2.8	2.8
Cobre al berilio	18.5	127.6	7.2	49.4	0.29	0.30	8.3	8.3
Latón, bronce	16.0	110.3	6.0	41.5	0.33	0.31	8.6	8.6
Cobre	17.5	120.7	6.5	44.7	0.35	0.32	8.9	8.9
Hierro fundido gris	15.0	103.4	5.9	40.4	0.28	0.34	7.2	7.2
Hierro fundido ductil	24.5	168.9	9.4	65.0	0.30	0.31	6.9	6.9
Hierro fundido maleable	25.0	172.4	9.6	66.3	0.30	0.30	7.3	7.3
Aleación de titanio	16.5	113.8	6.2	42.8	0.33	0.37	5.7	5.7
Aleaciones de níquel	30.0	206.8	11.3	77.6	0.30	0.35	8.2	8.2
Aceero al carbono	30.0	206.8	11.3	77.6	0.28	0.28	7.8	7.8
Aleaciones de acero	30.0	206.8	11.3	77.6	0.28	0.28	7.8	7.8
Aleaciones de aluminio	10.1	71.7	3.9	26.8	0.34	0.34	2.8	2.8
Aleaciones de bronce	16.0	110.3	6.0	41.5	0.33	0.31	8.6	8.6

Source: Properties of Engineering Materials, 2nd Edition, Vol. 1, ASM International, 1990. American Society of Mechanical Engineers, Inc.

Propiedades Físicas De Algunos Materiales

TABLA C-9 Propiedades mecánicas de algunos aceros al carbono

Datos de varias fuentes. * Valores aproximados. Consulte a los fabricantes de los materiales para información más precisa.

Número SAE/AISI	Estado	Limite elástico a la tensión (convencional al 2%)		Resistencia máxima a la tensión		Elongación en 2 in. %	Dureza Brinell -HB
		kpsi	MPa	kpsi	MPa		
1010	laminado en caliente	26	179	47	324	28	95
	laminado en frío	44	303	53	365	20	105
1020	laminado en caliente	30	207	55	379	25	111
	laminado en frío	57	393	68	472	15	131
1030	laminado en caliente	38	259	68	469	20	147
	normalizado @ 1 650°F	50	345	75	517	30	149
	laminado en caliente	64	441	76	524	12	149
	templado y revenido @ 1 000°F	75	517	97	669	7.5	202
	templado y revenido @ 400°F	84	579	106	731	23	302
1035	laminado en caliente	40	276	72	496	18	143
	laminado en frío	67	462	80	552	12	163
1040	laminado en caliente	42	290	76	524	18	149
	normalizado @ 1 650°F	54	372	86	593	28	170
	laminado en frío	71	490	89	586	12	170
	templado y revenido @ 1 200°F	63	434	92	634	29	192
	templado y revenido @ 800°F	80	557	110	758	21	241
	templado y revenido @ 400°F	86	593	113	779	19	262
1045	laminado en caliente	45	310	87	568	16	163
	laminado en frío	77	531	91	627	12	179
1050	laminado en caliente	50	345	90	621	15	173
	normalizado @ 1 650°F	62	427	108	745	20	217
	laminado en frío	84	579	100	689	10	197
	templado y revenido @ 1 200°F	78	536	104	717	26	235
	templado y revenido @ 800°F	115	793	158	1 089	13	314
templado y revenido @ 400°F	117	807	162	1 124	9	311	
1060	laminado en caliente	54	372	98	676	12	200
	normalizado @ 1 650°F	61	421	112	772	18	229
	templado y revenido @ 1 200°F	76	524	116	800	23	229
	templado y revenido @ 1 000°F	97	669	140	965	17	277
	templado y revenido @ 800°F	111	765	156	1 076	14	311
1095	laminado en caliente	66	455	120	827	10	248
	normalizado @ 1 650°F	72	496	147	1 014	9	19
	templado y revenido @ 1 200°F	80	552	130	896	21	269
	templado y revenido @ 800°F	112	772	176	1 213	12	363
templado y revenido @ 600°F	118	814	183	1 262	10	375	

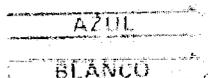
Propiedades Mecánicas De Algunos Aceros

Características del Electrodo



CLASIFICACION AWS - ASTM E 6011

Electrodo para acero dulce o al carbono
Con hierro en polvo
Toda posición
Corriente continua, Electrodo positivo
Corriente alterna
Revestimiento: Blanco
Punto: Azul



DESCRIPCION:

Esta especialmente diseñado para uso con corriente alterna, también puede ser utilizado con corriente continua, electrodo positivo. Sus otras propiedades y aplicaciones son similares al electrodo E 60 10. La nueva formulación en el revestimiento de este electrodo, que incluye hierro en polvo, le brinda las siguientes características especiales:

- ALTA VELOCIDAD DE SOLDADURA.
- EFICIENCIA DE DEPOSICION DEL METAL SUPERIOR AL 70 %
- GRAN FACILIDAD DE ENCENDIDO, MANEJO DEL ARCO Y FIRMEZA EN LA COPA (NO SE FORMA UÑA)
- EXCELENTE PENETRACION
- FACIL REMOCION DE ESCORIA
- PRODUCE UN ARCO FIRME Y ESTABLE, NO AFECTANDOLO EN CORRIENTE CONTINUA EL FENOMENO CONOCIDO POR "SOPLO MAGNETICO"

USO TOTAL EN ACERO DULCE !!

Este electrodo es apto para ser utilizado en "todas las aplicaciones de soldadura de Acero dulce", sobre todo cuando es necesario soldar en posición vertical o sobre cabeza, por su "escoria de rápida solidificación"

ADECUACIONES Y APROBACIONES

- American Bureau of Shipping (A. B. S.)
- Certificado No. 84 - VP - 10056 - 130 - XI
- Valparaíso - Chile

Características electrodo indura

APLICACIONES TÍPICAS:

- Estanques
- Embarcaciones
- Obras de construcción
- Estructuras metálicas
- Calderería
- Reconstrucciones de puentes y maquinarias
- Reparaciones en general

PROCEDIMIENTO PARA SOLDAR:

Para obtener los mejores resultados, no se requiere ninguna recomendación especial.

PROPIEDADES MECANICAS	ESPECIFICACIONES	
	6011	AWS
(según normas AWS A5.1-79)		
● Resistencia a la tracción	70.000 Lbs/pulg ²	62.000 Lbs/pulg ²
● Límite de fluencia	65.000 Lbs/pulg ²	60.000 Lbs/pulg ²
● Alargamiento total en 51 mm	29 o/o	27 o/o
● Reducción de área	22 o/o - 60 o/o	—
● Resistencia al impacto Charpy (-20oF)	37 Lbs/pie	20 Lbs/pie

COMPOSICION QUIMICA:

C = 0,10 o/o; Mn = 0,45 o/o; P = 0,03 o/o; S = 0,02 o/o; Si = 0,12 o/o.

AMPERAJES RECOMENDADOS:

Diámetro electrodo		Longitud electrodo		AMPERAJE		ELECTRODOS		Peso Neto	Peso Neto
in/pulg.	mm.	in/pulg.	mm.	min.	max.	x Kg. aprox.	Empaquetado	Empaquetado	Empaquetado
3/32"	2,4	14"	350	50	90	6,0	10	20	20
1/8"	3,2	14"	350	80	120	3,7	10	20	20
5/32"	4,0	14"	350	120	130	2,6	10	20	20
3/16"	4,8	14"	350	140	220	1,8	10	20	20
1/4"	6,4	18"	450	225	325	8,5	10	20	20

ALMACENAJE

CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO EN CAJAS CERRADAS	CONDICIONES DE MANTENIMIENTO EN CAJAS ABIERTAS	CONDICIONES DE RECONDICIONAMIENTO PARA SOLDADURA HUMEDA
TEMPERATURA 20 - 40 oC HUMEDAD 50 o/o RELATIVA	TEMPERATURA 43 - 54oC.	TEMPERATURA 101 - 140oC DURANTE 60 MINUTOS

Propiedades del electrodo Indura

APÉNDICE F

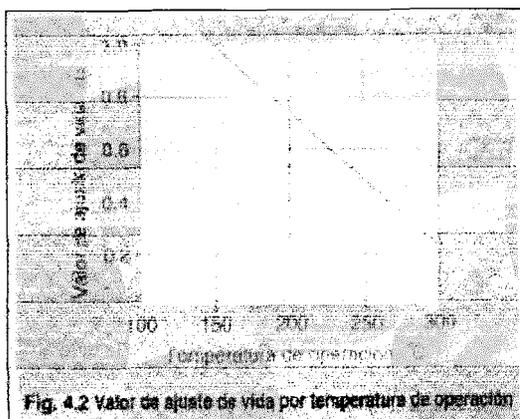
Graficos Y Tablas Para La Selección De Chumaceras

Clasificación del servicio	Aplicación de la maquinaria	Duración L_{10}
Equipos utilizados ocasionalmente	Mecanismos de precisión	10 000
Equipos utilizados en períodos cortos o intermitentes con interrupciones permitidas	Electrodinámicos, herramientas y equipos manuales, maquinaria agrícola, etc.	4 000 - 10 000
Equipos para uso con fluctuaciones de alta confiabilidad	Elevadores, transportadores, etc. No incluyen equipos sueltos en casa de fuerza	8 000 - 15 000
Equipos operados a horas de día, pero no siempre a su máxima capacidad	Ejes de cambio, frenos, componentes importantes	14 000 - 30 000
Equipos que vayan 8 horas a máxima capacidad	Superfrescos, ejes, manuales de uso general en talleres	20 000 - 30 000
Equipos que vayan 24 horas al día de manera continua	Compresores y bombas	60 000 - 60 000
Equipos que vayan 24 horas al día de manera continua con máxima seguridad	Equipos para suministro de agua en áreas urbanas, centrales en áreas	100 000 - 200 000

Duración de la chumacera según aplicación maquina

Confiabilidad %	V_n	Factor de confiabilidad a_1
96	1.2	1.06
95	1.6	0.62
90	2.0	0.53
87	2.3	0.44
80	3.0	0.33
69	4.0	0.21

Factores de confiabilidad



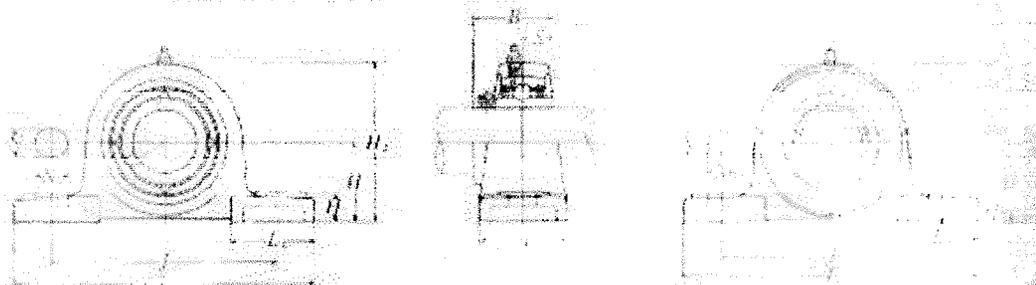
Factores de condición de operación

Condiciones de operación	Valores mínimos del factor de seguridad
Precisión rotacional alta	1.5
Precisión rotacional normal (aplicación universal)	1.2
Permite deterioro por precisión (velocidad ligera)	1.0
(Velocidad: baja, cargas grandes, etc.)	0.8

Nota: El valor de seguridad mínima en las condiciones de operación de alta precisión se basa en la carga de choque en el estado de diseño.

Valores mínimos de factor de seguridad

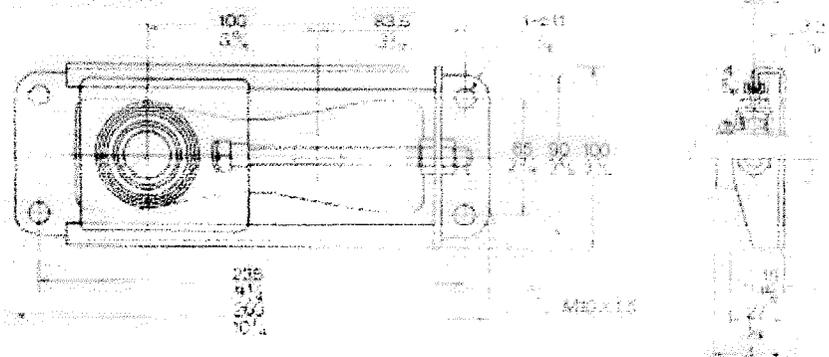
Tipo soporte, alojamiento de acero fundido
Con tornillo de fijación (Prisionero)



Fijo, con guardacopias para presionar.
 Extremo abierto: **S-UCP 01**
 Extremo cerrado: **SM-UCP 01**

Dimensión del eje	Número de la chumacera	Dimensiones nominales											Anillo de freno	Número del rodamiento	
		H	L	d	A	N	N ₁	M	N ₂	G	b	S			
50	UCP210-113T	57 1/2	209	158	80	38	25	27	15 1/2	14	14 1/2	10	10	10	UC210-113T
1 1/2	UCP210-114T	57 1/2	209	158	80	38	25	27	15 1/2	14	14 1/2	10	10	UC210-114T	
1 1/2	UCP210-115T	2 1/4	8 1/2	8 1/4	2 1/2	3 1/2	2 1/2	2 1/2	4 1/2	2 1/2	2 1/2	2 1/2	2 1/2	UC210-115T	
2	UCP210-200T	57 1/2	209	158	80	38	25	27	15 1/2	14	14 1/2	10	10	UC210-200T	
50	UCP211-200T	63 1/2	273	175	80	30	23	27	15 1/2	14	14 1/2	10 1/2	10 1/2	UC211-200T	
2 1/4	UCP211-201T	63 1/2	273	175	80	30	23	27	15 1/2	14	14 1/2	10 1/2	10 1/2	UC211-201T	
2 1/4	UCP211-202T	2 1/4	8 1/2	8 1/4	2 1/2	3 1/2	2 1/2	2 1/2	4 1/2	2 1/2	2 1/2	2 1/2	2 1/2	UC211-202T	
2 1/4	UCP211-203T	63 1/2	273	175	80	30	23	27	15 1/2	14	14 1/2	10 1/2	10 1/2	UC211-203T	
60	UCP212-204T	69 1/2	241	184	30	20	23	26	13 1/2	14	14 1/2	10 1/2	10 1/2	UC212-204T	
2 1/4	UCP212-205T	69 1/2	241	184	30	20	23	26	13 1/2	14	14 1/2	10 1/2	10 1/2	UC212-205T	
2 1/4	UCP212-206T	2 1/4	9 1/2	7 1/2	2 1/4	2 1/2	2 1/2	2 1/2	4 1/2	2 1/2	2 1/2	2 1/2	2 1/2	UC212-206T	
2 1/4	UCP212-207T	69 1/2	241	184	30	20	23	26	13 1/2	14	14 1/2	10 1/2	10 1/2	UC212-207T	
60	UCP213-208T	76 1/2	265	200	70	25	28	27	15 1/2	14	14 1/2	10 1/2	10 1/2	UC213-208T	
2 1/4	UCP213-209T	76 1/2	265	200	70	25	28	27	15 1/2	14	14 1/2	10 1/2	10 1/2	UC213-209T	
2 1/4	UCP213-210T	3	10 1/2	8	2 1/2	3 1/2	2 1/2	2 1/2	4 1/2	2 1/2	2 1/2	2 1/2	2 1/2	UC213-210T	
70	UCP214-211T	73 1/2	266	210	72	26	28	27	15 1/2	14	14 1/2	10 1/2	10 1/2	UC214-211T	
3 1/4	UCP214-212T	73 1/2	266	210	72	26	28	27	15 1/2	14	14 1/2	10 1/2	10 1/2	UC214-212T	
2 1/4	UCP214-213T	3 1/4	10 1/2	8 1/2	2 1/2	3 1/2	2 1/2	2 1/2	4 1/2	2 1/2	2 1/2	2 1/2	2 1/2	UC214-213T	
2 1/4	UCP214-214T	73 1/2	266	210	72	26	28	27	15 1/2	14	14 1/2	10 1/2	10 1/2	UC214-214T	
2 1/4	UCP214-215T	73 1/2	266	210	72	26	28	27	15 1/2	14	14 1/2	10 1/2	10 1/2	UC214-215T	
2 1/4	UCP214-216T	3 1/4	10 1/2	8 1/2	2 1/2	3 1/2	2 1/2	2 1/2	4 1/2	2 1/2	2 1/2	2 1/2	2 1/2	UC214-216T	
70	UCP215-217T	80 1/2	274	217	74	26	28	28	16 1/2	14	14 1/2	10 1/2	10 1/2	UC215-217T	
2 1/4	UCP215-218T	80 1/2	274	217	74	26	28	28	16 1/2	14	14 1/2	10 1/2	10 1/2	UC215-218T	
2 1/4	UCP215-219T	3 1/4	10 1/2	8 1/2	2 1/2	3 1/2	2 1/2	2 1/2	4 1/2	2 1/2	2 1/2	2 1/2	2 1/2	UC215-219T	
2 1/4	UCP215-220T	80 1/2	274	217	74	26	28	28	16 1/2	14	14 1/2	10 1/2	10 1/2	UC215-220T	
80	UCP216-301T	89 1/2	290	230	75	26	28	29	17 1/2	14	14 1/2	10 1/2	10 1/2	UC216-301T	
3 1/4	UCP216-302T	89 1/2	290	230	75	26	28	29	17 1/2	14	14 1/2	10 1/2	10 1/2	UC216-302T	
3 1/4	UCP216-303T	3 1/4	11 1/2	9 1/2	3 1/2	3 1/2	2 1/2	2 1/2	4 1/2	2 1/2	2 1/2	2 1/2	2 1/2	UC216-303T	
3 1/4	UCP216-304T	89 1/2	290	230	75	26	28	29	17 1/2	14	14 1/2	10 1/2	10 1/2	UC216-304T	

Este tensor, con bastidor de acero prensado
 tiene un anillo de fijación excéntrico



Número de la chumacera	Dimensiones nominales				Tamaño del perno mm pulg.	Carga Máxima recomendada N lb	Número del rodamiento	Peso de la chumacera kg lb
	A	B	C	D				
ASPT201-008-10	31	22	4	0.236	10.0	770	AS201-008	1.0
ASPT202-009-10	31	22	4	0.236	10.0	770	AS202-009	1.0
ASPT203-011-10	31	22	4	0.236	10.0	770	AS203-011	1.0
ASPT204-012-10	31	22	4	0.278	11.0	770	AS204-012	2.2
ASPT205-013-10	54.5	27	5.5	0.278	10.0	770	AS205-013	1.1
ASPT205-015-10	54	27	5.5	0.278	10.0	770	AS205-015	2.4
ASPT205-100-10	54	27	5.5	0.278	10.0	770	AS205-100	2.4

**Tipo brida cuadrada, alojamiento de acero fundido
Con tornillo de fijación (Prisionero)**



Número de la chumacera	Dimensiones nominales										Volumen de acero	Número de tornillos	
	L	V	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	A ₅	A ₆	R	Ø			
UCF201-008T	37	21 ^{1/4}	15 ^{1/2}	11	11	11	11	11	11	11	1.7000	0.400	UC201-008T
UCF202-009T	40	24	15	11	11	11	11	11	11	1.7000	0.400	UC202-009T	
UCF202-010T	40	24	15	11	11	11	11	11	11	1.7000	0.400	UC202-010T	
UCF203-011T	41	24 ^{1/4}	15 ^{1/2}	11	11	11	11	11	11	1.7000	0.400	UC203-011T	
UCF204-012T	45	24 ^{1/4}	15 ^{1/2}	11	11	11	11	11	11	1.7000	0.400	UC204-012T	
UCF205-013T	48	24	15	11	11	11	11	11	11	1.7000	0.400	UC205-013T	
UCF205-014T	48	24	15	11	11	11	11	11	11	1.7000	0.400	UC205-014T	
UCF205-015T	48	24	15	11	11	11	11	11	11	1.7000	0.400	UC205-015T	
UCF205-100T	48	24	15	11	11	11	11	11	11	1.7000	0.400	UC205-100T	
UCF206-101T	50	24	15	11	11	11	11	11	11	1.7000	0.400	UC206-101T	
UCF206-102T	50	24	15	11	11	11	11	11	11	1.7000	0.400	UC206-102T	
UCF206-103T	50	24	15	11	11	11	11	11	11	1.7000	0.400	UC206-103T	
UCF206-104T	50	24	15	11	11	11	11	11	11	1.7000	0.400	UC206-104T	
UCF207-105T	51	24	15	11	11	11	11	11	11	1.7000	0.400	UC207-105T	
UCF207-106T	51	24	15	11	11	11	11	11	11	1.7000	0.400	UC207-106T	
UCF207-107T	51	24	15	11	11	11	11	11	11	1.7000	0.400	UC207-107T	
UCF208-108T	52	24	15	11	11	11	11	11	11	1.7000	0.400	UC208-108T	
UCF208-109T	52	24	15	11	11	11	11	11	11	1.7000	0.400	UC208-109T	
UCF208-110T	52	24	15	11	11	11	11	11	11	1.7000	0.400	UC208-110T	
UCF209-111T	52	24	15	11	11	11	11	11	11	1.7000	0.400	UC209-111T	
UCF209-112T	52	24	15	11	11	11	11	11	11	1.7000	0.400	UC209-112T	

Catálogo NTN chumaceras tipo UPC2

APÉNDICE G

GRÁFICOS Y TABLAS PARA LA SELECCIÓN DE CORREAS

Martin

Selección de Transmisión en Existencia

Tabla de Selección por Sección Transversal para Ranuras Convencionales

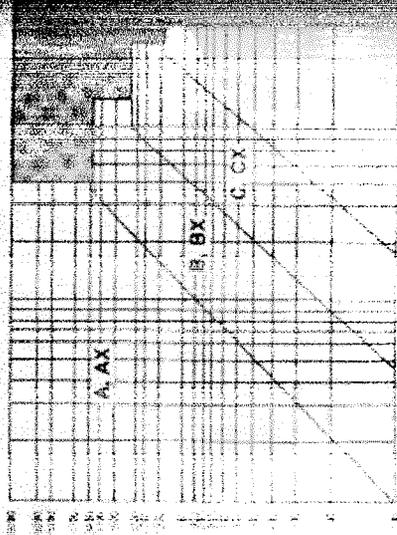
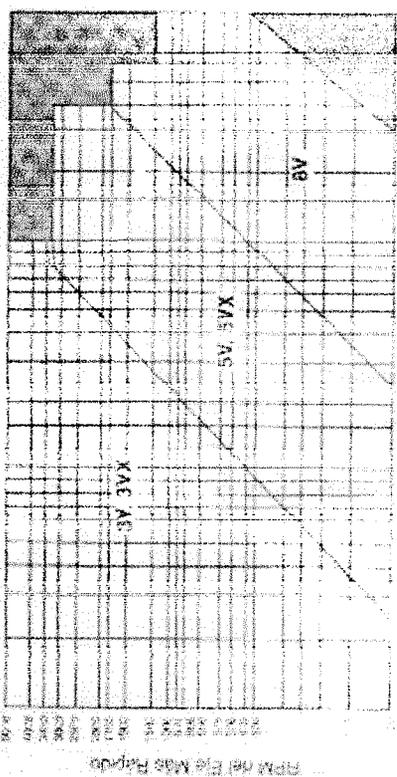


Tabla de Selección por Sección Transversal para Ranuras de Alta Capacidad



El área superior a cada línea se refiere a la izquierda.

El área superior a cada línea se refiere a la izquierda.

Selección Por Sección Transversal Para Ranuras Convencionales

**Mínimos Diámetros Recomendados
en Poleas para Motores Eléctricos**

CABALLO DE FUERZA DEL MOTOR	RPM DEL MOTOR					
	375	505	870	1160	1760	3450
.50	2.50	2.50	2.50	—	—	—
.75	3.00	2.50	2.50	2.50	—	—
1.00	3.00	3.00	2.50	2.50	2.25	—
1.50	3.00	3.00	3.00	2.50	2.50	2.25
2.00	3.75	3.00	3.00	2.50	2.50	2.50
3.00	4.50	3.75	3.00	3.00	2.50	2.50
5.00	4.50	4.50	3.75	3.00	3.00	2.50
7.50	4.25	4.50	4.50	3.75	3.50	3.00
10.00	6.00	5.25	4.50	4.50	3.75	3.00
15.00	6.75	6.00	5.25	4.50	4.50	3.75
20.00	8.25	6.75	5.00	5.25	4.50	4.50
25.00	9.00	6.75	6.75	6.00	4.50	4.50
* 30.00	10.00	9.00	6.75	6.75	6.25	—
40.00	10.00	10.00	8.25	5.75	6.00	—
50.00	11.00	10.00	9.00	6.25	6.75	—
60.00	12.00	11.00	10.00	9.00	7.50	—
75.00	14.00	13.00	10.00	10.00	8.00	—
100.00	18.00	15.00	13.00	13.00	10.00	—
125.00	20.00	18.00	15.00	13.00	11.00	—
150.00	22.00	20.00	18.00	13.00	—	—
200.00	22.00	22.00	22.00	—	—	—
250.00	22.00	22.00	—	—	—	—
300.00	27.00	27.00	—	—	—	—

*NOTA: Los datos sobre la línea azul del National Electrical Manufacturers Association Standard MG-13-16 y MG-13-18, los datos en azul de la línea roja son un compendio de datos de Standard Motor Manufacturing Co. Inc. que se refieren a motores de 1000 y 1500 RPM. Los datos en azul pueden permitir el uso de una polea para motor 144 pulgadas. Consulte el fabricante de motores.

Diámetro Mínimo De La Polea Motriz

A Selección de Transmisión en Existencia



Ratios de Velocidad	Velocidades Iniguales y HP por Banda												Empuje Máximo (Cada Corchete a la Izquierda de la Tabla)					
	CANTIDAD de Poles		1754 RPM Motor			1754 RPM Motor			1754 RPM Motor			Diagrama de Corrección de Arco						
	Motores P.P.	Motores S.P.	Motores P.P.	HP por Banda #	HP por Banda #	Velocidad RPM	HP por Banda #	HP por Banda #	Motores P.P.	HP por Banda #	HP por Banda #	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
1.00	6.4	15.6	1436	11.57	13.15	718	7.92	8.41	478	5.76	6.04	---	---	---	---	---	---	
1.10	3.8	9.0	1400	5.01	5.92	700	3.24	3.63	464	2.97	3.33	---	---	---	---	---	---	
1.20	4.2	10.0	1370	5.76	6.58	700	3.52	3.78	464	3.24	3.57	---	---	---	---	---	---	
1.30	8.0	15.0	1430	10.66	12.45	700	6.36	7.06	464	5.41	5.97	---	---	---	---	---	---	
1.40	4.2	10.8	1387	5.71	6.63	693	4.26	4.71	460	3.81	4.17	---	---	---	---	---	---	
FACTOR DE CORRECCIÓN DE LA LONGITUD DE ARCO												0.0	0.0	0.0	0.07	0.07	0.07	
1.50	8.0	15.0	1401	11.23	12.75	690	7.91	8.57	461	5.31	5.81	---	---	---	---	---	---	
1.60	3.0	7.8	1382	3.18	3.65	691	2.14	2.53	458	1.87	2.11	---	---	---	---	---	---	
1.70	4.0	13.2	1373	9.20	10.42	689	6.00	6.43	457	4.74	5.11	---	---	---	---	---	---	
1.80	4.2	10.6	1365	3.81	4.47	692	3.81	4.30	453	3.66	4.11	---	---	---	---	---	---	
1.90	7.1	18.0	1361	12.47	14.32	661	6.63	7.35	451	5.41	5.97	---	---	---	---	---	---	
FACTOR DE CORRECCIÓN DE LA LONGITUD DE ARCO												0.0	0.22	0.21	0.25	0.23	0.23	
2.00	3.0	15.0	1353	10.48	11.66	677	6.96	7.44	449	5.06	5.46	---	---	---	---	---	---	
2.10	3.0	15.0	1345	10.85	12.29	673	7.17	7.76	448	5.26	5.67	---	---	---	---	---	---	
2.20	3.0	15.0	1342	7.76	8.84	671	4.99	5.41	445	3.60	3.98	---	---	---	---	---	---	
2.30	3.0	13.2	1326	6.74	7.91	663	5.67	6.10	439	4.11	4.57	---	---	---	---	---	---	
2.40	3.4	9.0	1322	4.42	5.31	661	2.86	3.27	438	2.12	2.57	---	---	---	---	---	---	
FACTOR DE CORRECCIÓN DE LA LONGITUD DE ARCO												0.3	0.6	0.73	0.77	0.59	0.59	
2.50	4.0	10.6	1321	6.17	7.15	660	3.95	4.35	436	3.86	4.13	---	---	---	---	---	---	
2.60	3.0	10.0	1307	10.09	11.40	653	6.06	7.11	433	4.83	5.12	---	---	---	---	---	---	
2.70	3.4	10.6	1301	10.42	11.27	651	6.58	7.44	431	5.97	6.35	---	---	---	---	---	---	
2.80	3.0	8.2	1280	3.18	4.03	640	2.15	2.53	424	1.81	2.20	---	---	---	---	---	---	
2.90	4.4	13.0	1283	7.25	8.28	642	4.65	5.06	425	3.38	3.63	---	---	---	---	---	---	
FACTOR DE CORRECCIÓN DE LA LONGITUD DE ARCO												0.0	0.0	0.25	0.26	0.22	0.23	
3.00	8.0	18.0	1283	11.99	13.57	642	8.23	9.29	425	5.86	6.58	---	---	---	---	---	---	
3.10	4.0	13.2	1273	6.26	7.38	636	3.33	3.78	422	3.33	3.72	---	---	---	---	---	---	
3.20	3.0	15.0	1260	7.65	10.92	630	6.33	8.77	414	4.51	6.35	---	---	---	---	---	---	
3.30	3.0	10.0	1255	5.90	6.56	627	3.65	4.06	414	2.83	3.17	---	---	---	---	---	---	
3.40	3.0	15.0	1255	10.88	11.40	625	6.95	7.11	416	5.41	5.41	---	---	---	---	---	---	
FACTOR DE CORRECCIÓN DE LA LONGITUD DE ARCO												0.0	0.0	0.0	0.0	0.28	0.28	
3.50	7.0	14.8	1250	12.48	14.32	625	8.84	10.36	414	8.04	9.11	---	---	---	---	---	---	
3.60	3.0	8.0	1247	3.81	4.88	622	2.62	3.60	410	1.87	2.62	---	---	---	---	---	---	
3.70	3.0	15.0	1244	11.86	13.17	622	7.92	8.4	410	6.51	6.97	---	---	---	---	---	---	
3.80	3.2	10.0	1225	6.72	7.72	612	4.30	4.77	404	3.12	3.59	---	---	---	---	---	---	
3.90	4.0	13.2	1220	7.77	8.84	610	4.84	5.41	404	3.62	4.13	---	---	---	---	---	---	
FACTOR DE CORRECCIÓN DE LA LONGITUD DE ARCO												0.0	0.0	0.62	0.77	0.61	0.61	
4.00	6.2	15.0	1213	9.91	13.42	607	6.00	6.44	406	4.65	5.12	---	---	---	---	---	---	
4.10	3.4	15.0	1212	8.66	12.92	606	6.33	6.77	402	4.59	5.05	---	---	---	---	---	---	
4.20	6.2	18.0	1206	13.53	15.71	599	7.41	8.09	406	6.73	7.41	---	---	---	---	---	---	
4.30	3.0	10.6	1188	6.07	6.95	594	3.94	4.34	394	3.38	3.72	---	---	---	---	---	---	
4.40	6.6	19.6	1179	11.90	13.67	589	8.23	9.73	391	6.99	8.08	---	---	---	---	---	---	
FACTOR DE CORRECCIÓN DE LA LONGITUD DE ARCO												0.0	0.0	0.0	0.0	0.77	0.77	
4.50	3.0	9.0	1167	3.16	4.15	561	2.15	2.53	387	1.81	1.86	---	---	---	---	---	---	
4.60	4.0	13.0	1167	6.17	7.14	563	3.95	4.36	387	3.62	3.94	---	---	---	---	---	---	
4.70	3.0	11.0	1167	7.25	8.25	562	4.85	5.06	387	4.38	4.64	---	---	---	---	---	---	
4.80	3.0	15.0	1167	10.33	11.31	562	6.67	7.13	387	5.41	5.87	---	---	---	---	---	---	
4.90	3.0	15.0	1167	6.21	7.02	562	6.00	6.44	387	4.35	4.61	---	---	---	---	---	---	
FACTOR DE CORRECCIÓN DE LA LONGITUD DE ARCO												0.0	0.6	0.73	0.77	0.61	0.61	
5.00	6.0	17.0	1167	10.87	12.82	560	7.96	9.77	387	6.96	8.51	---	---	---	---	---	---	
5.10	3.0	10.0	1142	11.58	13.17	571	7.93	8.41	375	5.41	5.87	---	---	---	---	---	---	
5.20	7.0	17.0	1126	10.49	11.87	584	6.99	7.44	374	5.97	6.34	---	---	---	---	---	---	
5.30	3.4	10.0	1125	4.43	5.31	561	2.88	3.27	372	2.12	2.47	---	---	---	---	---	---	
5.40	3.0	15.0	1120	4.95	6.21	561	3.67	4.10	372	3.11	3.57	---	---	---	---	---	---	
FACTOR DE CORRECCIÓN DE LA LONGITUD DE ARCO												0.0	0.0	0.0	0.0	0.77	0.77	
5.50	4.0	15.0	1120	6.27	6.93	560	5.34	5.76	371	3.87	4.13	---	---	---	---	---	---	
5.60	4.2	13.2	1114	6.72	7.72	567	4.31	4.71	369	3.13	3.39	---	---	---	---	---	---	
5.70	3.8	12.0	1100	3.91	4.54	554	3.95	4.60	367	3.53	3.95	---	---	---	---	---	---	
5.80	8.0	19.0	1107	11.24	12.70	554	7.62	8.09	367	5.55	5.81	---	---	---	---	---	---	
5.90	5.6	18.0	1099	10.38	11.41	544	6.66	7.11	361	4.83	5.10	---	---	---	---	---	---	
FACTOR DE CORRECCIÓN DE LA LONGITUD DE ARCO												0.0	0.0	0.0	0.0	0.77	0.77	

A = BANDA V. PENTÁDAR
 AX = BANDA V. DENTADA SARRIADA
 * SI LA VELOCIDAD DE CORCHETE ES DE 4 LOS 6500 PIES POR MINUTO, CONSULTE A *Martin*

Selección De Transmisión En Existencia A

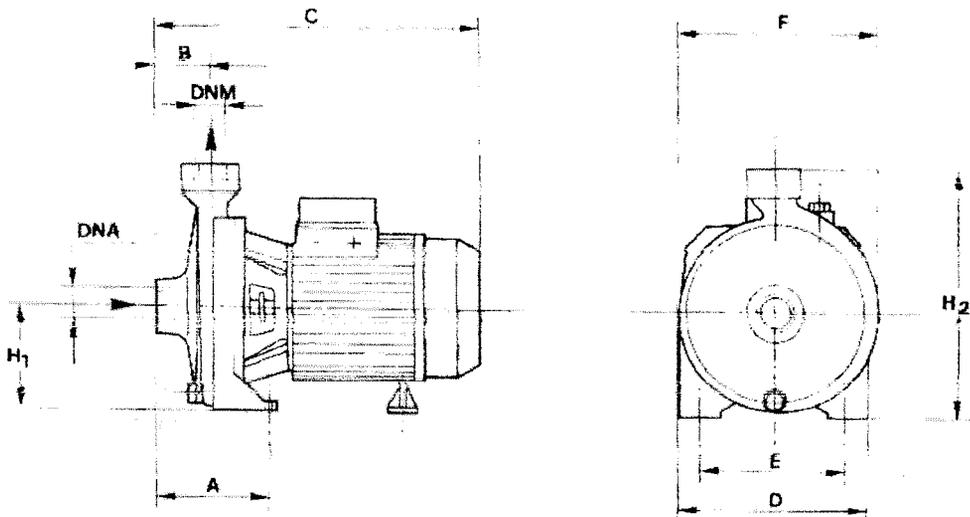
APÉNDICE H

GRÁFICOS Y TABLAS PARA SELECCIÓN DE SISTEMA DE LAVADO



CMA-B-C-D-CMR

CENTRIFUGAL PUMPS - SINGLE IMPELLER in cast iron



DIMENSIONAL TABLES

Pump Type	Dimensions [mm]							Weight [kg]			
	A	B	C	D	E	F	H1		H2	DNA	DNM
CMA 0.50 MT	75	42	267	150	110	160	82	202	1" G	1" G	7.3
CMA 0.75 MT	82	44	310	180	140	185	97	232	1" G	1" G	11.7
CMA 1.00 MT	82	44	310	180	140	185	97	232	1" G	1" G	12
CMA 1.50 MT	88	45	350	194	155	200	100	252	1" G	1" G	19.4
CMA 2.00 MT	88	45	350	220	180	225	115	280	1" G	1" G	21.3
CMA 2.50 T	88	45	350	220	180	220	115	280	1" G	1" G	22
CMB 0.75 MT	125	50	325	180	140	188	100	250	2" G	1" G	12.5
CMB 1.00 MT	125	50	325	180	140	188	100	250	2" G	1" G	12.8
CMB 1.50 MT	125	50	355	190	140	188	100	250	2" G	1" G	20.5
CMB 2.00 MT	115	58	364	200	150	210	110	270	2" G	1" G	21.5
CMB 3.00 T	115	58	364	200	160	210	110	270	2" G	1" G	21.5
CMB 4.00 T	125	60	430	240	130	247	132	322	2" G	1" G	39
CMC 0.50 T	120	35	432	247	185	247	132	322	2" G	1" G	41
CMC 0.75 MT	102	43	325	180	140	186	97	247	2" G	2" G	12
CMC 1.00 MT	102	43	325	180	140	186	97	247	2" G	2" G	13
CMC 0.75 MT	98	45	320	180	140	188	97	229	1" G	1" G	11
CMC 1.00 MT	98	45	320	180	140	188	97	229	1" G	1" G	13.2
CMC 1.50 MT	140	58	366	200	160	213	110	270	2" G	2" G	20
CMC 2.00 MT	140	58	366	200	160	213	110	270	2" G	2" G	24
CMC 4.00 T	140	58	366	200	160	213	110	270	2" G	2" G	41
CMC 4.00 T	140	58	450	200	160	213	110	270	2" G	2" G	31.5

Bombas de agua catalogo EBARA

PIPE FRICTION - WATER

Friction Loss Per 100 Feet For Water In
New Wrought Iron Or Schedule 40 Steel Pipe

1/4" 0.364" inside dia.				3/8" 0.493" inside dia.			
U.S. Gals. Per Min.	vel. V f.p.s.	vel. head V ² /2g feet	frict. loss h _f feet	U.S. Gals. Per Min.	vel. V f.p.s.	vel. head V ² /2g feet	frict. loss h _f feet
0.8	2.47	0.09	12.7	1.4	2.35	0.09	7.85
1.0	3.09	0.15	19.1	1.6	2.68	0.11	10.1
1.2	3.70	0.21	26.7	1.8	3.02	0.15	12.4
1.4	4.32	0.29	35.3	2.0	3.36	0.18	15.0
1.6	4.93	0.38	45.2	2.5	4.20	0.27	20.6
1.8	5.55	0.48	56.4	3.0	5.04	0.39	27.6
2.0	6.17	0.59	69.0	3.5	5.88	0.54	36.4
2.5	7.71	0.92	105.0	4.0	6.72	0.70	47.9
3.0	9.25	1.33	148.0	5.0	8.40	1.10	63.5
3.5	10.79	1.81	200.0	6.0	10.08	1.50	81.0
4.0	12.33	2.36	259.0	7.0	11.80	2.15	100.0
5.0	15.42	3.69	398.0	8.0	13.44	2.81	120.0
				9.0	15.10	3.56	150.0
				10.0	16.80	4.39	180.0

1/2" 0.622" inside dia.				3/4" 0.924" inside dia.			
U.S. Gals. Per Min.	vel. V f.p.s.	vel. head V ² /2g feet	frict. loss h _f feet	U.S. Gals. Per Min.	vel. V f.p.s.	vel. head V ² /2g feet	frict. loss h _f feet
2.0	2.11	0.07	4.78	3.0	1.81	0.05	2.50
2.5	2.64	0.11	7.16	3.5	2.11	0.07	3.39
3.0	3.17	0.16	10.0	4.0	2.41	0.09	4.21
3.5	3.70	0.21	13.3	5.0	3.01	0.14	6.02
4.0	4.22	0.28	17.1	6.0	3.61	0.20	8.87
5.0	5.26	0.43	25.8	7.0	4.21	0.28	11.8
6.0	6.34	0.62	36.5	8.5	4.81	0.38	15.0
7.0	7.38	0.85	49.7	9.0	5.42	0.46	18.8
8.0	8.45	1.11	62.7	10.0	6.02	0.56	23.0
9.0	9.53	1.40	78.3	12.0	7.22	0.81	32.6
10.0	10.60	1.73	95.9	14.0	8.42	1.10	43.5
12.0	12.70	2.49	130.0	16.0	9.61	1.44	56.3
14.0	14.80	3.40	183.0	18.0	10.80	1.82	70.3
16.0	16.90	4.45	235.0	20.0	12.00	2.25	86.1
				22.0	13.20	2.72	104.0
				24.0	14.40	3.24	124.0
				26.0	15.60	3.80	147.0
				28.0	16.80	4.41	173.0

CAUTION: No allowance has been made for age, differences in diameter resulting from manufacturing tolerances or any abnormal conditions of interior pipe surface. It is recommended that for commercial application a reserve or margin of safety to cover these effects be added to the values shown in the tables. Where no careful analysis of these effects are made a reserve of 15% is recommended.

Plastic pipe having a smoother wall will generate 15-20% less friction loss at any given flow rate.

Tabla Para Fricción En Tubería Para Agua

Serie 15 MPR/Serie 15 MPR

SISTEMA ALTERNATIVO

SISTEMA ALTERNATIVO

Trajectoria / Trayectoria de 30°

Boca / Boquilla	Presión Presa (bars)	Alcance Alcance (m)	Vazo Flujo (l/h)	Vazo Flujo (l/s)	Pluvia Precip. (mm/h)	Pluvia Precip. (mm/h)
	1.0	3.4	0.60	0.16	52	60
	1.5	3.9	0.72	0.19	47	55
	2.0	4.5	0.84	0.23	41	48
	2.1	4.6	0.84	0.23	40	46
	1.0	3.4	0.45	0.12	52	60
	1.5	3.9	0.54	0.15	47	55
	2.0	4.5	0.63	0.17	41	48
	2.1	4.6	0.63	0.18	40	46
	1.0	3.4	0.40	0.11	52	60
	1.5	3.9	0.48	0.13	47	55
	2.0	4.5	0.55	0.15	41	48
	2.1	4.6	0.56	0.16	40	46
	1.0	3.4	0.30	0.08	52	60
	1.5	3.9	0.36	0.10	47	55
	2.0	4.5	0.42	0.11	41	48
	2.1	4.6	0.42	0.12	40	46
	1.0	3.4	0.20	0.05	52	60
	1.5	3.9	0.24	0.07	47	55
	2.0	4.5	0.28	0.08	41	48
	2.1	4.6	0.28	0.08	40	46
	1.0	3.4	0.15	0.04	52	60
	1.5	3.9	0.18	0.05	47	55
	2.0	4.5	0.21	0.06	41	48
	2.1	4.6	0.21	0.06	40	46

Boca / Boquilla	Presión Presa (PSI)	Alcance Alcance (feet)	Vazo Flujo (GPM)	Pluvia Precip. (gal/h)	Pluvia Precip. (gal/h)
	15	11	2.60	2.07	2.39
	20	12	3.00	2.01	2.32
	25	14	3.30	1.62	1.87
	30	15	3.70	1.58	1.83
	15	11	1.95	2.07	2.39
	20	12	2.25	2.01	2.32
	25	14	2.48	1.62	1.87
	30	15	2.78	1.58	1.83
	15	11	1.74	2.07	2.39
	20	12	2.01	2.01	2.32
	25	14	2.21	1.62	1.87
	30	15	2.48	1.58	1.83
	15	11	1.30	2.07	2.39
	20	12	1.50	2.01	2.32
	25	14	1.65	1.62	1.87
	30	15	1.85	1.58	1.83
	15	11	0.87	2.07	2.39
	20	12	1.00	2.01	2.32
	25	14	1.10	1.62	1.87
	30	15	1.23	1.58	1.83
	15	11	0.65	2.07	2.39
	20	12	0.75	2.01	2.32
	25	14	0.82	1.62	1.87
	30	15	0.92	1.58	1.83

Tabla Aspersores Rain Bird



Sprockets en Existencia de Acero

No. 40
Paso 1/8"

"BS" — Barreno a la Medida

Modelo	Diámetro del Piñón	Diámetro Exterior	Longitud Total del Barreno	Paso (Pulg.)	Características
40BS9	1.570	1.570	1.570	1.00	
40BS10	1.540	1.540	1.540	1.00	
40BS11	2.000	2.000	2.000	1.25	
40BS12	2.170	2.170	2.170	1.31	
40BS13	2.330	2.330	2.330	1.38	
40BS14	2.480	2.480	2.480	1.45	
40BS15	2.650	2.650	2.650	1.52	
40BS16	2.810	2.810	2.810	1.59	
40BS17	2.980	2.980	2.980	1.66	
40BS18	3.140	3.140	3.140	1.73	
40BS19	3.300	3.300	3.300	1.80	
40BS20	3.460	3.460	3.460	1.87	
40BS21	3.620	3.620	3.620	1.94	
40BS22	3.780	3.780	3.780	2.01	
40BS23	3.940	3.940	3.940	2.08	
40BS24	4.100	4.100	4.100	2.15	
40BS25	4.260	4.260	4.260	2.22	
40BS26	4.420	4.420	4.420	2.29	
40BS27	4.580	4.580	4.580	2.36	
40BS28	4.740	4.740	4.740	2.43	
40BS29	4.900	4.900	4.900	2.50	
40BS30	5.060	5.060	5.060	2.57	
40BS31	5.220	5.220	5.220	2.64	
40BS32	5.380	5.380	5.380	2.71	
40BS33	5.540	5.540	5.540	2.78	

Tablas Para La Selección De Piñones

Unidad Langueda (Maquinaria)	Número de Piñones	Factor de Servicio	
		Factor de Servicio	Factor de Servicio
Maquinaria de acero	1	1.0	1.0
Maquinaria de acero	2	1.2	1.2
Maquinaria de acero	3	1.5	1.5
Maquinaria de acero	4	2.0	2.0
Maquinaria de acero	5	2.5	2.5
Maquinaria de acero	6	3.0	3.0
Maquinaria de acero	7	3.5	3.5
Maquinaria de acero	8	4.0	4.0
Maquinaria de acero	9	4.5	4.5
Maquinaria de acero	10	5.0	5.0

Tabla Para La Selección Del Factor De Servicio Del Copie

IN (Serie Universal) — Rangos de Torque y HP

Modelo	Rango de Torque (Lb-Ft)		Rango de HP		Velocidad (RPM)	Diámetro (Pulg.)	Peso (Lb)
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo			
IN-1	10	20	0.5	1.0	100	1.0	0.5
IN-2	20	40	1.0	2.0	100	1.5	1.0
IN-3	40	80	2.0	4.0	100	2.0	2.0
IN-4	80	160	4.0	8.0	100	3.0	4.0
IN-5	160	320	8.0	16.0	100	4.0	8.0
IN-6	320	640	16.0	32.0	100	5.0	16.0
IN-7	640	1280	32.0	64.0	100	6.0	32.0
IN-8	1280	2560	64.0	128.0	100	7.0	64.0
IN-9	2560	5120	128.0	256.0	100	8.0	128.0
IN-10	5120	10240	256.0	512.0	100	9.0	256.0
IN-11	10240	20480	512.0	1024.0	100	10.0	512.0
IN-12	20480	40960	1024.0	2048.0	100	11.0	1024.0
IN-13	40960	81920	2048.0	4096.0	100	12.0	2048.0
IN-14	81920	163840	4096.0	8192.0	100	13.0	4096.0
IN-15	163840	327680	8192.0	16384.0	100	14.0	8192.0
IN-16	327680	655360	16384.0	32768.0	100	15.0	16384.0
IN-17	655360	1310720	32768.0	65536.0	100	16.0	32768.0
IN-18	1310720	2621440	65536.0	131072.0	100	17.0	65536.0
IN-19	2621440	5242880	131072.0	262144.0	100	18.0	131072.0
IN-20	5242880	10485760	262144.0	524288.0	100	19.0	262144.0
IN-21	10485760	20971520	524288.0	1048576.0	100	20.0	524288.0
IN-22	20971520	41943040	1048576.0	2097152.0	100	21.0	1048576.0
IN-23	41943040	83886080	2097152.0	4194304.0	100	22.0	2097152.0
IN-24	83886080	167772160	4194304.0	8388608.0	100	23.0	4194304.0
IN-25	167772160	335544320	8388608.0	16777216.0	100	24.0	8388608.0
IN-26	335544320	671088640	16777216.0	33554432.0	100	25.0	16777216.0
IN-27	671088640	1342177280	33554432.0	67108864.0	100	26.0	33554432.0
IN-28	1342177280	2684354560	67108864.0	134217728.0	100	27.0	67108864.0
IN-29	2684354560	5368709120	134217728.0	268435456.0	100	28.0	134217728.0
IN-30	5368709120	10737418240	268435456.0	536870912.0	100	29.0	268435456.0
IN-31	10737418240	21474836480	536870912.0	1073741824.0	100	30.0	536870912.0
IN-32	21474836480	42949672960	1073741824.0	2147483648.0	100	31.0	1073741824.0
IN-33	42949672960	85899345920	2147483648.0	4294967296.0	100	32.0	2147483648.0
IN-34	85899345920	171798691840	4294967296.0	8589934592.0	100	33.0	4294967296.0
IN-35	171798691840	343597383680	8589934592.0	17179869184.0	100	34.0	8589934592.0
IN-36	343597383680	687194767360	17179869184.0	34359738368.0	100	35.0	17179869184.0
IN-37	687194767360	1374389534720	34359738368.0	68719476736.0	100	36.0	34359738368.0
IN-38	1374389534720	2748779069440	68719476736.0	137438953472.0	100	37.0	68719476736.0
IN-39	2748779069440	5497558138880	137438953472.0	274877906944.0	100	38.0	137438953472.0
IN-40	5497558138880	10995116277760	274877906944.0	549755813888.0	100	39.0	274877906944.0
IN-41	10995116277760	21990232555520	549755813888.0	1099511627776.0	100	40.0	549755813888.0
IN-42	21990232555520	43980465111040	1099511627776.0	2199023255552.0	100	41.0	1099511627776.0
IN-43	43980465111040	87960930222080	2199023255552.0	4398046511104.0	100	42.0	2199023255552.0
IN-44	87960930222080	175921860444160	4398046511104.0	8796093022208.0	100	43.0	4398046511104.0
IN-45	175921860444160	351843720888320	8796093022208.0	17592186044416.0	100	44.0	8796093022208.0
IN-46	351843720888320	703687441776640	17592186044416.0	35184372088832.0	100	45.0	17592186044416.0
IN-47	703687441776640	1407374883553280	35184372088832.0	70368744177664.0	100	46.0	35184372088832.0
IN-48	1407374883553280	2814749767106560	70368744177664.0	140737488355328.0	100	47.0	70368744177664.0
IN-49	2814749767106560	5629499534213120	140737488355328.0	281474976710656.0	100	48.0	140737488355328.0
IN-50	5629499534213120	11258999068426240	281474976710656.0	562949953421312.0	100	49.0	281474976710656.0
IN-51	11258999068426240	22517998136852480	562949953421312.0	1125899906842624.0	100	50.0	562949953421312.0
IN-52	22517998136852480	45035996273704960	1125899906842624.0	2251799813685248.0	100	51.0	1125899906842624.0
IN-53	45035996273704960	90071992547409920	2251799813685248.0	4503599627370496.0	100	52.0	2251799813685248.0
IN-54	90071992547409920	180143985094819840	4503599627370496.0	9007199254740992.0	100	53.0	4503599627370496.0
IN-55	180143985094819840	360287970189639680	9007199254740992.0	18014398509481984.0	100	54.0	9007199254740992.0
IN-56	360287970189639680	720575940379279360	18014398509481984.0	36028797018963968.0	100	55.0	18014398509481984.0
IN-57	720575940379279360	1441151880758558720	36028797018963968.0	72057594037927936.0	100	56.0	36028797018963968.0
IN-58	1441151880758558720	2882303761517117440	72057594037927936.0	144115188075855872.0	100	57.0	72057594037927936.0
IN-59	2882303761517117440	5764607523034234880	144115188075855872.0	288230376151711744.0	100	58.0	144115188075855872.0
IN-60	5764607523034234880	11529215046068469760	288230376151711744.0	576460752303423488.0	100	59.0	288230376151711744.0
IN-61	11529215046068469760	23058430092136939520	576460752303423488.0	1152921504606846976.0	100	60.0	576460752303423488.0
IN-62	23058430092136939520	46116860184273879040	1152921504606846976.0	2305843009213693952.0	100	61.0	1152921504606846976.0
IN-63	46116860184273879040	92233720368547758080	2305843009213693952.0	4611686018427387904.0	100	62.0	2305843009213693952.0
IN-64	92233720368547758080	184467440737095516160	4611686018427387904.0	9223372036854775808.0	100	63.0	4611686018427387904.0
IN-65	184467440737095516160	368934881474191032320	9223372036854775808.0	18446744073709551616.0	100	64.0	9223372036854775808.0
IN-66	368934881474191032320	737869762948382064640	18446744073709551616.0	36893488147419103232.0	100	65.0	18446744073709551616.0
IN-67	737869762948382064640	1475739525896764129280	36893488147419103232.0	73786976294838206464.0	100	66.0	36893488147419103232.0
IN-68	1475739525896764129280	2951479051793528258560	73786976294838206464.0	147573952589676412928.0	100	67.0	73786976294838206464.0
IN-69	2951479051793528258560	5902958103587056517120	147573952589676412928.0	295147905179352825856.0	100	68.0	147573952589676412928.0
IN-70	5902958103587056517120	11805916207174113034240	295147905179352825856.0	590295810358705651712.0	100	69.0	295147905179352825856.0
IN-71	11805916207174113034240	23611832414348226068480	590295810358705651712.0	1180591620717411303424.0	100	70.0	590295810358705651712.0
IN-72	23611832414348226068480	47223664828696452136960	1180591620717411303424.0	2361183241434822606848.0	100	71.0	1180591620717411303424.0
IN-73	47223664828696452136960	94447329657392904273920	2361183241434822606848.0	4722366482869645213696.0	100	72.0	2361183241434822606848.0
IN-74	94447329657392904273920	188894659314785808547840	4722366482869645213696.0	9444732965739290427392.0	100	73.0	4722366482869645213696.0
IN-75	188894659314785808547840	377789318629571617095680	9444732965739290427392.0	18889465931478580854784.0	100	74.0	9444732965739290427392.0
IN-76	377789318629571617095680	755578637259143234191360	18889465931478580854784.0	37778931862957161709568.0	100	75.0	18889465931478580854784.0
IN-77	755578637259143234191360	1511157274518286468382720	37778931862957161709568.0	75557863725914323419136.0	100	76.0	37778931862957161709568.0
IN-78	1511157274518286468382720	3022314549036572936765440	75557863725914323419136.0	151115727451828646838272.0	100	77.0	75557863725914323419136.0
IN-79	3022314549036572936765440	6044629098073145873530880</					

Cedazos y Filtros Totalmente Plásticos

Cedazo Simple con Canastilla de Plástico, 1/2" a 8" PVC, Coruña, CPVC y PPR



Características

- Protección contra daños de tierra y insectos
- Cubierta removible manual
- Diseño lineal
- Tapón de dren

Opciones

- Canastillas de acero inoxidable
- Manómetro de presión diferencial e interno

Especificaciones			
Diam.	Valor	Diam.	Valor
1/2"	5.3	2"	150
3/4"	7.5	3"	200
1"	10	6"	1500
1 1/2"	15	8"	200
2"	20		

Diametro	Material	Tipo de Conexión	Señales	Rango de Presión
1/2" a 4"	PVC, CPVC	Resaca - Descarga o Brackets	Válvula	1000 a 2000 PSI 30 PSI máximo
1" a 2"	PPR	Resaca - Descarga		
6" a 8"	PVC, CPVC	Resaca		

Características Técnicas Del Filtro De Agua

Válvulas, Conexiones y Accesorios

Válvulas Check de Bola Doble Unión, 1/2" a 8" PVC, Coruña, CPVC y PPR



Características

- Asiento de cuerpo de 10
- Asiento con anillo de conexión
- Para instalación horizontal o vertical
- Puerto completo de 1/4" a 4"
- Diseño de block en 1/2" y 3"
- Diseño especial en válvulas de 1/2" y 3/4"

Opciones

- Junta para válvulas de tipo anchuras.

Especificaciones			
Diam.	Valor	Diam.	Valor
1/2"	5.3	2"	150
3/4"	7.5	3"	200
1"	10	6"	1500
1 1/2"	15	8"	200
2"	20		
3"	30		

Diametro	Material	Tipo de Conexión	Señales	Rango/Presión
1/4" - 3/4"	PVC	Conexión - Descarga	Manómetro	
1/2" - 4"	PVC	Conexión - Descarga	100 PSI	
1/2" a 1" (1/2" a 1")	PVC o CPVC	Conexión - Descarga o Brackets		1000 a 2000 PSI 30 PSI máximo
1 1/2" - 2"	PPR	Resaca	Válvula	
6"	PVC	Resaca		

Características De La Válvula Cheque

APÉNDICE J

DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE SOPORTE DEL EQUIPO.

El equipo que ha sido diseñado debe estar colocado sobre su respectiva estructura. Para el diseño de esta estructura empezamos calculando la masa aproximada de todo el sistema el cual será:

Parte del equipo	Peso aproximado (kg)
Rotor (cuchillas, soportes y árbol de transmisión)	30
Armadura (paredes, tamiz, placas y pernos, toberas y conductos)	140
Motor eléctrico	65
Total	235

Tabla J.1: Masa aproximada del equipo

Por lo tanto multiplicando por la gravedad obtenemos el peso aproximado del equipo el cual será 2303N

Para el desarrollo de los cálculos esta fuerza se debe dividir para cuatro ya que serán dos los perfiles principales sobre las que se asentara el equipo y por cada perfil también tenemos dos puntos de apoyo

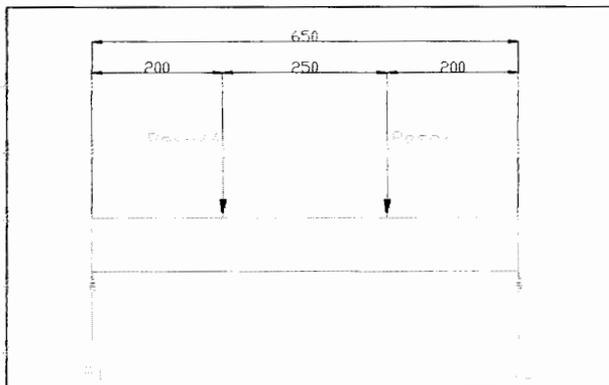


Fig. J.1 Cargas sobre el perfil de la estructura de soporte

El momento máximo que será generado por estas fuerzas:

$$M_{\max} = \left(\frac{\text{Peso}}{4} \right) (0.450m)$$

$$M_{\max} = \left(\frac{2303N}{4} \right) (0.450m)$$

$$M_{\max} = 259.1Nm$$

Por lo tanto utilizando la ecuación 4.2, y conociendo que el límite de cedencia para el acero común en el mercado 1018 es 200MPa tenemos:

$$\eta = \frac{S_y}{\sigma}$$

$$\eta = \frac{S_y * s}{M}$$

$$s = \frac{\eta M}{S_y}$$

$$s = \frac{4 * 259.1Nm}{200 * 10^6 N/m^2}$$

$$s = 5.182cm^3$$

Observando en la tabla que se muestra al final de este apéndice, se debe seleccionar un perfil C75. Por lo que se escogerá un perfil C 80*45*5, que es un perfil común en el mercado.

Esto indica que con pernos de 6mm de diámetro se puede soportar esta carga, pero como se aumento el tamaño del perfil también se va a aumentar el tamaño de los pernos a 13mm. El diseño final de esta estructura se la puede ver en el plano de ensamble del equipo.

h - altura da alma
b - largura das abas
d - altura do elemento embutido
e - espessura da chapa
ey - distância entre o eixo x-y e a fibra externa mais externa
S - área da seção
p - peso por metro linear
r - raio de curvatura interno

Ix - momento de inércia eixo x-x'
Iy - momento de inércia eixo y-y'
Wx - módulo de resistência eixo x-x'
Wy - módulo de resistência eixo y-y'
Ixc - raio de giração eixo x-x'
Iyc - raio de giração eixo y-y'

h	b	e	r	S	p	I _x	I _y	W _x	W _y	I _{xc}	I _{yc}	W _{xc}	W _{yc}
mm	mm	mm	mm	cm ²	kg/m	cm ⁴	cm ⁴	cm ³	cm ³	cm	cm	cm ³	cm ³
75	40	2,30	2,80	2,80	2,30	25,31	6,6	2,69	1,12	4,45	1,56	1,27	1,56
		2,35	3,32	3,32	2,41	29,43	7,8	2,67	1,14	5,17	1,88	1,27	1,88
		3,35	3,84	3,84	3,01	33,56	8,9	2,65	1,16	6,15	2,17	1,25	2,17
		3,34	4,35	4,35	3,21	37,48	9,9	2,63	1,18	6,91	2,45	1,25	2,45
		3,35	4,84	4,84	3,81	41,20	10,8	2,61	1,20	7,84	2,73	1,25	2,73
		4,35	5,32	5,32	4,41	44,71	11,9	2,59	1,22	8,84	3,00	1,25	3,00
		4,35	5,79	5,79	4,41	48,04	12,8	2,57	1,24	9,91	3,27	1,24	3,27
		4,36	6,48	6,48	5,36	52,75	14,0	2,55	1,27	10,10	3,65	1,24	3,65
		4,36	6,97	6,97	4,47	46,01	9,6	2,56	0,97	4,03	1,65	1,25	1,65
		4,35	3,89	3,89	3,01	57,50	11,5	3,84	0,98	5,39	1,96	1,22	1,96
		4,36	4,51	4,51	3,54	64,96	13,1	3,82	1,01	5,75	2,25	1,22	2,25
		4,34	5,11	5,11	4,11	73,99	14,7	3,80	1,03	7,01	2,55	1,22	2,55
		4,35	5,69	5,69	4,17	81,63	16,3	3,78	1,04	8,43	2,85	1,21	2,85
		4,35	6,27	6,27	4,42	88,38	17,7	3,76	1,06	9,91	3,14	1,21	3,14
		4,35	6,83	6,83	5,01	95,87	19,1	3,74	1,08	9,45	3,42	1,20	3,42
		4,35	7,67	7,67	6,03	104,81	21,1	3,71	1,11	11,09	3,84	1,20	3,84
		4,35	8,56	8,56	6,87	114,6	23,0	3,68	1,14	9,24	2,52	1,18	2,52
		4,35	4,35	4,35	3,41	68,35	15,7	3,46	1,05	10,44	3,00	1,18	3,00
		4,36	5,04	5,04	3,95	78,59	16,7	3,44	1,08	12,46	3,48	1,18	3,48
		4,34	5,71	5,71	4,46	88,29	17,6	3,42	1,10	14,10	3,94	1,17	3,94
		4,35	6,35	6,35	5,01	97,60	18,5	3,40	1,11	15,75	4,40	1,17	4,40

Los pernos que van a unir estos perfiles se los define según el siguiente análisis. En primer lugar se debe aclarar que van a estar sometidos a esfuerzo cortante puro:

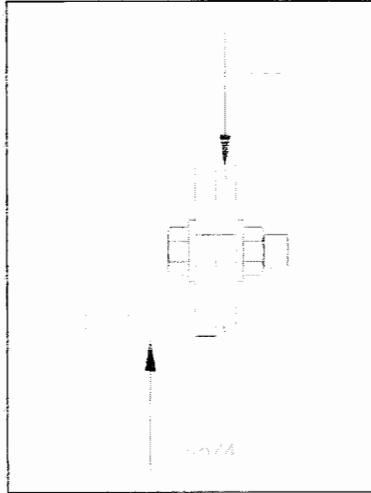


Fig. J.2 Cargas sobre los pernos de la estructura de soporte

$$\eta = \frac{S_{sy}}{\tau}$$

$$\eta = \frac{S_{sy} * A}{V}$$

Donde V es la fuerza cortante (peso/4), y A es la sección transversal del perno:

$$A = \frac{\eta * V}{S_{sy}}$$

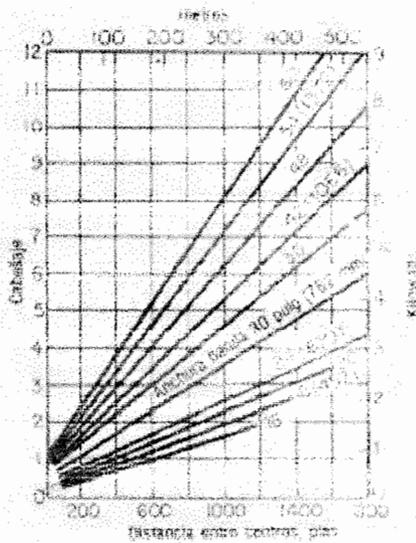
$$A = 2.303 * 10^{-5} m^2$$

$$d = 5.415 * 10^{-3} m$$

$$d = 5.415 mm$$

Mash 25,4	d	w	S%	Kgs. /M ²
3	1.30	7.15	72	2.53
4	1.10	5.25	68	2.42
5	1.00	4.00	64	2.50
6	0.71	3.75	69	1.50
7	0.80	2.80	60	2.26
8	0.71	2.50	61	1.99
9	0.71	2.11	56	2.26
10	0.60	1.94	58	1.80
12	0.50	1.60	58	1.51
14	0.50	1.31	53	1.75
16	0.44	1.15	46	1.55
18	0.42	0.99	49	1.59
20	0.40	0.90	48	1.60
20	0.50	0.77	38	2.50
25	0.25	0.75	56	0.78
25	0.32	0.71	48	1.26
30	0.22	0.63	55	0.73
30	0.30	0.55	42	1.35
35	0.22	0.50	48	0.85
40	0.22	0.415	43	0.97
40	0.24	0.395	39	1.15
50	0.20	0.308	37	0.99
60	0.17	0.255	36	0.86
70	0.15	0.212	34	0.79
80	0.13	0.187	35	0.68

Tabla De Selección De Malla



Selección De Potencia Para Malla Transportadora

BIBLIOGRAFÍA

- 1) SHIGLEY JOSEPH E. Diseño en Ingeniería Mecánica. Editorial Mc Graw Hill, cuarta edición, México 1990.
- 2) NORTON ROBERT L. Diseño de Máquinas. Editorial Prentice Hall, primera edición, México 1999.
- 3) MOTT ROBERT L. Diseño de Elementos de Máquinas. Editorial Prentice Hall, segunda edición, México 1995.
- 4) MORGING FAIRES. Diseño de elementos de maquinas. Montaner y Simons S.A. editores, España 1970.
- 5) MICHAEL ASHBY & DAVID JONES. Engineering Materials. Wheaton CItda, Great Britain 1982.
- 6) KENNETH BUDINSIKI & MICHAEL BUDINSIKI. Engineering Materials. Prentice Hall, New Yersey 1994.
- 7) DR. ING. OTTO SCWARZ. Ciencias de los Plásticos. Editorial Costa Nogal, Montevideo 2002

- 8) FRANK KEMMER. Manual del Agua. Editorial Prentice Hall, primera edición, México 1985.
- 9) THEODORE BAUMEISTER. Manual del Ingeniero Mecánico, editorial Prácticos, México 1992.
- 10) NTN, Catálogo de chumaceras, 1995.
- 11) CATALOGO MARTÍN, Arlington 1957
- 12) TORO JORGE, "Fabricación de Tejas con PET reciclado" (Tesis, Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la Producción, Escuela Superior Politécnica del Litoral, 2002).
- 13) CANTOS MARIA, "Rediseño de un Molino para Plásticos de Construcción Nacional" (Tesis, Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la Producción, Escuela Superior Politécnica del Litoral, 2005).
- 14) www.tecnologiadelplastico.com
- 15) www.plastunivers.com
- 16) www.plastivida.com.ar
- 17) www.arpet.com

18) www.wittman.com

19) www.tecnologiadelplastico.com

20) www.paginasamarillas.com

21) www.transpower.com

22) www.comeros.com

23) www.zerma.com

24) www.ingdecoulon.com

25) www.cmg.com

26) www.monografias.com