



D-10779

1
634.11
B826



ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Mecánica



BIBLIOTECA

" DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN PROTOTIPO
DE EXTRACTOR DE JUGO DE MANZANA "

TESIS DE GRADO

Previa a la Obtención del Título de:

INGENIERO MECANICO

Presentado por:

Robert Vicente Bravo Ludeña

Guayaquil - Ecuador

1.991

AGRADECIMIENTO

Al Ing. FEDERICO CAMACHO B.
Director de Tesis, por su
colaboración en el
desarrollo del presente
trabajo.

DEDICATORIA



BIBLIOTECA

A MIS PADRES

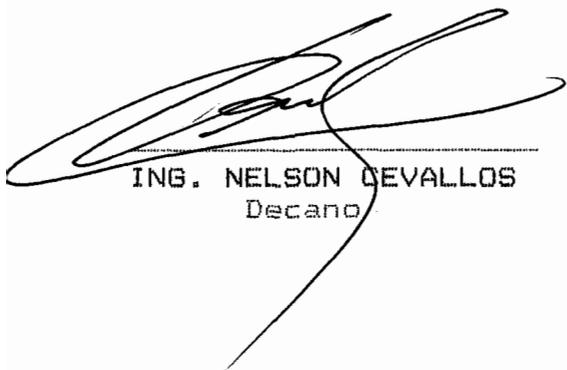
A MIS HERMANOS

DECLARACION EXPRESA

" La responsabilidad por los hechos, ideas y doctrinas expuestas en esta Tesis, me corresponden exclusivamente; y, el patrimonio intelectual de la misma, a la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL ".

(Reglamento de Exámenes y Títulos Profesionales de la ESPOL).

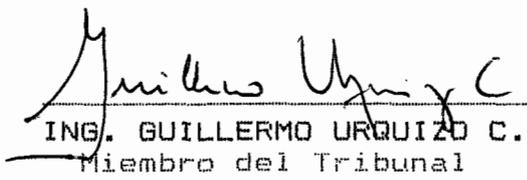
ROBERT VICENTE BRAVO LUDENA



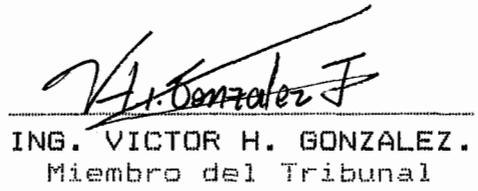
ING. NELSON DEVALLOS
Decano



ING. FEDERICO CAMACHO B.
Director de Tesis



ING. GUILLERMO URQUIZA C.
Miembro del Tribunal



ING. VICTOR H. GONZALEZ.
Miembro del Tribunal

INDICE GENERAL

RESUMEN	VI
INDICE GENERAL.....	VII
INDICE DE FIGURAS.....	X
INDICE DE TABLAS.....	XII
INDICE DE ABREVIATURAS.....	XIII
INTRODUCCION.....	XV

I. CAPITULO

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	17
1.1 INTRODUCCION	17
1.2 PRODUCCION NACIONAL	21
1.3 FORMAS DE CONSUMO	27
1.4 PROCESAMIENTO	33

II. CAPITULO

SISTEMAS PARA PROCESOS DE EXTRACCION DE JUGOS..	40
2.1 PRENSA FILTROS	42
2.2 PRENSA DE RODILLOS CONTINUA	47
2.3 PRENSA DE TORNILLO CONTINUA	50
2.4 CENTRIFUGA PERFORADA	55

III. CAPITULO

ANALISIS DEL DISEÑO	61
3.1 DETERMINACION DE OBJETIVOS	61
3.2 ALTERNATIVAS DE SOLUCION	63
3.3 SELECCION DEL SISTEMA OPTIMO	64
3.4 VISUALIZACION INTEGRAL DE LA MAQUINA	68
3.4.1 SECUENCIA DE OPERACIONES	68
3.4.2 ENFOQUE Y DESIGNACION DE COMPONENTES	68



IV. CAPITULO

DISEÑO Y SELECCION DE ELEMENTOS	74
4.1 TRITURADOR.....	74
4.1.1 DISEÑO DE TOLVA DE ALIMENTACION	79
4.1.2 DISEÑO DE CUCHILLAS	85
4.1.3 DISEÑO DE EJE DE CUCHILLAS	91
4.1.4 SELECCION DEL MOTOR	121
4.1.5 DISEÑO DE LA ESTRUCTURA	123
4.2 PRENSA - FILTRO	132
4.2.1 DISEÑO DE TORNILLO DE PRESION	133
4.2.2 DISEÑO DEL SISTEMA DE TRANSMISION ..	143
4.2.3 DISEÑO DE PANELES DE PRENSADO	154
4.2.4 DISEÑO DE LA ESTRUCTURA	158

V. CAPITULO

CONSTRUCCION DEL PROTOTIPO 172

5.1 DESCRIPCION DE LAS OPERACIONES REALIZADAS. 172

5.1.1 TOLVA DE ALIMENTACION..... 176

5.1.2 EJE DE CUCHILLAS 179

5.1.3 TORNILLO DE PRESION 181

5.1.4 PANELES DE PRENSADO 184

5.1.5 ESTRUCTURA 185

5.2 MONTAJE 186

5.3 ANALISIS DE COSTOS 187

BIBLIOTECA

VI. CAPITULO

PRUEBAS 190

6.1 PRUEBAS EN VACIO 190

6.2 PRUEBAS A DISTINTAS CARGAS 194

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 201

ANEXOS 203

BIBLIOGRAFIA 224

INDICE DE FIGURAS

	Pág.
2.1.- Mecanismo de prensas - filtros	44
2.2.- Prensa de rodillos continua	48
2.3.- Prensa de tornillo continua	52
2.4.- Centrífuga perforada	56
3.1.- Extractor de jugo de manzana	73
4.1.- Placa de la tolva sumergida en un fluido	83
4.2.- Esquema de experimento para determinar la fuerza de corte	87
4.3.- a) Diseño de forma de la cuchilla b) Modelo matemático c) Diagrama de fuerza cortante y momento flexionante	91
4.4.- Poleas escalonadas para transmisión de potencia a distintas velocidades	103
4.5.- Cargas actuantes sobre el eje	110
4.6.- Fuerzas cortantes y momentos flectores en el plano $x - y$	112
4.7.- Fuerzas cortantes y momentos flectores en el plano $x - z$	114
4.8.- Estructura del extractor	124
4.9.- Diagrama de cuerpo libre del tornillo de presión	136

4.10.- Sistema de transmisión	145
4.11.- Paneles de prensado	156
4.12.- Estructura de prensa-filtro	160
4.13.- a) Estructura con las cargas aplicadas	
b) Distribución de pernos	168
5.1.- Desarrollo de la tolva	177



INDICE DE TABLAS

	Pág.
I.- Superficie cosechada, producción y rendimiento por hectárea de manzana	24
II.- Producción en toneladas métricas de manzana ...	26
III.- Proyección de la oferta y demanda de conservas de frutas y vegetales en el Ecuador	32
IV.- Asignación de valores a alternativas de extracción	65
V.- Asignación de valores a los criterios de selección	66
VI.- Determinación de la función de criterio	67
VII.- Pruebas de corte de manzana en un cuchillo	88
VIII.-Resultados de pruebas del extractor	199

INDICE DE ABREVIATURAS

- A : Alternativa de selección de un problema; área
- b : Dimensión
- C : Criterio de evaluación de alternativa; capacidad
- c : Distancia del eje neutro a la superficie exterior de una viga
- D : Diámetro de eje
- d : Diámetro general; dimensión
- E : Módulo de elasticidad
- e : Espesor; índice de resistencia a la fatiga; eficiencia
- F : Fuerza
- G : Módulo de elasticidad al cortante
- h : Altura de sección; medida de la garganta de una soldadura
- I : Momento de inercia; intensidad de corriente
- K : Factor de concentración de esfuerzos
- k : Factor de modificación de la resistencia a la fatiga
- L : Longitud; avance del tornillo
- M : Momento (de una fuerza)
- mm : Milímetros
- m : Metros

BIBLIOTECA

N : Newtons
lt : Litros
n : Factor de seguridad
P : Carga o fuerza; Potencia
p : Presión; paso de tornillo
q : Carga por unidad de longitud
R : Fuerza reactiva en apoyos; confiabilidad
r : radio
S : Resistencia mecánica; fuerza de tensión
s : Índice correspondiente a esfuerzo cortante
T : Torque
t : Tiempo; espesor; índice correspondiente a tensión
u : Índice de resistencia última
V : Fuerza cortante; voltaje
W : Peso, vatios
w : Dimensión; espesor
X : Puntaje asignado a criterio de selección de alternativa; coordenada cartesiana
Y : Coordenada cartesiana; distancia
y : Índice de resistencia a la fluencia
δ : Deformación total
θ : Angulo de giro; subíndice
β : Constante de proporcionalidad
α : Constante de proporcionalidad; ángulo
π : Constante (3.141592....)
Σ : Sumatoria

INTRODUCCION

Características de orden social, político, económico y de desarrollo tecnológico, son determinantes a la hora de señalar un adecuado método o proceso que tenga por objetivo satisfacer una necesidad. Esta situación se presenta con los productores de casi 30.000 Tm al año, que no encuentran una alternativa viable al problema que se les presenta en temporadas de cosecha, como es la falta de mecanismos de conservación y/o transformación que les permita evitar la descomposición de la fruta, y poderla ofrecer al consumidor en formas diferentes durante todo el año.

El presente estudio se dedica a proyectar una máquina de fácil operación que permita satisfacer estas demandas, teniendo como meta la construcción del mismo, que luego de evaluado y perfeccionado de ser necesario, brinde una alternativa para el problema antes mencionado.

Es importante indicar que la validez y éxito de esta propuesta, depende de la aplicación de políticas globales encaminadas al desarrollo socioeconómico, que protejan la

industrialización generada por esta tecnología. Así mismo que la adquisición del equipo sea facilitada mediante la implementación de adecuados programas crediticios dirigido al agricultor y pequeño agroindustrial, cumpliéndose de esta forma el objetivo aquí planteado.



CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 INTRODUCCION

Los frutales de hoja caduca, a los que se pertenece la manzana, la pera y el durazno, se cultivan en el Ecuador desde tiempos de la colonia, en que fueron introducidos por los españoles que las trajeron desde Europa y Asia, en donde se producen en forma espontánea. Desde aquel período hasta la presente fecha se han introducido mas de 150 variedades y especies procedentes desde otros países, además de que se han adaptado a las condiciones climáticas que se pueden considerar como adversas, y a altitudes que en muchos de los casos superan los 2000 m de altura sobre el nivel del mar⁽¹⁾.

Comercialmente se producen en el país más de 20 variedades de manzana, estas se reproducen por semillas, así como a través de injertos. Los

requerimientos de clima, temperatura, luminosidad, suelo y precipitación en horas de frío son los adecuados para este tipo de frutal.

La manzana, así como la pera y el durazno, se cultivan en forma mezclada o asociada con otros cultivos propios de la zona. (2)

Aproximadamente 4000 Hs se cultivan en el Ecuador, de las cuales aproximadamente el 61% corresponden a la provincia del Tungurahua, siguiéndole en importancia las provincias de Azuay, Chimborazo, Cotopaxi y finalmente Cañar. (2)

Se calcula que el Ecuador podría ampliar su superficie cultivable alrededor de 20 veces más de la actualmente determinada, esto es nos aproximariamos a las 80.000 hs cultivadas en altitudes que se encuentran entre los 2000 y 2800 m sobre el nivel del mar, empleando variedades que reúnan características biológicas de adaptación a las nuevas condiciones ecológicas, y de calidad aceptada por el mercado nacional e internacional. A ello se debe añadir la utilización de técnicas adecuadas, para hacer los cultivos rentables y de exportación.

Los principales meses de producción de manzana son: Enero, Febrero y Marzo, aunque la temporada da su inicio en el mes de Diciembre y finaliza en el mes de Julio⁽¹⁾.

La tecnología de producción empleada es generalmente tradicional y poco apropiada para los requerimientos de cultivo, las principales actividades realizadas por los agricultores son: el establecimiento, manejo o mantenimiento de los huertos, actividades que utilizan el 40% de mano obra y finalmente el empleo de insumos y fertilizantes.

Los costos de producción varían de acuerdo a la localidad o zona donde se cultiva la fruta, las técnicas de establecimiento, mantenimiento, y también se encuentran en función de los equipos utilizados.

En el Ecuador se consume en general fruta en forma fresca y un mínimo porcentaje se lo hace en forma industrializada. La falta de calidad de la fruta, su estacionalidad y una producción nacional competitivamente baja frente a la extranjera limita enormemente el mercado. De ahí la necesidad de emprender en programas agresivos que impulsen el desarrollo del cultivo e industrialización de la manzana, en pequeña y gran escala, para de esta forma

elaborar productos de fácil conservación y gran aceptación por parte del público consumidor.

Las importaciones ilegales tienden a convertirse en una fuente de materia prima de las escasas industrias conserveras existentes en el país, principalmente en épocas de escasez.

Se estima que un 30% de las cosechas se pierde en las operaciones de recolección, transporte, almacenaje, y operaciones de manipuleo en general en todas las actividades comerciales⁽¹⁾.

En definitiva, pese a los problemas tecnológicos que han incidido para que no se tenga un nivel de competitividad en el mercado externo de frutas, las posibilidades para el país e inversionistas privados se tornan promisorios, en el sentido de que; una mejor productividad, mayores niveles de producción, óptimos procesamientos de la fruta y calidades adecuadas a los requerimientos internacionales, mejorarán la rentabilidad de ésta actividad.

1.2 PRODUCCION NACIONAL DE LA FRUTA.-

El manzano es nativo de Europa y Asia central, donde particularmente es encontrado en zonas poco elevadas y se adapta mejor a zonas de clima templado. Esta planta pertenece a la familia de las rosáceas, su nombre científico es *pirus malus*.

En el Ecuador la fruticultura se ha desarrollado en zonas de climas templados, esto es en temperaturas que oscilan entre los 18 y 20 °C., y alturas comprendidas entre los 2000 y 2800 m de altura sobre el nivel del mar. Estas características permiten estaciones lluviosas frías y con vientos que favorecen el agotamiento de las plantas y otra temporada caliente que favorece la frutificación.

En el Ecuador las variedades más comunes son⁽¹⁾:

Golden delicious	Red delicious
Starking delicious	Red Jonathan
Rome Beauty	Winter Banana
Belde Flower	Emilia
Emilia Morada	Emilia Roja
Tortera Criolla	Azotada
Remolacha	Granmy Smith
San Antonio	Verde Rajadal

La producción de manzana en el Ecuador se ha estimado en base a informaciones estadísticas proporcionadas por diferentes instituciones, entre las cuales podemos mencionar las siguientes: Instituto Nacional de Estadística y Censos(INEC), El ministerio de agricultura y Ganadería (MAG), el CONADE, y el MICIP, información que se remite a grandes plantaciones, sin tomar en cuenta el cultivo de pequeños huertos a nivel familiar, que de una u otra forma afectan de manera positiva a la oferta global del producto.

Una investigación de campo conformada por la firma consultora CEDATOS, en un trabajo realizado para para la Asociación Nacional de Exportadores ANDE⁽¹⁾, ha determinado que las provincias que se encuentran en la zona central del callejón interandino son las principales productoras de manzana, estas son: Cotopaxi, Tungurahua, Chimborazo, Bolívar, Cañar y Azuay.

SUPERFICIES COSECHADAS, PRODUCCION Y RENDIMIENTO

La información estadística demuestra que las superficies cultivadas por hectárea a disminuído con relación a años anteriores. Sin embargo pese a que

esta disminución se la puede considerar como mínima, el problema radica en la inmovilidad productiva del cultivo. Es decir, no ha existido un incremento de la superficie durante 11 años, como se lo indica en la Tabla No. I.

La producción de manzana se ha incrementado en el período señalado, sin embargo se presenta una caída en el año 1984. En igual forma, los rendimientos se han incrementado casi proporcionalmente cada año (3000 Kg/ha) a partir del año inicial de este análisis.

Esto significa que el productor esta asimilando paulatinamente, mejores técnicas de cultivo y usos adecuados de los recursos e insumos.

TABLA No. I

SUPERFICIE COSECHADA, PRODUCCION Y RENDIMIENTO POR

HECTAREA DE MANZANA

Año	Superf. (Ha)	Produc. (Tm)	Rendimi. (Kg/Ha)
1974	2733	19021	6960
1975	2926	22860	7813
1976	2865	23229	8108
1977	3275	27261	8446
1978	3128	30521	9757
1979	3153	30767	9758
1980	3201	30899	9653
1981	3204	33944	10594
1982	3230	29437	10336
1983	3122	35123	11250
1984	2848	29437	10336

FUENTE: MAG, Estadísticas Nacionales, 1984, Quito

ELABORACION: El Autor

PRODUCCION.-

En el Ecuador la principal zona de producción es la provincia del Tungurahua con un promedio de 22446 Tm al año, estimados en el período 1975-1984, y representa un 75.15% de la producción total en las zonas de estudio.

El Azuay alcanza una producción de 3385 Tm al año, un 11.24% de la totalidad.

Chimborazo con 3131 Tm por año, corresponde al 10.49% encontrándose muy cerca del Azuay, y finalmente a Cañar y Cotopaxi con 778.4 Tm y 207.5 Tm de producción anual, respectivamente. Tabla No. II.

En cuanto a la potencialidad en producción de frutales, investigaciones realizadas han permitido determinar que en el Ecuador existen 70000 Hs ecológicamente aptas para el cultivo de frutas. Por observaciones y entrevistas con los agricultores y técnicos en fruticultura, se puede llegar a la conclusión de que el país dispone de tierras aptas para ser incorporadas a la producción frutícola.

TABLA No. II

PRODUCCION EN TONELADAS METRICAS DE MANZANA

PERIODO 1975-1984

Año	Coto paxi	Tungu rahua	Chimbo razo	Ca- ñar	Azuay	Total
1975	168	17468	1600	720	2900	22856
1976	174	17010	3240	800	1925	23149
1977	-	22216	2304	1008	2128	27656
1978	-	22716	3116	692	3988	30512
1979	114	22725	3268	700	3946	30753
1980	291	22725	3465	504	3900	30885
1981	258	25628	3354	800	3850	33890
1982	240	26163	3150	857	4171	34581
1983	-	26400	3835	848	3990	35073
1984	-	21410	3980	955	3060	29405

FUENTE: MAG, Estadísticas Provinciales, 1984, Quito

ELABORACION: El Autor

1.3 FORMAS DE CONSUMO

El consumo de la manzana, tanto en los hogares como por parte de la industria conservera, depende de ciertas características propias de la producción nacional por una parte (estacionalidad, volumen), y por otra parte de las importaciones legales e ilegales realizadas.

Según investigaciones realizadas en las zonas frutícolas antes mencionadas, la producción se circunscribe a los seis primeros meses del año, con pequeñas variaciones de tiempo, de acuerdo a las variaciones ecológicas propias de cada zona. Estas características, junto con la imposibilidad tecnológica de conservación de la fruta, y por ende de mantener reservas o stocks, la baja calidad de la producción, incide en la satisfacción del consumidor.

La demanda de alimentos ha crecido en forma acelerada, así, se calcula que para el año de 1980 creció a razón de 5.8% anual^(*), consecuencia de la corriente migratoria y cuyunturalmente por el mejoramiento de la capacidad adquisitiva de ciertos estratos poblacionales. Sin embargo la producción de alimentos a experimentado un notable deterioro en su

crecimiento, razón por la que se explica la creciente presencia de alimentos importados en el mercado y en la dieta diaria de la población, entre las que se encuentran particularmente las frutas frescas y elaboradas.

El consumo interno en el Ecuador, principalmente en los últimos años a sufrido una tendencia creciente a depender de la importaciones, sobre todo de las ilegales. La preferencia de la industria conservera por la fruta fresca y las restricciones a las importaciones sin un adecuado apoyo estatal a la producción nacional, conducen a una reorientación del consumo frutícola en general.

Por otra parte, el comportamiento del consumo de frutas es bastante elástico con respecto a los ingresos familiares, pues a medida que mejoran los ingresos, mejora el consumo de frutas, la restricción que se observa es con respecto al tamaño de la fruta a ser comprada, particularmente las manzanas son adquiridas por los hogares en calidad de consumidores finales casi siempre por unidades, en pequeñas cantidades y en forma heterogénea, sin dejar de tomar en cuenta la variación de precios.

La fruta fresca en el Ecuador es consumida a través de dos grandes canales, el consumo humano y el consumo por parte de la industria.

CONSUMO HUMANO.

Ecuador carece de suficiente información con respecto al consumo frutícola, pues tradicionalmente este no ha influido en los ingresos fiscales. Además no se ha prestado atención a la obtención y procesamiento de informaciones actualizadas.

De la producción total de manzana, así como pera y durazno, la mayor parte se la consume en fresco, fundamentalmente por la falta de condiciones para la elaboración en la industria.

Siendo Tungurahua, la zona de mayor producción en general, tenemos que solamente el 3% de sus cosechas queda para satisfacer la demanda local, provocando con esto la escasez del producto y consecuentemente la elevación en los precios.

Por el contrario tanto en Azuay como en Cañar no se presenta este problema puesto que la producción de

frutas satisfacen la demanda local y el excedente es colocado en otros centros como Guayaquil y El Oro.

Los centros de consumo y comercio, generalmente se encuentran a 10 y 15 km. de distancia de los centros productivos. Una gran parte de la comercialización se la realiza en Ambato, aunque es común ver a los intermediarios recorriendo las fincas, tratando de conseguir precios bajos.

En cuanto a la estacionalidad de consumo, esta ha mantenido una correspondencia con las épocas de producción, los meses de Febrero, Marzo, Abril y Mayo, conforman la temporada de mayor consumo, aquí los precios son bajos, todo lo contrario sucede el resto del año, en que se consume manzana importada.

CONSUMO INDUSTRIAL.

Gran cantidad de la producción nacional es consumida por la agroindustria Ecuatoriana, sin embargo debido a la baja calidad y los precios altos e inestables que impiden una correcta programación industrial a largo plazo, provoca una utilización cada vez mayor de volúmenes importados, fenómeno que redundará en que la producción frutícola pierda paulatinamente su

presencia en el consumo para el procesamiento industrial. Según datos obtenidos directamente en las industrias conserveras en el año de 1980, el 12% del total producido es absorbida por estas industrias.

Informaciones cruzadas entre el CONADE y el Instituto Nutricional, muestran que el consumo per cápita actual de conservas de frutas y vegetales (incluida la manzana) es de alrededor de 3.7 kg/año. Proporcionan además una proyección de la demanda nacional a partir del año de 1988. Tabla No. III

Esta demanda al ser comparada con la oferta proyectada para el mismo período, determina que la industria conservera tiene grandes perspectivas de desarrollo, ya que la demanda requerirá de una oferta mucho mayor en el futuro.

TABLA III

PROYECCION DE LA OFERTA Y DEMANDA DE CONSERVAS
DE FRUTAS Y VEGETALES EN EL ECUADOR
AÑOS 1980-199

AÑOS	POBLACION URBANA (Miles)	CONSUMO PERCAPITA (Kg.)	OFERTA FUTURA (Tm)	DEMANDA FUTURA (Tm)
1988	5.433	3.7	13.872	20.139
1989	5.668	3.7	15.063	20.972
1990	5.902	3.7	16.254	21.839
1991	6.149	3.7	17.445	22.749
1992	6.401	3.7	18.636	23.684
1993	6.665	3.7	19.827	24.660

FUENTE: CONADE, INEC, Estimación Poblacional, 1984

ELABORACION: El Autor

1.4 PROCESAMIENTO

Las manzanas son las mas versátiles de todas las frutas, poseen una combinación única de una estructura crujiente y un sabor muy agradable que las hace muy adecuadas para diversos usos, tanto en forma fresca asi como procesadas.

El procesamiento de la manzana tiene un vínculo importantísimo con el área del cultivo de la misma, pues depende mucho de su tamaño, calidad y temporadas de cosecha.

Los productos de manzana pueden dividirse en dos grandes grupos : Productos de pulpa que incluyen salsa productos en rebanadas, manzanas horneadas y el otro producto que lo conforman el jugo y sus productos.

En los productos de pulpa, las manzanas generalmente se pelan y descorazonan, las cascaras y los centros pueden ser utilizados en la fabricación de distintos subproductos.

Los productos del jugo se preparan moliendo primero la fruta, luego es prensada, produciendose de esta forma la extracción del jugo, el mismo que posteriormente recibirá una serie de tratamientos de preservación,

antes de ser envasado. La torta del prensado, luego de secarse puede utilizarse para la alimentación del ganado o como materia prima para la elaboración de distintos trabajos industriales.

SALSAS Y PRODUCTOS REBANADOS.

Las manzanas que van a emplearse en la fabricación de salsas o rebanadas, son cuidadosamente seleccionadas ya que deben tener una buena textura, un mínimo de defectos que requieran corte, y el suficiente tamaño para que al ser peladas resulten económicas.

Los tamaños seleccionados se encuentran en el orden de 2.25 pulg., a 3 pulg., de diámetro, que luego del proceso de pelado y descorazonado ofrezcan rendimientos entre el 53 y 70% respectivamente.

El tamaño también es importante cuando se considera el volumen de fruta que va a pelarse con máquina. Pues el mondado de manzanas con diámetro inferior a 2.25 pulg., se considera antieconómico y es mejor destinarlo a la producción de jugos.

Casi toda la salsa se procesa a partir de manzanas mondadas y descorazonadas mecánicamente. Cada máquina requiere de un operador para alimentar las manzanas una a la vez, y colocarlas en la posición adecuada en el eje del vástago.

Las cáscaras y centros significan el 30% de la manzana. En años recientes se han construido mondadores con cuchillos automáticos, que no requieren que la fruta se coloque en forma manual. También se ha desarrollado un sistema de mondado con legía que reduce las pérdidas de epidermis a menos del 10%.

La manzana mondada y descorazonada se recorta a mano para eliminar trozos de epidermis, magulladuras y otros defectos. Después la fruta es picada, se cuece al vapor, se mezcla con azúcar y se pasa por un triturador que fuerza la SALSÁ a través de una malla con numerosas aberturas pequeñas (0.3 a 0.75 pulg., de diámetro). Esta trituradora elimina los defectos, cáscaras, semillas y tejidos de los carpelos y genera el tamaño de partícula deseado. Finalmente este puré es envasado herméticamente en recipientes de metal o de vidrio y se esteriliza al calor⁽¹⁰⁾.

PRODUCTOS DE JUGO DE MANZANA.

En el mundo los jugos de manzana frescos o fermentados exceden a todos los otros productos combinados derivados de la manzana. En los Estados Unidos de Norte-América se produce un total de 35 millones de gal., al año.

Hay considerable confusión con respecto a los términos empleados para denominar al jugo de manzana. En Europa, "sidra" es el jugo fermentado, aquel que no lo es se denomina "mosto" o simplemente jugo de manzana. En Norte-América jugo de manzana se refiere al producto de esta fruta preservado por medio de calor y envasado en recipientes herméticamente sellados. El jugo no fermentado se llama sidra, a ellos nos referiremos en adelante.

SIDRA FRESCA.- Esta casi siempre se prepara en operaciones pequeñas, que emplean equipos menos costosos que aquel requerido para la producción de jugo pausterizado.

En ambas operaciones el fabricante depende de las variedades de manzanas disponibles. Es práctica común mezclar variedades, ello proporciona un producto más

uniforme, permite además emplear algunas variedades que no son adecuadas cuando se utilizan solas.

Los molinos de sidra tienen un rallador montado sobre la prensa, la pulpa molida cae sobre un marco forrado con tela, en ésta se envuelve una capa de pulpa de manzana de 2 a 3 pulg., de espesor para formar un queso. Las capas sucesivas se separan por medio de bastidores de madera con rejillas que se montan una sobre otra. El jugo se extrae por medio de una prensa hidráulica que ejerce una presión aproximada de 750 psi, la operación dura de 20 a 30 minutos, el rendimiento es aproximadamente de 160 galones por tonelada.

La sidra fresca contiene levaduras, hongos y bacterias, que provocan el deterioro en uno o dos días a temperatura ambiente. Se utilizan varios métodos para retardar la fermentación, a 10°C retarda el crecimiento de la levadura y hongos y en especial de las bacterias, así como aumenta la vida de almacenamiento en una o dos semanas.

Hasta hace poco la sidra se preservaba por la acción del benzonato de sodio, esto evita el deterioro durante una semana a temperatura ambiente o varias semanas mas a temperturas inferiores.

La radiación ultravioleta es un nuevo procedimiento preservativo, no afecta el sabor, unos cuantos segundos de exposición a los rayos ultravioleta, disminuye del 90 al 99% de microorganismos presentes⁽¹⁰⁾.

El jugo natural de manzana se prepara agregando suficiente ácido ascórbico a las manzanas durante la molienda para evitar la oxidación. Si se cuela el jugo sin filtrarlo retiene el sabor de las manzanas frescas después de ser esterilizado al calor.

JARABES Y CONCENTRADOS.- La fabricación de salsas y rebanadas, da como resultado la presencia de grandes cantidades de cáscaras y corazones, aproximadamente el 30% de la fruta. Si se prensa y se extrae este volumen de residuos es utilizado en la fabricación de vinagres y diversos concentrados y jarabes. Los concentrados para bebidas se preparan a partir de manzanas enteras apropiadas para el jugo.

La sidra hervida es empleada para la fabricación de mantequilla de manzana para uso doméstico. Se la hace hirviendo la sidra a presión atmosférica hasta que llega a tomar una concentración de jarabe.

El concentrado de manzana se lo obtiene luego de eliminar agua por medio de evaporadores al vacío, a temperaturas inferiores a los 60°C, para evitar daños al producto, por calor.

CAPITULO II

SISTEMAS PARA PROCESOS DE EXTRACCION DE JUGOS

Gran variedad de sustancias alimenticias, sean estas frutas, verduras o semillas, contienen constituyentes líquidos valiosos en el interior de su estructura.

Los sumos de frutas, por ejemplo, son utilizados en la elaboración de diferentes bebidas y vinos, así como el empleo de la pulpa como forraje animal, y más recientemente en la elaboración de productos para la alimentación humana.

Las paredes de las células se han de romper generalmente antes de ser extraídos sus líquidos, siendo para esto necesaria cierta forma de pretratamiento previo, como el calentamiento y/o pulpeo⁽³⁾.

Para evitar la desnaturalización de las proteínas es necesario emplear distintos métodos de extracción. Tradicionalmente se ha empleado el estrujamiento mecánico

como mecanismo de separación de los líquidos de los sólidos, mediante la aplicación de fuerzas de compresión, y que encuentran una amplia aceptación en la industria de alimentos y bebidas.

Estas separaciones se llevan a cabo mediante la aplicación de fuerzas físicas actuando sobre partículas o líquidos, fuerzas entre las que se incluyen: fuerzas de gravedad, centrífugas y cinéticas procedentes del flujo.

Las partículas o corrientes se separan de acuerdo a cual sea su reacción a estas fuerzas y los aparatos se diseñan de tal manera que promuevan su separación.

En este tipo de separaciones es ampliamente empleada la filtración, que es la separación de los sólidos contenidos en los líquidos. Esta se consigue haciendo fluir la mezcla a través de poros lo suficientemente pequeños para retener las partículas sólidas, y lo suficientemente grandes para permitir el paso de los líquidos.

En algunos filtros se utiliza la fuerza centrífuga como fuerza motriz, esto se lo consigue con aparatos provistos de una cesta perforada, que puede tener una tela sobre ella. La mezcla se pasa al interior de la cesta que gira a

elevadas revoluciones provocando el paso del líquido por los respectivos medios filtrantes. Los métodos más empleados en la separación de la matriz sólido - líquido son los siguientes:

- Mecanismo de Prensas filtros
- Prensa de Rodillos Continua
- Prensa de Tornillos Continua
- Centrífuga Perforada.

La selección del equipo depende considerablemente de factores económicos, y estos varían dependiendo de: la viscosidad del fluido, el tamaño de las partículas sólidas, concentración de la pasta.

2.1 PRENSA FILTROS

Son ampliamente empleados en la industria ya que permiten obtener grandes superficies de filtración en pequeños espacios.

Los mecanismos de prensas filtros están constituidos por placas macizas y cuadros o bastidores huecos, ambos con orejas laterales, de modo que puedan montarse sobre barras verticales, para luego ser sometidos entre si a fuerzas de presión, tal como se

muestra en la Figura 2.1.

Las placas son labradas adecuadamente, para que al ser afianzados entre sí, con una tela o medio de filtración entre ellas, y que además sirve como empaque, su cerradura sea hermética, capaz de no permitir el escape de cualquier sustancia por ese sector una vez iniciado el proceso de filtración.

Las placas poseen nervaduras o canales en su superficie lateral, esto es con la finalidad de que sirvan como soporte del medio filtrante, y además proporcionen un medio de evacuar el filtrado.

Sobre cada placa se coloca el medio filtrante o tela, cubriendo ambos lados o caras, y por sobre estos se pone un bastidor de tal manera que, alternando placas y marcos se forma una serie o pila de celdas o pequeñas cámaras de filtración.

El extremo del un lado de la serie es cerrado por la tapa de la prensa, y el otro extremo por la última placa, contra la cual se aplica fuerzas de compresión, oprimiendo así las juntas de telas y placas permitiendo de esta manera que todo el conjunto funcione bajo presión. Es común el empleo de

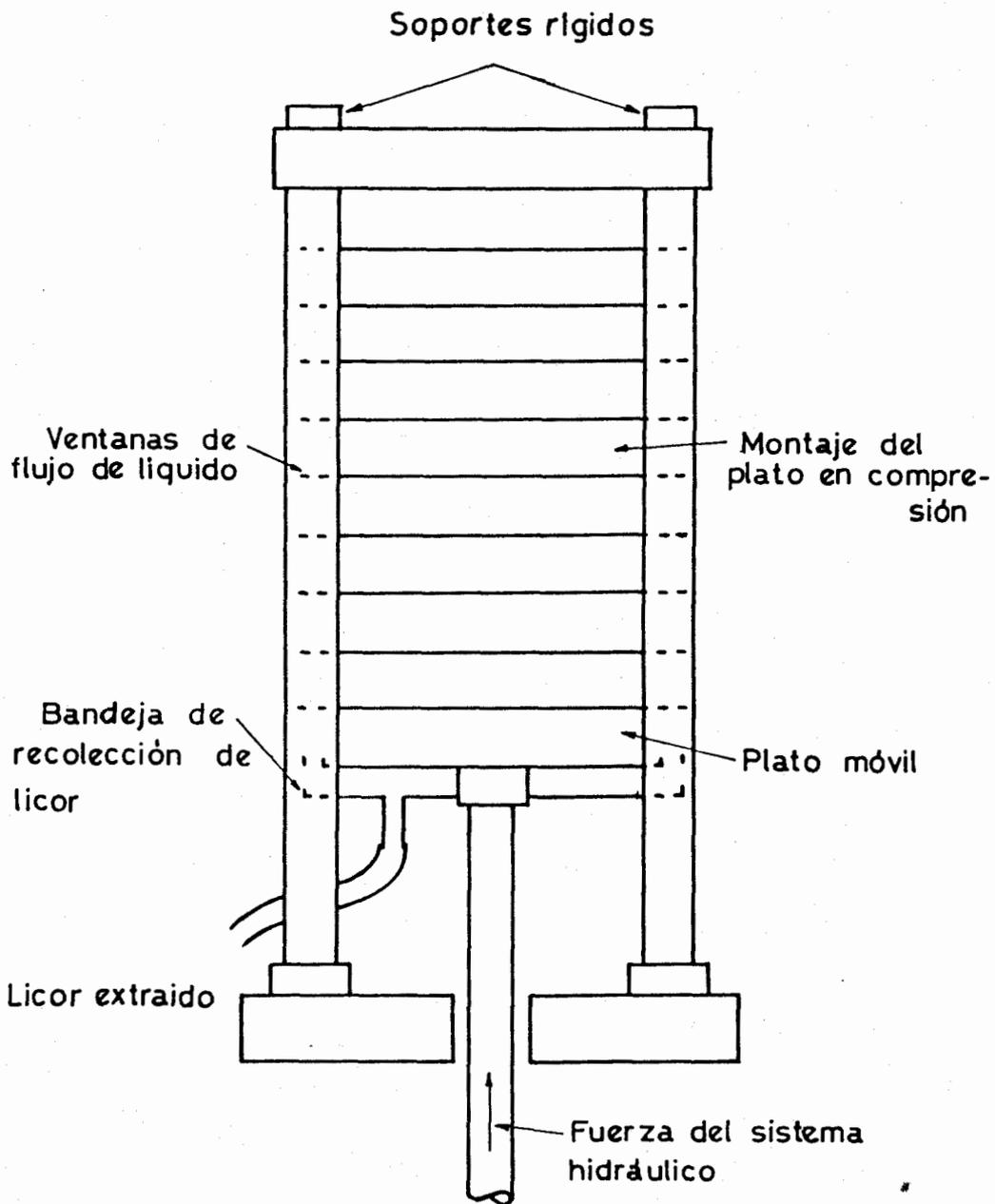


FIG. 2.1 MECANISMO PRENSA FILTROS

mecanismos hidráulicos o neumáticos para obtener mayor potencia⁽⁴⁾.

Durante el proceso de filtración, el filtro prensa permite la entrada de la pasta de alimentación hacia la superficie filtrante a través de su propio ducto, permite que la pasta alimentada sea forzada contra la superficie filtrante, y que el filtrado que ha sido pasado salga por su propio ducto, mientras que retiene los sólidos que originalmente se encontraban en la pasta de alimentación⁽⁵⁾.

La filtración continúa hasta que el flujo filtrado sea menor que cierto límite práctico o la torta alcanza un nivel de presión inaceptablemente elevado, debido al empaquetamiento denso de la torta en las placas y marcos.

Cuando el espacio disponible entre dos placas sucesivas se ha llenado o alcanzado su límite práctico, hay que desarmar la prensa y extraer la torta después de una limpieza adecuada, que generalmente se la realiza a mano, y entonces puede reinicializarse el proceso. La secuencia de funciones y operaciones es controlada manualmente.

Los materiales de que estén contruidos los filtros

prensa son muy variables, generalmente son empleados los metales tales como acero, fundición, aluminio, los metales revestidos con materiales plásticos, la madera, e incluso los plásticos moldeados directamente en el caso de pequeñas unidades.

Los materiales textiles se emplean como medios filtrantes en general. También son utilizados el nylon así como las rejillas de alambre muy fino.

La Independent Filtration Press Company de New York, advierte que la duración de diferentes clases de madera en la filtración de licores y jarabes ácidos varía considerablemente, y que no es posible determinar parámetros sobre ese importante punto⁽⁴⁾.

Sin embargo, manifiesta que al probar distintos tipos de madera, fué elegido el pino amarillo como el más adecuado. Aún así afirma que el grado de acidez es el factor más importante para la determinación del material más duradero.

Un inconveniente común en todos los filtros a presión es su funcionamiento intermitente, que implica pérdidas de tiempo. Entre las ventajas encontramos que se pueden emplear elevadas presiones y elevadas

superficies de filtración, la inversión en su construcción es pequeña, pero la mano de obra y la renovación constante de telas de filtración conforman los rasgos característicos de este mecanismo.

2.2 PRENSA DE RODILLLOS CONTINUA

En estos aparatos se aplica las fuerzas de compresión haciendo pasar la pulpa a exprimirse, a través de rodillos pesados, Fig., 2.2.

Estos molinos que generalmente son empleados en la industria del azúcar, combinan una acción de quebrantado y trituración con la aplicación de presión, y de esta forma extraer el jugo de la fruta sometida.

Son comunes las prensas de tres rodillos, uno de los cuales va colocado en la parte superior y centrado sobre los dos restantes, y por la acción de resortes espirales o mecanismos hidráulicos colocados en cada uno de sus extremos, ejerce presión sobre estos últimos⁽⁴⁾.

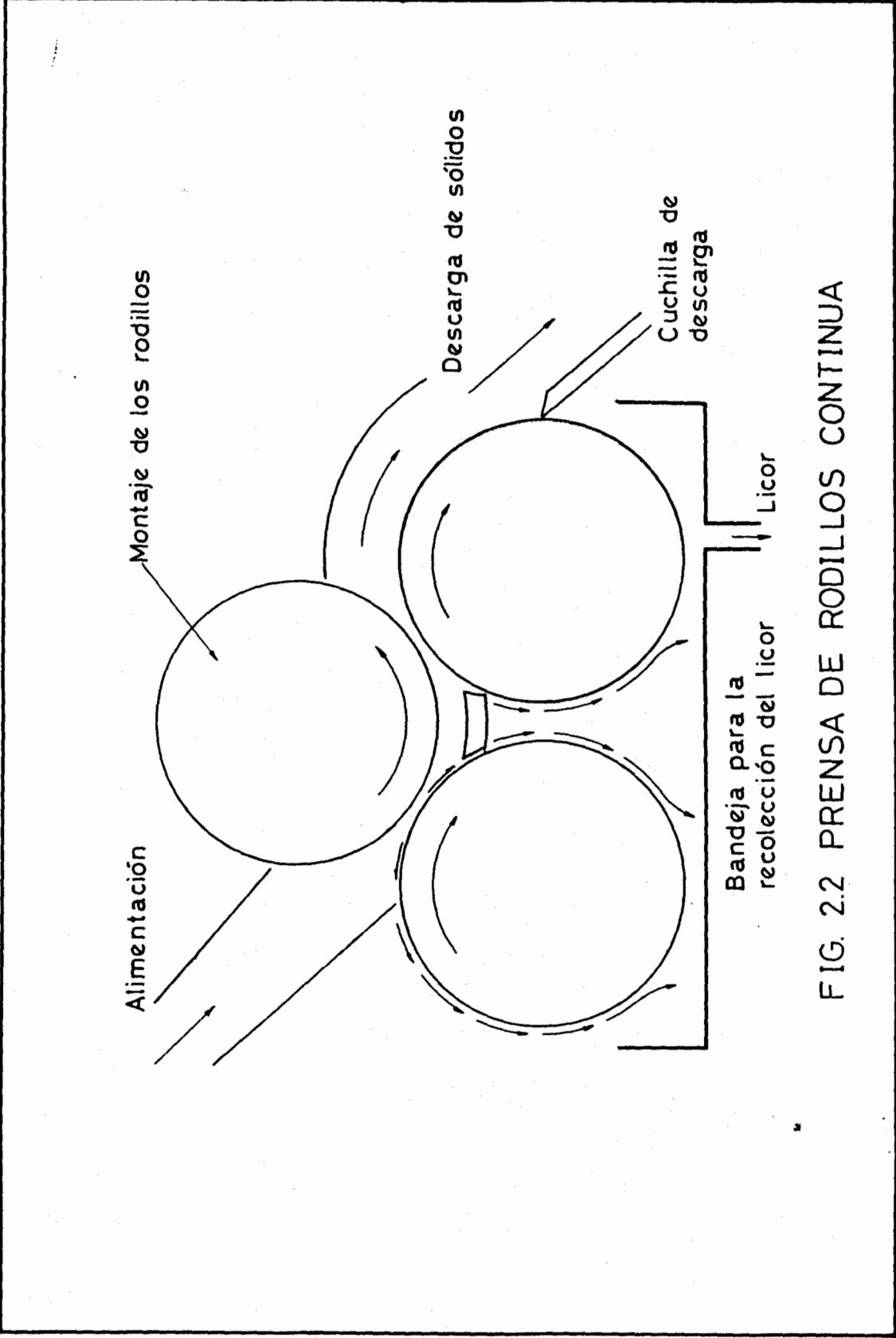


FIG. 2.2 PRENSA DE RODILLOS CONTINUA

La pulpa es alimentada entre los rodillos, el líquido es escurrido y fluye hacia una bandeja recolectora, previamente atraviesa una criba colocada en la parte inferior de estos rodillos. Los sólidos pasan al tercer rodillo, el de salida, de donde se desprenden con una cuchilla de separación regulable. A veces se dispone de una placa giratoria colocada en la descarga, la misma que sirve para dirigir la pulpa o bagazo, para luego someterlo a un segundo prensado y así asegurar un mejor rendimiento de jugo.

En muchos casos se emplea un rodillo alimentador, para introducir el material al primer par, lo que permite una separación pequeña entre los rodillos, así como también mayor rapidez en la alimentación.

Los rodillos se construyen de una mezcla especial de fundición, y sus caras presentan corrugaciones y/o ranuras de diversas formas.

Se han desarrollado modificaciones en este sistema con la finalidad de mejorar la separación de los sólidos de los líquidos, así tenemos que por ejemplo en los rodillos de trituración del tipo utilizado en la extracción de jarabes de caña de azúcar, se han maquinado una serie de ranuras en la superficie de

los rodillos, con la finalidad de dirigir el drenaje de los líquidos. Tales ranuras reducen la rehumectación al orientar el licor, alejándolo de esta manera de la torta comprimida⁽³⁾. A estas ranuras se las conoce con el nombre de ranuras de Menchaerts.

En la industria azucarera se emplean trenes que van desde los cuatro a siete de estos sistemas de rodillos, moviéndose la manta de caña triturada entre los molinos por medio de los transportadores de mandil.

2.3 PRENSA DE TORNILLOS CONTINUA

La operación de este mecanismo es sumamente sencillo, consiste de un cilindro, dentro del cual gira un tornillo transportador. En la parte superior de uno de los extremos del cilindro, tiene una compuerta de alimentación, en la parte interior de este cilindro gira un tornillo sin fin, el mismo que cumple con la finalidad de arrastrar la masa alimentada y transportarla de un extremo a otro⁽⁴⁾.

Las paredes del cilindro poseen pequeñas perforaciones por las cuales fluye el jugo o jarabe

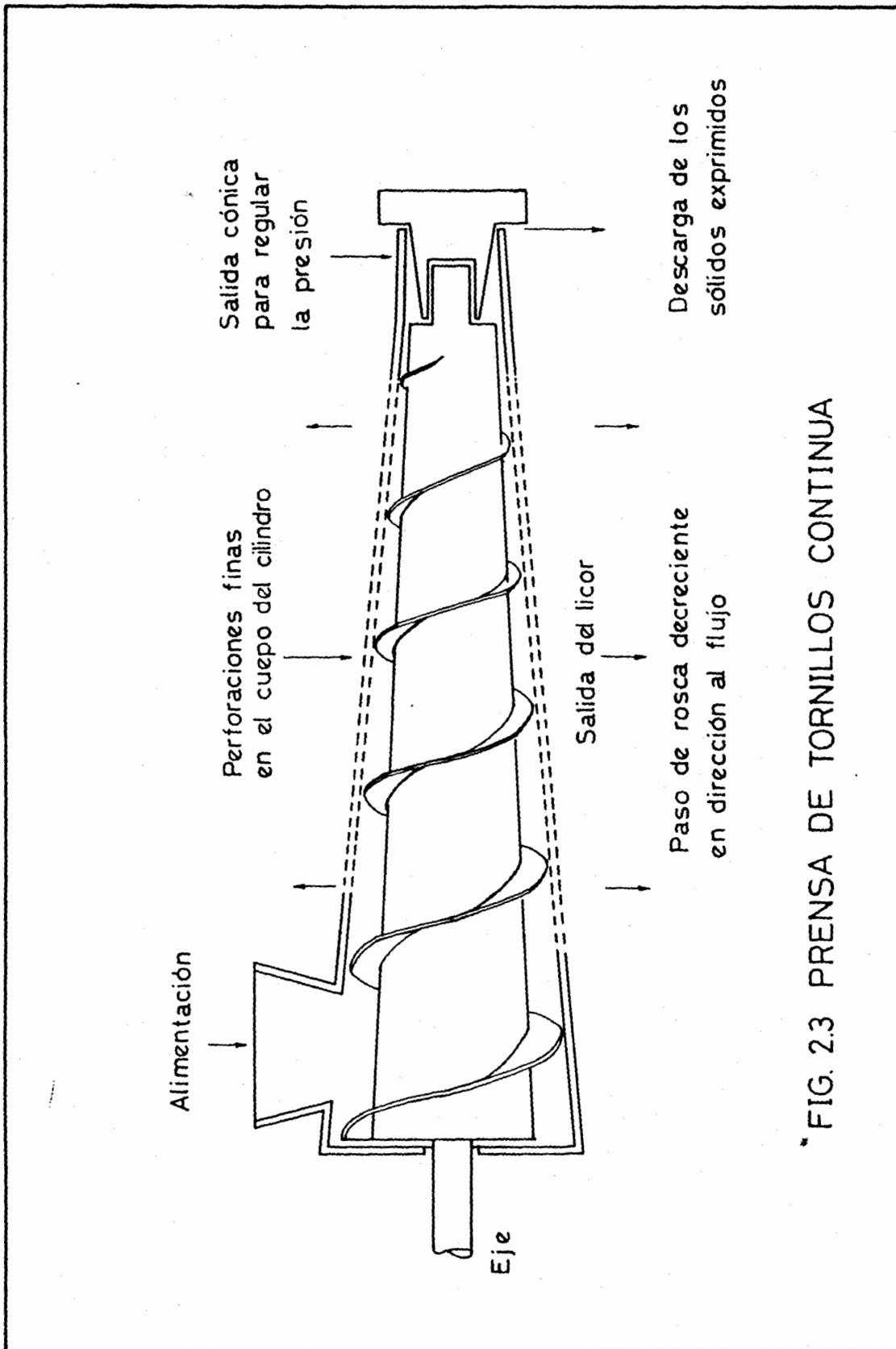
extraído, como resultado de la compresión ejercida por el tornillo sobre las paredes, la torta escurrida es descargada por una compuerta en el extremo opuesto a la ventana de alimentación (Fig.2.3).

Este mecanismo es muy popular en la industria de extracción de aceites, ahí se lo conoce con el nombre de "expulsor".

Existen dos diseños fundamentales en este principio de separación de jugos. En el un caso, la sección transversal del cilindro, como el de su correspondiente tornillo, decrecen a medida que se incrementa su longitud; en el otro diseño tanto la sección cilíndrica de la carcaza como la del tornillo mantienen constante su sección transversal durante toda su longitud. Ambos casos serán descritos a continuación:

PRENSA CON SECCION TRANSVERSAL VARIABLE.

En este mecanismo, la pulpa es agregada al interior del cilindro, el mismo que es construido de paredes gruesas, con la finalidad de resistir grandes presiones. Estas elevadas presiones son generadas por acciones del tornillo sin fin, finamente pulimentado,



* FIG. 2.3 PRENSA DE TORNILLOS CONTINUA

que gira con un paso de rosca decreciente en forma gradual. Los productos que son atrapados entre las paredes y el tornillo, son arrastrados a través de un ángulo de flujo cada vez menor, sufriendo consecuentemente efectos de presiones cada vez mayores.

Las paredes del cilindro tienen perforaciones o ranuras muy pequeñas, a través de las cuales fluye el jarabe exprimido de la torta. La torta escurrida abandona el aparato por una compuerta de descarga ajustable, que se encuentra en la parte más angosta de esta máquina.

El grado de compresión alcanzado por el mecanismo se puede variar, ajustando el área de descarga de la compuerta, así como también variando la velocidad de rotación del tornillo. Se han alcanzado presiones hasta del orden de los 276 MPa. La velocidad de giro del eje es de 500 RPM^(*).

PRENSA DE SECCION TRANSVERSAL CONSTANTE.

En este caso la taza cilíndrica se encuentra girando a la misma velocidad que lo hace el tornillo, desarrollándose de esta forma la misma fuerza centrífuga.

BIBLIOTECA

Acompañados el cilindro con el tornillo sin fin, girando en la misma dirección, transportan los sólidos acumulados hacia una compuerta de descarga, la misma que se encuentra en un nivel sobre los líquidos precipitados. Los sólidos expulsan los líquidos de su estructura, por la acumulación de excesivas fuerzas de presión ejercidas por el tornillo, al acumularse suficiente masa en la cámara.

El líquido ahora liberado de los sólidos en suspensión, se mueve en dirección contraria y se recoge por una compuerta adecuada para la descarga de este jarabe.

En muchos de los casos la cámara de sólidos y el tornillo helicoidal giran en la misma dirección, la primera una o dos revoluciones por minuto mas rápidamente.

Estos aparatos pueden manejar pastas hasta con un 50% de sólidos y una gran cantidad de tamaños de partículas⁽³⁾.

El mayor consumo de energía de estos equipos, lo encontramos en la generación de fricción, pudiendo elevar apreciablemente la temperatura de los productos en procesamiento. En muchos casos para

disminuir el grado de degradación por causa del incremento de temperatura de los productos se acostumbra a utilizar tornillos huecos refrigerados por agua.

Cuando se manipula frutas, se presenta el problema de arrastre de ciertas partículas finas junto con el líquido, el mismo que puede requerir de una posterior operación de filtración para su correspondiente clarificación.

Para la extracción de jugo de manzana es necesario incrementar la presión interior mediante la aplicación de aire a elevadas presiones, el mismo que se lo logra mediante el empleo de un cono adecuadamente montado sobre el cilindro.

2.4 CENTRIFUGA PERFORADA

Puede llevarse a cabo una operación de filtración empleando para ello la fuerza centrífuga, en lugar de aplicar las fuerzas de compresión descritos en los capítulos anteriores.

Los filtros que emplean fuerzas centrífugas, se usan

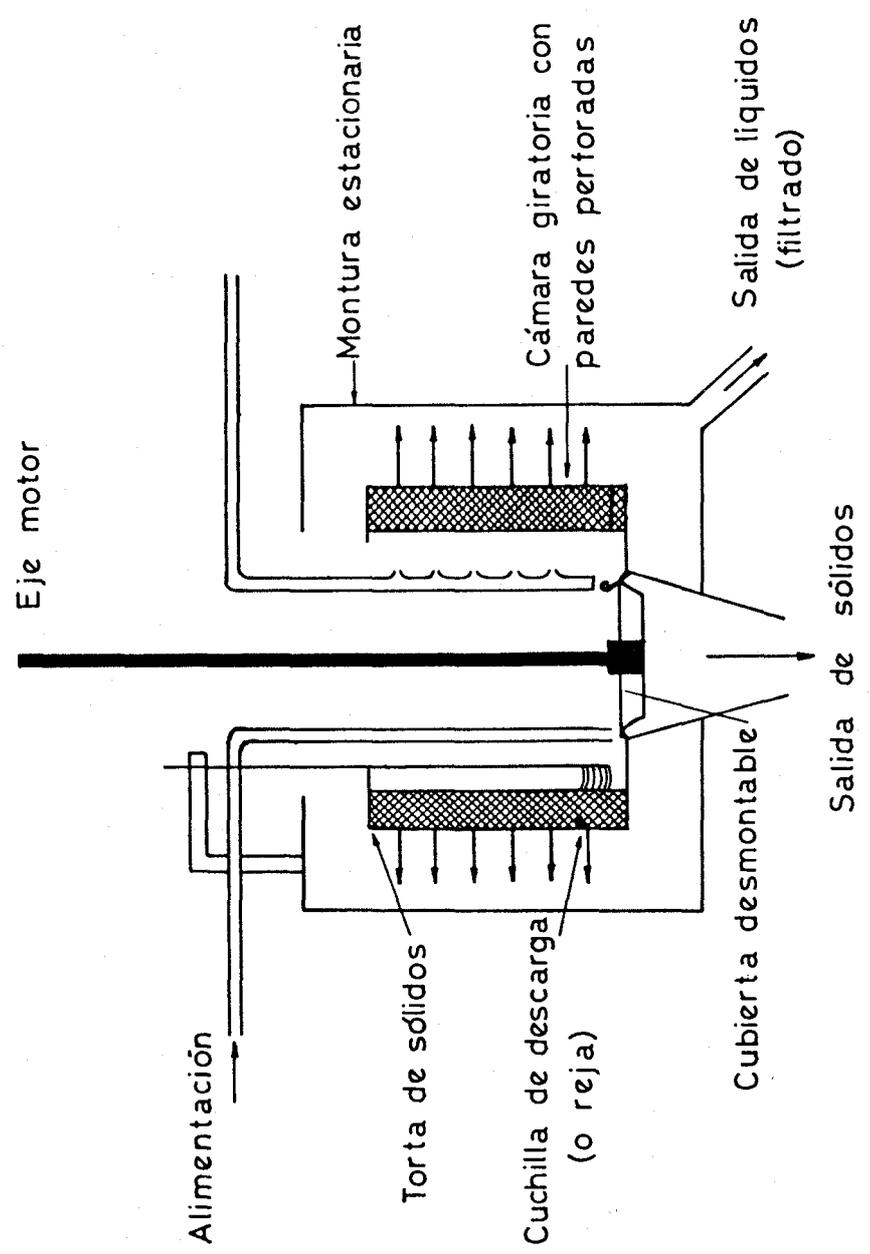
generalmente para la filtración de sólidos granulares así como para frutas y vegetales. En este caso cada partícula del líquido es considerada en forma aislada, sometida a la acción de fuerzas centrífugas, al final de la operación resulta que cuando se detiene la alimentación del líquido que embebe el precipitado, está sometido a la acción de una fuerza centrífuga y tiende a eliminarse de una forma completa. El límite de esta eliminación se obtiene cuando se llega a un equilibrio entre la fuerza centrífuga y las fuerzas que obran sobre el líquido en el interior del precipitado. La cantidad de líquido que queda en la torta al final del agotamiento es tanto mayor cuando más fino es el precipitado⁽⁴⁾.

Los equipos se diseñan tanto para operaciones continuas como para operaciones intermitentes.

FILTROS CENTRIFUGOS INTERMITENTES.

Estos son los más usados, están constituidos por una cesta o cubeta, cuyos lados están perforados, la misma que gira alrededor de un eje, el cual puede estar dispuesto vertical u horizontalmente, como se aprecia en la Figura 2.4.

FIG. 2.4 CENTRIFUGA PERFORADA



Un motor eléctrico adecuadamente conectado al eje, hace girar la cesta a velocidades que generalmente son inferiores a 4000 rpm. La pasta es alimentada por uno de los extremos de la cubeta giratoria, esta es forzada contra las paredes de la misma como consecuencia de la fuerza centrífuga. De aquí, el líquido pasa a través de los medios filtrantes, frecuentemente una tela o rejilla metálica perforada, la misma que está colocada en la superficie interior de la cubeta, el líquido es recogido por un recipiente que envuelve la cesta, para luego ser llevado a un recipiente final por medio de un conducto adecuado. En muchos casos no es necesario colocar estas telas de filtración, pues los orificios de la cubeta es suficiente para obtener la separación del líquido.

La fase sólida se acumula como una torta sobre el medio filtrante, y cuando es lo suficientemente gruesa, retardando la filtración hasta una velocidad antieconómica, o en su defecto pone en peligro el balanceo de la centrífuga, se disminuye la aceleración de la máquina y se procede a la descarga de la torta por la acción de una cuchilla o por medio de paletas accionadas manualmente, para finalmente llevarla hacia el fondo, a una compuerta de descarga,

o bien es llevada hacia afuera⁽⁵⁾.

FILTROS CENTRIFUGOS CONTINUOS.

Los filtros centrífugos continuos son aplicados más satisfactoriamente en el manejo de sólidos cristalinos o granulares gruesos en líquidos no viscosos.

Aquí el manejo de los sólidos se los lleva a un mínimo, lo que permite la filtración de sólidos frágiles con el menor grado posible de roturas. La alimentación y descarga se efectúa en forma simultánea y se pueden realizar lavados intermedios.

Estos extractores están montados generalmente en forma horizontal, el líquido es alimentado por tubos, llega a menudo sobre un cono de distribución, cuya misión consiste en llevarlo progresivamente a la velocidad lineal de la velocidad exterior del cestillo.

En forma intermitente la torta es empujada hacia los extremos de descarga de la centrífuga por medio de una paleta o empujador. Existen filtros centrífugos de descarga automática en la cual la descarga se realiza mientras la cubeta está girando.

MEDIO FILTRANTE Y DIMENSIONES.

El medio filtrante en caso de granos gruesos puede estar constituido por una pared cilíndrica perforada, pero lo más frecuente es que este sirva como soporte de una tela textil o de una tela metálica.

El diámetro y la altura del cestillo dependen de la cantidad de rendimiento a recoger, así como la frecuencia de paradas. La altura está limitada por razones de comodidad, mientras que el diámetro está limitado por la fuerza centrífuga deseada. La fatiga del material aumenta sensiblemente con el diámetro, así como por el número de perforaciones, para disminuir este efecto el cesto es abrazado por sinchos.

El empleo de estos mecanismos demanda de una importante mano de obra, tanto para la carga como para la descarga, así como para realizar la limpieza final del equipo.

CAPITULO III

ANALISIS DEL DISEÑO

3.1. DETERMINACION DE OBJETIVOS

La producción nacional de las frutas en general y de manzana en particular, tradicionalmente ha sido comercializada tal como se la cosecha. Esto por causa de los escasos o inexistentes mecanismos de procesamiento que permitan otras formas de consumo.

Debido a que la manzana es una fruta perecible, esto es sino se la consume en un tiempo prudencial o no es guardada en medios refrigerados, llegará al estado de putrefacción y finalmente se perderá.

Es por este motivo que se vislumbra la necesidad de implementar un mecanismo adecuado para procesar esta fruta y así alargar su duración antes de ser consumida u ofrecer otra forma de ser ingerida.

La alternativa que se presenta en esta tesis, consiste en un procedimiento mecánico de extracción de jarabe de manzana, el mismo que luego de una fácil desoxidación podrá ser envasado, u ofrecerse directamente al consumidor después de una fermentación adecuada en la industria de vinos y licores. La pulpa podrá utilizarse como componente de balanceados o en su defecto directamente para la alimentación de animales.

El estudio se centra en la máquina que servirá para el proceso mecánico de extracción de jarabe de manzana.

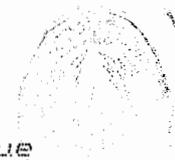


BIBLIOTECA

Esta máquina tiene que ser económica, esto es, que esté al alcance de aquellas personas que se dedican al cultivo de manzana en pequeños y medianos huertos y que serán los potentes compradores de la misma.

La comodidad o fácil operación no se puede pasar por alto ya que será manipulada por personas de escasa o inexistente cultura técnica.

Se debe lograr un mantenimiento fácil debido a que ni el individuo que la va a manejar ni el lugar donde se va a desempeñar prestan las condiciones adecuadas



para una constante revisión del equipo.

La **higiene** es un factor fundamental a tomarse en cuenta ya que se va a procesar productos alimenticios, y durante este pueden producirse contaminaciones con los materiales del cual está constituida la máquina, por lo cual estos últimos deben ser correctamente seleccionados. Es importante evitar el excesivo manipuleo de la fruta.

La **capacidad** de extracción de la máquina es importante ya que en función de este parámetro se estimará la cantidad y tamaño de manzana ha cosecharse para su posterior procesamiento.

En consecuencia y bajo este análisis debemos tomar en cuenta los siguientes objetivos a satisfacer en el diseño y posterior construcción de este prototipo.



DISBURMECA

3.2. ALTERNATIVAS DE SOLUCION

Teniendo en cuenta las necesidades a satisfacer y, con el análisis de todas las formas tradicionales empleadas en la extracción de jugos de fruta, se debe determinar la solución más conveniente. Por tal motivo se proponen las siguientes alternativas:

- A₁. ALTERNATIVA DE FILTROS PRENSA.- La cual emplea telas filtrantes intercaladas entre paneles de prensado. El sistema es sometido a fuerzas de compresión.
- A₂. ALTERNATIVA DE PRENSA DE RODILLOS CONTINUOS.- La misma que emplea fuerzas de compresión entre dos rodillos.
- A₃. ALTERNATIVA DE PRENSA DE TORNILLO CONTINUA.- En este caso la torta es comprimida por un tornillo contra una carcasa de paredes perforadas.

3.3. SELECCION DEL SISTEMA OPTIMO

Con la finalidad de establecer los criterios de selección y evaluar las alternativas planteadas, debemos considerar fundamentalmente los beneficios que nos ofrece cada una de ellas. Los requerimientos técnicos ya considerados anteriormente serán los criterios a utilizarse y son los siguientes:

- a) Costo
- b) Fácil operación
- c) Mantenimiento
- d) Higiene
- e) Capacidad

ASIGNACION DE VALORES A ALTERNATIVAS

Para analizar los valores a asignarse a cada alternativa es necesario efectuar un razonamiento que nos conducirá a desarrollar las Tablas IV, V y VI, con los criterios y argumentos que determinarán un puntaje asignado a cada una de las opciones propuestas y que señalará la mejor elección⁽⁷⁾.

De los valores obtenidos por medio de la función de criterio concluimos que la alternativa A_1 se muestra como la más adecuada para la solución de este problema, por lo tanto el sistema de prensas-filtros es la escogida y en base a ella se desarrollará el estudio posterior.

3.4. VISUALIZACION INTEGRAL DE LA MAQUINA

3.4.1. SECUENCIA DE OPERACIONES

El proceso o secuencia operacional para la extracción de jugo de manzana comprende los siguientes pasos:

La SELECCION de la fruta adecuada, esto es, separar toda aquella manzana que presenta

alteraciones, o que esté podrida. Este paso generalmente se lo realiza en mesas adecuadas para el efecto, pero si se trata de pequeñas cantidades se lo realiza a mano. Las manzanas de gran tamaño se las separa del grupo pues estas son consumidas como tales.

El LAVADO tiene como finalidad eliminar toda suciedad, y sustancias nocivas como por ejemplo insecticidas, para lo cual es común el empleo de fuertes chorros de agua, complementariamente se emplea el cepillado.

La mecánica de extracción del jugo está contemplada en dos operaciones fundamentales: la trituración de la manzana seguida del prensado de la pulpa.

En la TRITURACION, la manzana es colocada en una tolva de alimentación con descarga regulable por medio de una compuerta que es controlada manualmente; al salir la fruta cae sobre un eje de cuchillas el mismo que gira a altas revoluciones, movido por un motor eléctrico, el rango de velocidades está comprendido entre las 700 a 3000 RPM (5)

La manzana es cortada en pequeños pedazos, dependiendo de la velocidad, el producto es obligado a pasar a través de un cedazo que determina el tamaño final requerido para el prensado. Cabe mencionar que la manzana no debe ser cortada en pedazos demasiado pequeños pues esto traerá dificultad en el posterior prensado de la pulpa, ya que el líquido no fluirá fácilmente, el tamaño recomendado es de 5 a 13 mm. de diámetro medio⁽⁵⁾.

El producto de la trituración seguidamente es sometido al PRENSADO, el mismo que se cumple en una prensa de paneles y telas filtrantes. Este dispositivo está constituido fundamentalmente de un pórtico rectangular rígido, el cual posee en su parte superior un orificio roscado a través del cual se desplaza ascendente o descendientemente un tornillo de potencia movido por un mecanismo de palancas.

La manzana triturada o molida es colocada en un marco sobre el cual descansa una tela filtrante, se envuelve una capa de esta pulpa para así formar un espesor adecuado en forma de "queso", se retira el marco y se coloca un

bastidor de madera fuerte y con varios canales o rejillas de flujo sobre sus caras; se coloca nuevamente el marco y la tela y sucesivamente se repite el paso anterior hasta formar una pila que cope el pórtico.

Por medio del tornillo de potencia se genera la fuerza necesaria para que al actuar sobre esta pila provoque que el líquido atraviese las telas filtrantes y se produzca la esperada extracción del jarabe, el mismo que es recogido en una bandeja colocada en la parte inferior del sistema.

La acción del tornillo tiene una duración recomendada de 20 a 30 minutos luego de lo cual se desmontan bastidores y telas y se puede reiniciar el proceso⁽¹²⁾.

Una vez obtenido el jugo, generalmente es esterilizado o se continúa con el proceso hasta obtener néctares y diversos productos posteriores antes de ser almacenados.

Es recomendable observar una buena HIGIENE ya que el proceso en su mayoría se lo realiza manualmente.

3.4.2. ENFOQUE Y DESIGNACION DE COMPONENTES

La maquinaria consta de dos elementos fundamentales que son el triturador y el sistema de prensado.

El triturador está constituido por una tolva de alimentación con compuerta regulable, el eje de cuchillas montado sobre cojinetes y movido a través de banda y poleas por un motor eléctrico, todo lo cual es montado sobre una estructura metálica.

La prensa constituida por el pórtico en el que se colocan los paneles prensadores, sobre los cuales actúa el tornillo de potencia accionado por medio de un juego de palancas a través de una tuerca giratoria. La pila de prensado descansa sobre una bandeja recolectora de jugo. El conjunto forma un solo cuerpo estructural con la parte trituradora.

TABLA N° IV

ASIGNACION DE VALORES A ALTERNATIVAS DE EXTRACCION

CRITERIO	ALTERNATIVA			RAZONAMIENTO
	A ₁	A ₂	A ₃	
C ₁ Costo	0.6	0.2	0.2	El mecanismo de P.F es mas barato.
C ₂ Operación	0.3	0.3	0.3	Todos los sistemas son faciles de ope.
C ₃ Mantenim.	0.2	0.4	0.4	El sist. P.Filtro requiere mas mant.
C ₄ Higiene	0.4	0.2	0.2	El sist. P. Filtro es mas limpio
C ₅ Capacidad	0.3	0.4	0.3	El sist. P. Filtro es mas rendidor

TABLA N° V

ASIGNACION DE VALORES A LOS CRITERIOS DE SELECCION (X_i)

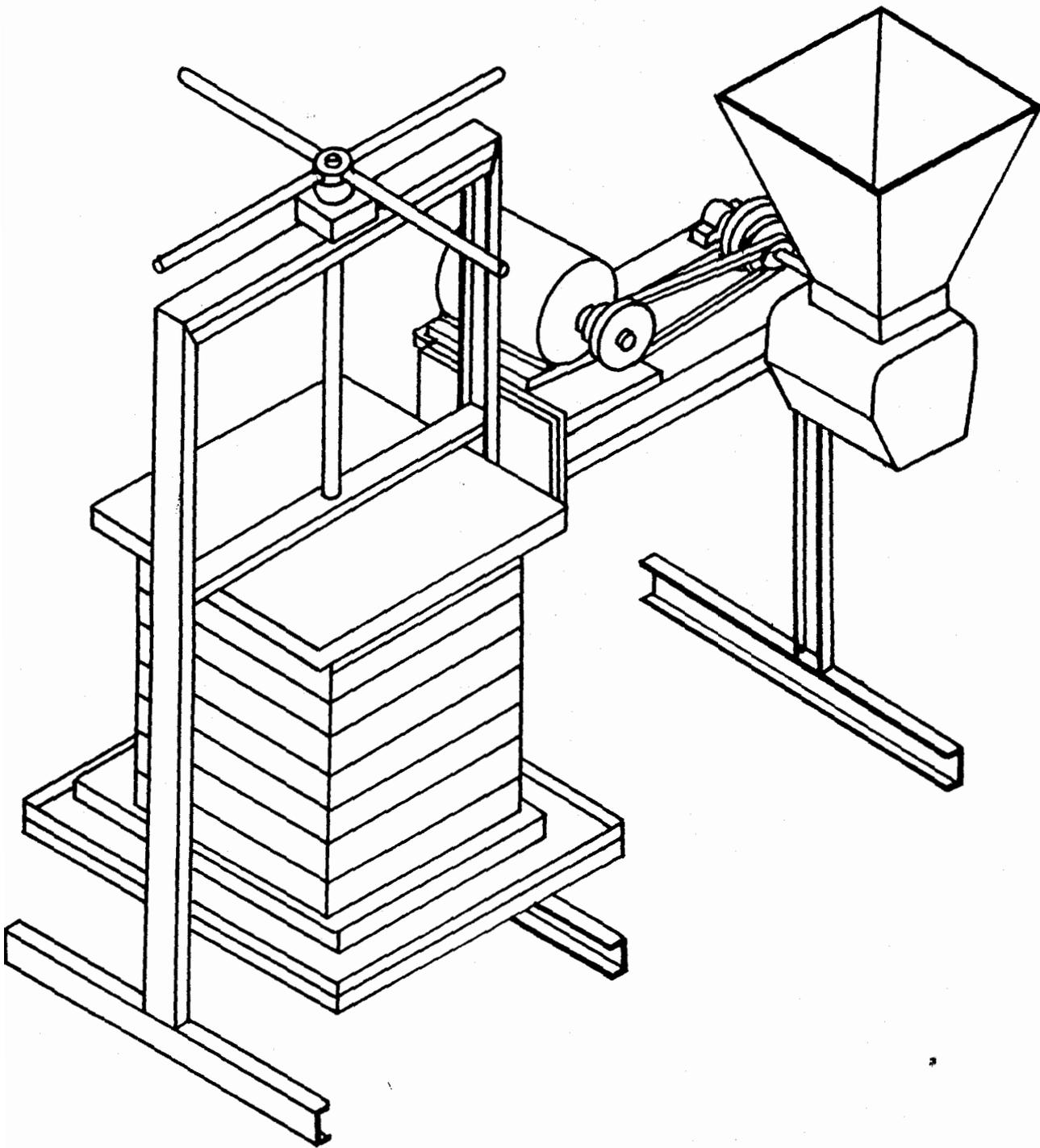
CRITERIO	X _i	RAZONAMIENTO
C ₁	0.9	Determinante en la adquisición de la máquina
C ₂	0.7	Se requiere facilidad en el manejo
C ₃	0.5	No tiene mayor importancia
C ₄	0.9	Debe protegerse la salud del consumidor
C ₅	0.8	Determina la cantidad diaria a cosecharse

TABLA N° VI

DETERMINACION DE LA FUNCION DE CRITERIO

CRITERIO	X_1	A_1	$A_1 X_1$	A_2	$A_2 X_1$	A_3	$A_3 X_1$
C_1	0.9	0.6	0.54	0.2	0.18	0.2	0.18
C_2	0.7	0.3	0.21	0.3	0.21	0.3	0.21
C_3	0.5	0.2	0.10	0.4	0.20	0.4	0.20
C_4	0.8	0.4	0.32	0.2	0.16	0.2	0.16
C_5	0.8	0.3	0.24	0.4	0.32	0.3	0.24
			1.41		1.07		0.99

$A_n X_1$: Función de criterio



EXTRACTOR DE JUGO DE MANZANA

ESCALA: 1:10

R-00

FIG. 3.1

CAPITULO IV

DISEÑO Y SELECCION DE ELEMENTOS

4.1 TRITURADOR

En la mayoría de las operaciones en la industria de los alimentos, suele ser una necesidad frecuente la reducción de tamaño de la sustancia a ser procesada, operación que puede clasificarse en: trituración, pulverización o molienda, lo cual generalmente se lo logra mediante la aplicación de fuerzas mecánicas. Estas operaciones son diferenciadas por el tamaño y por la reducción del material alimentado.

FUERZAS DE TRABAJO.

Se pueden en general distinguir tres clases de fuerzas, estando presentes generalmente mas de una.

Estas fuerzas son:

COMPRESION.- Generalmente empleadas en los rodillos de trituración.

IMPACTO.- Frecuentemente se los encuentra en los molinos de martillos y cuchillas de corte.

CIZALLA.- Empleados fundamentalmente en los molinos de discos.

La humedad del material a triturarse o reducir su tamaño ejerce un efecto marcado en el funcionamiento de la máquina, ya que la eficiencia de la molienda puede verse afectada por el embotamiento del material.

Hay productos alimenticios en los cuales hay que modificar su tamaño, por ejemplo vegetales, verduras y frutas frescas, las cuales tienen estructuras fibrosas y contienen abundante cantidad de líquidos. Como no son cristalinos la aplicación de fuerzas de compresión contribuye poco o nada en su desintegración.

Para lograr la desintegración de estos productos fibrosos lo más recomendable es la aplicación de fuerzas de impacto o de cizalla, siempre aplicadas por medio de aristas cortantes o cuchillos⁽³⁾.

Los aparatos empleados son similares a aquellos

utilizados para sustancias secas; así tenemos que por ejemplo los martillos de los molinos de percusión son reemplazados por una serie de cuchillos que aplican las fuerzas de impacto por medio de una arista cortante muy delgada.

DESMENUZAMIENTO O PULPEO DE LA MANZANA.

En el proceso de extracción de jugos de frutas, es necesario el desmenuzamiento o pulpeo de la fruta antes de ser sometido al proceso de prensado para su correspondiente separación del jugo y pulpa o bagazo.

Este desmenuzamiento consiste en la subdivisión de la fruta en fragmentos pequeños, cuyas dimensiones dependen de los aparatos empleados y del tiempo de residencia en la operación. Además los productos cortados son atravezados por una criba regulable antes de ser recolectados.

TAMAÑO DE TRITURACION.

La manzana no debe ser molida demasiado fina, pues de lo contrario se producen inconvenientes en el prensado. Es suficiente que los trozos tengan un promedio entre 3 a 12 mm. de diámetro aritmético⁽⁹⁾.

El dispositivo usual para la reducción de tamaño consiste en un rotor con cuchillas montadas uniformemente en la periferia, de tal manera que corten contra otras cuchillas fijas a la pared, así en conjunto con la criba y la entrada de la tolva conforman una caja cilíndrica que encierra el rotor⁽⁴⁾.

Las cuchillas bien afiladas no solo disminuyen la pérdida de energía, sino que también disminuyen la presencia de productos de mala calidad, por ejemplo productos machacados.

MATERIAL ADECUADO.

Es importante considerar el material a emplearse en la construcción de cada elemento de la máquina, pues así se evitará reacciones con la fruta a procesar que provocaría alteraciones en el producto final. El bronce, el aluminio y el níquel pueden emplearse en la mayoría de los casos, el acero inoxidable, reúne las condiciones adecuadas para esta industria, pudiéndose utilizar en toda la línea de producción.

TIPO SELECCIONADO.

El tipo clásico de triturador consiste de un eje macizo, montado en rodamientos de bolas, en el cual se fijan varias cuchillas colocadas en pares simétricamente opuestos con relación al eje, para de esta forma equilibrarse mutuamente, Fig. 3.1.

Generalmente las cuchillas se distribuyen desfasadas la una de la otra en forma sucesiva con un ángulo determinado por el número de cuchillas en un solo plano.

El número de cuchillas se determina mediante la expresión '②':

$$N = L/P - 1$$

Donde:

N = Número de cuchillas

L = Longitud de la caja cilíndrica

P = Paso o separación entre cuchillas.

Expresión que es ampliamente empleada en los ingenios azucareros para la determinación del número de cuchillas cortadoras de la caña, antes de ser ingresada a los rodillos de trituración. Aquí se

puede hacer una analogía valedera por la similitud de comportamiento.

4.1.1 DISEÑO DE TOLVA DE ALIMENTACION

Para el diseño de la tolva, consideramos el volumen de la manzana a ser manejado, como un fluido. Es decir, no habrán intersticios entre las manzanas, es ahí donde idealmente ocuparían el máximo volumen ofrecido por la tolva.

La plancha a emplearse para la construcción es de acero A36 ($S_{yt} = 240\text{MPa}$, $S_{ut} = 362\text{MPa}$) de 1.6 mm., de espesor, se la encuentra fácilmente en el mercado. El manual de construcción en acero (AISC), recomienda un factor de seguridad mínimo de 1.67 sobre la resistencia a la fluencia. La flecha toma en cuenta un valor de $L/360$ de la longitud del elemento analizado⁽¹³⁾.

De la teoría de fluidos, la fuerza ejercida por un fluido sobre una placa sumergida viene dada por la siguiente ecuación:

$$dF = F \cdot dA \quad (4.1)$$

$$dF = \Omega \cdot g \cdot h \cdot dA \quad (4.1a)$$

Donde:

F: Fuerza aplicada

h: Altura de aplicación de la fuerza

Ω : Densidad del fluido

g: Constante gravitacional ($9.81m/s^2$)

A: Área de la placa

Si se considera a una de las placas que forman la tolva sumergida en el fluido Fig.4.1, tenemos el siguiente análisis:

$$h = y \text{ Seno } \theta \quad (4.2)$$

Del análisis inicial se sabe que para una manzana la masa promedio es de 94 gr. y su correspondiente diámetro es de 62 mm., por lo tanto la densidad será de $2.8-7 \text{ kg/mm}^3$. Haciendo un análisis geométrico de la placa, y considerando los ejes cartesianos establecidos previamente se tiene que:

$$X = (400 - 0.83y) \text{ mm.} \quad (4.3)$$

El área es

$$dA = Xdy$$

Tomando la ecuación 4.1a y combinando adecuadamente con estas últimas relaciones llegamos a la siguiente expresión:

$$F = \Omega \cdot g \cdot \text{Sen}\theta \int_0^{325} (400y - 0.83 y^2) dy \quad (4.1.b)$$

Integrando esta ecuación para la longitud y total de la placa (325 mm), se obtiene que la fuerza total aplicada, al reemplazar los valores es:

$$F = 50.3 \text{ N}$$

El punto de aplicación de esta fuerza es determinado por la siguiente relación⁽²⁶⁾:

$$Y' = 1/F \Omega \cdot g \cdot \text{Sen}\theta \int_0^{325} (400y^2 - 0.85y^3) dy \quad (4.4)$$

Reemplazando los correspondientes valores e integrando la ecuación se obtiene:

$$Y' = 238 \text{ mm.}$$

Este valor es medido desde el borde superior de la placa, y es el punto por donde se concentra la fuerza de 50.3 N y este será el punto de análisis, asumiendo que este punto coincide con el centro de gravedad de la placa, pues está muy cerca de él.

De análisis de placas planas se tiene las siguientes relaciones⁽¹⁵⁾:

$$\sigma = K \cdot p / t^2 \quad (4.5)$$

$$Y_m = K_1 \cdot p \cdot L^2 / E \cdot t^3 \quad (4.6)$$

Donde:

σ : Esfuerzo máximo

Y_m : Máxima deformación

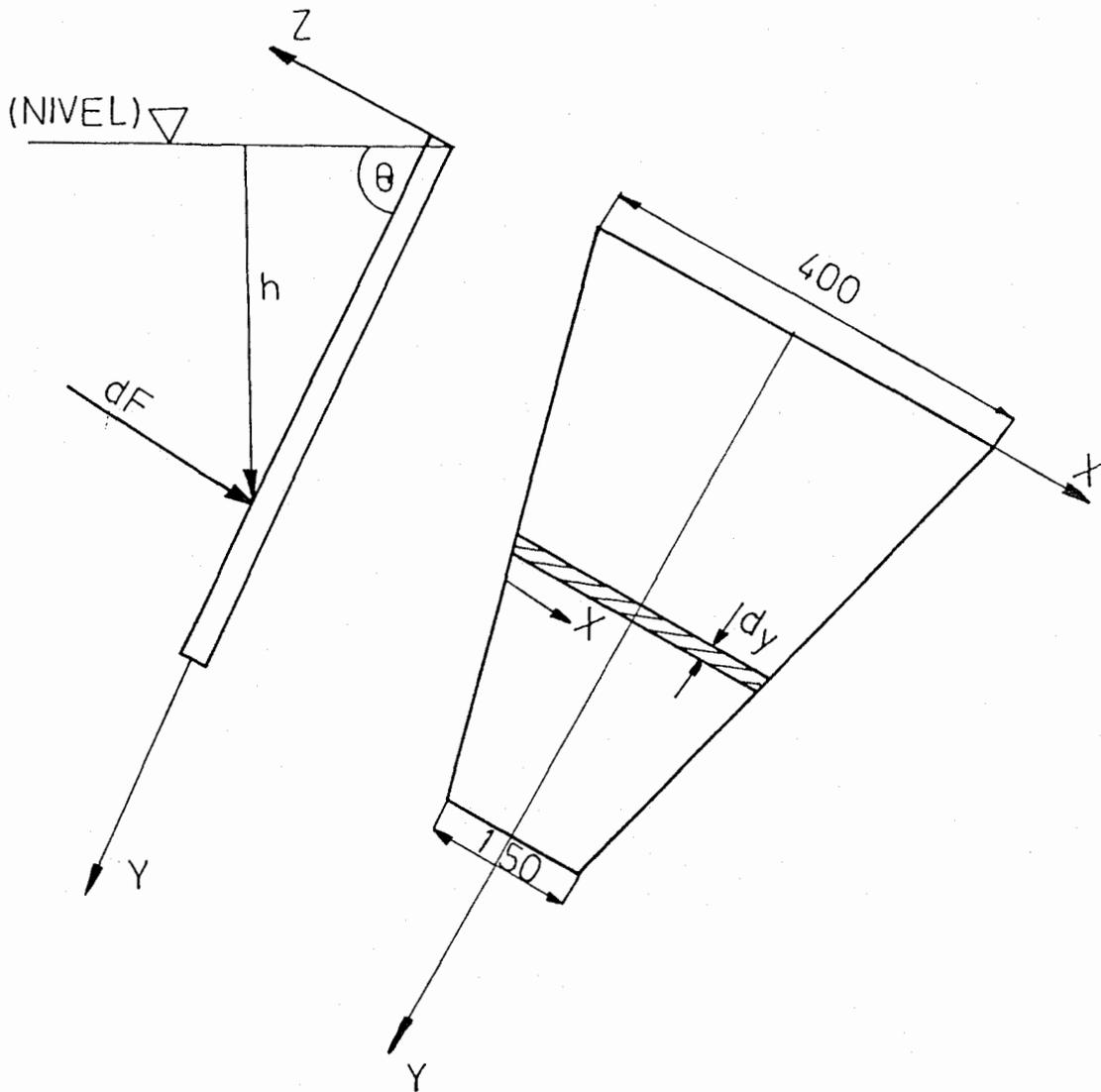
P : Carga aplicada

t : Espesor de la placa

L : Longitud característica

E : Módulo de elasticidad ($200E9 \text{ N/mm}^2$)

K : Constante de proporcionalidad



FIGURÓ 4.1 .— Placa de la tolva sumergida en un fluido

En el peor de los casos una de las placas conformantes de la tolva se encuentra fijada por dos de sus extremos, de ahí tenemos según la Figura 4.1 la siguiente relación de longitudes:

$$400/325 = 1.2;$$

Con este parámetro se determina las constantes K y K_1 son:

$$K = 0.454$$

$$k_1 = 0.0240$$

Reemplazando los distintos valores con unidades compatibles en las ecuaciones 4.5 y 4.6 se obtiene los siguientes resultados:

$$\sigma = 8.9 \text{ Mpa.}$$

$$Y_m = 0.158 \text{ mm}$$

Del catálogo del AISC, la resistencia de la plancha A36 es de $S_y = 240 \text{ MPa.}$, de ahí que el factor de seguridad es:

$$n = S_y/\sigma \quad (4.7)$$

$$n = 240/8.9$$

$$n = 25.4$$

Luego, la tolva no fallará por fluencia.

La deflexión permitida de $325/360 = 0.9$, excede largamente al valor causado por la carga y por lo tanto, la tolva es lo suficientemente rígida.

4.1.2 DISEÑO DE CUCHILLAS

Para el diseño de las cuchillas de corte, primero se debe determinar la fuerza que debe ejercer ésta para vencer la resistencia que presenta la manzana antes de finalmente ser cortada o atravezada por la cuchilla.

Aplicando el principio de conservación de la energía entre dos puntos, se deja caer la manzana desde cierta altura contra un cuchillo adecuadamente afilado, Fig. 4.2, de tal forma

que la fruta sea totalmente atravesada por este cuchillo. Este experimento es repetido varias veces para de esta forma determinar la mínima altura requerida para provocar el corte total de la fruta. Los datos se presentan en la Tabla N°. VII.

Donde:

- m = Masa de la manzana
- d = Diámetro de la manzana
- H = Altura mínima de corte

De las pruebas realizadas se determina que la altura de corte promedio es de 98 cm para una manzana, de diámetro en promedio de 6.2 cm y de 94 gramos. Aplicando el principio de conservación de la energía se obtiene lo siguiente:

Ecuación de la conservación de la energía:

$$E_{p1} + E_{c1} = E_{p2} + E_{c2} + W_{1-2} \quad (4.8)$$

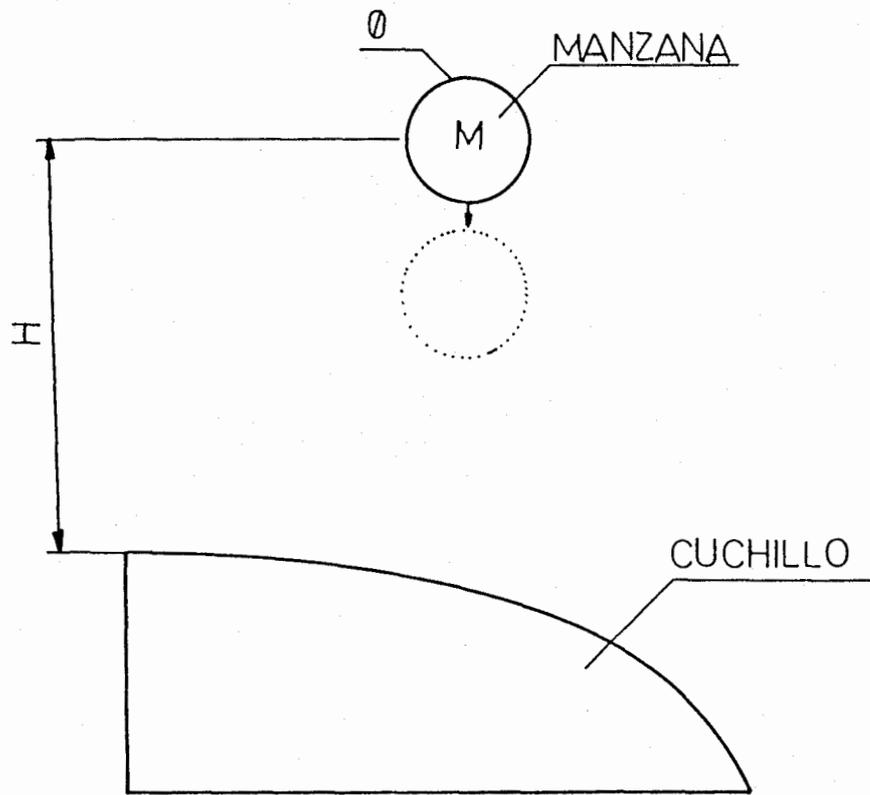
$$0 + 0 = -mg(h+d) + 0 + W_{1-2}$$

$$W_{1-2} = mg (H+d)$$

TABLA VII

PRUEBAS DE CORTE DE MANZANA EN UN CUCHILLO

Nº	m (kg)	d (cm)	H (cm)	Fc (N)
1	115	6.0	120	47
2	120	7.0	110	39
3	118	7.5	100	33
4	100	7.0	100	35
5	78	5.5	95	27
6	76	5.2	96	29
7	82	6.5	120	32
8	70	5.0	140	39
Prom.	94	6.2	98	35



BIBLIOTECA

FIGURA 4.2.- Esquema de experimento para determinar fuerza de corte



Si energía potencial es igual a trabajo de corte y,

$$W_{1-2} = \frac{F_c * d}{2} \quad (4.9)$$

$$F_c = 2mg (H+d)/d \quad (4.10)$$

Reemplazando los valores de la Tabla VII, se tiene que la fuerza de corte F_c es:

$$F_c = \frac{2 * 0.110 * 9.81 * (98 + 7.5)}{7.5}$$

$$F_c = 30.3 \text{ N.}$$

En promedio de la fuerza de corte es de 35 N

DIMENSIONAMIENTO DE CUCHILLAS.

De acuerdo con el tamaño del material a ser cortado, la longitud de la cuchilla debe ser ligeramente mayor que el diámetro medio de la manzana o fruta a triturar (4).

La cuchilla será tratada como una viga en

cantiliber, de sección transversal variable, la distribución de éstas sobre el eje es de tal manera que no actúen simultáneamente al cortar la fruta sustentada por una serie de cuchillas fijadas a la pared.

El material del cual se construirán las cuchillas y la mayor parte de la máquina es el acero inoxidable AISI 302, pues es el adecuado para tratamiento de alimentos⁽²²⁾.

$$S_{yt} = 255 \text{ MPa}$$

$$S_{ut} = 620 \text{ Mpa}$$

Según el modelo matemático de la cuchilla mostrado en la Figura 4.3, se obtiene lo siguiente:

$$\sum F_y = 0$$

$$\sum M = 0$$

$$F_c = V$$

$$M = F_c * L_c$$

$$F_c = 35 \text{ N}$$

$$M = 35 * 0.08$$

$$M = 2.8 \text{ Nm.}$$

Donde $L_c = 0.08 \text{ m}$: Longitud de cuchilla.

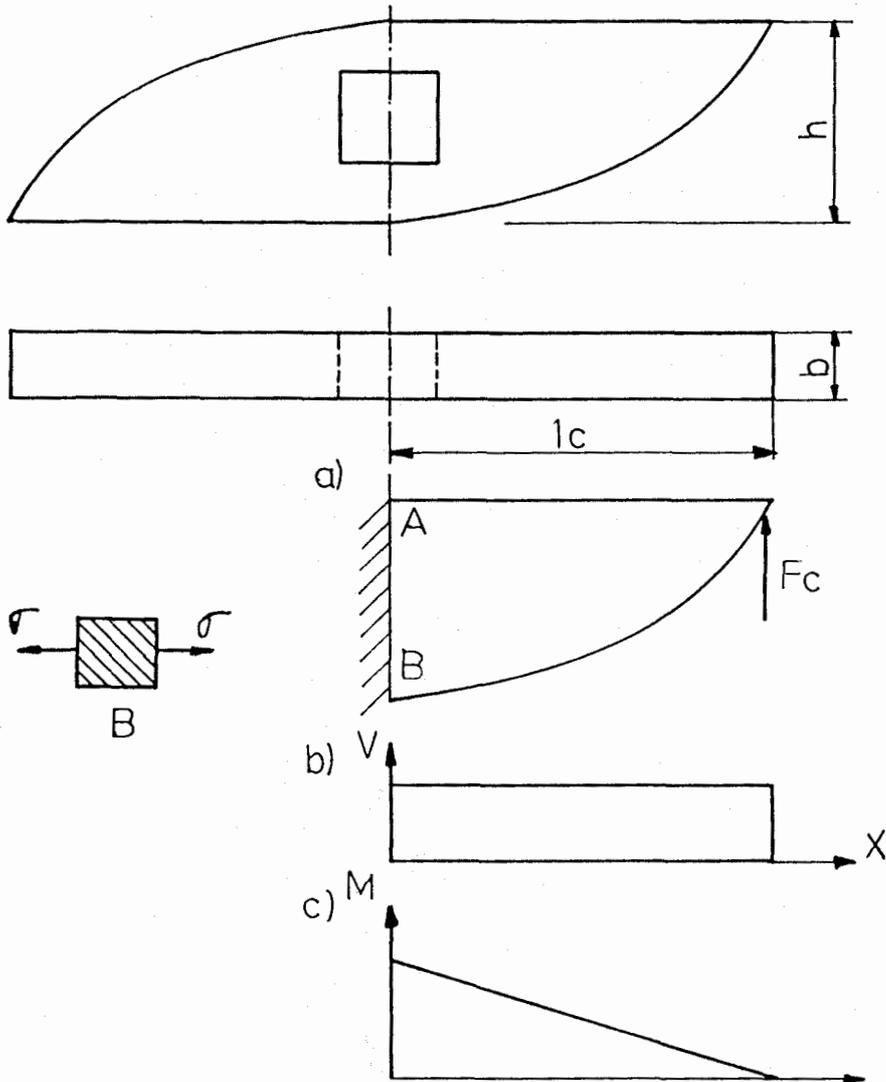


FIGURA 4.3.- (a) Diseño de forma de la cuchilla
 (b) Modelo matemático (c) Diagrama de fuerza cortante y momento flexionante

CALCULO DE ESFUERZOS:

Los esfuerzos normales máximos por flexión se producen tanto en las fibras superiores como en las inferiores. Si también consideramos el esfuerzo normal en tensión producido por la fuerza centrífuga, se concluye que las fibras a analizarse son las inferiores. El punto crítico se encuentra localizado en B. Luego se tendrá:



BIBLIOTECA

Esfuerzo por Flexión:

$$\sigma_B = \frac{M * C}{I} = \frac{M}{Z} \quad (4.11)$$

$$Z = \frac{bh^2}{6} \quad (4.12)$$

Donde:

- σ_B : Esfuerzo en el punto B
- M: Momento flector
- C: Distancia a la fibra exterior
- I: Momento de inercia
- Z: Módulo de sección
- b: Espesor de la cuchilla
- h: Altura de cuchilla.



Los valores en este caso son los siguientes:

$$M = 2.8 \text{ Nm}$$

$$b = 2 \text{ mm}$$

$$h = 30 \text{ mm}$$

Reemplazando estos datos en las ecuaciones 4.11 y 4.12, se tiene:

$$\sigma_B = 9.37 \text{ MPa}$$

Esfuerzo Producido por Centrifuga:

Haciendo analogía del comportamiento de las cuchillas con los álabes de los rotores, se tiene la siguiente ecuación⁽¹⁴⁾:

$$\sigma_c = W * \Omega^2 \int_{Ri}^{Ro} R \cdot dR \quad (4.13)$$

Aquí:

σ_c : Esfuerzo por centrifuga

W : Densidad específica del acero

Ω : Velocidad angular del eje

R : Radio de giro (Lc).

Para este caso los valores son:

$$W = 7850 \text{ Kg/m}^3$$

$\Omega = 1725 \text{ rpm}$, que corresponde a la máxima velocidad de giro en el eje para este diseño.

$$R = 0.08 \text{ m.}$$

Integrando la ecuación (4.13) y reemplazando los valores expuestos se tiene el siguiente resultado:

$$\sigma_c = W * \Omega^2 * R^2 / 2 \quad (4.14)$$

Ingresando los datos en unidades compatibles se obtiene el esfuerzo causado por la fuerza centrífuga es:

$$\sigma_c = 0.7 \text{ Mpa}$$

Luego el esfuerzo total a tensión al que se encuentra sometido la viga será:

$$\sigma = \sigma_B + \sigma_c$$

$$\sigma = 9.37 + 0.7$$

$$\sigma = 10.7 \text{ MPa}$$

Con un valor del factor de concentración de esfuerzos, $K_t = 1.5$ (24), se tiene que el:

$$\sigma_{max} = 16.05 \text{ MPa}$$

Considerando la carga estática se tiene que el factor de seguridad n_s es:

$$n_s = \frac{S_y}{\sigma_{max}} \quad (4.15)$$

$$n_s = \frac{225}{16.05}$$

$$n_s = 14$$

DISEÑO POR FATIGA:

Corresponde ahora determinar el factor de seguridad para evitar fallas por fatiga.

El límite de fatiga está determinado por la siguiente ecuación⁽¹²⁾:

$$S_e = k_a k_b k_c k_d k_e k_f S_u \quad (4.16)$$

Donde:

S_u : Límite de resistencia a la fatiga

S_e : Límite de resistencia a la fatiga
de la viga rotatoria

- k_s : Factor de superficie
- k_b : Factor de tamaño
- k_c : Factor de confiabilidad
- k_d : Factor de temperatura
- k_e : Factor de modificación por concentración de esfuerzo
- k_f : factor de efectos diversos.

El S_e esta determinado por⁽¹²⁾:

$$S_e = 0.35 S_{ut} \quad (4.17)$$

$$S_e = 0.35 * 620$$

$$S_e = 217 \text{ MPa}$$

Empleando la metodología presentada en la referencia ⁽¹²⁾, se determina los factores arriba mencionados.

Para acero laminado en caliente, $k_s = 0.65$

k_b es determinado empleando el diámetro equivalente "d", para una sección cuadrada:

$$0.0766d^2 = 0.05 * 2 * 30$$

De donde $d = 6.3 < 8 \text{ mm}$, luego $k_b = 1$

Con un 95% de confiabilidad $k_c = 0.868$

A temperatura ambiente $k_d = 1$

$$K_e = \frac{1}{K_f} ; K_f = K_t$$

De ahí que :

$$K_e = 0.66$$

Entonces se tiene:

$$S_e = (0.65)(1)(0.868)(1)(0.66)217$$

$$S_e = 80 \text{ MPa}$$

Por tratarse de carga repetida:

$$\sigma_a = \sigma_m = \sigma/2$$

Donde:

σ_a : Amplitud de esfuerzo

σ_m : Esfuerzo medio

Luego:

$$\sigma_a = 10/2 \quad (4.18)$$

$$\sigma_a = 5 \text{ MPa}$$

Empleando la ecuación de la línea de Goodman,
modificada:

$$\frac{S_a}{S_w} + \frac{S_m}{S_{ut}} = 1 \quad (4.19)$$

$$S_a = n \sigma_a$$

$$S_m = n \sigma_m$$

Combinando adecuadamente estas relaciones y reemplazando los valores se obtiene:

$$n = 14$$

DEFORMACION EN LA CUCHILLA

Para este tipo de configuración geométrica, para una viga en cantiliber la deformación se la calcula de la siguiente forma⁽¹⁵⁾:

En la Figura 4.3 se muestra la viga empotrada y en cantiliber con sus correspondientes dimensiones y carga, la máxima deformación se la calcula mediante la siguiente fórmula:

$$\delta = \frac{B * F_c}{b * E} (L/h)^3 \quad (4.20)$$

δ : Deformación

E : Modulo de Elasticidad

Reemplazando valores en (4.20) para:

$$E = 200 \text{ E}03 \text{ N/mm}^2$$

$$b = 2 \text{ mm.}$$

$$h = 30 \text{ mm.}$$

$$L = 80 \text{ mm.}$$

$$\delta = \frac{8 * 35}{2 * 200 \text{ E}03} * (80/30)^3$$

$$\delta = 0.0125 \text{ mm}$$

Por lo tanto la cuchilla es lo suficientemente rígida para efectuar el trabajo asignado.

4.1.3 DISEÑO DE EJE DE CUCHILLAS

El eje porta cuchillas estará constituido por distintas secciones transversales, con la finalidad de incorporar sobre él, los distintos elementos, como son: Los rodamientos, la polea múltiple y finalmente un tramo donde se alojarán las cuchillas de corte. El último tramo será de sección transversal cuadrada,

fines de sujeción.

El material a usarse será acero inoxidable AISI 304 ya que este metal al contacto con las sustancias alimenticias no provoca corrosión y por lo tanto no se presentan contaminaciones .

Para la determinación del eje adecuado tomaremos en cuenta las siguientes consideraciones:

- a) Las dimensiones deben ser las apropiadas de tal forma que permitan la instalación satisfactoria de todos los elementos que sobre él deben montarse.
- b) El eje debe ser capaz de soportar todas las cargas sobre él impuestas.
- c) La flexión del eje no debe afectar el funcionamiento normal de la máquina.

A continuación se presenta el procedimiento seguido y los cálculos realizados en este diseño:

A. ESTIMACION DE LAS CARGAS ACTUANTES.

- Peso de la polea impulsada; cuyas dimensiones se presentan en el plano de construcción, su material es aluminio con pequeño porcentaje de silicio, su peso aproximado es de 30 N.
- Torque Aplicado; para determinar el torque es necesario considerar las fuerzas de reacción o resistencia al corte que presenta la manzana ha ser cortada, luego el torque total lo determinaremos de la siguiente manera:

$$T_t = N * T$$

De acuerdo a la distribución de las cuchillas, en forma simultánea actúan solamente dos, luego $N = 2$.

Reemplazando

$$T_t = 2 * 2.8$$

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

- El peso de las cuchillas lo despreciamos en

consideración de que es muy pequeño y no afecta en el funcionamiento de la máquina.

- Tensión de la banda: la fuerza total ha la que se ven sometidos los ejes tanto del motor como del triturador está representada por el vector S (Fig. 4.4).

Antes de proceder al cálculo de la tensión se tiene que determinar las poleas así como el tipo y número de bandas utilizadas, puesto que son elementos indispensables en el cálculo de la tensión de la banda.

Las poleas transmisoras serán tipo escalonadas con ello conseguiremos variar las velocidades del eje en forma relativamente rápida.

Con apoyo en la ecuación general del cálculo de de la longitud de banda y puesto que esta será siempre constante para cualquier par de canales, calculamos los distintos diámetros de las poleas antes mencionadas.

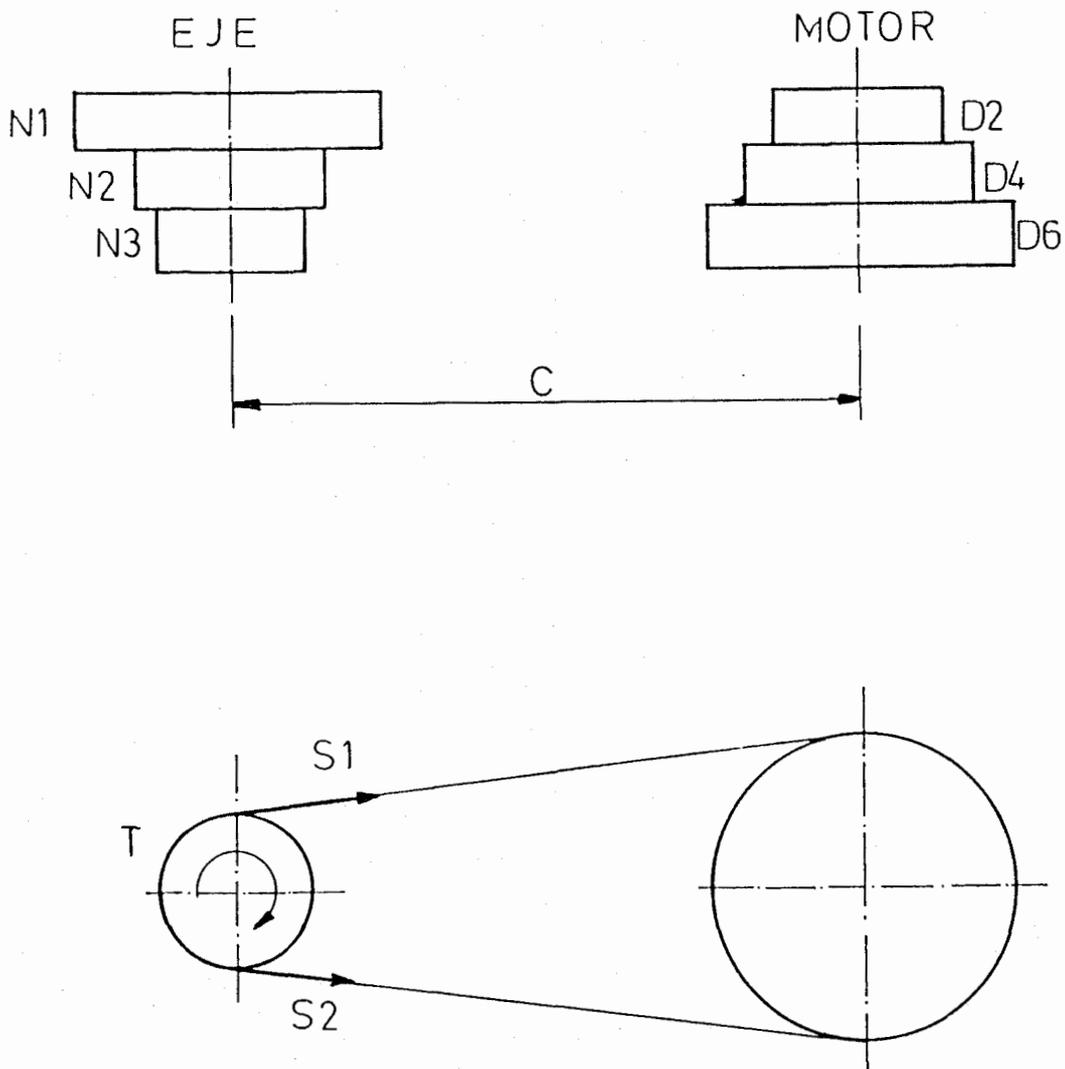


FIGURA 4.4.- Poleas escalonadas para transmisión de potencia a distintas velocidades

La ecuación general es:

$$L = \pi/2 (D + d) + 2C + (D - d)^2/4C \quad (4.22)$$

Dónde:

D: Diámetro de la polea motriz

d: Diámetro de la polea conducida

C: Distancia entre centros

N: Velocidad del motor, 1725 rpm

n: Velocidad de la polea conducida

La distancia C es de 308 mm. por diseño

Las velocidades recomendadas para este tipo de maquinaria está en el rango de 700 a 3000 rpm⁽⁷⁾⁽¹⁰⁾. Para nuestro caso hemos considerado las siguientes:

$$n_1 = 800 \text{ rpm}$$

$$n_2 = 1200 \text{ rpm}$$

$$n_3 = 1725 \text{ rpm}$$

De la relación $n_1 \cdot d_1 = N \cdot D_2$ (4.23)

De referencia (16), pag 6, tomamos $D_2 = 65 \text{ mm.}$

Luego:

$$d_1 = 1725 * 65 / 800$$

$$d_1 = 140 \text{ mm.}$$

Remitiéndonos a la ecuación (4.22) e igualando términos tenemos que:

$$\begin{aligned} \pi/2(65+140) + (65-140)^2/4*308 &= \\ \pi/2 (D_4+d_3) + (D_4 - d_3)^2/4*308 & \quad (4.22a) \end{aligned}$$

Además $n_3/N = D_4/d_3$

Combinando adecuadamente estas dos ecuaciones determinamos que:

$$D_4 = 0.7 d_3$$

Resolviendo adecuadamente la ecuación cuadrática (4.22a) obtenemos los siguientes resultados:

$$d_3 = 122 \text{ mm.}$$

$$D_4 = 85.4 \text{ mm.}$$

Como $n_3 = N$ significa que $D_6 = d_6$

Ingresando nuevamente estos valores adecuadamente en la ecuación (4.22) y ordenando valores, obtenemos los siguientes resultados:

$$d_1 = 140 \text{ mm.} \quad D_2 = 65 \text{ mm.}$$

$$d_3 = 122 \text{ mm.} \quad d_4 = 85 \text{ mm.}$$

$$d_5 = 103 \text{ mm.} \quad D_6 = 103 \text{ mm.}$$

Estos son los correspondientes diámetros medios de las poleas escalonadas.

La sección transversal de la banda para 1725 rpm. y 1.5 HP. es del tipo A ⁽¹⁶⁾.

Con los diámetros de las poleas y reemplazando estos valores en la ecuación (4.22), calculamos la longitud de la banda que es de 942.6 mm. Aplicando los correspondientes factores de corrección ⁽¹⁶⁾, determinamos que la banda seleccionada es del tipo A37. Se utilizará una sola banda ⁽¹⁶⁾.

Ahora si podremos proceder al cálculo de la tensión ejercida por los ejes al temprar la banda. Del manual de la Optibelt ⁽¹⁷⁾ y según

la figura 4.4, la fuerzas de tensión ejercidas por la banda son:

$$S_1 = 1020 P_b / C_1 * v \quad (4.24)$$

$$S_2 = 1000(1.02 - C_1) / C_1 v \quad (4.25)$$

Donde:

S_1 = Fuerza en el lado de tensión

S_2 = Fuerza en el lado flojo

P_b = Potencia de diseño (Kw)

C_1 = Factor de corrección por contacto

En acápite 4.1.4 la potencia es de 1.5 Hp (1.119 KW).

La velocidad lineal para un diámetro de 140 mm. y 1725 rpm es:

$$v = 0.140 * 1725 * 2\pi / 60$$

$$v = 25.3 \text{ m/seg}$$

De ref. (17), $C_1 = 1.0$

Luego de reemplazar estos valores en las ecuaciones (4.24) y (4.25) tenemos que:

$$S_1 = 45 \text{ N.}$$

$$S_2 = 0.88 \text{ N.}$$

Aquí la fuerza predominante es la de 45 N. consideraremos a este vector para efectos de cálculos.

En resumen las cargas aplicadas sobre el eje son las siguientes:

$$\text{Peso de la polea: } W = 30 \text{ N}$$

$$\text{Tensión de la banda: } S = 46 \text{ N}$$

$$\text{Torque aplicado: } T = 5.6 \text{ Nm}$$

B. DETERMINACION DE LA SECCION TRANSVERSAL.

Una vez establecidas las cargas actuantes sobre el eje, se hace necesario definir la longitud total que tendrá el mismo, basada en la distribución de los elementos a incorporarse sobre él, así como los puntos de aplicación de las distintas cargas y la distancia entre apoyos.

En la figura 4.5 se presenta la distribución de las distintas cargas sobre el eje así como las dimensiones. La fuerza generada por la tensión de la banda es perpendicular al peso de la polea y convergen en el mismo punto.

Los diagramas de fuerzas cortantes y momento flector M para el eje cuya longitud es de 380 mm con una separación entre apoyos de 200 mm, el resto sirve para alojar las cuchillas.

Si hacemos el análisis en el plano $x-y$ tendremos el siguiente comportamiento:

Con sumatoria de momentos y de fuerzas en el punto A igual a cero en la figura 4.6, tenemos:

$$\Sigma M_A = 0; \quad 110 W - R_{2y}(200) = 0 \quad (4.26)$$

$$\Sigma F_y = 0; \quad R_{1y} - W + R_{2y} = 0 \quad (4.27)$$

Sabemos que $W = 30 \text{ N}$, al reemplazar este valor en las ecuaciones anteriores tenemos que:

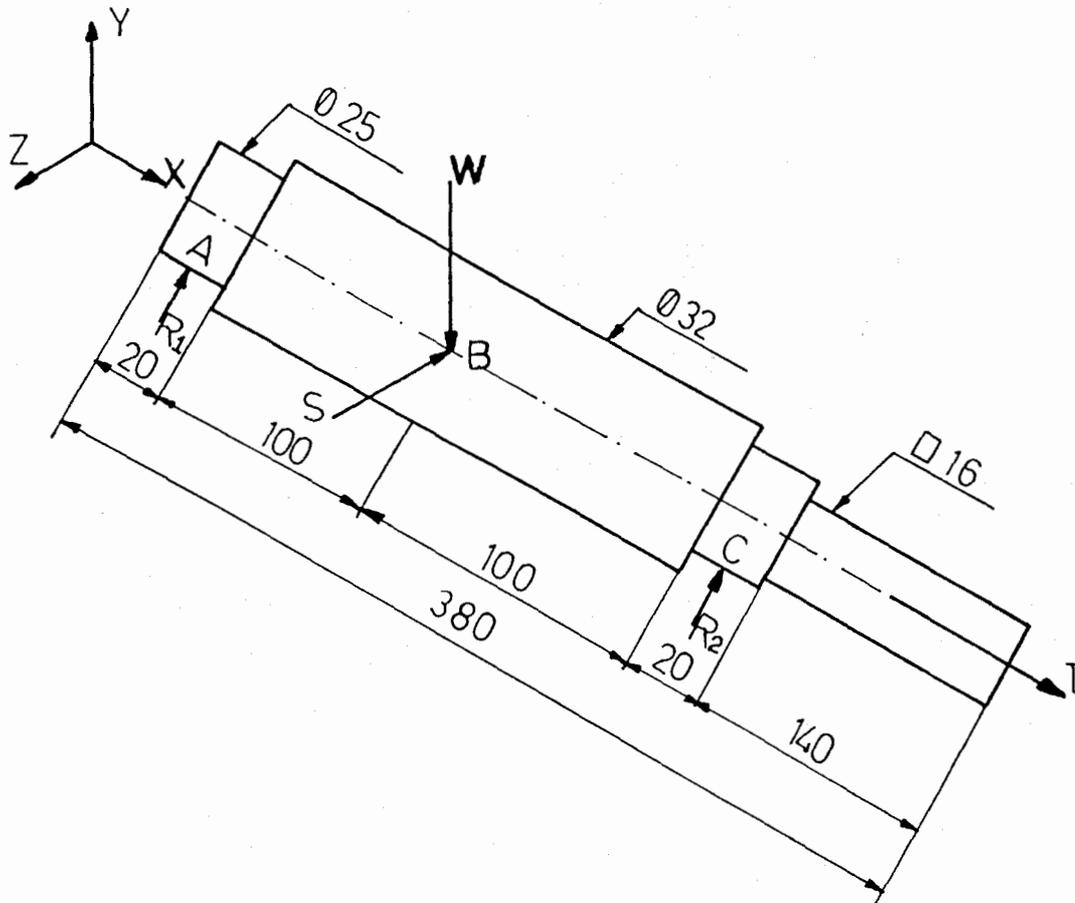


FIGURA 4.5.- Cargas actuantes sobre el eje

$$R_{1y} = 15 \text{ N.}$$

$$R_{2y} = 15 \text{ N.}$$

En la figura 4.7, bajo el mismo razonamiento anterior tenemos:

$$\Sigma M_A = 0; \quad S(110) - R_{2x} = 0 \quad (4.28)$$

$$\Sigma F_x = 0; \quad R_{1x} + R_{2x} - S = 0 \quad (4.29)$$

El valor de S es de 46 N. que reemplazando en las ecuaciones antes descritas nos da los siguientes resultados:

$$R_{1x} = 23 \text{ N.}$$

$$R_{2x} = 23 \text{ N.}$$

De los diagramas de fuerzas cortantes y momentos flectores determinamos que el punto crítico esta en B y será analizado. El punto D sufre un cambio brusco de sección transversal por lo cual también se considerará.

Análisis en B:

El momento resultante en el punto B está

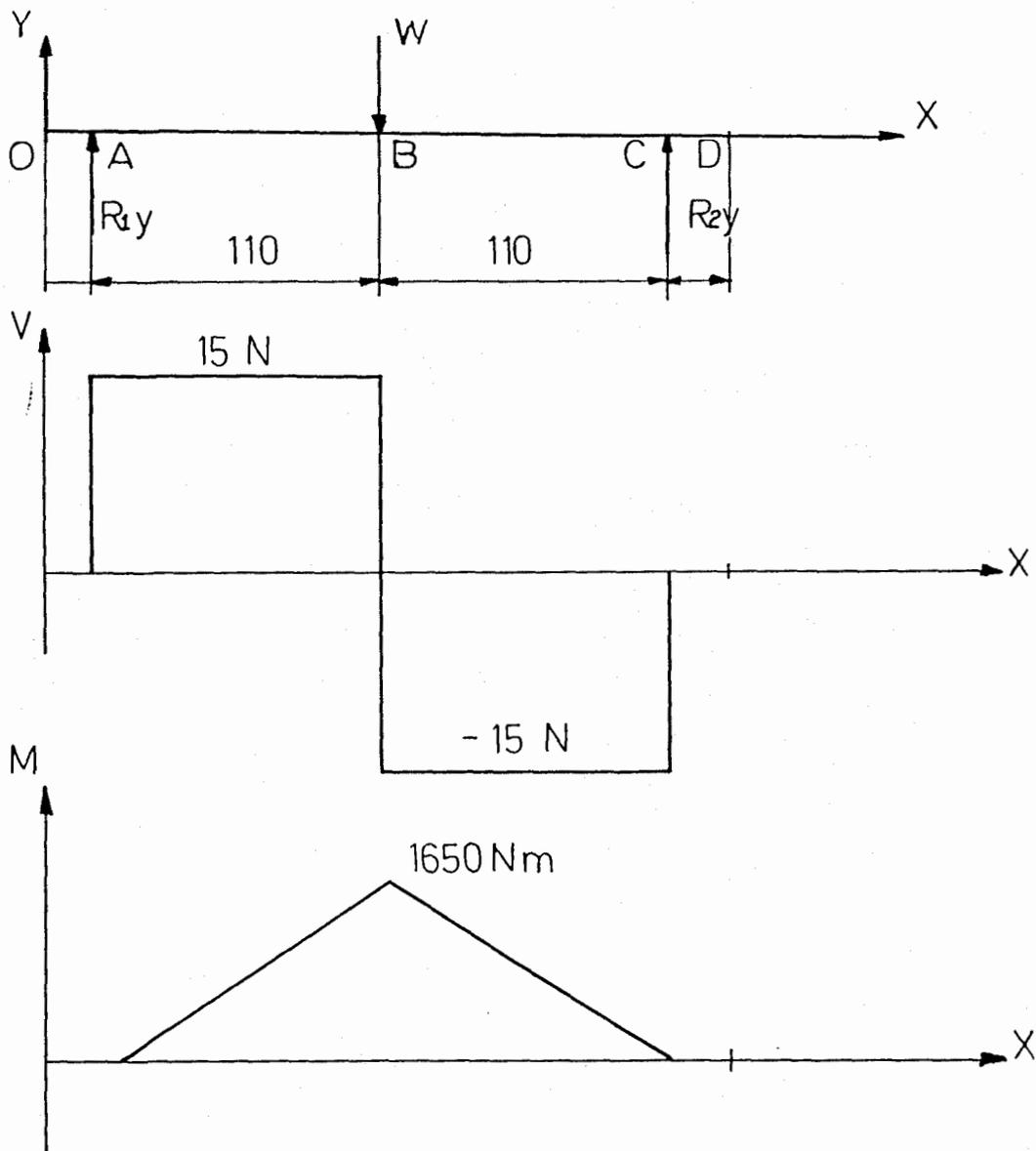


FIGURA 4.6.- Fuerzas Cortantes y Momentos flectores en el Plano x-y

determinado por:

$$M_B = (M_{By} + M_{Bz})^{1/2} \quad (4.10)$$

Los momentos en y e z los encontramos en los diagramas, replazándolos en la ecuación (4.10) tenemos que:

$$M_B = (1650^2 + 2530^2)^{1/2}$$

$$M_B = 3000 \text{ Nmm.}$$

El material recomendado para este caso es un acero inoxidable AISI 304, cuyas resistencias son (22):

$$S_y = 254.9 \text{ MPa}$$

$$S_{ut} = 620. \text{ MPa}$$

DISEÑO ESTÁTICO

Con un factor de seguridad asumido de $n = 2$, el diámetro se lo calcula a través del enfoque de la teoría del esfuerzo cortante máximo (12):

$$d = \left[\frac{32n}{\pi S_y} * (M^2 + T^2)^{1/2} \right]^{1/3} \quad (4.21)$$

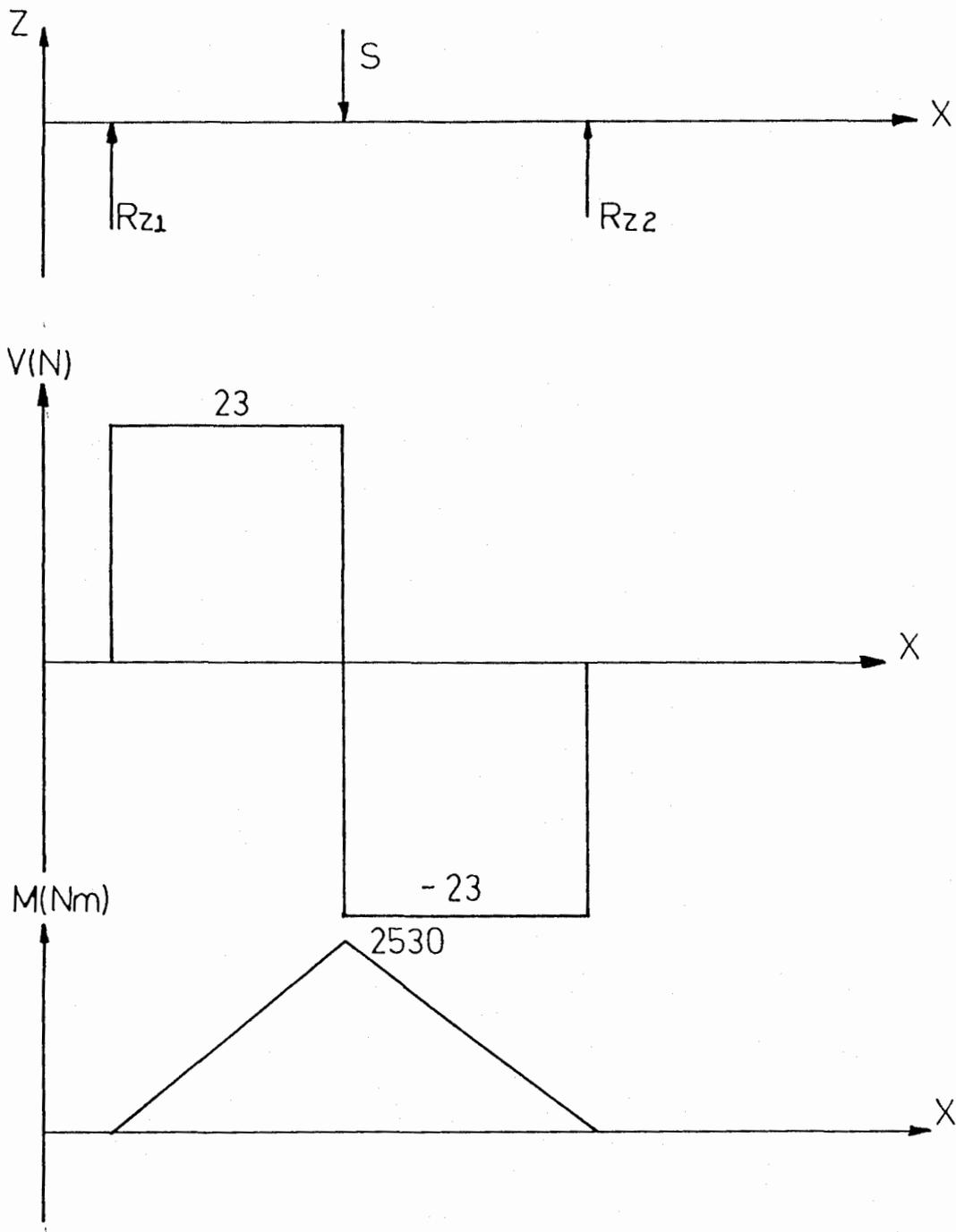


FIGURA 4.7.— Fuerzas Cortantes y Momentos flectores en el Plano $x-z$

Todos los valores presentes en la ecuación (4.21) son conocidos por lo tanto:

$$d = (32 \cdot 2 / \pi \cdot 254.9 \cdot (9 + 100)^{1/2})^{1/3}$$

$$d = 7.9 \text{ mm}$$

DISEÑO POR FATIGA.

Con el empleo de la teoría de la energía de la distorsión, se tiene:

$$d = \left[\frac{48 n}{\pi} \left[\left(\frac{T}{S_y} \right)^2 + \left(\frac{M}{S_e} \right)^2 \right]^{1/2} \right]^{1/3} \quad (4.22)$$

Donde S_e representa el límite a la fluencia completamente corregido, se lo obtiene de la siguiente forma (12):

$$S_e = K_a K_b K_c K_d K_e K_f \cdot S'_e \quad (4.23)$$

Donde:

$$S'_e = 0.35 S_{ut}$$

$$S'_e = 0.35(620)$$

$$S'_e = 310 \text{ MPa}$$

Los correspondientes factores de corrección son:

$$K_a = 0.75 \quad \text{Para una superficie maquinada}$$

$$K_b = 0.92 \quad \text{Para un diámetro } d < 250$$

$$K_c = 0.868 \quad \text{Confiabilidad del 95\%}$$

$$K_d = 1 \quad \text{El equipo trabajará a temperatura ambiente.}$$

$$K_e = 1/k_f;$$

Donde:

$$k_f = 1 + q(k_t - 1)$$

Para sensibilidad en las ranuras $q = 0.75$

El factor de concentración de esfuerzos teórico

$$k_t = 1.78 \quad (24)$$

De ahí que $K_e = 0.639$

Con estos valores en la ecuación (4.23):

$$S_e = 0.75(0.92)(0.848)(1)(0.639)*310$$

$$S_e = 118.6 \text{ MPa}$$

Retomando la ecuación (4.22) e introduciendo estos valores tenemos:

$$d = (32*3000*2/\pi*118.6)^{1/3}$$

$$d = 12.0 \text{ mm}$$

En la construcción se utilizó un eje de 32 mm que luego se lo maquina adecuadamente en sus distintas secciones. El eje no fallará en el punto B donde se concentran las cargas.

El otro punto donde puede fallar el eje es el punto D donde se produce un cambio brusco de sección transversal.

Los miembros macizos de sección transversal no circular, sometidos a torsión, se comportan de manera diferente que aquellos de sección circular.

Se han desarrollado soluciones analíticas para la torsión de miembros elásticos de sección transversal rectangular (15).

El esfuerzo cortante máximo está determinado por la siguiente ecuación:

$$\tau_{\max} = T/\alpha bc^2 \quad (4.24)$$

Donde:

T: Momento de torsión aplicado

b: Lado mayor de la sección rectangular

c: Lado menor de la sección rectangular

α : Coeficiente que depende de b/c

El ángulo de distorsión se calcula con la ecuación:

$$\phi = T.L/\beta G.bc^3 \quad (4.25)$$

Aquí:

L: Longitud del elemento

β : coeficiente que depende de b/c

G: Módulo de Young

Algunos de los valores de α y β se presentan a

continuación:

b/c	1	1.5	2	3	6	10	∞
α	.208	0.231	0.246	0.267	0.299	0.312	0.33
β	.141	0.190	0.229	0.263	0.299	0.312	0.33

En nuestro caso y puesto que la sección transversal es cuadrada (16*16) se tendrá:

Para: $b = c = 16 \text{ mm}$

$T = 5.6 \text{ Nm}$

$\alpha = 0.208$

Reemplazando valores en la ecuación (4.24)

$$\tau_{\max} = 10000 \text{ Nmm.} / 0.208 * 16 * 16$$

$$\tau_{\max} = 12 \text{ MPa.}$$

En la ecuación (4.25), para $L = 180 \text{ mm}$ y $\beta = 0.141$ y $G = 80E9 \text{ Pa}$ se tiene:

$$\phi = 0.038 \text{ rad}$$

Si empleamos la teoría del esfuerzo cortante máximo tenemos que:

$$S_{sy} = 0.5S_y \quad (4.26)$$

$$S_{sy} = 0.5 (254.9)$$

$$S_{sy} = 127.45 \text{ MPa.}$$

El factor de seguridad viene dado por la relación:

$$n = \frac{S_{sy}}{\tau_{max}}$$

$$n = 127.45/12$$

$$n = 11.$$

Este valor nos da un gran margen de seguridad de que este eje tampoco fallará en esta sección, además la deformación es mínima. No afectará su funcionamiento.

4.1.4 SELECCION DEL MOTOR

Antes de seleccionar el motor, primeramente se debe determinar la potencia requerida para realizar el corte de la manzana por cada una de las cuchillas del triturador, esto es, se calcula la potencia en función del torque y la velocidad requerida por cada cuchilla.

La potencia viene determinada por la relación:

$$P = T_t * w \quad (4.27)$$

Donde:

P : Potencia requerida

T_t: Torque total

w : Velocidad Angular (rpm)

Se sabe que:

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

$$w = 1725 \text{ rpm}$$

Reemplazando valores se tiene:

$$P = 5.6 \text{ Nm} * 1725 \text{ rpm} * 2\pi/60$$

$$P = 1010 \text{ W}$$

Si se considera un factor de servicio del motor de 1.1, la potencia total será:

$$P = 1.1 * 1010 \text{ W}$$

$$P = 1111 \text{ W}$$

$$P = 1.48 \text{ HP}$$

Por la facilidad de operación e instalación se considera al motor eléctrico como el más adecuado para generar ésta potencia.

El motor seleccionado tiene las siguientes características:

Monofásico 110 V / 60 Hz

Factor de servicio : 1.1

RPM : 1725

HP : 1.5

4.1.5 DISEÑO DE LA ESTRUCTURA.

En lo posible será necesario recurrir a la soldadura para construir más fácilmente la estructura.

Por este motivo, el prototipo se lo hará empleando perfil estructural o corea "C". Este canal servirá como guía del panel superior de la prensa, y, además sirve para el alojamiento de los distintos elementos eléctricos.

En la figura 4.8, se muestra la estructura a calcularse con sus respectivas dimensiones, asignadas convenientemente.

El cuerpo estructural está constituido por dos partes principales, la una que corresponde a la parte de trituración de la manzana, y la otra al prensado de la pulpa.

Para efectos de cálculo, se considera que la carga correspondiente al triturador es concentrada en la parte central de este sector, y está conformada por los siguientes componentes:

La carga de la manzana a procesar 300 N. El motor, cuyo peso según catálogo 50 N. Distintos elementos conformantes de la máquina con un peso aproximado de 250 N. Si a esto le se agrega una sobrecarga de 900 N, causado por ejemplo con la incorporación de una persona sobre esta estructura; de esta manera se tiene que la carga de diseño(W) es de 1500 N.

En lo que corresponde a la prensa la carga que actúa en esta es de 65000 N, generada al accionar el tornillo de potencia.

Para el cálculo estructural se empleará el "Método de los ángulos de giro y desplazamientos" (Pendiente - Desviación), descrito en el Capítulo 12 de la referencia (17).

Este método se basa en la determinación de las rotaciones y desplazamientos de los diferentes nudos, a partir de los cuales se obtienen los momentos en los extremos de cada barra.

Este método se desarrolla a partir de las siguientes ecuaciones:

$$M_{ab} = 2EK(2\theta_a + \theta_b - 3R) + M_{ab}^F \quad (4.29)$$

$$M_{ba} = 2EK(2\theta_b + \theta_a - 3R) + M_{ba}^F$$

Donde:

M_{ab} : Momento inducido en extremo a

M_{ba} : Momento inducido en extremo b

θ_a : Rotación en extremo a

θ_b : Rotación en extremo b

M_{ab}^F y M_{ba}^F : Momentos Inducidos dependientes de carga externa en a y b.

R : Rotación de la barra.

Estas ecuaciones son válidas solamente al considerar individualmente cada una de las barras conformantes de la estructura.

También:

$$R = \frac{\Delta}{L} \quad (4.30)$$

$$K = I/L \quad (4.31)$$

Aquí:

L : Longitud de la barra

Δ : Traslación relativa

K: Factor de rigidez

Antes de remplazar valores y remitiendonos a la nomenclatura presentada en la figura 4.8, se tomará en cuenta las siguientes consideraciones:

$$\theta_a = \theta_b = \theta_i = 0$$

$R = 0$, no hay desplazamiento relativo en todas las barras individualizadas.

Puesto que consideramos un solo tipo de perfil estructural tenemos que:

$$I_{ab} = I_{bc} = I_{de} = I_{ef} = I_{fg} = I_{gh} = I_{hi} = I$$

y, $I_{bf} = I_{cd} = 2I$.

Datos:

$$P = 65000 \text{ N.}$$

$$W = 1500 \text{ N.}$$

Los valores de L son los siguientes:

$$L = 200, 500, 600, 700, 1000.$$

El M.C.M. para L es de 21000, valor necesario para facilitar el desarrollo del sistema de ecuaciones.

Además,

$$PL/B = 5E6 \text{ Para barras } bf \text{ y } cd$$

$$WL/B = 1E5 \text{ Para barra } eh$$

Reemplazando los valores en la ecuaciones (4.29) y (4.30) para los distintos valores de L de acuerdo a la figura, se obtiene el siguiente sistema de ecuaciones (4.31):

$$M_{ab} = 105 \theta_b$$

$$M_{ba} = 210 \theta_b$$

$$M_{bc} = 42 \theta_b + 21 \theta_c$$

$$M_{cb} = 42 \theta_c + 21 \theta_b$$

$$M_{bf} = 140 \theta_b + 70 \theta_f - 5E6$$

$$M_{cd} = 140 \theta_c + 70 \theta_d + 5E6$$

$$M_{dc} = 140 \theta_d + 70 \theta_c - 5E6$$

$$M_{de} = 84 \theta_d + 42 \theta_e$$

$$M_{ed} = 84 \theta_e + 42 \theta_d$$

$$M_{ef} = 84 \theta_e + 42 \theta_f$$

$$M_{fe} = 84 \theta_f + 42 \theta_e$$

$$M_{eh} = 140 \theta_e + 70 \theta_h - 1E5$$

$$M_{he} = 140 \theta_h + 70 \theta_e + 1E5$$

$$M_{fg} = 210 \theta_f$$

$$M_{fb} = 140 \theta_f + 70 \theta_b + 5E6$$

$$M_{gf} = 105 \theta_f$$

$$M_{hi} = 60 \theta_h$$

$$M_{ih} = 30 \theta_h$$

Seguidamente se procede a plantear las ecuaciones en los nudos aislados mostrados en el siguiente sistema (4.32):

$$\Sigma M_b = M_{ab} + M_{bf} + M_{bc} = 0$$

$$\Sigma M_c = M_{cb} + M_{cd} = 0$$

$$\Sigma M_d = M_{de} + M_{dc} = 0$$

$$M_e = M_{ed} + M_{ef} + M_{eh} = 0$$

$$\Sigma M_f = M_{fe} + M_{fb} + M_{fg} = 0$$

$$\Sigma M_h = M_{he} + M_{hi} = 0$$

Introduciendo ecuaciones (4.32) en ecuaciones (4.33), se obtiene el siguiente sistema:

θ_b	θ_c	θ_d	θ_e	θ_f	θ_h	ctte
392	21	0	0	-	0	= 5E6
21	180	70	0	0	-	= -5E6
0	70	224	42	0	0	= 5E6
0	0	42	308	42	70	= 1E5
70	0	0	42	434	0	= -5E6
0	0	0	70	0	200	= -1E5

Para resolver este sistema de ecuaciones acudimos a una microcomputadora PC y empleando el lotus 123, Anexo A, se resuelve el sistema

de ecuaciones. Obteniendo los resultados siguientes :

$$\theta_b = 17.6E3 \quad \theta_c = -4.4E3 \quad \theta_d = 36.6E3$$

$$\theta_e = -2.8E3 \quad \theta_f = -14E3 \quad \theta_h = 502$$

Ingresando estos valores en el sistema de ecuaciones (4.29), se tiene que el máximo momento se presenta en la barra bf.

$$M_{bf} = M_{max} = 4.5E6 \text{ Nmm}$$

$$\text{Si } \sigma = M/Z = S_r/n \quad (4.34)$$

Donde:

σ : Esfuerzo de flexión

M : Momento máximo

Z : Modulo de sección

S_r : Resistencia del material

n : Factor de seguridad

El $S_f = 240 \text{ MPa}$ Ref. (23)

Considerando $n = 1.6$

En ecuación (4.34):

$$Z = M n / S_f$$

$$Z = \frac{4.5E6 * 1.2}{240}$$

$$Z = 22.50E3 \text{ mm}^3$$

$$Z = 22.5 \text{ cm}^3$$

Recurriendo al manual de INDUMET, determinamos que el perfil adecuado es la correa "C" de dimensiones 100*50*30*3.

El análisis de la rigidez se lo hace considerando el elemento b-f, que es el que soporta la máxima carga.

La máxima deflexión viene determinada por la relación⁽¹²⁾:

$$y_{max} = \frac{F * L^3}{192 * E * I} \quad (4.35)$$

Donde:

$$F = 65000 \text{ N}$$

$$L = 600 \text{ mm}$$

$$E = 200E3 \text{ N/mm}^2$$

$$I = 195.6E4 \text{ mm}^4$$



Reemplazando estos valores en la ecuación 4.35 se obtiene un valor de:

$$Y_{\max} = 0.187 \text{ mm}$$

Valor que es sumamente bajo y nos confirma la rigidez de la estructura.

4.2. PRENSA - FILTRO.

La manzana luego de ser molida pasa a la prensa para la extracción del líquido correspondiente. La pulpa será colocada adecuadamente en un marco forrado con una tela. En esta se envuelve una capa de pulpa de manzana de 40 mm de espesor para formar un "queso", de esta forma se arma una serie separada por medio de bastidores de madera con rejilla que se montan uno sobre otro para así formar una pila.

Esta pila de pulpa es sometida a presión, que es generada por el tornillo de potencia, accionado por medio de una palanca, consiguiéndose de esta forma la presión deseada para extraer el jugo requerido, el mismo que es recibido en la parte inferior en una bandeja de recolección, y por medio de un ducto pequeño llevado al recipiente de almacenamiento.

Un ciclo de prensado requiere de 20 a 30 minutos, luego de lo cuál se deja reposar el jugo durante un tiempo suficiente para eliminar el material suspendido que pueda tener.

El bagazo es retirado manualmente y aquel que se queda en las telas es sacudido, las telas se lavan antes de ser utilizadas nuevamente.

4.2.1. DISEÑO DE TORNILLO DE PRESION.

Para diseñar el tornillo de presión es necesario considerar la presión a imprimirse sobre toda la pila de bastidores de prensado, la cual será generada por este tornillo.

El tipo de rosca escogido es el diente de sierra, pues con ella se consigue grandes presiones y retornos rápidos.

De acuerdo con experiencias anteriores en la extracción de jugos, la mínima presión requerida en la extracción de jugo de manzana es de 530 KPa⁽¹⁰⁾. Cuando se emplea mecanismos neumático o hidráulicos se alcanzan presiones del orden de los 1.4 MPa.

Los bastidores de prensado escogidos por la comodidad en el manipuleo de los mismos son de 350 x 350 mm con un espesor de 40 mm.

DETERMINACION DEL DIAMETRO DEL TORNILLO.

La fuerza necesaria para extraer el jugo y que es generada por el tornillo viene dada por la relación:

$$F = P * A \quad (4.36)$$

Donde;

F: Fuerza aplicada

P: Presión específica

A: Area de contacto (Bastidores)

Reemplazando estos valores que son conocidos en la ecuación (4.36), se tiene:

$$F = 530000 \text{ N/m}^2 * (0.35)^2 \text{ m}^2$$

$$F = 65000 \text{ N.}$$

El diagrama de cuerpo libre del tornillo se muestra en la figura 4.9. El tornillo se

encuentra sometido a esfuerzos axiales provocados por la carga F y a esfuerzos cortantes generados por el torque de giro ejercido por acción de la palanca.

Aplicando la teoría de falla de la máxima energía de la distorsión de von Mises -Henky tenemos:

$$\sigma' = (\sigma_A^2 + 3\tau^2)^{1/2} \quad (4.37)$$

Aquí:

$$\begin{aligned} \sigma' &= S_y/n \\ \sigma_A &= 4F/\pi \cdot d_r^2 \\ \tau &= 16 T/\pi d_r^3 \end{aligned} \quad (4.38)$$

Además:

$$T = 1/2 F \cdot d_m \left(\frac{L + \pi \cdot \mu \cdot d_m}{\pi \cdot d_m - \mu \cdot L} \right) \quad (4.39)$$

Donde:

- σ : Esfuerzos normales
- S_y : Resistencia del material
- τ : Esfuerzo cortante
- d_m : Diámetro medio del tornillo
- p : Paso del tornillo
- L : Avance del tornillo
- T : Torque aplicado
- μ : Coeficiente de fricción
- n : Factor de seguridad

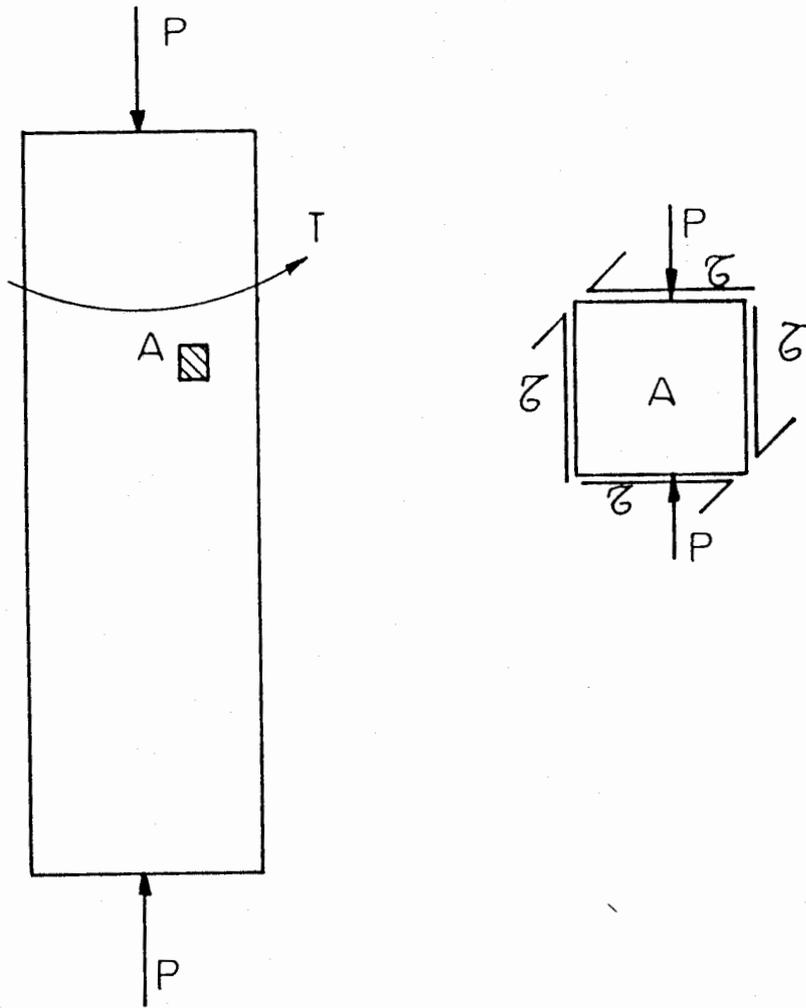


FIGURA 4.9. Diagrama de cuerpo libre del tornillo de presión

Recurriendo a un programa en Basic, desarrollado en una microcomputadora, y con los datos geométricos tabulados para tornillos de potencia diente de sierra⁽²⁵⁾, se obtiene el diámetro del tornillo.

El material adecuado para este tipo de elementos presentado por el catálogo de la SKF, es el acero de transmisión SAE 4337.

$$S_y = 700 \text{ MPa}$$

$$S_{ut} = 1000 \text{ MPa}$$

$$n = 3$$

Ingresando estos valores en el programa elaborado para el efecto tenemos los siguientes resultados:

$$d = 36 \text{ mm}$$

$$d_m = 30.6 \text{ mm}$$

$$d_r = 23.6 \text{ mm}$$

$$p = 6 \text{ mm}$$

$$T = 213274 \text{ Nmm}$$

En la construcción de éste tornillo, por la incertidumbre acerca de los aceros ofrecidos en el país, se lo hará con un diámetro exterior de 50 mm.



BIBLIOTECA



DETERMINACION DEL TORQUE A APLICARSE.

El torque total a imprimirse por acción de la palanca de giro viene dado por:

$$T_e = T + 0.5 \mu_e \cdot F \cdot d_e \quad (4.40)$$

Donde:

μ_e : Coeficiente de fricción en el collarín.

d_e : Diámetro del collarín.

Si se considera un promedio entre el rango para el contacto metal-metal con lubricante, se tiene que $\mu_e = 0.15$

$$d_e = 1.25 d$$

Reemplazando valores en ecuación 4.40, se tiene:

$$T_e = 380000 + 0.5(0.15)(65000)(1.25)34$$

$$T_e = 680000 \text{ Nmm}$$

$$T_e = 680 \text{ Nm}$$

La condición de autoaseguramiento del tornillo viene dada por la siguiente relación:

$$\pi \mu d_m > L \quad (4.41)$$

$$3.14(0.2)(44.54) > 6$$

$$27 > 6$$

Por lo tanto el tornillo se asegura sin necesidad de un elemento adicional durante su operación.

Para determinar que eficiencia tiene este tornillo, se recurre a la siguiente relación de torques, con y sin rozamiento:

$$e = FL/2\pi T_e \quad (4.42)$$

Donde e significa la eficiencia.

Estos valores son conocidos y al reemplazarlos en esta ecuación tenemos que:

$$e = (65000 * 8/2.\pi.680000)*100$$

$$e = 14 \%$$

Este resultado es sumamente bajo, se justifica puesto que tenemos elevado rozamiento de metal con metal, pues el collarín provoca bastante pérdida por rozamiento, aún así se

justifica su uso frente al elevado costo que representa el emplear un cojinete en el extremo del tornillo y además modificar el sistema de transmisión.

La eficiencia si se empleara un cojinete en el extremo del tornillo es:

$$e = F * L / T$$

$$e = 65000 (8) / 380000$$

$$e = 22 \%$$

BRAZO DE PALANCA.-

La longitud de la palanca necesaria para generar esta carga es la siguiente:

$$b_p = T_t / F_h \quad (4.43)$$

Donde:

b_p : Longitud de la palanca

F_h : Fuerza humana aplicada

La fuerza aplicada por un hombre en condiciones normales de trabajo durante una

jornada rutinaria de trabajo es de 360 N⁽²⁵⁾.

Puesto que el T_t es conocido, reemplazando valores en la ecuación anterior tenemos:

$$b_p = 680 \text{ Nm} / 360 \text{ N}$$

$$b_p = 1.8 \text{ m}$$

ESFUERZOS EN LA ROSCA.-

Al calcular los esfuerzos presentes en la rosca, consideramos a ésta como una viga corta en voladizo proyectada desde el núcleo.

Si suponemos que la fuerza está distribuida uniformemente sobre la cara de la rosca, el esfuerzo de aplastamiento será:

$$\sigma = \frac{4 F p}{\pi h (d^2 - d_r^2)} \quad (4.44)$$

Si además se supone que la carga está distribuida a lo largo de la altura de la tuerca y que los hilos de la rosca del tornillo fallarían por cortante sobre el diámetro menor, el esfuerzo cortante medio en

la rosca es

$$\tau = \frac{2F}{\pi d h} \quad (4.45)$$

Donde:

σ = Esfuerzo de aplastamiento

τ = esfuerzo cortante

F = Carga aplicada sobre el tornillo

d = Diámetro exterior del tornillo

d_r = Diámetro raíz del tornillo

h = Altura de la tuerca

p = Paso del tornillo

Conociendo que:

$$F = 65000 \text{ N}$$

$$d = 50 \text{ mm}$$

$$d_r = 36.11 \text{ mm}$$

$$h = 100 \text{ mm}$$

$$p = 8 \text{ mm}$$

Reemplazando en fórmulas anteriores tenemos que:

$$\sigma = 5.5 \text{ MPa}$$

$$\tau = 8.27 \text{ MPa}$$

El factor de seguridad para esfuerzo de aplastamiento viene dado por la relación:

$$n = S_y / \sigma$$

$$n = 700 / 5.5$$

$$n = 127$$

Para esfuerzos cortantes el factor de seguridad es :

$$n = 0.5 S_y / \tau$$

Por lo que :

$$n = 42$$

Por lo tanto la rosca no fallará por efecto de los esfuerzos que soporta.

4.2.2 DISEÑO DEL SISTEMA DE TRANSMISION

Los elementos constitutivos del mecanismo de transmisión de potencia se muestran en la figura 4.10, y se describen a continuación:

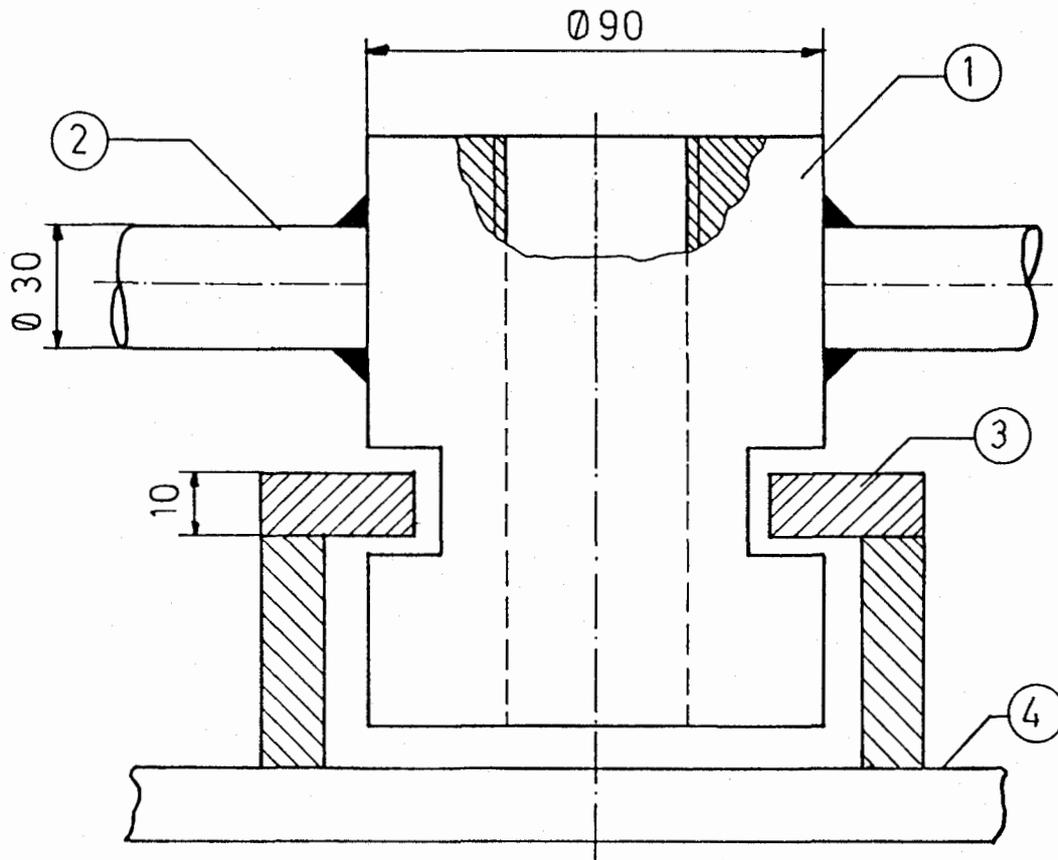
TUERCA.- Esta es obligada a girar mediante la

aplicación de unas palancas adecuadamente montadas sobre ella para el efecto. Está impedida de desplazarse en la dirección axial, pues un collarín se lo impide.

COLLARIN .- Este elemento impide el desplazamiento axial de la tuerca, para el efecto se maquina adecuadamente un cuello sobre la tuerca, en este sector se incorpora el anillo que por el otro lado es fijado a la estructura de la máquina.

PALANCAS.- Mediante el empleo de palancas y con la aplicación de la fuerza de un hombre, se provoca el giro de la tuerca, y con esto el desplazamiento del tornillo de potencia. Antes de finalizar el proceso es necesario aplicar una carga mayor, la misma que se la logra mediante el empleo de un tubo, este se incorpora en cualquiera de las palancas y aplicando la misma fuerza humana se consigue la carga final deseada.

El diseño de cada uno de estos elementos los describimos a continuación.



- ① TUERCA
- ② PALANCA
- ③ COLLARIN
- ④ ESTRUCTURA

FIGURA 4.10.- Sistema de transmisión

TUERCA DE TRANSMISION.

En la tuerca nos concentraremos a analizar el comportamiento de los esfuerzos presentes en la rosca, estos son el esfuerzo de aplastamiento que viene determinado por la relación

$$\sigma = \frac{4 F p}{\pi h(D^2 - D_r^2)} \quad (4.46)$$

El esfuerzo cortante se determina con la relación,

$$\tau = \frac{2 F}{\pi h D_r} \quad (4.47)$$

Donde:

Los valores de F , p , y h son conocidos por el numeral anterior .

D : Diámetro mínimo de la rosca

D_r : Diámetro en la raiz

De la tabla de rosca diente de sierra y para el correspondiente tornillo determinado se tiene que:



BIBLIOTECA

$$D = 38 \text{ mm}$$

$$D_r = 50 \text{ mm}$$

Reemplazando valores en las ecuaciones anteriores obtenemos:

$$\sigma = \frac{4 (65000) 8}{\pi 100 (50^2 - 38^2)}$$

$$\sigma = 6.3 \text{ MPa}$$

$$\tau = 2(65000) / \pi(50)100$$

$$\tau = 12 \text{ MPa}$$

El material seleccionado para la tuerca es el mismo seleccionado para el tornillo, SAE 4337.

El factor de seguridad para esfuerzo de aplastamiento será:

$$n = S_y / \sigma$$

$$n = 700 / 6.3$$

$$n = 100$$

Para esfuerzo cortante:

$$n = 0.5 S_y / \tau$$

$$n = 29$$

Luego la rosca no fallará por efecto de la carga aplicada.

PALANCA DE TRANSMISION.

Las palancas están soldadas a la tuerca por uno de sus extremos, en número de cuatro de tal manera que forman una cruz.

En el análisis es considerado como una viga en cantiliber, sobre la cual se aplica la fuerza del operario.

El momento máximo se produce en el empotramiento y es igual a:

$$M = 680 \text{ Nm}$$

Los esfuerzos producidos en la fibras exteriores de esta barra están determinados por la ecuación:

$$\sigma_p = 32M/\pi d^3 \quad (4.48)$$

Donde :

d: diámetro de la palanca

el material escogido para la palanca es un acero de transmisión AISI 1045:

$$S_y = 530 \text{ MPa}$$

$$S_{ut} = 627 \text{ MPa}$$

El esfuerzo permisible para un factor de seguridad $n = 1.2$, viene dado por:

$$S_y/n = 32 \text{ M} / \pi d^3 \quad (4.48a)$$

$$530 / 1.2 = 32 * 486000 / \pi d^3$$

De donde;

$$d = 27 \text{ mm}$$

El diámetro escogido para la construcción es de una barra de 30 mm luego de maquinarla.

Soldadura Requerida (h).

Ahora se determina la dimensión de la soldadura a emplearse en el empotramiento de la palanca de transmisión.

Los esfuerzos normales máximos se producen en las fibras superiores, vienen determinados por la ecuación (4.49):

$$\sigma_{\max} = M c / 0.707 I_u \quad (4.49)$$

Donde;

$$I_u = \pi d^4 / 64 \quad (4.50)$$

$$c = d/2$$

El esfuerzo cortante es:

$$\tau = F_h / A_{\text{av}} \quad (4.51)$$

$$A_{\text{av}} = 0.707 \pi h d \quad (4.52)$$

Se sabe que:

$$M = 680 \text{ Nm}$$

$$F_h = 360 \text{ N}$$

$$d = 30 \text{ mm}$$

Reemplazando estos valores en ecuaciones (4.49) y (4.50), se tiene:

$$\sigma_{\max} = 1300 / h \quad \text{y} \quad \tau = 6/h$$

Empleando la teoria de falla de von Misses - Henky

$$S_y/n = (\sigma_{max}^2 + 3 \tau^2)^{1/2} \quad (4.53)$$

La soldadura empleada para este tipo de materiales es la AWS E 6011, cuya resistencia $S_y = 427 \text{ MPa}$, para un factor de seguridad⁽¹²⁾ $n = 1.67$. Ingresando estos valores en ecuación (4.53) y despejando h , se tiene que:

$$h = 3.7 \text{ mm.}$$

Para la construccion se empleará un valor de h igual a 4 mm.

COLLARIN DE TRANSMISION.

Para el collarin determinaremos el máximo esfuerzo y la máxima deflexión que sufre éste elemento, por causa de la carga que ejerce el tornillo de potencia a través de la tuerca de transmisión.

El collarin será tratado como una placa plana con un orificio en el centro y de espesor

constante.

Esta placa, empotrada en la periferia exterior y con la carga aplicada en las cercanías de el orificio interior es analizada de la siguiente manera, fig 4.10.

El esfuerzo máximo, así como la máxima deflexión vienen determinados por las siguientes fórmulas⁽²¹⁾:

$$\sigma_{max} = \beta W/t^2 \quad (4.54)$$

Para el esfuerzo normal máximo, sucede en las fibras superiores de la placa y,

$$\gamma_{max} = \alpha \frac{W a^2}{E t^3} \quad (4.55)$$

que determina la máxima deformación sufrida por la placa por causa de la carga.

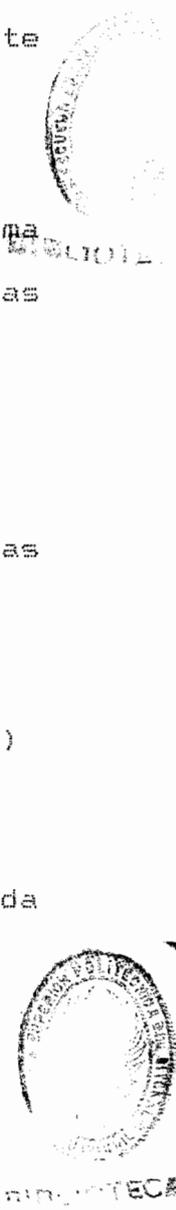
Aquí:

W: Carga que soporta el collarín

a: Radio exterior del anillo

E: Módulo de Young del material

α, β : Constantes de proporcionalidad, dependen de la configuración y la carga de la placa.



Para este caso los valores son conocidos:

$$W = F/2 = 32500 \text{ N}$$

$$a = 180 \text{ mm}$$

$$E = 200E3 \text{ MPa.}$$

$$\beta = 0.497$$

$$\alpha = 0.126$$

Ingresando estos valores en las ecuaciones anteriores se tiene que;

$$\sigma_{\max} = 152 \text{ MPa} \quad \text{y,}$$

$$y_{\max} = 0.165 \text{ mm}$$

El material escogido para este elemento es un acero AISI A36, $S_y = 240 \text{ MPa}$. El factor de seguridad es;

$$n = S_y / \sigma_{\max}$$

$$n = 240 / 152$$

$$n = 2.0$$

Luego el material no fallará frente a esta carga, así como su deformación tampoco afecta su funcionamiento.

4.2.3 DISEÑO DE PANELES DE PRENSADO

Los paneles de prensado serán contruídos de madera, el pino amarillo y el cedro, pues se presentan como los más adecuados para el efecto en este tipo de industrias⁽⁴⁾. La construcción de estos paneles es relativamente fácil y de bajo costo frente a otros materiales como el plástico o aluminio.

La madera es un material que contiene agua en cantidades variables, que dependen de la humedad relativa y de la atmósfera que las rodea. La variación de las dimensiones, esto es, su ensanchamiento o contracción dependen de la cantidad de agua contenida dentro de sus paredes celulares, estas variaciones son desiguales para distintos ejes referenciales. Para maderas secas la contracción está comprendida entre el 0.1% y 0.3% de reducción de longitud, al ser secada al ambiente. Si se somete a soluciones ácidas se producen hinchamientos de hasta el 15% de su longitud⁽¹⁵⁾.

En nuestro caso estas variaciones no afectan el funcionamiento del equipo, además los paneles serán sometidos a baños de barniz adecuado para maderas, con lo cual se conseguirá una disminución de hasta

el 85% de estas variaciones dimensionales producidas por el humedecimiento⁽¹⁵⁾.

La figura 4.11 , muestra el diseño de forma del panel, el mismo que se encuentra sometido a una carga P, proveniente del tornillo de presión.

La carga distribuida sobre los paneles está dada por:

$$Q = P/L^2 \quad (4.56)$$

Donde:

P: Carga aplicada (65000 N)

L: Lado del panel (350 mm)

Reemplazando valores en ecuación (4.56)

$$Q = 65000/(350)^2$$

$$Q = 0.53 \text{ MPa.}$$

Si aislamos una de las correas de el panel y la analizamos en forma individual, la carga soportada por esta será:

$$q = Q.L/N \quad (4.24)$$

Donde:

q: Carga aplicada sobre cada correa

N: Número de correas en cada panel

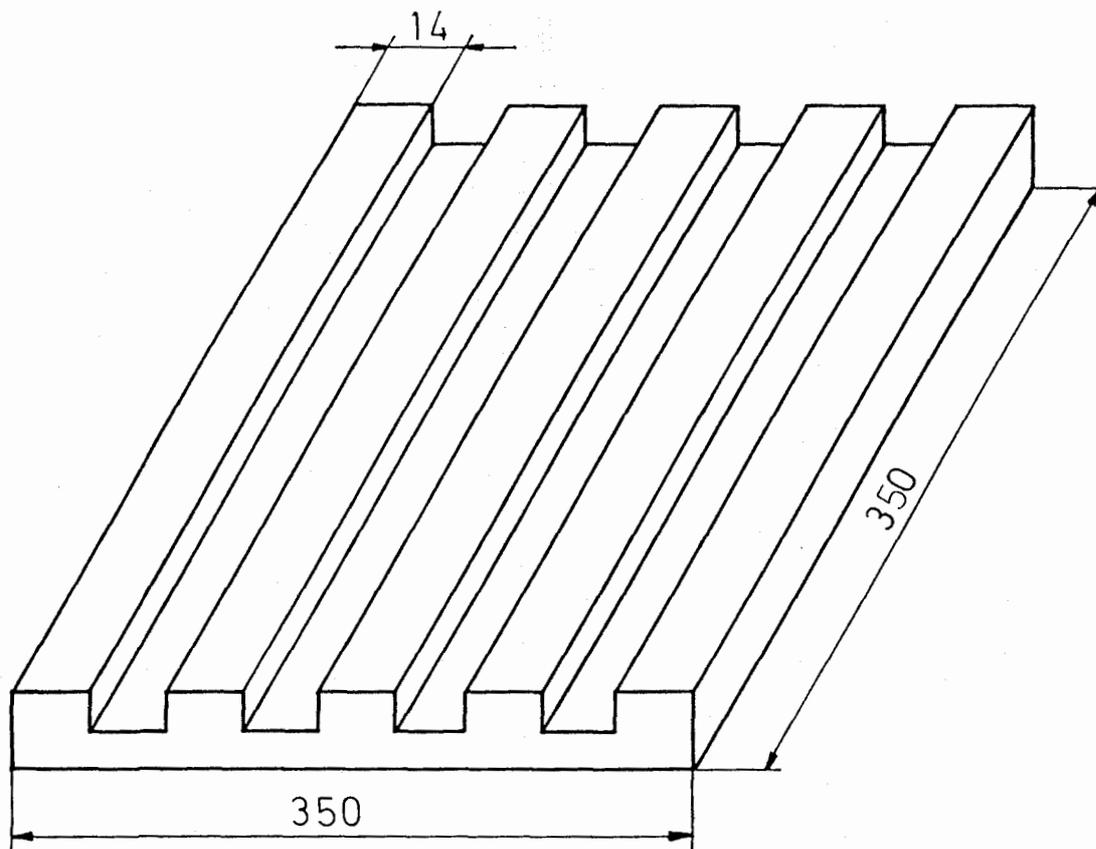


FIGURA 4.11.- Paneles de prensado

Los valores de Q y L son conocidos y cada panel
157
contiene 16 correas, al reemplazar en ecuación 4.56
se tiene:

$$q = 0.53 * 350 / 16$$

$$q = 12 \text{ N/mm.}$$

El esfuerzo al que serán sometidas cada una de las
correas viene determinado por la siguiente ecuación:

$$\sigma = q/b \quad (4.57)$$

Donde:

b: Ancho de la correa (14 mm)

$$\sigma = 12/14$$

$$\sigma = 0.85 \text{ MPa.}$$

La resistencia de la madera en para una carga
aplicada en dirección perpendicular a sus fibras
viene dada por⁽¹⁵⁾:

$$S = 32(G)^{2.25} \text{ MPa.}$$

Donde G = 0.24, para el pino amarillo.

Luego:

158

$$S = 32(0.24)^{2.25}$$

$$S = 4.5 \text{ MPa}$$

El factor de seguridad contra la falla de este material esta dado por la relación:

$$n = S/\sigma \quad (4.58)$$

$$n = 4.5/0.857$$

$$n = 5.2$$

Valor que nos da un gran margen de seguridad de que las correas de madera no fallarán por causa de la carga impuesta sobre ellas. Si la madera es cedro tampoco sufrirá daño pues esta es mas resistente que el pino amarillo⁽¹⁵⁾.

4.2.4 DISEÑO DE LA ESTRUCTURA.

En este caso la estructura será analizada en forma individual, esto es, solo se considerará el pórtico correspondiente solamente a el sistema de prensado, independientemente del triturador.

Así mismo el perfil considerado como en el

análisis de la estructura anterior es la correa tipo "C", cuya resistencia a la tensión es $S_v = 240 \text{ MPa}^{(23)}$. Las dimensiones y la carga a la que se encuentra sometida esta estructura se indican en la figura 4.12.

El cálculo estructural se lo realiza empleando el método de la pendiente-desviación⁽¹⁹⁾.

Las ecuaciones empleadas son:

$$M_{ab} = 2EK (2\theta_a + \theta_b - 3R) _ + MF_{ab} \quad (4.59)$$

$$M_{ba} = 2EK (2\theta_b + \theta_a - 3R) _ + MF_{ba} \quad (4.60)$$

Donde, si consideramos individualmente una barra ab tenemos que:

M_{ab}, M_{ba} : Momentos inducidos en puntos a ó b

θ_a, θ_b : Angulos de rotación en extremos a ó b

MF : Momentos inducidos por acción de las cargas externas

K : Factor de rigidez

R : Rotación de la barra

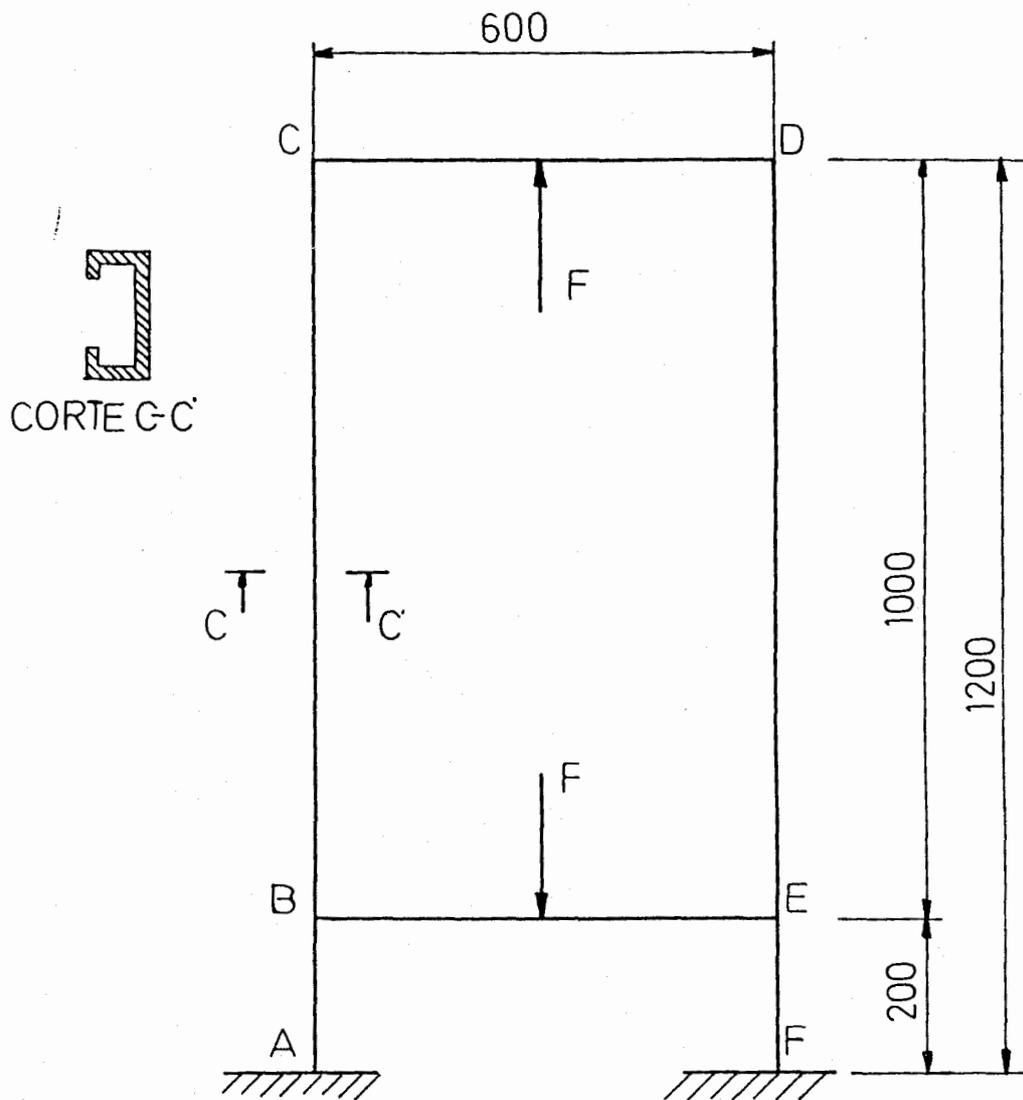


FIGURA 4.12.- Estructura de prensa filtro

El factor de rigidez viene determinado por la relación,

$$K = I/L \quad (4.61)$$

La rotación de la barra por la relación;

$$R = \delta/L \quad (4.62)$$

Aquí:

L: longitud de la barra

I: Momento de inercia

δ : Desplazamiento relativo

En este caso los desplazamientos relativos ~~de los~~ despreciables, luego $R = 0$. Reemplazando los valores correspondientes, para cada barra, en ecuaciones (4.59) y (4.60) y de acuerdo a la figura tenemos el siguiente sistema:

$$M_{ab} = 2EK (2\theta_a + \theta_b)$$

$$M_{ba} = 2EK (2\theta_b + \theta_a)$$

$$M_{bc} = 2EK (2\theta_b + \theta_c)$$

$$M_{cb} = 2EK (2\theta_c + \theta_b)$$

$$M_{be} = 2EK (2\theta_b + \theta_e) - FL/8$$

$$M_{eb} = 2EK (2\theta_e + \theta_b) + FL/8$$

$$M_{cd} = 2EK (2\theta_c + \theta_d) + FL/8$$

$$M_{dc} = 2EK (2\theta_d + \theta_c) - FL/8$$

$$M_{de} = 2EK (2\theta_d + \theta_e)$$

$$M_{ed} = 2EK (2\theta_e + \theta_d)$$

$$M_{ef} = 2EK (2\theta_e + \theta_f)$$

$$M_{fe} = 2EK (2\theta_f + \theta_e)$$



Considerando que el valor de el momento de inercia para las barras *be* y *cd* es el doble de el correspondiente para un barra individual, nos facilita el desarrollo del sistema de ecuaciones.

El valor de la carga *F* a la que se encuentra sometido el pórtico es de 65000 n, por lo tanto;

$$M^F = 65000 * 600 / 8$$

$$M^F = 5E6 \text{ Nmm.}$$

Además, debido a que el pórtico será empotrado se tiene que $\theta_a = \theta_f = 0$

Haciendo que $2EI = 3000$, y reemplazando todos estos valores con sus correspondientes dimensiones en el sistema de ecuaciones anterior, se obtiene lo siguiente:

$$M_{ab} = 15 \theta_b$$

$$M_{ba} = 30 \theta_b$$

$$M_{cb} = 6\theta_c + 3\theta_b$$

$$M_{bc} = 20 \theta_b + 10 \theta_c - 5E6$$

$$M_{cb} = 20 \theta_c + 10 \theta_b + 5E6$$

$$M_{cd} = 20 \theta_c + 10 \theta_d + 5E6$$

$$M_{dc} = 20 \theta_d + 10 \theta_c - 5E6$$

$$M_{ef} = 30 \theta_e$$

$$M_{fe} = 15 \theta_e$$

Debido a la simetría de la estructura se observa la correspondiente simetría en el sistema de ecuaciones, de ahí que:

$$\theta_a = \theta_f = 0; \quad \theta_b = -\theta_e; \quad \theta_c = -\theta_d$$

Se pasa a considerar los momentos que se generan en los nudos:

$$\Sigma M_b = 0$$

$$M_{ba} + M_{be} + M_{bc} = 0 \quad (4.63)$$

$$\Sigma M_c = 0$$

$$M_{cb} + M_{cd} = 0 \quad (4.64)$$

Ingresando en las ecuaciones (4.63) y (4.64), los correspondientes valores provenientes del sistema anterior, y un arreglo adecuado se tiene:

$$46\theta_b + \theta_e = 5E6 \quad (4.65)$$

$$3\theta_b + \theta_e = -5E6$$

Resolviendo este sistema tenemos que:

$$\theta_b = 1.3E5 \text{ Nmm.}$$

$$\theta_e = -3.4E5 \text{ Nmm.}$$

Volviendo al sistema original, al reemplazar los valores obtenidos, determinamos el mayor momento flector, este es:

$$M_{b\max} = 3.73 \text{ E6 Nmm}$$

El esfuerzo máximo al cual se encuentra sometido esta barra, viene determinado por la ecuación:

$$\sigma_{\max} = M_{b\max}/Z \quad (4.66)$$

Ademas;

$$\sigma_{\max} = S_y/n \quad (4.67)$$

Donde:

Z: Es el módulo de sección de el perfil, este valor nos determina el tipo de correa a seleccionarse.

Para un perfil "C", cuya resistencia a la tensión es⁽²³⁾:

$$S_y = 240 \text{ MPa.}$$

Con $n = 1.2$

Reemplazando en ecuaciones (4.66) y (4.67) se tiene:

$$Z = \frac{3.73E6 * 1.2}{240}$$

$$Z = 19650 \text{ mm}^3$$

$$Z = 19.65.0 \text{ cm}^3$$

La INDUMET S.A. (23), proporciona la correa "C" 100*50*15*3, que es la seleccionada para el presente trabajo.

Al comparar con la estructura determinada en el subcapítulo anterior vemos que el perfil seleccionado es idéntico, lo cual nos demuestra que la estructura completa esta gobernada por la parte correspondiente a la prensa, el efecto del triturador es pequeño a la hora de calcular la estructura.

Soldadura a Emplearse en la Estructura (h).

El análisis será desarrollado para el elemento mas critico de la estructura, y se generaliza para todas las partes a soldar en la misma.

Los esfuerzos normales máximos a tensión se producen en las fibras inferiores de la viga BE de la figura 4.12, el esfuerzo viene determinado por la ecuación:

$$\sigma_t = M.c/0.707I_u \quad (4.68)$$

Donde:

$$I_u = (3b + d) d^3/6$$

$$c = d/2$$

El esfuerzo cortante es:

$$\tau = F/A_m \quad (4.69)$$

$$A_m = 1.414 h (b+d)$$

Se conoce:

$$M = 3.73 \text{ E6 Nmm.}$$

$$F = 32500 \text{ N}$$

$$b = 100\text{mm.}$$

$$d = 100 \text{ mm.}$$

Reemplazando valores en ecuaciones (4.68) y (4.61) se obtiene:

$$\sigma_t = 395/h \text{ MPa} \quad \text{y} \quad \tau = 283/h \text{ MPa}$$

El esfuerzo de von Misses - Henky viene dado por:

$$S_v/n = (\sigma_t^2 + 3\tau^2)^{1/2} \quad (4.70)$$

El electrodo recomendado para soldar perfiles de acero A36 es el AWS E6011, su resistencia a la tensión es $S_v = 427 \text{ MPa}$, el factor de seguridad para este caso es de $n = 2.4^{(15)}$.

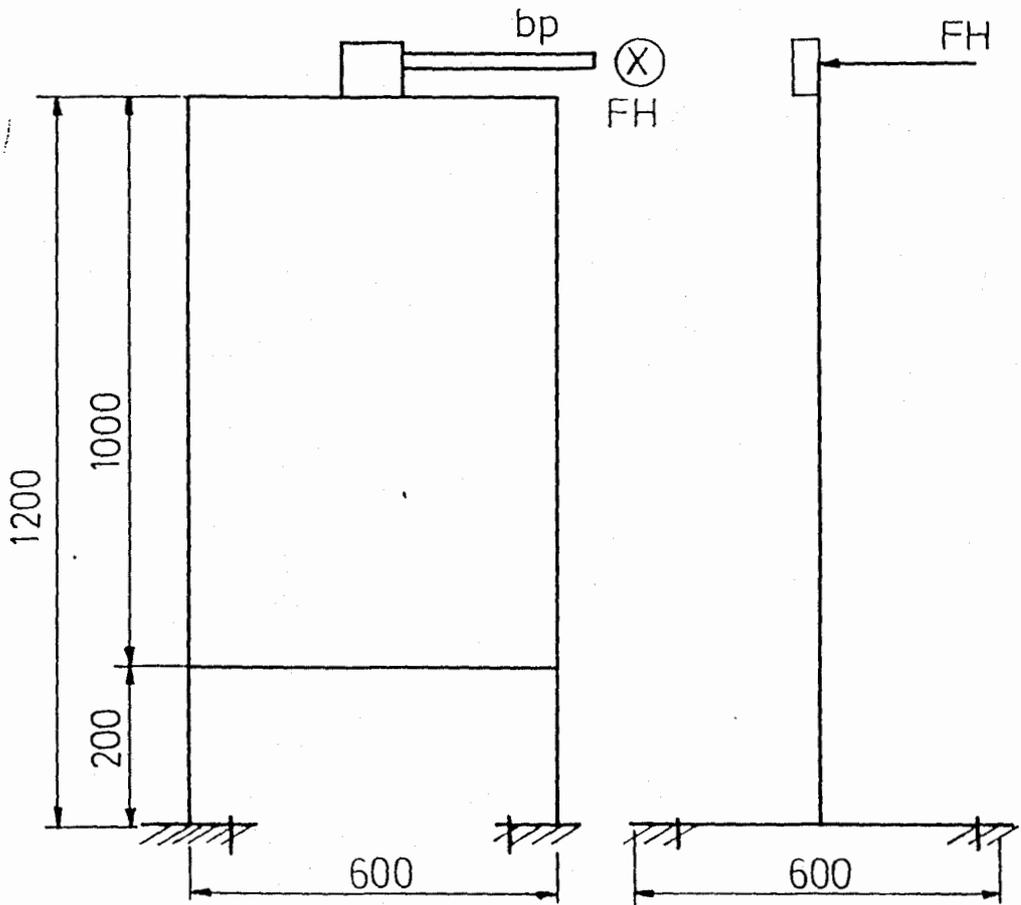
Con estos valores en la ecuación (4.70) y con los correspondientes esfuerzos, despejando h se tiene que la altura de la soldadura es:

$$h = 3.5 \text{ mm}$$

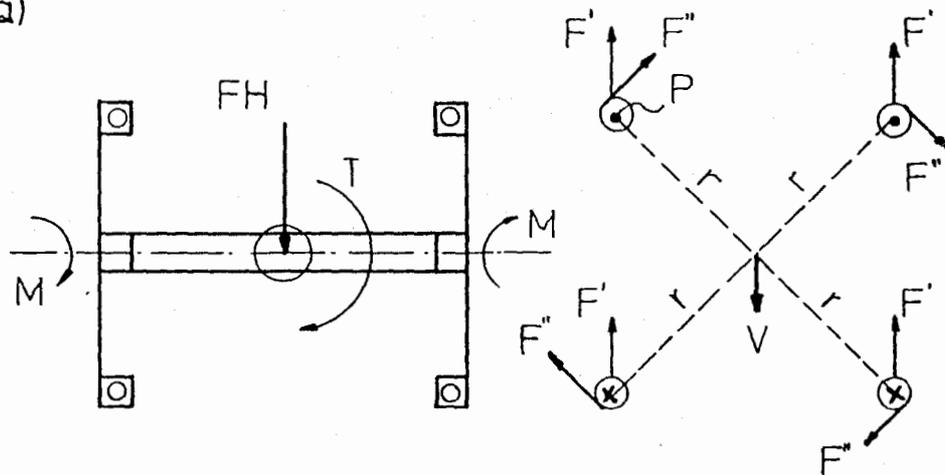
PERNOS DE ANCLAJE

La estructura es empotrada mediante el empleo de cuatro pernos simétricamente distribuidos, figura 4.13, las cargas aplicadas sobre ellos vienen determinados de la siguiente manera:

El punto O, centroide del grupo de pernos es localizado por geometría, la reacción cortante V y el torque T están localizados en éste punto.



a)



b)

FIGURA 4.13 .- a) Estructura con las cargas aplicadas
 b) Distribución de pernos

La distancia entre el centroide y el centro de cada perno es:

$$r = [(300)^2 + (300)^2]^{1/2}$$

$$r = 425 \text{ mm}$$

La carga primaria es:

$$F' = F_h / 4$$

$$F' = 320 / 4 = 80 \text{ N}$$

La carga cortante causada por la acción del torque aplicado es:

$$F'' = T / 4 r$$

$$F'' = 680 / 4 (0.425)$$

$$F'' = 400 \text{ N}$$

Al aplicar la fuerza F_h se genera un momento flector, cuya magnitud es:

$$M = 320 * 1.2$$

$$M = 384 \text{ Nm}$$

El momento flector causa cargas axiales en los pernos, su valor es:

$$P = 384 / 2 (0.6)$$

$$P = 320$$

El esfuerzo normal es :

$$\sigma = 320/A$$

El esfuerzo cortante, cuando las fuerzas primarias se encuentran en la misma dirección y sentido es:

$$\tau = \frac{1 (80 + 400)}{A}$$

Con aplicación con la teoría de la energía de la distorsión:

$$\sigma' = \frac{1}{A} [(320)^2 + 3(480)^2]^{1/2}$$

$$\sigma' = 890 / A$$

Para pernos de acero ASTM A37, la carga de prueba $S_p = 380$ MPa.

De ahí:

$$380E6 = 890 / A$$

$$A = 2.34E6 \text{ m}^2$$

$$d = 1.7 \text{ mm}$$

Se empleará pernos de 8 mm de diámetro adecuadamente empotrados, con lo cual aseguramos un correcto funcionamiento de la estructura.

CAPITULO V

CONSTRUCCION DEL PROTOTIPO

5.1. DESCRIPCION DE OPERACIONES REALIZADAS

La selección del proceso de fabricación está influenciado por el diseño del producto, el volumen estimado de producción y de la maquinaria que se dispone para su fabricación.

En el presente caso las operaciones de fabricación en la planta serán similares a las normalmente seguidas en los distintos talleres metalmecánicos existentes en el país, como son: torneado, fresado, limado, taladrado, soldado, además del empleo de distintos utillajes diseñados para realizar distintos trazos.

El diseño del prototipo esta conformado por elementos que en su mayoría se fabricarán en el taller, y otros que son estandarizados que se los adquirirá en forma directa.

Los criterios bajo los cuales se selecciona equipos y herramientas deben satisfacer exigencias tecnológicas tales como la calidad del producto, así como las cantidades que se desea del producto final. Algunas de estas consideraciones son:

- Formas de superficies deseadas
- Materiales y dimensiones de las piezas
- Precisión requerida
- Cantidad de piezas a producir.

Estos requerimientos nos sirven de sustento para estimar la capacidad y calidad de la producción de la maquinaria.

TIEMPOS DE CORTE.

Dentro de la elaboración de los metales es necesario recurrir al corte de los mismos para obtener así una configuración geométrica de dimensiones exactas y superficies debidamente trabajadas. Dicha operación consiste esencialmente en el arranque de capas de sobreespesor de las piezas en bruto.

La diversidad de procedimientos para trabajar mecánicamente las piezas arrancándoles las capas de metal que sobra en forma de viruta, sea este torneado

fresado, limado, etc. requiere la existencia de distintos movimientos y el requerimiento de tiempos empleados que afectan la economía final del proceso.

"El tiempo tecnológico fundamental", es aquel gastado directamente para cambiar la configuración, las medidas y la superficie de las piezas que se trabaja por medio de las distintas operaciones de maquinado. A continuación describimos las siguientes:

TORNEADO.- El tiempo fundamental al torneear una pieza se determina según la siguiente fórmula:

$$t = L.I/N.s \quad (5.1)$$

Donde:

L: Distancia que recorre la cuchilla (mm)

I: Número de pasadas de la cuchilla

S: Avance de la cuchilla en cada vuelta

N: Revoluciones por minuto (rpm)

Aquí:

$$N = 1000 V/\pi d \quad (5.2)$$

V= Velocidad de corte (m/min)

d: Diámetro de la pieza (mm)

El avance S y la velocidad V se obtienen directamente de las tablas mostradas en el Anexo C.

FRESADO.- El tiempo de corte de la operación de fresado se determina mediante la siguiente fórmula:

$$t = LN/S \quad (5.3)$$

La velocidad de rotación así:

$$N = 1000 V/\pi d \quad (5.4)$$

Dónde:

- L: Trayectoria de corte (mm)
- S: Avance de la mesa (mm/min)
- N: Velocidad de giro de la fresa.
- V: Velocidad de corte (mm/min)
- d: Diámetro de la fresa (mm).

Los valores de V y S se determina en el Anexo C.

TALADRO.- En el taladro el tiempo de corte se obtiene con las siguientes ecuaciones:

$$t = L./SN \quad (5.5)$$

$$L = I + 0.3d \quad (5.6)$$

$$N = 1000 V/nd \quad (5.7)$$

Aquí:

L: Trayecto de trabajo de la broca (mm)

I: Profundidad del agujero (mm)

d: Diámetro de la broca (mm)

S: Avance de la broca (mm/rev)

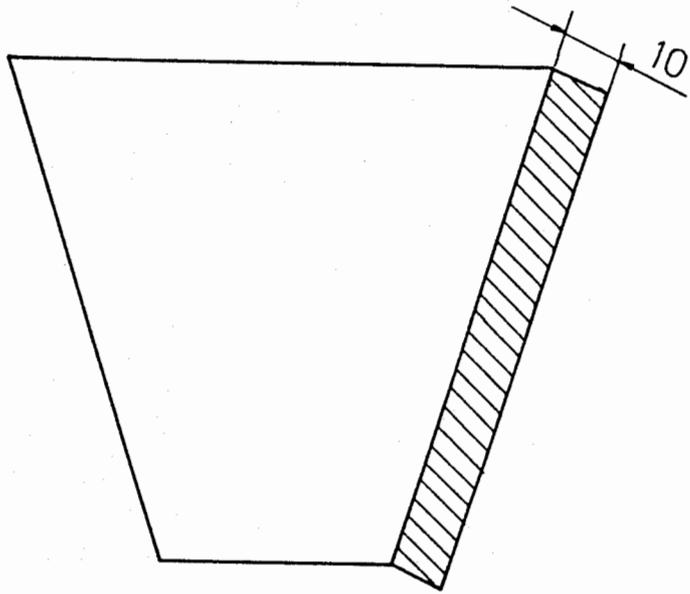
N: Revoluciones de la broca (rpm)

El avance S y la velocidad V se seleccionan mediante el empleo de la tabla mostradas en el Anexo C.

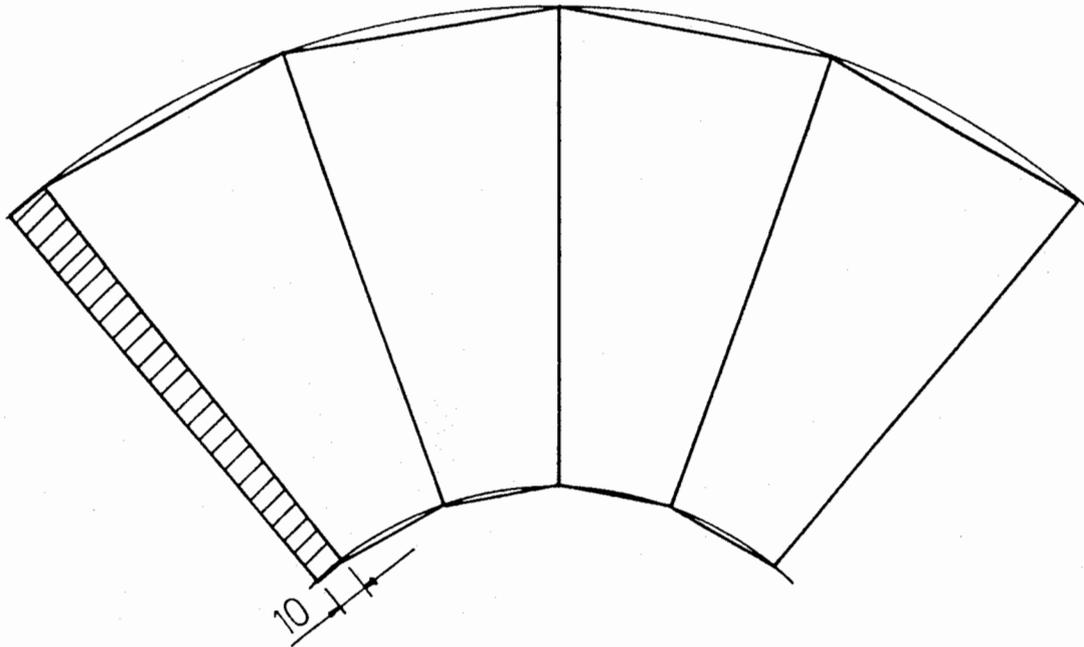
5.1.1. TOLVA DE ALIMENTACION

Para construir la tolva de alimentación existen dos maneras:

a) Se cortan las cuatro caras que la conforman en forma individual, agregándole una pequeña sobremedida en los extremos de unión, que luego serán dobladas para armar la tolva. En los extremos acoplados se aplica unos cuantos puntos de soldadura.



a)



b)

FIGURA 5.1 .- Desarrollo de la tolva

b) Trazando un desarrollo general de las cuatro caras conformantes de la tolva, doblándola adecuadamente para finalmente obtener la tolva, aplicando ciertos puntos de soldadura en uno de sus extremos solamente.

Este método es ampliamente empleado cuando se trata sustancias finas o líquidos que pueden escapar por las uniones. Para producciones en serie es factible este desarrollo, aquí se emplea el material en forma óptima. la construcción del prototipo se la realizará empleando el trazado descrito en a.

Los pasos a seguir son los siguientes:

- Trazado de la plancha
- Cortado de las distintas caras, empleo de cizalla
- Doblado de los extremos
- Armado de la tolva, colocación de puntos de soldadura debidamente espaciados.

El tiempo estimado para realizar la construcción de la tolva es de aproximadamente 120 minutos. El trabajo es realizado por dos operarios.

5.1.2. EJE DE CUCHILLAS

En la construcción del eje portacuchillas, son empleados principalmente el torno y la fresadora, esta última empleada para obtener la sección transversal cuadrada, donde van alojadas las cuchillas de corte.

TIEMPO DE MAQUINADO .-

La totalidad del tiempo empleado para la fabricación del eje, se la estima basándose en el tiempo que requiere la máquina para realizar el arranque de viruta y su correspondiente acabado. Actividades personales del operario hace que este tiempo se incremente en un 22 % del tiempo requerido para el maquinado en sí⁽²⁷⁾.

CARTA DE FABRICACION (Anexo D).-

Con la finalidad de organizar el procedimiento seguido, así como para determinar el tiempo total requerido en el arranque de viruta, se elabora la carta tecnológica u hoja de operaciones.

Como ilustración se hará el cálculo para determinar el tiempo de corte en una de las operaciones esquematizadas en la carta de fabricación, los siguientes pasos en la construcción exigen el mismo proceso de cálculo.

OPERACION: Desbastado sección "b"

DATOS:

$$I = 1$$

$$L = 150 \text{ mm.}$$

$$D = 32 \text{ mm.}$$

MATERIAL: Acero AISI 304

PARAMETROS (Tabla del Anexo C₁):

$$V = 6 \text{ m/min}$$

$$S = 0.5 \text{ mm/rev}$$

$$a = 1.5 \text{ mm}$$

De ecuación (5.2)

$$N = 60 \text{ rpm}$$

De ecuación (5.1)

$$t = 1.7 \text{ min}$$

Remitiendonos a la carta de fabricación vemos que la suma total de todos los tiempos nos

entrega un tiempo total de corte de 110 min.

Si se le agrega el 22 % por necesidades del operario se tiene un tiempo de:

$$t = 110 * 1.22$$

$$t = 134 \text{ min}$$

5.1.3. TORNILLO DE PRESION.

El tornillo de presión, fabricado casi en forma íntegra en el torno, requiere de un afilado adecuado por parte de la cuchilla de corte para obtener el tipo de rosca requerido.

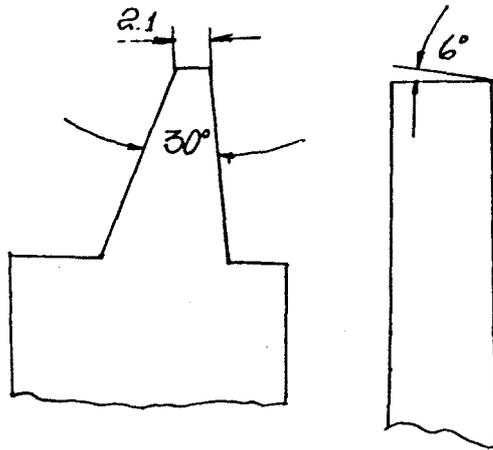
En la fabricación de roscas es necesario dar el número de pasadas necesarias para obtener un fino acabado en la superficie de contacto.

AFILADO DE LA CUCHILLA.-

La forma de la parte activa de la cuchilla para roscar, tiene la misma forma del "hueco" del filete según el plano axial de la rosca, las dimensiones laterales de la parte activa

se aumentan ligeramente.

En la punta del filo situada en el plano axial de la rosca, sus caras tienen una ligera inclinación de 4 grados con relación a los flancos.



TIEMPOS DE FABRICACION.-

De la misma manera como se realizó en el caso anterior del eje de cuhillas, además considerando que la velocidad de corte es mucho menor en este caso, el procedimiento es el mismo.

CARTA DE FABRICACION (Anexo D).-

Asi mismo ilustrativamente se determinará el número de revoluciones, como un tiempo de fabricación para un paso particular.

Del Anexo C₂, Acero SAE 4337

$$V = 16 \text{ m/min}$$

$$S = 0.8 \text{ mm/rev}$$

$$a = 2 \text{ mm}$$

En ecuaciones (5.1) y (5.2), con $D = 50 \text{ mm}$

$$N = 30 \text{ rpm}$$

$$t = 20 \text{ min}$$

Remitiendonos a la carta tecnologica se determina que el tiempo de corte requerido para construir el tornillo es de 115 min. En consecuencia el tiempo gastado en el tornillo es:

$$t = 115 * 1.22$$

$$t = 140,3 \text{ min}$$

5.1.4. PANELES DE PRENSADO

Para construir los paneles de prensado, en madera, el trabajo será realizado íntegramente en talleres de carpintería, los cuales poseen la herramienta adecuada como son: sierras circulares, cepillos, lijadora eléctrica, etc.

El proceso de construcción es como sigue:

- Trozado de la madera, se lo hace con pequeña sobremedida.
- Ensamble en pares de los pedazos trozados.
- Cepillado, se da dimensiones finales
- Corte de tiras de flujo.
- Cepillado de tiras, lijado a mano, dimensiones finales.
- Pegado y clavado de tiras en los paneles ensamblados.
- Barnizado.

Es necesario tomar en cuenta que en la construcción de estos paneles, se

presentan tiempos de espera mientras el ensamble se seca, y durante la colocación de distintas capas de barniz.

5.1.5. ESTRUCTURA

En la construcción de la estructura se emplean principalmente las siguientes herramientas:

- Sierra circular y manual
- Soldadura eléctrica y autógena
- Herramientas de banco, etc.

El procedimiento seguido es el siguiente:

- Medición y rayado sobre el perfil
- Corte, empleo de sierra circular y manual.
- Armado de la estructura, aplicación de puntos de soldadura
- Escuadrado, confirmación de medidas
- Aplicación de la soldadura definitiva
- Perforación de orificio por donde

atravieza el tornillo de presión,
empleo de equipo de oxi-corte.

- Esmerilado de rebabas.

5.2. MONTAJE

El montaje de la unidad requiere de herramienta básica, por lo tanto es fácilmente desmontable. El ensamblaje de este prototipo sigue los siguientes pasos:

ESTRUCTURA (TRITURADORA)

- Sujeción de la caja de trituración
- Colocación de polea y chumaceras al eje portacuchillas, fijación del mismo sobre la estructura.
- Incorporación de las cuchillas de corte, fijación de las mismas.
- Colocación de polea de transmisión al motor.
- Colocación de la banda, nivelación de poleas.
- Instalaciones eléctricas.

ESTRUCTURA (PRENSA)

- Sujeción de la tuerca de transmisión de potencia.
- Fijación del collarín de sujeción.
- Incorporación del tornillo de prensado sobre la tuerca.
- Colocación de guía y paneles de prensado en el extremo inferior del tornillo.

5.3. ANALISIS DE COSTOS

En todo proyecto interesa determinar el costo unitario por producto, con la finalidad de establecer la posible ganancia que se puede obtener por cada unidad fabricada.

Para determinar el costo del producto final, un elemento determinante es el gasto efectuado durante la producción y está conformado por: Los materiales, la mano de obra y, la carga fabril.

- Los materiales directos, se refieren a la materia prima empleada.

- La mano de obra, conformada por los operarios involucrados en la elaboración del producto.
- La carga fabril, representa los costos indirectos de fabricación, como son suministros, reparaciones, etc.

En la construcción del presente prototipo, y puesto que cada uno de los elementos que lo conforman fueron construídos de manera indistinta, sin seguir una secuencia, con la finalidad de ocupar el material estrictamente necesario (empleo de recortes y retazos, etc.), no nos permite hacer un desglose pormenorizado de los gastos efectuados hasta la culminación del presente trabajo.

En su defecto presentamos un desgloce aproximado de gastos en la adquisición y/o elaboración de cada una de las piezas que conforman este prototipo. Aquí se incluye el correspondiente costo de la mano de obra.

RUBROS	COSTO (SUCRES)
--------	----------------

A. COMPONENTES METALICOS

Estructura	30.000,00
Eje de cuchillas	25.000,00
Cuchillas de corte	24.000,00

(continua...)

Poleas	30.000,00
Caja de trituración	20.000,00
Banda de transmisión	8.000,00
Tolva de alimentación	20.000,00
Tornillo de presión	30.000,00
Tuerca de transmisión	30.000,00
Palancas	12.000,00
Bandeja recolectora	15.000,00
	<hr/>
Subtotal	244.000,00

B. COMPONENTES NO METALICOS

Telas de filtración	90.000,00
Paneles de prensado	80.000,00
Marco de telas	6.000,00
Motor	180.000,00
Contactador	20.000,00
Acabados	10.000,00
Accesorios	20.000,00
	<hr/>
Subtotal	406.000,00

C. IMPREVISTOS

15% (A + B)	97.500,00
---------------------	-----------

TOTAL \$ 747.500,00

CAPITULO VI

P R U E B A S

6.1. PRUEBAS EN VACIO

Antes de poner en funcionamiento al prototipo se le realizan una serie de pruebas sin carga, esto con la finalidad de confirmar si se cumplen ciertos parametros bajo los cuales fué diseñado. Estas pruebas consisten en la medición de la carga máxima generada por el tornillo de presión, el torque a aplicarse sobre la tuerca de transmisión de potencia, la potencia consumida por el motor y el análisis de la vibración.

a) CARGA MAXIMA GENERADA POR EL TORNILLO DE PRESION

Para medir la carga máxima que se consigue con el tornillo de presión se recurre al empleo de los medidores de deformaciones.

Con el empleo de la máquina INSTRON, del laboratorio de mecánica de sólidos, cuya capacidad máxima es de 10000 kgf. Se coloca adecuadamente el

dispositivo sensor bajo el tornillo de potencia, se efectua el ensayo repetidas veces, obteniendose el siguiente valor:

$$F = 6350 \text{ kgf}$$

$$F = 63500 \text{ N}$$

La carga para la cual fué diseñada la prensa es de 65000 N, por lo que se puede decir que la respuesta es aceptable.

b) TORQUE APLICADO SOBRE LA TUERCA

Para medir el torque se lo hace tomando en cuenta la longitud del brazo de palanca y la carga sobre el aplicanda

La longitud de la palanca es de 2.0 m.

Experimentalmente se determina que la carga aplicada por un hombre en condiciones normales de trabajo al accionar la palanca, es de 32 kgf, luego el torque aplicado sera:

$$T = 32(2.0)$$

$$T = 64.0 \text{ kgf}$$

$$T = 640 \text{ Nm}$$

el torque de diseño es de 680 Nm, por lo que el equipo cumple con el valor para el cual se construyó.

c) POTENCIA DEL MOTOR EN VACIO

La potencia del motor eléctrico se la determina midiendo el voltaje y la intensidad de corriente.

Empleando un multímetro de gancho se obtiene los siguientes resultados:

$$V = 110 \text{ V}$$

$$I = 11 \text{ A}$$

El factor de potencia para este motor es de:

$$FP = 85\%$$

La eficiencia:

$$e = 0.66$$

La potencia del motor sin aplicación de carga es determinada por la relación:

$$P = e * FP * V * I \quad (6.1)$$

Reemplazando valores:

$$P = 0.66 * 0.85 * 110 * 11$$

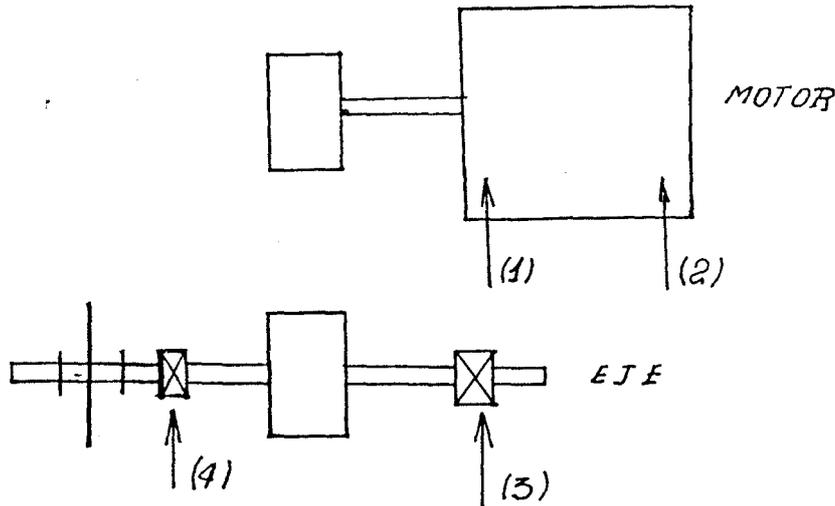
$$P = 678 \text{ W}$$

$$P = 1.03 \text{ HP}$$

d) VIBRACION DEL PROTOTIPO

Para medir la vibración del equipo, se emplea el analizador de vibraciones, las lecturas se las realiza en los cuatro cojinetes: Dos del motor y las dos chumaceras que alojan el eje. Los resultados son los siguientes:

	Pk - Pk (micrones)			
#	1	2	3	4
H	80	0	60	50
V	40-80	30-40	40	40
A	40-90	40-85	60-80	-



Al confrontar estos valores con la carta de severidad de vibraciones a 1725 rpm, Apéndice E, se tiene que el rango en el que se encuentran estos valores es intenso, lo que nos indica la necesidad de hacer un balanceamiento adecuado de las cuchillas o en su defecto verificar si los cojinetes se encuentran en buen estado.

6.2 PRUEBAS A DISTINTAS CARGAS

Se procede ahora a analizar el comportamiento de la máquina al ser sometida a la trituración y posterior prensado de manzana, se determina la capacidad de fragmentación del triturador y la cantidad de jugo extraído por la prensa.

A) CAPACIDAD DE FRAGMENTACION DEL TRITURADOR (C).-

Capacidad de trituración es la cantidad de fruta

fragmentada en tamaños determinados durante un tiempo determinado.

La capacidad de triturado se la determina por:

$$C = W_m/t \quad (6.2)$$

Donde:

- C: Capacidad de trituración
- W_m : Masa de manzana a triturar
- t: Tiempo empleado

Luego de realizar algunas pruebas, tanto con la variedad de manzana Emilia como con la Golden delicius, se obtiene los siguientes resultados:

$$W_m = 1.26 \text{ kg}$$

$$t = 30 \text{ s}$$

El tamaño de los pedazos fragmentados es de 8 mm en promedio.

De ahí que:

$$C = 1.26/30$$

$$C = 151 \text{ Kg/h}$$

B) RENDIMIENTO DE JUGO (R)

Se entiende como rendimiento de jugo a la cantidad de jugo extraído de la estructura de la manzana, expresada en tanto por ciento.

Esta relación se la expresa así:

$$R = m_j/m_t * 100 \quad (6.3)$$

Donde:

R: Rendimiento de jugo

m_j : Masa del jugo extraído

m_t : Masa total de la pulpa a prensarse

Así mismo las pruebas se realizaron para dos tipos de manzanas adecuadas para la extracción de jugo existentes en el país, la variedad Emilia y la variedad Golden - Delicius, esta última ampliamente empleada para la elaboración de coladas domésticas. Los resultados son los siguientes:

Para la variedad Emilia:

$$m_e = 2.43 \text{ kg}$$

$$m_j = 1.54 \text{ kg}$$

Para la variedad Golden-delicious:

$$m_e = 1.96 \text{ kg}$$

$$m_j = 1.16 \text{ kg}$$

Al ingresar estos valores en la ecuación (6.3), se obtiene los siguientes resultados:

Variedad emilia:

$$R = 63\%$$

Variedad Golden delicious:

$$R = 59.18\%$$

La totalidad de líquido que posee la manzana es de 80.48 % , se puede decir que los resultados obtenidos son aceptables, ya que este mecanismo es manual.

C) FLUJO DE JUGO EXTRAIDO (Q).

Este parámetro determina la cantidad de líquido extraído durante el proceso de prensado en cada unidad de tiempo. El flujo másico se lo calcula con la relación:

$$Q = V_j / t'$$

Donde:

Q : Flujo de líquido

t' : Tiempo requerido para la extracción de jugo por cada panel

V_j:Volumen de líquido extraído

Así mismo estos valores fueron determinado para las dos variedades de manzana anteriormente mencionadas, los resultados son:

Para variedad Emilia:

$$V_j = 1.48 \text{ l}$$

$$t' = 20 \text{ min}$$

$$Q = 1.48/20$$

$$Q = 4.44 \text{ l/h}$$

Del mismo modo para la variedad Golden-delicious:

$$Q = 3.48 \text{ l/h}$$

Este valor es considerado solamente para un panel de prensado, como el prototipo puede trabajar hasta con 8, el flujo total será entonces:

$$Q_e = 8 Q$$

Para la variedad Emilia:

$$Q_e = 8 * 4.44$$

$$Q_e = 35.5 \text{ l/h}$$

Para la variedad Golden- delicious:

$$Q_e = 27.84 \text{ l/h}$$

A continuación se presenta una tabla de los resultados obtenidos.

TABLA VIII. Resultados de pruebas del extractor

Variedad	m_e (kg)	m_s (kg)	V_s (l)	t' (min)	R (%)	Q_e (l/h)
Emilia	2.43	1.54	1.48	20	63.0	35.5
Golden	1.96	1.16	1.10	20	59.0	27.8
Emilia	3.0	1.75	1.70	22	58	37.0

d) POTENCIA A PLENA CARGA

Los parámetros obtenidos con el motor a plena carga son los siguientes:

$$V = 110 \text{ V}$$

$$I = 14 \text{ A}$$

Reemplazando valores en la ecuación (6.1):

$$P = 0.66 * 0.85 * 110 * 14$$

$$P = 864 \text{ W}$$

$$P = 1.14 \text{ HP}$$

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El prototipo construido cumple con los requerimientos para los cuales fué diseñado: bajo costo, fácil operación, capacidad, mantenimiento e higiene.

El análisis selectivo de la mejor alternativa, determinó al mecanismo de prensa filtro como la más adecuada para las extracciones de jugo. Sin embargo, se debe considerar las otras posibilidades ya que con estas se pueden conseguir grandes presiones y operaciones continuas.

El diseño de la máquina abre la posibilidad de que se puedan realizar pruebas con otras frutas y vegetales con la finalidad de obtener parámetros de su comportamiento, que permitan ampliar el campo de acción de esta máquina.

El requerimiento de grandes presiones para conseguir un mejor resultado en la extracción de jugo, hace necesario considerar el empleo de sistemas hidráulicos o neumáticos, con los cuales además es más fácil controlar las cargas aplicadas sobre el sistema de paneles de prensado.

La extracción de jugo de manzana depende de varios factores, entre los principales se consideran los siguientes: variedad, textura, grado de maduración de la fruta, cantidad de jugo presente en su estructura y destino final del producto.

Todos los elementos diseñados y seleccionados que conforman el prototipo pueden ser fabricados en el país y se debe dar prioridad a investigaciones que permitan el cumplimiento de este objetivo.

La vibración del equipo requiere de un balanceamiento adecuado de las cuchillas, este fenómeno no afecta en el funcionamiento de la máquina, ni tampoco el medio en el cual va a funcionar.

Se sugiere a las autoridades y organismos de investigación de la ESPOL, incentivar y apoyar el desarrollo de proyecto que, como éste, presentan soluciones a los problemas de sectores marginales de la economía nacional a los que nos se les a dado la importancia que verdaderamente tienen dada sus implicaciones sociales.

BIBLIOGRAFIA

1. CEDATOS, Estudio de Mercado de Frutales en el Ecuador (Manzana, Durazno, Pera y Mora), Quito, 1985
2. INFORME INSTITUCIONAL, CONADE-MAG, Quito, Ecuador, 1984
3. J. G. BRENAN, Las Operaciones de la Ingeniería de Alimentos, Editorial Acriba, España, 1966
4. J. H. PERRY, Manual del Ingeniero Químico, Tomo II, McGraw Hill, México, 1973
5. A. S. FOUST, Principios de Operaciones Unitarias, Editorial Continental, México, 1961
6. E. RAYMOND, Chemical Process Machinery, Editorial Reinhold Publishing Corporation, New York, 1953
7. G. BERGERET, Conservas Vegetales: Frutas y Hortalizas, Salvat Editores, Barcelona, 1963
8. E. HUGOT, Manual para Ingenios Azucareros, Editorial Continental, México 1963
9. D. K. TRESLER, Fruit and Vegetable Processing Technology, Trans Editions Inc, New York, 1975
10. N. W. DESROSIER, Elementos de Tecnología de Alimentos, Editorial Continental, México, 1967

11. M. A. CORSO, Introducción a la Ingeniería de Proyectos, Editorial Limusa, México, 1981
12. J. E. SHIGLEY, Diseño en Ingeniería Mecánica, Editorial McGraw Hill, México, 1985
13. Manual de Catálogos de Diseño de Construcción, ESPOL, 1982.
14. H. H. MOBIE, Mecanismos y Dinámica de Maquinaria, Editorial Limusa, México, 1981
15. T. BAUMEISTER, MARKS, Manual del Ingeniero Mecánico, VIII Edición, McGraw Hill, México, 1984
16. MITSUBISHI, V-BELT DRIVES, Catálogo, 1985
17. THE OPTIBELT TECHNICAL MANUAL, Segunda Edition
18. SKF, Catalogo General, SKF, Alemania, 1982
19. YUAN-YU HSEIN, Teoría Elemental de Estructuras, Prentice-Hall Hispanoamericana S.A. México, 1985
20. S. TIMOSHENKO, Resistencia de Materiales, tomo II, Editorial Galpe, Madrid, 1975
21. R. I. RAYMOND, Resistencia de Materiales, Esfuerzos y Deformaciones, Editorial Aguilar S. A. 1969
22. P. D. HARVEY, Engineering Properties of Steel, OHI, 1982.
23. INDUMET, Industrias Metalicas Cia. Ltda., Catálogo de Perfiles, Guayaquil, 1982
24. R.E.PETERSON, Stress Concentration Factors, Editorial John Wiley & Sons, New York, 1974
25. N. LARBURU, Máquinas Frontuario, Editorial Paraninfo, Madrid, 1990

26. R. W. FOX McDONALD, Introduction to Fluid Mechanics,
Editorial John Wiley & Sons, New York, 1978
27. N. J. MUNIER, Técnicas para el Planeamiento y Control
de Producción, Editorial Astrea, Buenos Aires, 1973.

A N E X O S

ANEXO A

SOLUCION DE ECUACION PARA DETERMINAR PARAMETROS DE ESTRUCTURA

MATRIZ [A]

MATRIZ [B]

392	21	0	0	70	0	5000000
21	180	70	0	0	0	-5000000
0	70	224	42	0	0	5000000
0	0	42	308	42	70	100000
70	0	0	42	434	0	-5000000
0	0	0	70	0	200	-100000

MATRIZ [A]'

0.0026	-0.0003	0.0001	0.0000	-0.0004	0.0000
-0.0003	0.0064	-0.0021	0.0003	0.0000	-0.0001
0.0001	-0.0021	0.0053	-0.0008	0.0001	0.0003
0.0000	0.0003	-0.0008	0.0037	-0.0004	-0.0013
-0.0004	0.0000	0.0001	-0.0004	0.0024	0.0001
0.0000	-0.0001	0.0003	-0.0013	0.0001	0.0055

"THETA" = [A]'*[B]

SUBINDICES DE "THETA"

B	=	17632.2
C	=	-44081.4
D	=	36633.9
E	=	-2864.0
F	=	-14087.5
H	=	502.4

A N E X O B

```

1  REM  DETERMINACION DEL TORNILLO DE POTENCIA
10  SY = 700
20  N  = 3
25  PI=3.14
30  F  = 65000!
40  U  = .15
50  SIGMA1 = (SY/N)**2
55  RESTORE
60  FOR I = 1 TO 13
80  READ D,DR,DM,F
90  DR = .65*D   ; DM = .85*D
100 T= F*DM*((PI*PI*U*DM)/(PI*DM-U*F))/2
110 SIGMA2 = 16*((F/DR**2)**2 + 48*(T/DR**3)**2)/PI**2
120 IF SIGMA1 >= SIGMA2 THEN GOTO 135
130 NEXT I
135 PRINT "RESISTENCIA DEL MATERIAL",, SIGMA1
136 PRINT "ESFUERZO EN EL MATERIAL.",, SIGMA2
140 LPRINT "DIAMETRO DEL TORNILLO(mm.)...", D
150 LPRINT "PASO DEL TORNILLO      (mm.)...", F
160 LPRINT "DIAMETRO DE RAIZ      (mm.)...", DR
170 LPRINT "DIAMETRO MEDIO        (mm.)...", DM
175 PRINT "TORQUE APLICADO ,, T(Nmm)....", T
182 REM      D      DR      DM      F
185 DATA 28.      19.3.    24.6.    5
190 DATA 30.      19.6.    25.9.    6
200 DATA 32.      21.6.    27.9.    6
210 DATA 34.      23.6.    29.9.    6
220 DATA 36.      25.6.    31.9.    6
230 DATA 38.      25.8.    33.2.    7
240 DATA 40.      27.8.    35.2.    7
250 DATA 42.      29.8.    37.2.    7
260 DATA 44.      31.8.    39.2.    7
270 DATA 46.      32.1.    40.5.    8
280 DATA 48.      34.1.    42.5.    8
290 DATA 50.      36.1.    44.5.    8
300 DATA 52.      36.3.    45.2.    8
301 END
DIAMETRO DEL TORNILLO(mm.)... 36
PASO DEL TORNILLO      (mm.)... 6
DIAMETRO DE RAIZ      (mm.)... 23.4
DIAMETRO MEDIO        (mm.)... 30.6

```

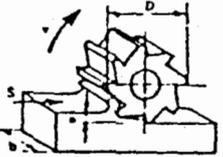
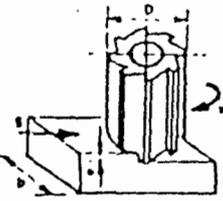
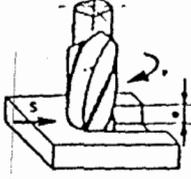
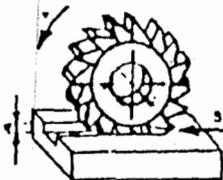
ANEXO C₁

Utiles de corte	CUCHILLAS PARA TORNEADO VELOCIDADES DE CORTE CON UTILES DE ACERO RÁPIDO					TABLA 17 . 12
Material a tornear	Resistencia Dureza	Avance s mm por vuelta				
		0,2	0,4	0,8	1,6	3,2
Velocidad v m por minuto						
Acero suave	45 kg/mm ²	43	32	24	18	13
Acero semiduro	60 kg/m ²	34	25	19	14	10
Acero duro	85 kg/m ²	26	21	16	12	8
Acero ligeramente aleado	90-110 kg/mm ²	18	13	10	7,5	6
Acero aleado	110-150 kg/mm ²	17	12	8,5	6	4
Acero fundido (moldeado)	50 kg/mm ²	34	25	19	14	10
Acero fundido duro	50-80 kg/mm ²	27	18	13	10	7,6
Fundición gris	HB 180	48	27	18	14	10
Fundición dura	HB 220	32	18	13	10	8
Fundición acerada	HB 250	22	14	11	7,5	6
Cobre	60-80 HB	56	53	38	28	21
Latón	80-120 HB	125	85	60	36	27
Bronce	100 HB	63	48	40	32	24
Aleaciones blandas de aluminio	20 HB	132	85	56	38	28
Aleaciones duras de aluminio	25 HB	118	75	50	38	28
Aleaciones de magnesio	20 HB	1000	900	800	750	700
Plásticos		60-200				
Goma dura		100				

NOTA. — Las velocidades de corte indicadas son de aplicación para profundidades de corte de $a \leq 5$ mm; para profundidades $a \geq 5$ mm los valores indicados se reducirán en un 10 a 20%. Estas velocidades corresponden a operación de acabado, para otros se afectarán de los coeficientes siguientes:

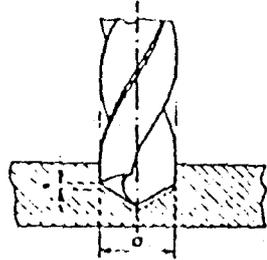
Desbastado, 0,7; Tronzado, 0,6
 Taladrado, 0,3 Mandriando 0,6
 Roscado 0,1 a 0,4

ANEXO C2

Utiles de corte		OPERACIONES DE FRESADO				TABLA 21 . 12
VALORES INFORMATIVOS						
Operación de fresado	Material	Desbastado		Acabado		Observaciones
		Velocidad	Desplazamiento	Velocidad	Desplazamiento	
		v m/min	S mm/min	v m/min	S mm/min	
		Profundidad de pasada = 5 mm		Profundidad de pasada = 1 mm		
CILINDRADO O PLANEADO  b = ancho de la fresa	Acero no aleado hasta 80 kg/mm ²	18...18	90...150	18...22	60...90	Toda clase de fresado hasta 100 mm de ancho en fresado normal
	Acero ligeramente aleado hasta 110 kg/mm ²	10...13	50...70	13...16	35...45	
	Fundición gris	12...14	10...170	14...18	70...100	
	Latón, bronce	30...40	160...220	40...60	100...160	
	Aluminio aleado	180...300	200...350	220...320	100...200	
REFRENTADO  b = 0,8 · D	Acero no aleado	20...25	80...120	25...30	45...70	Ancho del fresado = 0,8 · D, siendo D el diámetro de la fresa
	Acero ligeramente aleado	12...15 32...40	50...70 80...90	16...30 40...45	45...70 56...70	
	Fundición gris	16...20 50...63	110...160 140...200	20...25 63...70	50...80 125...180	
	Latón, bronce	45...60	220...280	50...70	90...140	
	Aluminio aleado	240...320 400...500	240...360 350...400	260...380 500...630	90...170 250...350	
RANURADO  Fresas de manguito	Acero no aleado	16...18	35...55	20...24	75...100	Las fresas de alto rendimiento deben estar sólidamente fijes
	Acero ligeramente aleado	12...14	15...25	16...28	40...55	
	Fundición gris	14...16	40...75	18...20	80...110	
	Latón, bronce	30...40	60...100	50...60	100...140	
	Aluminio aleado	160...200	60...100	180...240	80...120	
RANURADO  Fresas de disco	Acero no aleado	12...16	26...34	18...24	20...30	Valores contravance para perfil simple y fresado normal.
	Acero ligeramente aleado	10...14	18...24	14...18	15...20	
	Fundición gris	14...16	35...45	16...22	25...35	
	Latón, bronce	26...32	50...65	30...40	35...35	
	NOTA - Se considerarán valores iguales a los indicados en operaciones de fresado similares a las expuestas.					

ANEXO C₃

Utiles de corte **BROCAS** APLICACIÓN. - VALORES INDICATIVOS TABLA 24 . 12



VALORES INDICATIVOS

Material	Velocidad de corte v m/min	Diámetro de la broca				Refrigeración-lubricación
		5	12	25	40	
Avance por vuelta, s mm.						
Acero 45 kg/mm ²	25...40	0,10	0,20	0,30	0,40	Emulsión de aceite soluble
Acero 60 kg/mm ²	25...32	0,10	0,18	0,27	0,35	Emulsión de aceite soluble
Acero 85 kg/mm ²	20...28	0,08	0,15	0,24	0,32	Emulsión de aceite soluble
Acero 90-110 kg/mm ²	12...20	0,06	0,20	0,20	0,28	Emulsión de aceite soluble
Acero 150 kg/mm ²	8...15	0,04	0,10	0,16	0,24	Acete de corte
Acero fundido 50 kg/mm ²	20...35	0,15	0,25	0,40	0,55	Emulsión de aceite soluble
Acero fundido 50-80 kg/mm ²	15...25	0,10	0,20	0,30	0,40	Emulsión de aceite soluble
Fundición gris	20...35	0,15	0,25	0,40	0,55	En seco
Fundición dura	15...25	0,10	0,18	0,28	0,38	En seco
Cobro	30...70	0,12	0,20	0,28	0,36	Acete soluble
Latón	40...80	0,10	0,20	0,30	0,40	En seco
Latón duro	30...70	0,15	0,25	0,35	0,45	En seco
Bronce	30...70	0,10	0,20	0,30	0,40	Acete soluble
Aleaciones de aluminio	80...120	0,15	0,25	0,35	0,45	Acete soluble o en seco
Aleaciones duras de aluminio	100...160	0,15	0,25	0,40	0,55	Acete soluble con petróleo
Aleaciones de magnesio	120...175	0,30	0,45	0,60	0,75	En seco
Plásticos	30...40	segun observaciones				Aire comprimido
Mármol	10	0,03	0,05	0,10	0,15	Agua

Quando se efectúan taladros profundos, los avances s por vuelta se reducirán de acuerdo con los valores que se indican en la Tabla que sigue:

Broca de...	Profundidad de taladro hasta...	Profundidad de taladro de...	Profundidad de taladro superior a...
20 mm diámetro	≈ 5 veces (∅) broca	5 hasta 8 veces (∅) broca	8 veces (∅) broca
32 mm diámetro	≈ 4	4 6,3	6,3
50 mm diámetro	≈ 3,15	3,15 5	5
80 mm diámetro	≈ 2,5	2,5 4	4
	1 Avance	0,8 del avance	0,5 del avance

NOTA. -- Para brocas de pequeño diámetro se tomarán las mayores velocidades v de corte por minuto, y para las de grandes diámetros se tomarán los menores valores de v.

A N E X O D

PRODUCTO E.J.M.	CARTA DE FABRICACION						PLANO No. R-00-04				
No. DE PIEZA 5	NOMBRE DE LA PIEZA: EJE DE CUCHILLAS					DIMENSION EN BRUTO 400 * D32					
						MAT. ACERO AISI 304					
OP.	DESCRIPCION GENERAL	I	L	D	MAQ.	DATOS TECNICOS				TIEMPO (Min.)	CALIBRE DE HERRAMIENTA
						v	s	a	N		
10	CORTE EN BRUTO	-	400	32	S.MEC.	-	-	-	-	3	----
20	REFRENTADO FRONTAL "a"	1	19	32	TORNO	12	1.6	2	120	0.30	CUCHILLA
30	ELABORACION CENTRO "a"	1	6	5	TALAD.	25	.08	5	312	0.25	BROCA
40	REFRENTADO FRONTAL "l"	1	19	32	TORNO	12	1.6	2	120	0.3	CUCHILLA
50	ELABORACION CENTRO "l"	1	6	5	TALAD.	25	.08	5	312	0.25	BROCA
60	DEBASTADO "b"	2	72	32	TORNO	9	1.6	1.2	90	1.0	F.ARRASTRE/CUCHILLA
70	AFINADO "b"	1	72	26	TORNO	9	1.6	0.8	110	0.5	F.ARRASTRE/CUCHILLA
80	ACABADO "a" Y "c"	2	1	32	TORNO	12	1.6	1.0	120	0.3	CILINDRADA
90	AFINADO "d"	1	112	32	TORNO	12	1.6	0.8	120	0.6	CUCHILLA
100	CHAVETERO "e"	2	56	4	FRESA	13	5	2	830	0.3	FRESA
110	DEBASTADO "g - l"	2	196	32	TORNO	9	1.6	1.2	120	1.7	CUCHILLA/FERRO
120	REFRENTADO "i"	1	124	20	TORNO	12	10	2.5	190	50	REFRENTADO
130	ACABADO "i"	1	124	20	FRESA	45	10	1	720	50	REFRENTADO
140	ACABADO "f" Y "h"	2	1	32	FRESA	12	1.6	1	120	0.3	CUCHILLA/CILINDRADA
150	DEBASTADO "k"	3	14	22	TORNO	9	1.6	1.4	130	0.25	CUCHILLA/FERRO
160	ROSCADO "k"	2	14	12	TORNO	2.4	0.4	0.5	54	1.30	AFILADA/ROSCA
170	ACABADO ROSCA "k"	1	14	12	TORNO	2.4	1.0	0.3	54	0.3	AFILADA/ROSCA
TOTAL: 110											

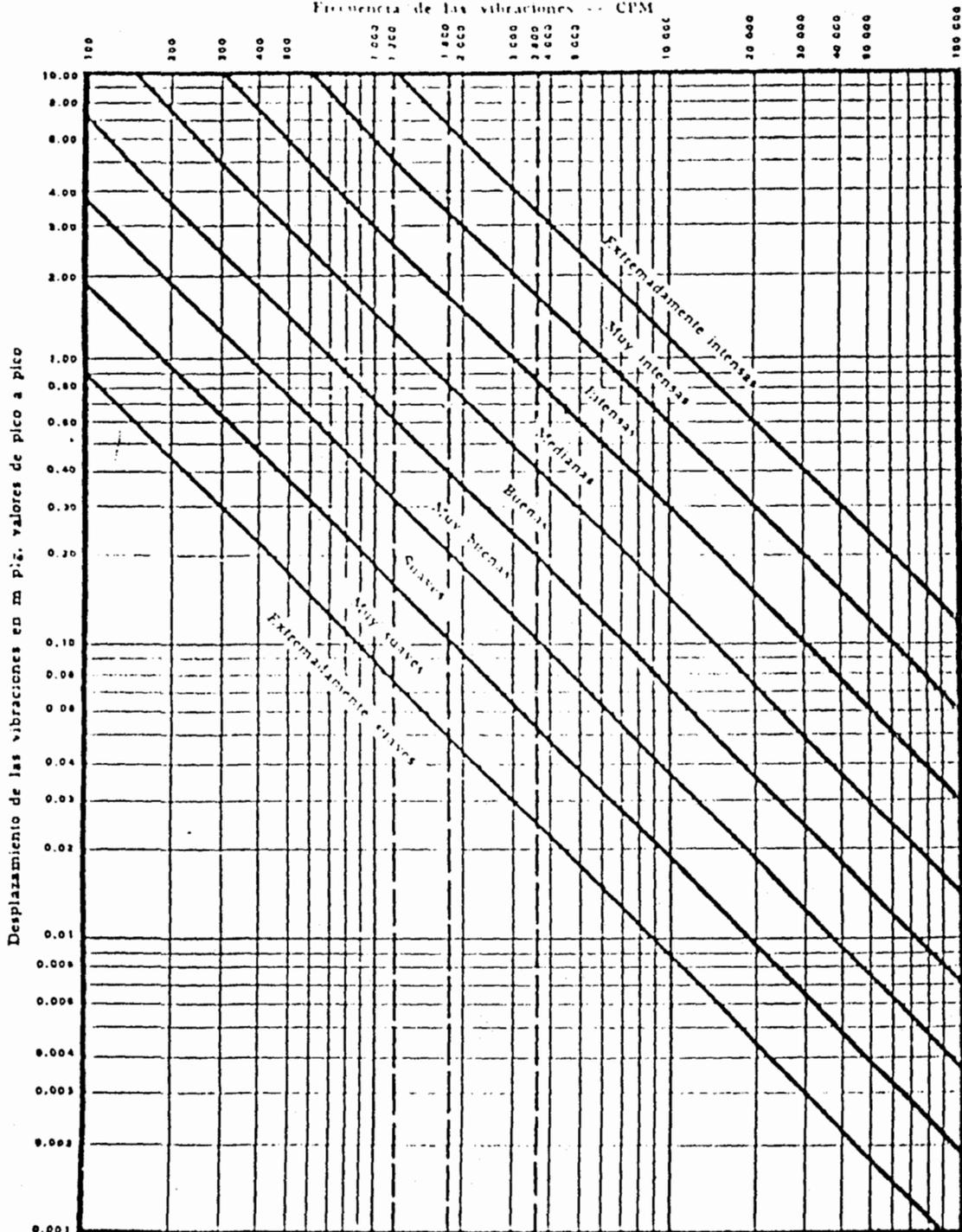
A N E X O D

PRODUCTO E.J.M.	CARTA DE FABRICACION					PLANO No. R-00-06					
No. DE PIEZA 12	NOMBRE DE LA PIEZA: TORNILLO DE FRESION				DIMENSION EN BRUTO 602 x Ø50						
						MAT. ACERO SAE 4337					
OP.	DESCRIPCION GENERAL	I	L	D	MAQ.	DATOS TECNICOS				TIEMPO (Min.)	CALIBRE DE HERRAMIENTA
						v	s	a	N		
10	CORTE EN BRUTO	1	602	50	S.MEC.	-	-	-	-	10	----
20	REFRENTADO FRONTAL "a"	1	25	50	TORNO	16	0.8	1	100	0.30	CUCH. REFRENTAR
30	ELABORACION CENTRO "a"	1	5	5	TALAD.	20	0.4	-	1200	0.4	BROCA, CENTROS
40	REFRENTADO FRONTAL "f", L = 600	2	25	50	TORNO	16	0.8	1	100	0.6	C. REFRENTAR
50	ELABORACION CENTRO "f"	1	5	5	TALAD.	20	0.4	-	1200	0.04	BROCA, CENTROS
60	SUJ. ENTRE PUNTAS, AFINADO "a-f"	1	600	50	TORNO	16	0.8	1	100	7.3	P. ARRASTRE/AFINADO
70	ELABORACION DE ROSCAS "b"	3	520	50	TORNO	4.8	0.8	2	30	63.8	P. ARRASTRE/RASCAR
80	AFINADO DE ROSCAS "b"	2	520	50	TORNO	4.8	0.8	1	30	42	FERRD/COMPARADOR
90	ELABORACION DE CUELLO "c"	2	10	50	TORNO	9.6	0.8	4	61	0.4	CUCHILLA
100	ACABADO CUELLO "c"	1	10	46	TORNO	9.6	0.8	2	66	0.2	AFINADO/VERNIER
110	ELABORACION DE AGUJERO "e"	1	50	12	BROCA	25	.15	-	800	0.45	BROCA
120	ACABADO "f"	2	3	50	TORNO	16	0.8	1.5	100	0.08	CUCHILLA
TOTAL: 115											
<p>SIMBOLOGIA: -----</p> <p>I = NUMERO DE PASADAS L = LONGITUD DE CORTE (mm) D = DIAMETRO (mm) v = VELOCIDAD DE CORTE (m/min) s = AVANCE (mm/rev) a = PROFUNDIDAD DE CORTES (mm) R = RPM T = TIEMPO (min)</p>											

INTERNATIONAL RESEARCH AND DEVELOPMENT CORPORATION
Worthington, Ohio

TABLA SOBRE LA SEVERIDAD DE LAS VIBRACIONES PARA MAQUINARIA EN GENERAL

Frecuencia de las vibraciones -- CPM

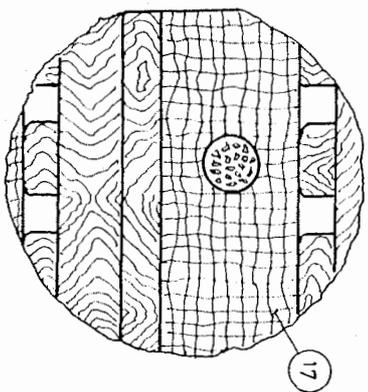
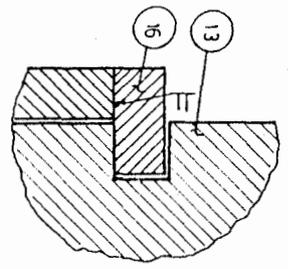
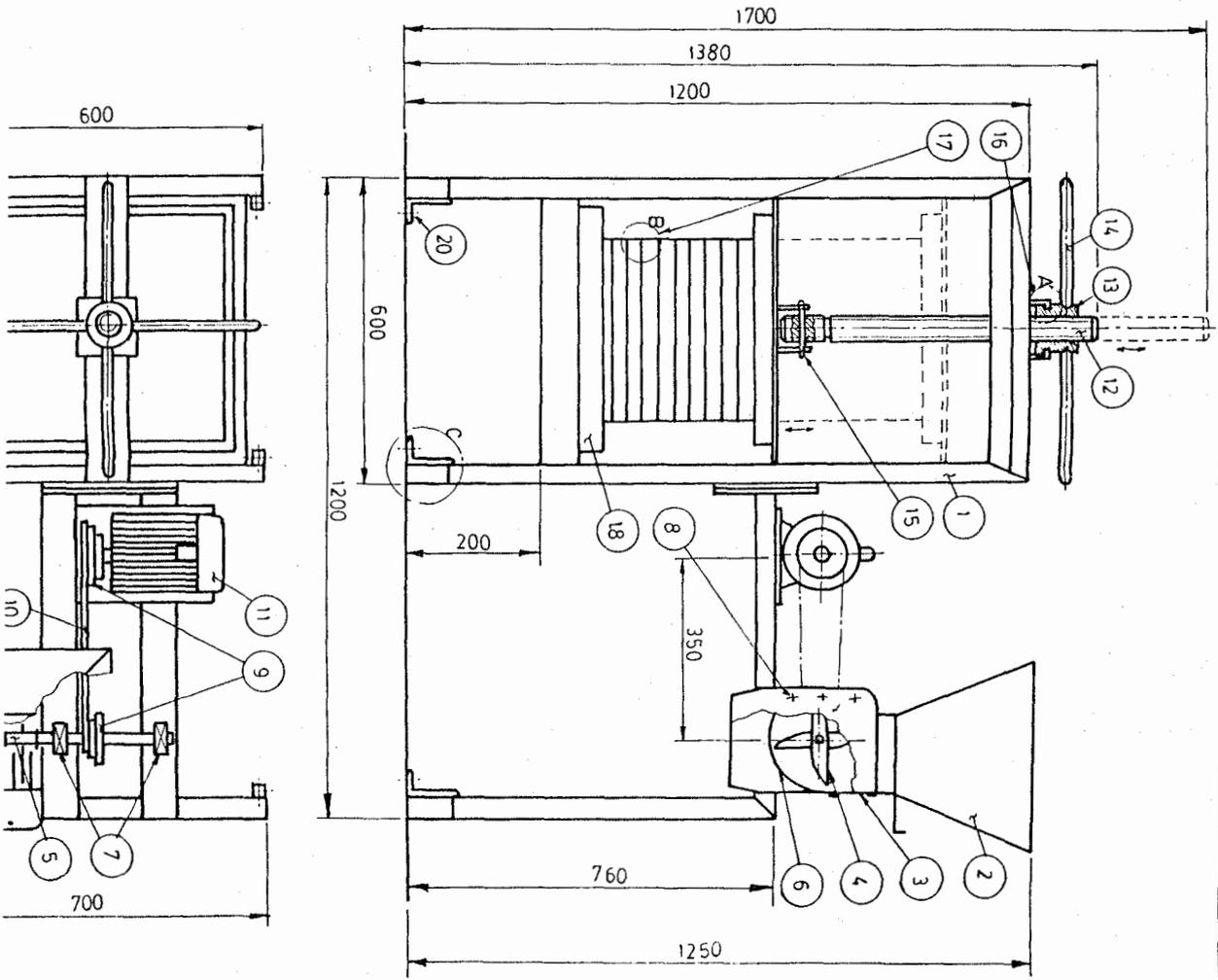


IRD #305A

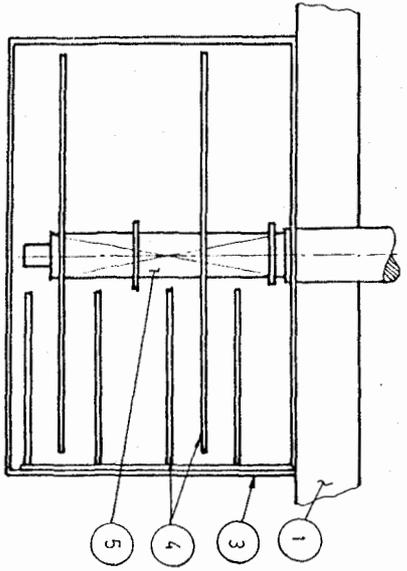
A N E X O F
(PLANOS)



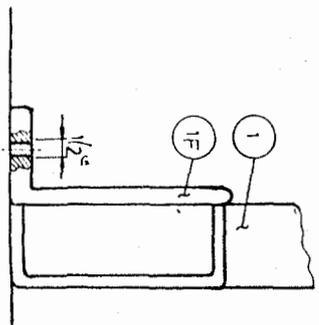
BIB. [illegible]



DISTRIBUCION DE CUCHILLAS (Esc: 1:25)



DETAILLE C (Esc: 1:2)



ESC:	FECHA	NOMBRE	FACULTAD	DE	ESPOL
	DIBUJO	09.91	JARE	INGENIERIA	
	REVISO	09.91	JARE	MECANICA	
	COMP				

PERNO DE ANCLAJE	4	AISI 304	M 12x80
TELAS DE FILTRACION	8	NYLON	700x700
BANDEJA DE RECOLECCION	1	AISI 304	500x500x40
PANELES DE PENSADO	8	MADERA CEDRO	350x350x26
COLLARIN	1	AISI 1045	110x110x70 ϕ
PERNO PASADOR	1	SAE 4337	M8x 80
PALANCA DE TRANSMISION	4	AISI 1045	25 ϕ x 300
TUERCA DE TRANSMISION	1		90 ϕ x 80
TORNILLO DE PRESION	1	SAE 4337	50 ϕ x 600
MOTOR	1		M.E. 1725 RPM. ⁷⁴⁶ WATT.
BANDA	1	CAUCHO-RAYON	A-36
POLEAS	2	Aluminio AA 2024	Escalonada 3 Vel.
TUERCA MARIPOSA	3	AISI 304	M6
CHUMACERA	2	Acero	SKF 630305
CRIBA	1		P Perforada ϕ 15
EJE PORTACUCHILLAS	1		32 ϕ x 380
CUCHILLAS	8		188x30 x 3
CAMARA DE TRITURACION	1	AISI 304	270 x 200 x 180
TOLVA	1	ASTM A 36	ALTURA 310 INF. 150x150 SUR. 400 x400 ESP. 1.6
ESTRUCTURA	1	ASTM A 36	Correa 'G' 100x50x15 x2
DENOMINACION	CAN	MATERIAL	OBSERVACIONES

	FEC.	NOMBRE
DIBUJO	ABR-91	P. M. U.
REVISO	ABR-91	R. B. L.
COMP.		

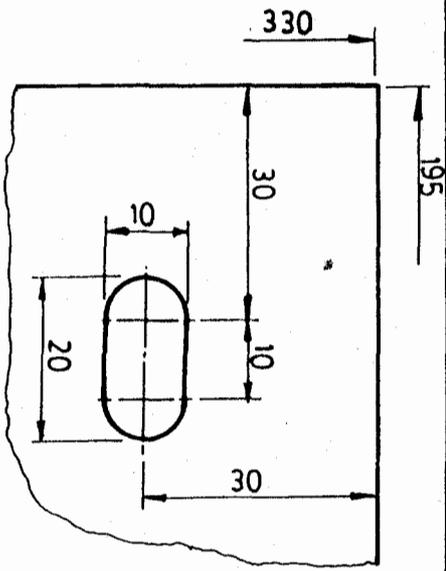
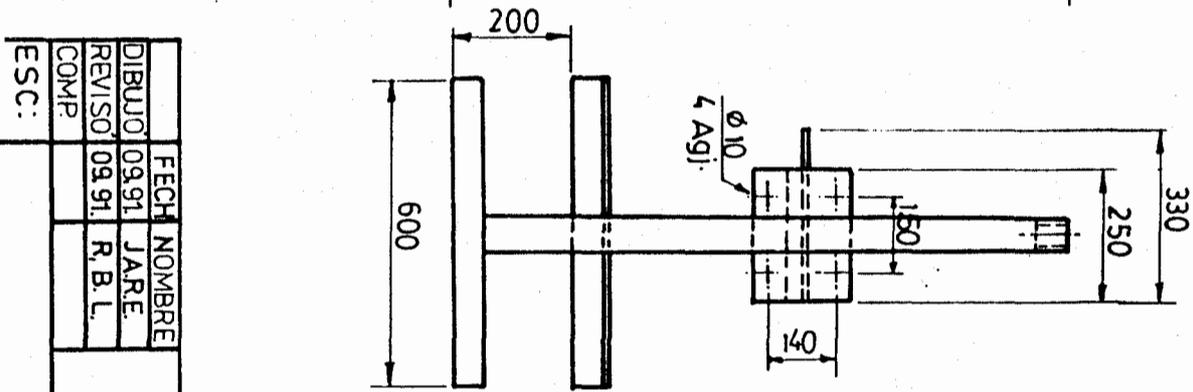
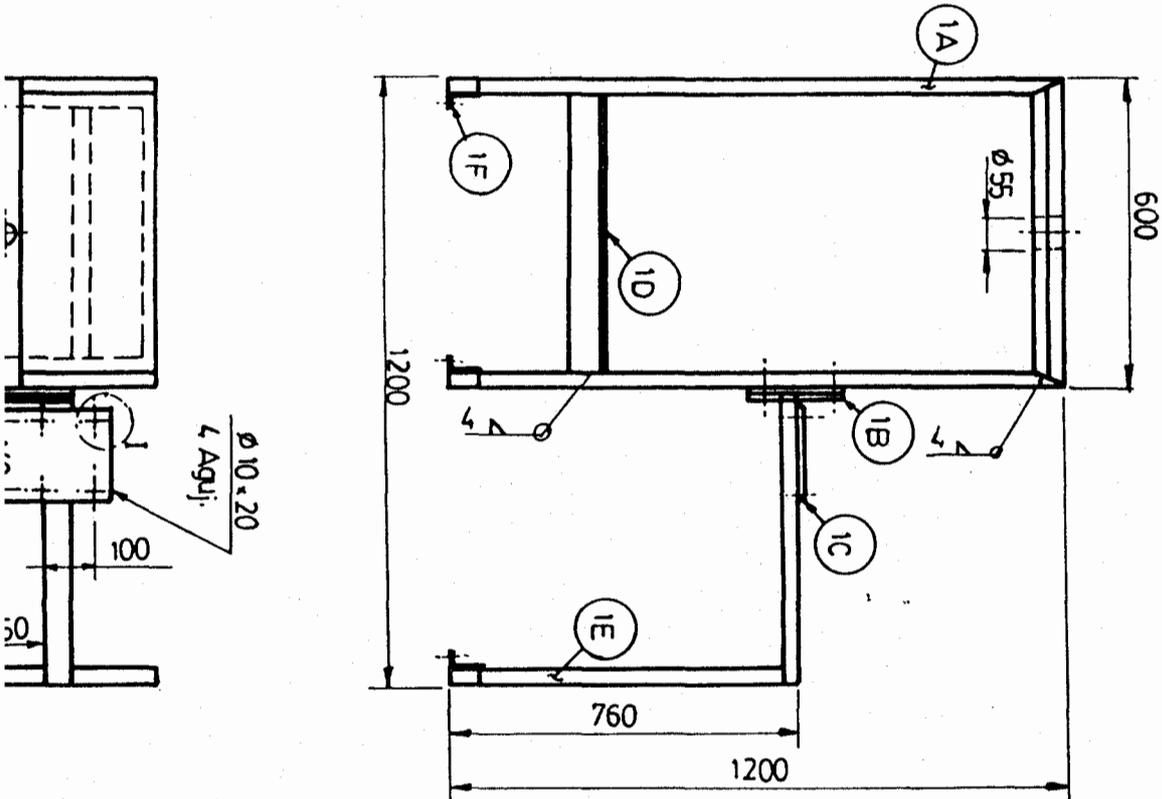
FACULTAD DE
INGENIERIA MECANICA

ESPOL

EXTRACTOR DE
JUGO DE MANZANA

R-00-00

REF. R-00



DETALLE 1 (Esc. 1:1)

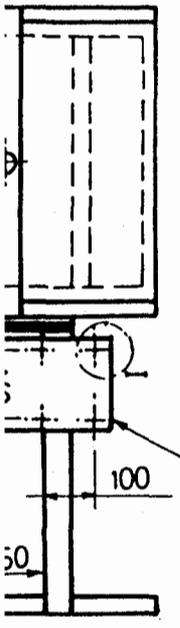
PIEZA	DESIGNACION	DIMENSIONES	CANTID.
1F	PERFIL EN L	30 x 30 x 3	6
1E	PERFIL EN G	100 x 50 x 15 x 2	5
1D	PLANCHA	540 x 600 x 15	1
1C	PLANCHA	330 x 195 x 3	1
1B	PLANCHA	250 x 200 x 3	2
1A	PERFIL EN G	100 x 50 x 15 x 2	12

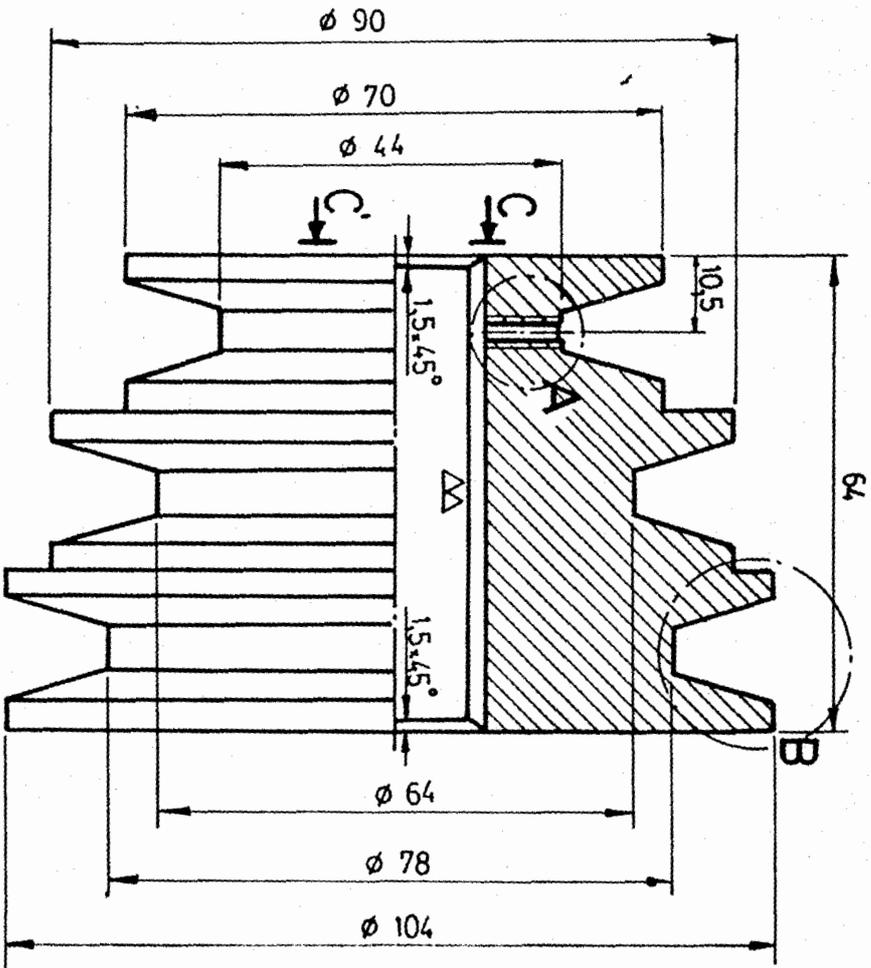
FECH	NOMBRE
09.91	JARE.
09.91	R. B. L.

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA

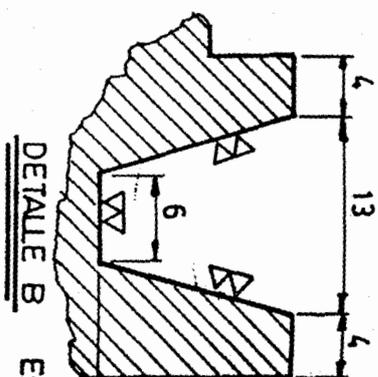
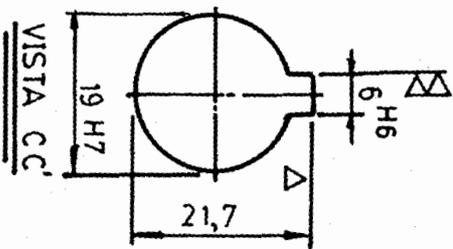
ESPOL

R-00-01



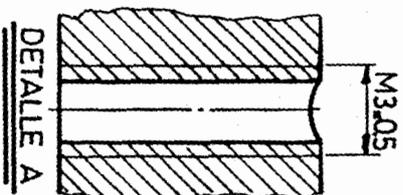


U (V-V)



DETALLE B

Esc: 2



DETALLE A

Esc: 4

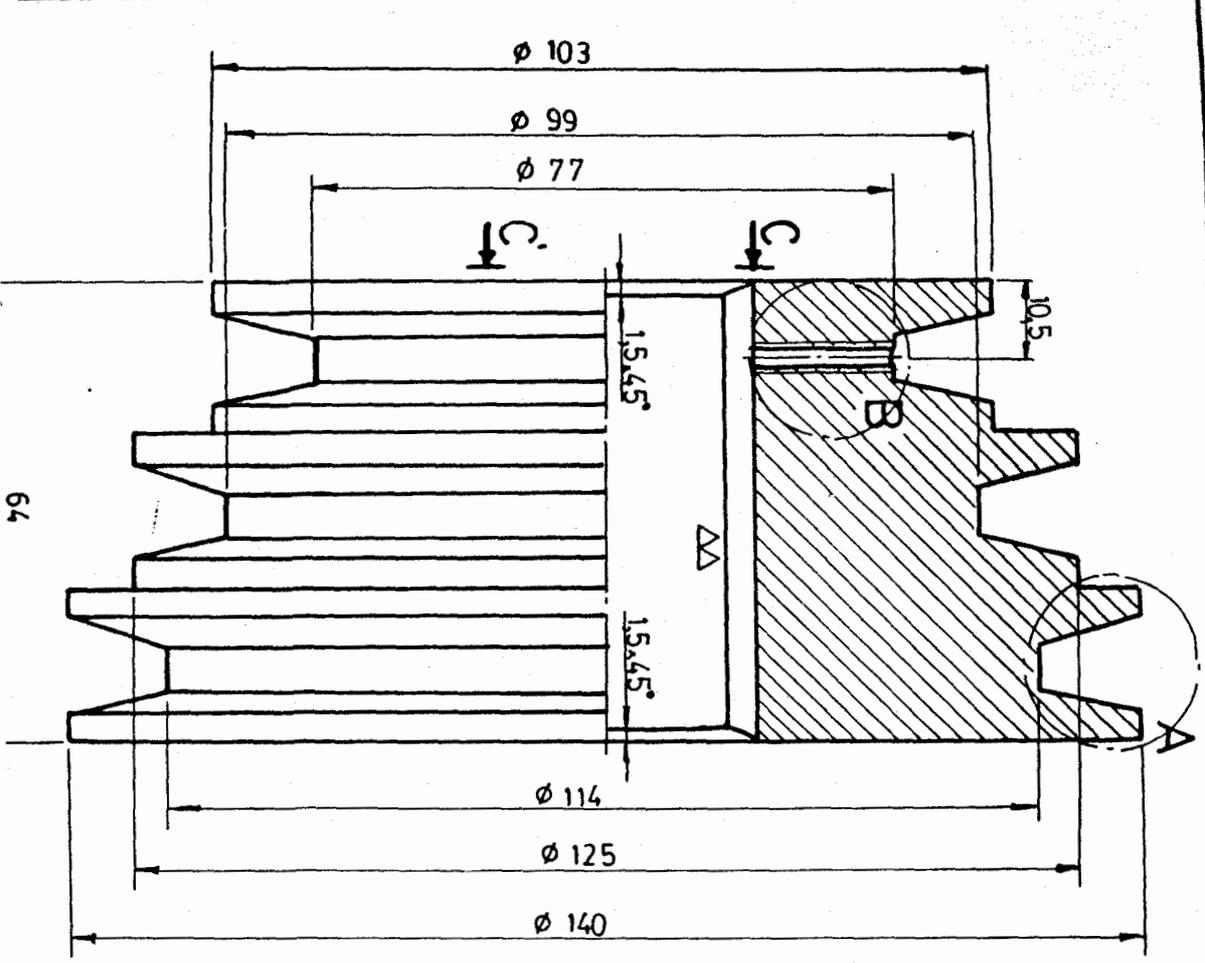
Tabla de tolerancias	
u6	0.004

FECH:	09.91	NOMBRE:	JARE	FACULTAD:	DE
DIBUJO:	09.91	REVISOR:	R.B.L.	INGENIERIA:	MECANICA
COMP:					
ESC:	1:1	POLIEA IMPULSORA			

ESPOL

R-00-02

Nº 9



64

s (▽-▽)

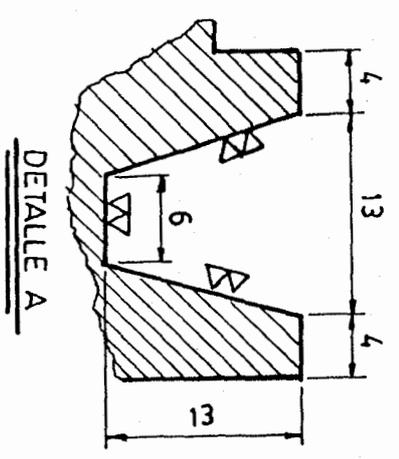
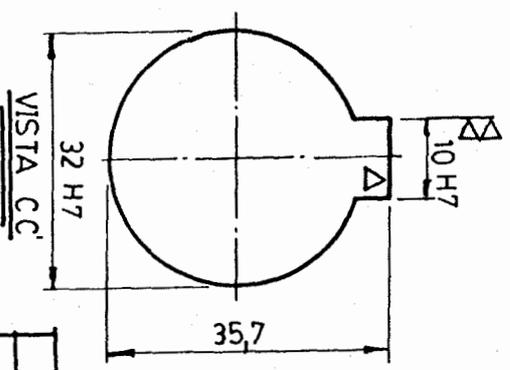
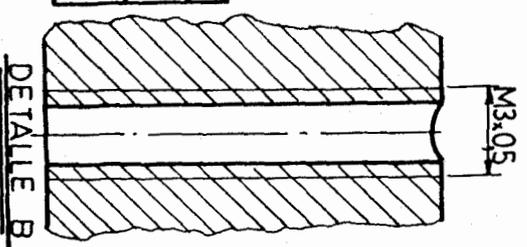
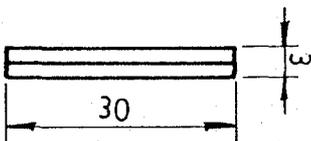
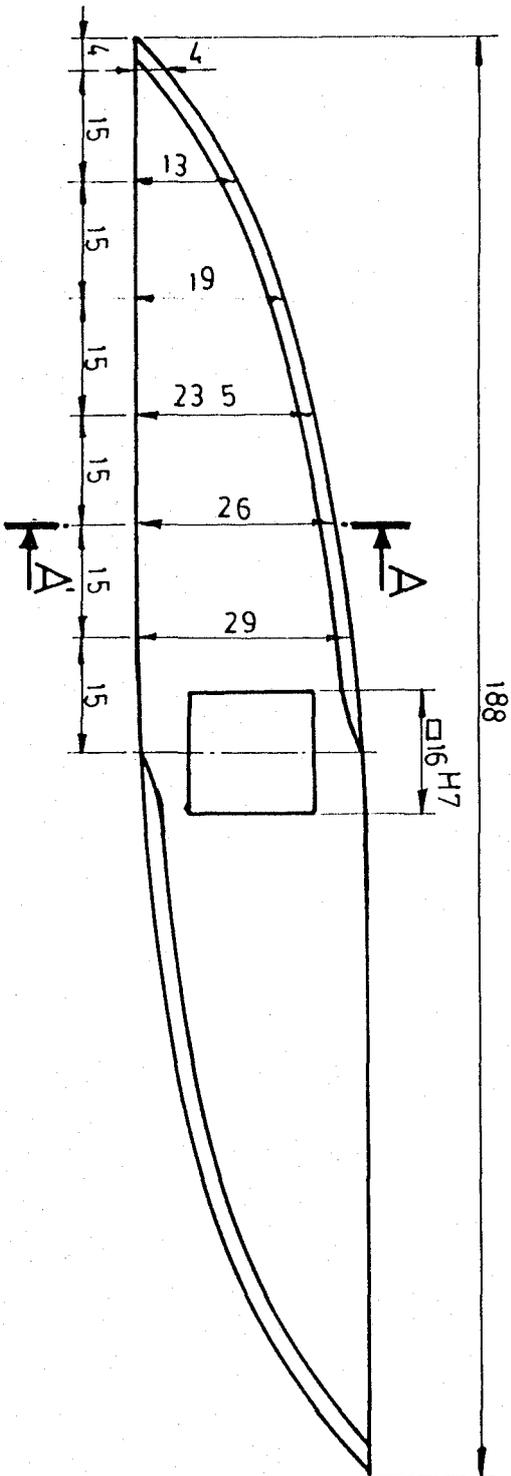


Tabla de tolerancias

H7	0
H7	+0,015
H7	0
$\phi 32$	+0,025



ESC:	FECHA	NOMBRE	FACULTAD	DE	ESPOL
DIBUJO	09.91	J.A.R.E.	INGENIERIA	MECANICA	
REVISOR	09.91	R.B.L.			
COMP:					
R-00-03					



CORTE A-A' (Esc: 2:1)

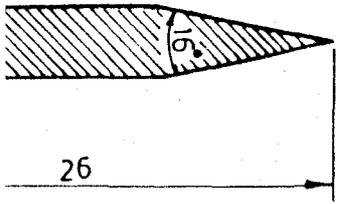


Tabla de tolerancia	
H7	+0,018
h6	0

FECH	09.91	NOMBRE	JARE.	FACULTAD	DE	ESPOL
DIBUJO	09.91	COMP		INGENIERIA	MECANICA	
REVISO	09.91					
COMP						

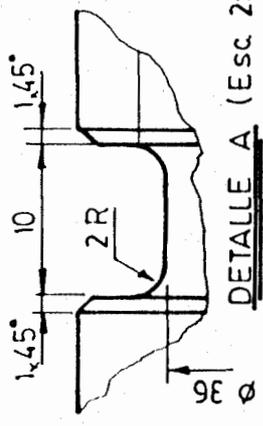
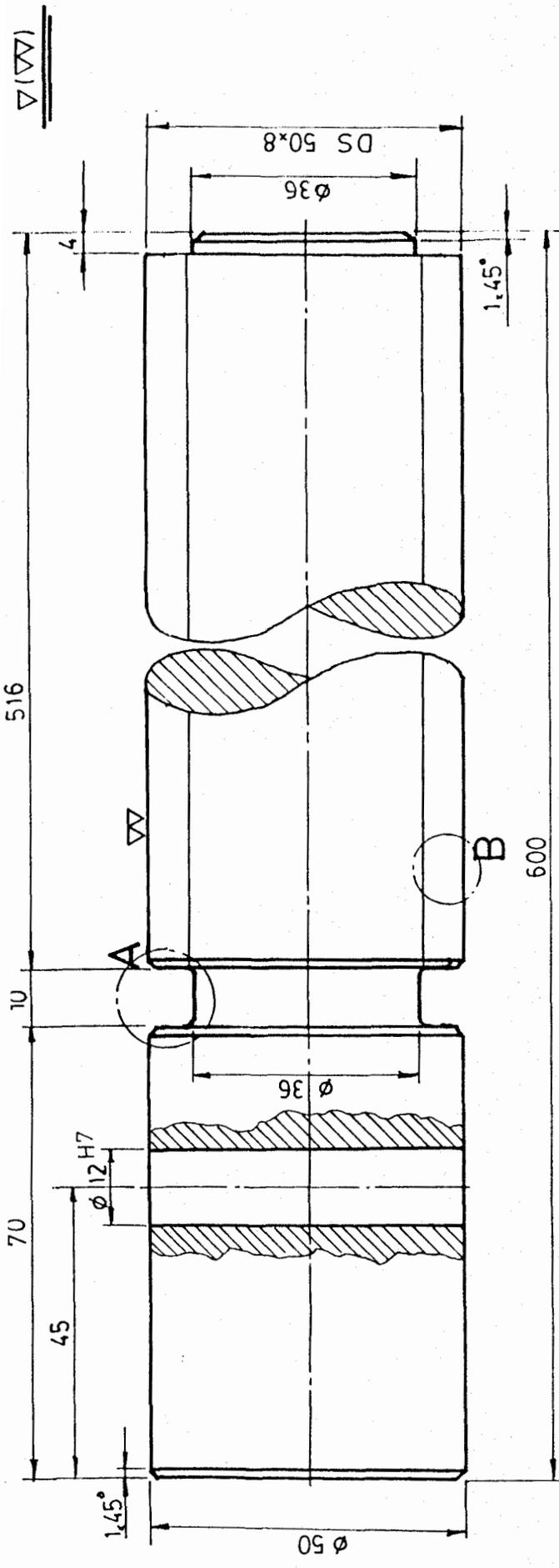
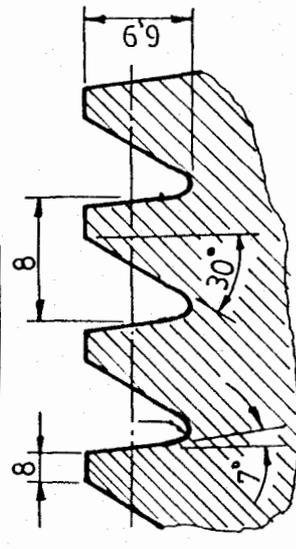


Tabla de tolerancia	
H7	0
φ12	+ 0,018

DETALLE B (Esc 2:1)



Rosca en diente de sierra (ds)

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA		ESPOL	R-00-06	Nº 12	MAT: ACERO SAE 4337 RFF: R-00
FECH: NOMBRE	09.91. JA.RE				
DIBUJO	REVISO	TORNILLO DE PRESION			
COMP:	ESC:				
		1:1			

CORTE 11' (Esc: 1:2)

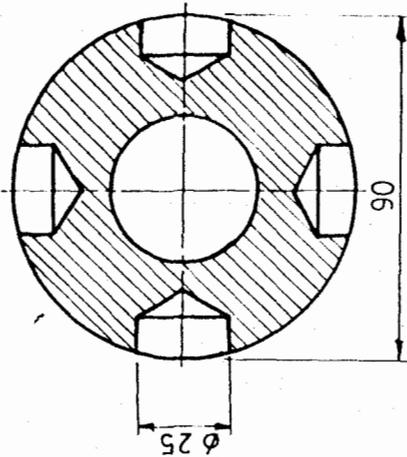
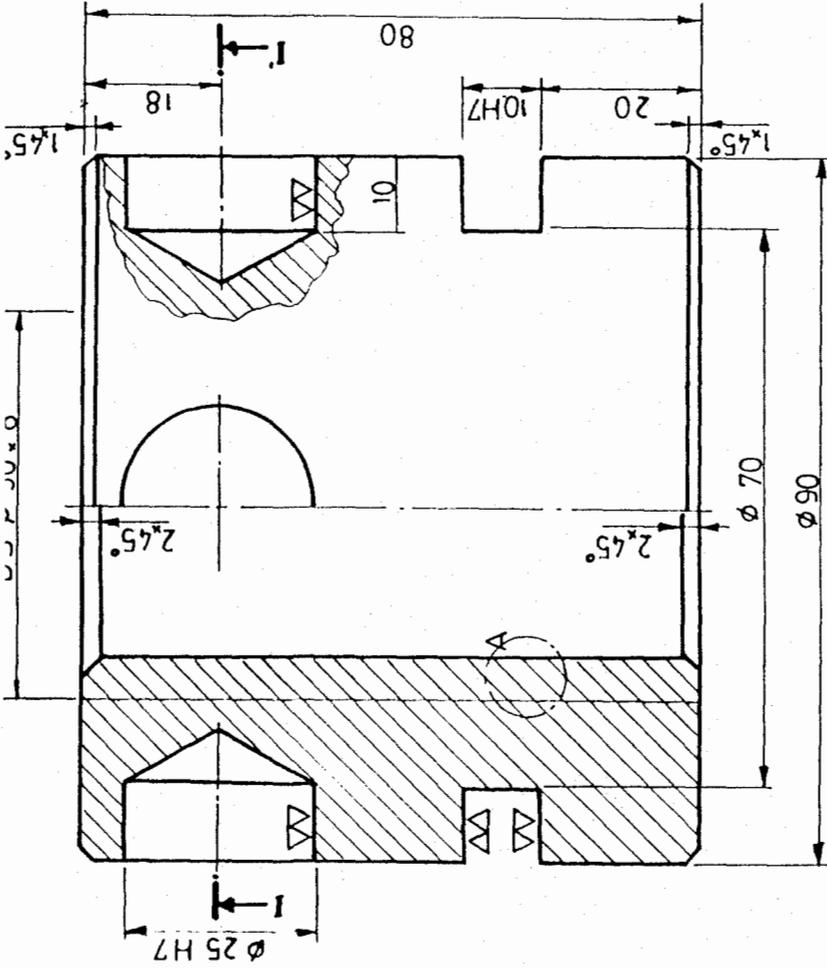
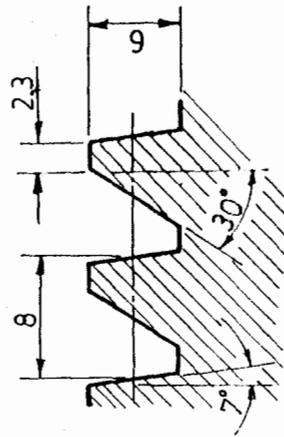


Tabla de tolerancias

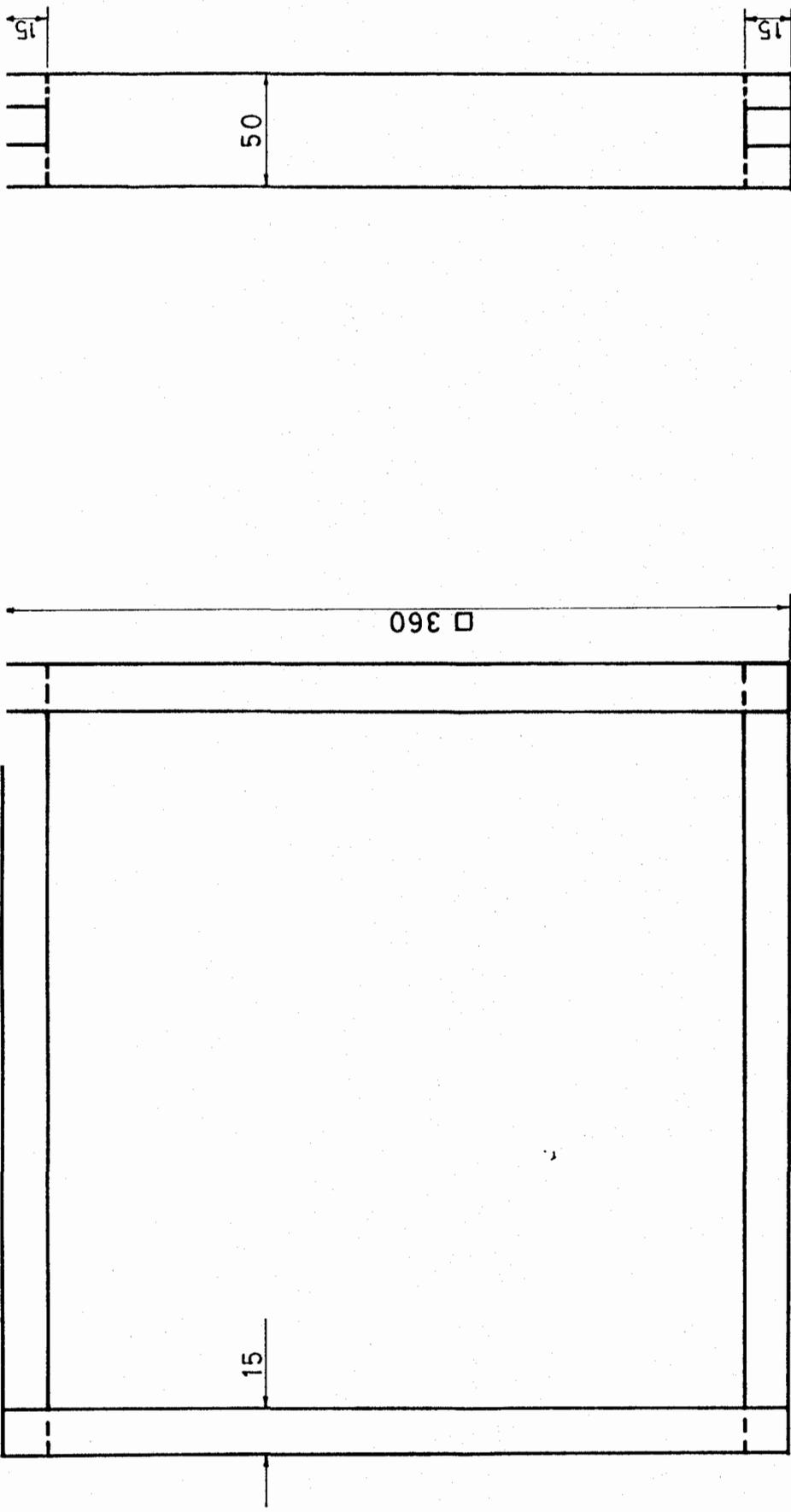
H7	0
ø25	+0,021
H7	0
10	+0,015



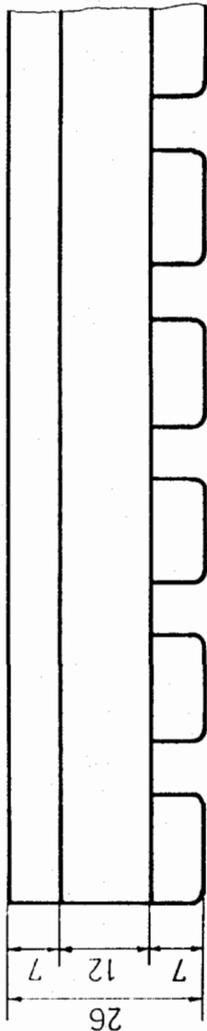
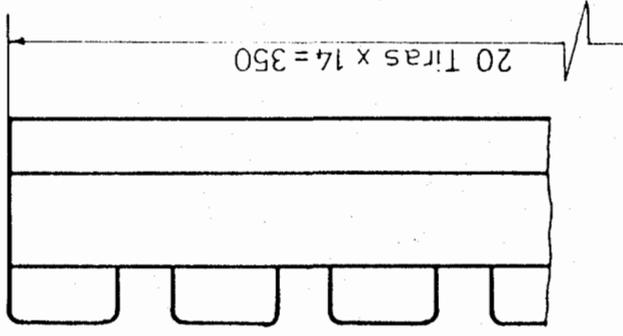
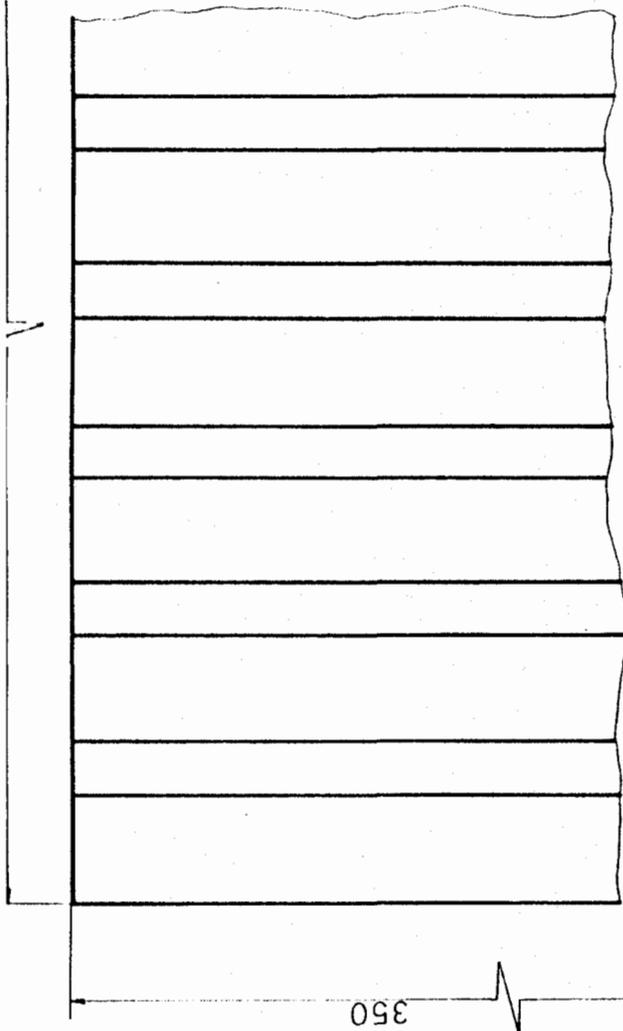
DETALLE A (Esc: 2:1)



FECH		NOMBRE	
DIBUJO	09.91	JA.RE.	
REVISO	09.91	R.B.L.	
COMP.			
ESC:		1:1	
TUERCA DE TRANSMISION			
FACULTAD DE		INGENIERIA MECANICA	
ESPOL		R-00-07	
		Nº 13	
		ACERO SAE 4337	
		REF: R-00	



DIBUJO		FEC	NOMBRE	FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA	ESPOL
REVISO		ABR-91	S. J. Z.		
COMP.		ABR-91	R. B. L.		
E		MARCO			R-00-08
1:3		(PANELES DE PRENSADO)			Nº 17
~					MAT. MADERA CEDRO
					DEF 0-00



DIBUJO	ABR-91	FEC.	ABR-91	NOMBRE	R. J. L.
REVISO	ABR-91	REVISO	ABR-91	R. B. L.	
COMP.		COMP.			

E
1:1
2

FACULTAD DE
INGENIERIA MECANICA

ESPOL

PANELES DE PENSADO

R-00-09
Nº 17
MAT. MADERA CEDRO
REF. R-00

BIBLIOGRAFIA

1. CEDATOS, Estudio de Mercado de Frutales en el Ecuador (Manzana, Durazno, Pera y Mora), Quito, 1985
2. INFORME INSTITUCIONAL, CONADE-MAG, Quito, Ecuador, 1984
3. J. G. BRENAN, Las Operaciones de la Ingeniería de Alimentos, Editorial Acriba, España, 1966
4. J. H. PERRY, Manual del Ingeniero Químico, Tomo II, McGraw Hill, México, 1973
5. A. S. FOUST, Principios de Operaciones Unitarias, Editorial Continental, México, 1961
6. E. RAYMOND, Chemical Process Machinery, Editorial Reinhold Publishin Corporation, New York, 1953
7. G. BERGERET, Conservas Vegetales: Frutas y Hortalizas, Salvat Editores, Barcelona, 1963
8. E. HUGOT, Manual para Ingenios Azucareros, Editorial Continental, México 1963
9. D. K. TRESLER, Fruit and Vejetable Processing Tencnology, Trans Editions Inc, New York, 1975
10. N. W. DESROSIER, Elementos de Tecnologia de Alimentos, Editorial Continental, México, 1967
11. M. A. CORSO, Introducción a la Ingeniería de

- Proyectos, Editorial Limusa, México, 1981
12. J. E. SHIGLEY, Diseño en Ingeniería Mecánica, Editorial McGraw Hill, México, 1985
 13. Manual de Catálogos de Diseño de Construcción, ESPOL, 1982.
 14. H. H. MOBIE, Mecanismos y Dinamica de Maquinaria, Editorial Limusa, México, 1981
 15. T. BAUMEISTER, MARKS, Manual del Ingeniero Mecánico, VIII Edición, McGraw Hill, México, 1984
 16. MITSUBISHI, V-BELT DRIVES, Catálogo, 1985
 17. THE OPTIBELT TECNICAL MANUAL, Segunda Edition
 18. SKF, Catalogo General, SKF, Alemania, 1982
 19. YUAN-YU HSEIN, Teoría Elemental de Estructuras, Prentice-Hall Hispanoamericana S.A. México, 1985
 20. S TIMOSHENKO, Resistencia de Materiales, tomo II, Editorial Galpe, Madrid, 1975
 21. R. I. RAYMOND, Resistencia de Materiales, Esfuerzos y Deformaciones, Editorial Aguilar S. A. 1969
 22. P. D. HARVEY, Engieniering Propierties of Steel, OHI, 1982.
 23. INDUMET, Industrias Metalicas Cia. Ltda., Catálogo de Perfiles, Guayaquil, 1982
 24. R. E. PETERSON, Stress Concentration Factors, Editorial John Wiley & Sons, New York, 1974
 25. N. LARBURU, Máquinas Prontuario, Editorial Paraninfo, Madrid, 1990
 26. R. W. FOX McDONALD, Introduccion to Fluid Mechanics,

Editorial Jonh Wiley & Sons, New York, 1978

27. N. J. MUNIER, Técnicas para el Planeamiento y Control de Producción, Editorial Astrea, Buenos Aires, 1973.

