

104  
24



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**

**FACULTAD DE INGENIERIA**

**PROYECTO PARA LA INSTALACION DE UNA  
PLANTA DE FABRICACION SEMI-AUTOMATICA  
DE GALLETAS EXTRUIDAS**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA**

**P R E S E N T A**

**GRACIANO RAMIREZ BRAVO**

**FALLA DE ORIGEN**

**México, D.F. 1989**





Universidad Nacional  
Autónoma de México



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

# I N D I C E

	PAGINA
CAPITULO I. GENERALIDADES.	
I.1 INTRODUCCION.	1
I.2 ANTECEDENTES DE PROCESOS.	5
I.3 DESCRIPCION DEL PROCESO DE FABRICACION (PROPUESTO).	15
I.4 DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO.	17
CAPITULO II. MATERIA PRIMAS Y EQUIPOS PARA PRODUCCION.	
II.1 PROPIEDADES FISICAS DE MATERIAS PRIMAS, SUBPRODUCTOS Y PRODUCTO TERMINADO.	18
II.2 MANEJO DE MATERIAS PRIMAS, SUBPRODUCTOS Y PRODUCTO TERMINADO.	24
II.3 CALCULO Y/O SELECCION DE EQUIPOS.	26
CAPITULO III. ANALISIS DEL FORMADO DE GALLETAS.	
III.1 ALTERNATIVAS, DE DISEÑO SOBRE MAQUINAS, YA EXISTENTES.	42
III.2 PROPOSICION DEL DISEÑO MECANICO -	

CAPITULO IV.	PROGRAMA GENERAL DE INSTALACION.	83
CAPITULO V.	ANALISIS ECONOMICO DEL PROYECTO.	86
V.1	INVERSION.	86
V.2	COSTO DE PRODUCCION.	88
V.3	VENTAS.	93
V.4	GRAFICA DE EQUILIBRIO PARA -- PRODUCCION ECONOMICA.	94
V.5	RECUPERACION DE LA INVERSION.	95
V.6	EVALUACION ECONOMICA DEL -- PROYECTO.	96
CAPITULO VI.	CONCLUSIONES	100
BIBLIOGRAFIA.		102,103,104

## CAPITULO I GENERALIDADES.

### I.1 Introducción.

La realidad que sufre nuestro país en la industria galletera y panificadora es que; está mecanizada en un 5% y el -- 95% restante es a base de procesos manuales, sabiendo que en algunos procesos de fabricación es imperante la mano de obra especializada, sobre todo en la fabricación de galletas y la decoración de pasteles.

El consumo de galletas existentes en la ciudad de México provoca una demanda considerable; que en su defecto -- no se puede satisfacer totalmente, sobre todo en el tipo -- de galleta troquelada y extruída como es el caso de la pa- tiseta.

Todo se debe a que los procesos de la fabricación de la misma son manuales; por lo cual no es posible satisf-- cer la demanda que existe en el mercado sobre este produc-- to.

Por lo tanto es necesario obtener un sistema más efi-- ciente que ayude al panadero y satisfaga la demanda exis-- tente en el mercado. En la actualidad en nuestro país el -- formado de galletas se realiza por lo general manualmente, con ayuda de algunos utensilios, conocidos en la industria galletera como dulla ó dado y manga ó bolsa.

También existen sólo dos procesos generalmente para --

el formado de galletas, que tienen una notable diferencia, por el manejo de la masa debido a su viscosidad. Uno de -- los procesos es por troquelado y el otro por extrusión.

El primer proceso que es el troquelado, se realiza -- con un dado que tiene el perfil de la galleta deseada, con el cual se pueden obtener diferentes formas. El proceso -- consistente en ejercer presión sobre el dado para cortar -- la masa y obtener el tamaño y forma de la galleta deseada; en este proceso el tamaño de la galleta no es tan variable como el segundo método por extrusión.

La galleta troquelada en el mercado se le conoce con el nombre de "pastiseca".

El segundo proceso de extrusión, consiste en ejercer presión sobre una manga o bolsa hasta fluir la masa por un dado, que le va a dar la forma deseada; a esta galleta extruida se le conoce comúnmente en el mercado con el nombre de "pastiseta".

Cada proceso de formado de galletas es diferente; y -- esto se debe a que la densidad y la viscosidad de la masa que se maneja es diferente, así como por la diferencia en proporciones de ingredientes.

De aquí que, una de las consideraciones más importantes que hacen que la galleta se consuma a gran escala, es por su constitución diferente en sabor y forma.

Por lo anterior surge la necesidad de optimizar un -- sistema que logre el formado de galletas, que pueda ayudar al panadero y así poder satisfacer eficientemente la deman

da existente en el mercado es las galletas del tipo pastiseta.

En base a; un estudio de Mercado e investigación profunda sobre la demanda, los métodos de producción y entrevistas realizadas con personas especializadas en la producción, administración y nuevos métodos del formado de galletas; se obtuvieron necesidades generales que sufre la industria galletera en nuestro país.

Con fundamento en la investigación realizada en consecuencia de las necesidades generales, el siguiente estudio se fundamenta en un enfoque global de; las necesidades, especificaciones, objetivos y de una manera general de la realidad que sufre la industria galletera y panificadora.

Por lo tanto uno de los objetivos de este trabajo, es proponer el diseño de una máquina que sea capaz de formar galletas del tipo pastiseta.

Con el propósito de llegar al proyecto de un sistema semi-automático, se sigue un proceso organizado, ordenado y lógico que nos auxilie en la solución del problema del formado de galletas.

Así; en el capítulo I.- Se describe la problemática que sufre la industria galletera en nuestro país, y los tipos de formado de galletas, como parte principal en una planta de fabricación de galletas extruídas.

También se exponen los antecedentes de procesos de formado de galletas, así como la descripción del proceso de fabricación propuesto, de una planta semi-automática de

galletas.

Capítulo II.- Materias primas y equipos para producción.- Que se trata sobre las propiedades físicas de materias primas, el manejo de materias primas y productos así como los cálculos y/o selección de equipos principales y auxiliares.

Capítulo III.- Análisis del formado de galletas.- Se exponen las alternativas de diseño sobre máquinas ya existentes y se propone el diseño mecánico de una máquina formadora de galletas.

Capítulo IV.- Programa general de instalación.- Donde se tiene la distribución del equipo para la instalación de una planta semi-automática de galletas, procurando que sea de una manera eficiente.

Capítulo V.- Análisis económico del proyecto. Con el fin de justificar la rentabilidad de la inversión.

Por lo que; el fin de este proyecto es describir y optimizar el proceso de formado de galletas en función de -- las materias primas y su manejo; así como la proporción -- del diseño mecánico de la máquina formadora de galletas -- considerando otras alternativas de diseño.

La realización de este proyecto pretende ayudar a la industria galletera, con la aplicación de la ingeniería.

## I.2 Antecedentes de Procesos.

El proceso<sup>1</sup> que se lleva a cabo en la industria galletera para la fabricación de las pastisetas es el siguiente:

Un carro cargado con las pastas proveniente de las batidoras cuya capacidad de 30 Kg, se levanta neumáticamente al pie de unos rodillos (tipo laminación), la pasta se vacía sobre los rodillos y estos forzan la masa a pasar a través de un cacezal, de dulas (7 para ser exactos), formando un tubo de pasta. Para cortar este tubo y dar forma a la galleta se hace golpear contra las aullas una banda metálica.

Por medio de estas bandas se introducen las galletas crudas en el horno y al cabo de unos minutos repesan para recibir una nueva carga; el golpear continuamente la banda metálica se logra mediante el uso de un excéntrico en la parte inferior de la máquina o inferior a la banda, como se muestra en la figura I.2.1.

1 DANIEL. Roger. Break Past Creal Technology. 1 er ed.; -- Illinois (E.U). Plant Baker S.A. 1965. pp 251/277.

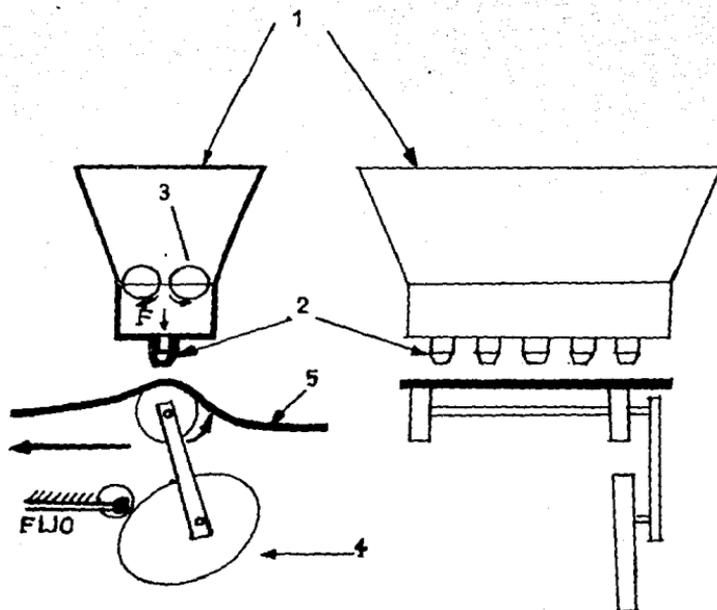


FIG. 1.2.1 Máquinas de depósito de NiO y corte. 1.- Tolva  
 2.- Dado. 3.- Rodillos. 4.- Dispositivos de corte.  
 5.- Bveda.

Equipo de depósito de hilo y corte.- Los aparatos que forman galletas, extruyen la masa continuamente por un orificio; el corte de hilo y la presión de las máquinas de este tipo son parte fundamental del formado de galletas.

Este tipo de máquinas son muy especiales debido a que la masa se presiona por medio de un pistón o un par de rodillos que la hace fluir por unos orificios.

También sus depósitos y mecanismos de movimientos dependen de la densidad y viscosidad ya que éstas dos últimas propiedades de la masa de trabajo, en los equipos o máquinas de depósito e hilo y corte es diferente a la masa que se trabaja en los equipos de rotación por troquelado o molde.

La ventaja de este equipo que se encarga del formado de galletas, es que se puede utilizar para la decoración de pasteles; claro que esta dependerá del diseño y de las necesidades que se tengan.

A continuación se muestran algunos equipos ya existentes en el mercado (Fig. I.2.3).

En este trabajo se tratará el método de extrucción en el formado de la galleta.

El sistema de mezclado que se lleva a cabo en la industria galletera es el mismo, para los diferentes tipos de formado de galleta; ya que, lo que varía es el método de formado de galletas.

El método de formado de galletas varía, debido a que las propiedades de las masas son diferentes en densidad y

viscosidad clara que esto se debe a la diferencia de -  
proporción de ingredientes de masa que se utilice para el  
formado de la misma.

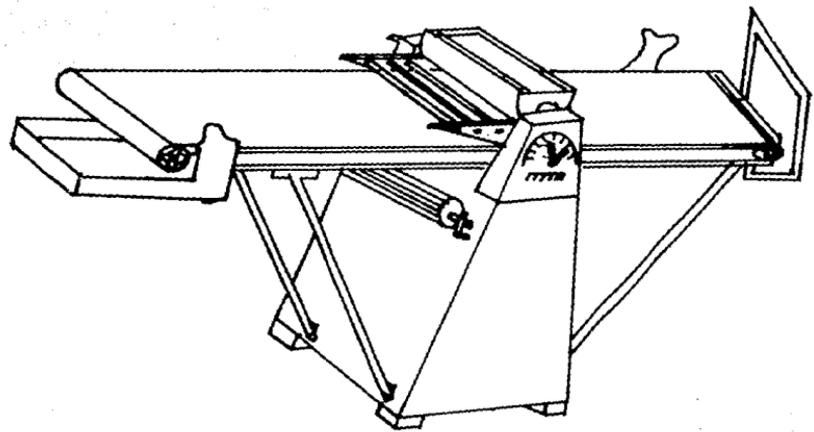


Fig. 1.2.2 Mesa de laminación para formado por  
troquelado.

Son tres métodos generales de formado para galleta: - el primer método es por troquelado, cortando la masa por medio de dados (Fig. I.2.2 y I.2.3), el segundo es el de extrusión, presionando la masa, por medio de un fajo o cilindro, haciendo fluir ésta, por un dado (Fig. I.2.4), el tercero consiste en depositar la masa ya cortada por el dado, este corte se realiza por medio de un movimiento vertical en la superficie donde se deposita la masa (Fig. I.2.-5), este también se puede hacer presionando la masa por medio de un par de rodillos como si fuera una simple laminación, por lo que es necesario que la máquina rotatoria alimente correctamente la masa, para poder obtener la presión y alimentación adecuada para el tamaño y la forma deseada de la galleta.

Pero de una manera general podríamos clasificar en dos métodos el formado de las galletas, el primero es por molde y troquelado, cuyo molde tiene la forma de la figura deseada, el segundo método es el extrusión por medio de los siguientes mecanismos; de rodillos, rodillo-pistón y tornillo sin fin.

Estos sistemas mecánicos hacen fluir la masa a través de una serie de orificios por los cuales finalmente tienen un dado, por el cual fluye la masa y por último, en un movimiento vertical en la superficie, se logra un corte de la masa, el cual dará el formado de la galleta.

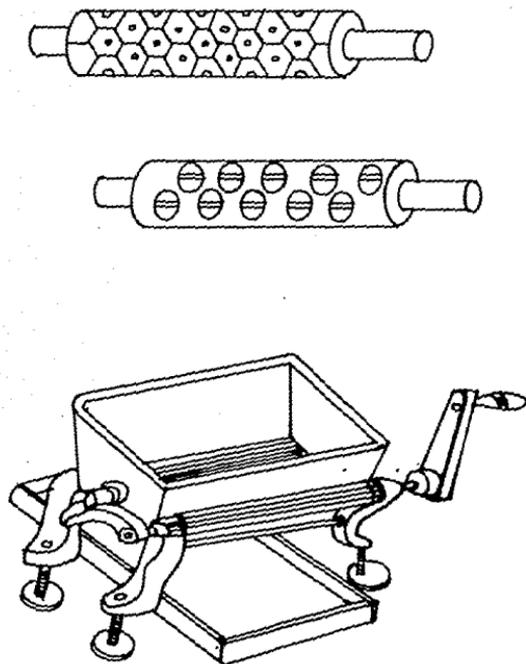


FIG. 1.2.3 Galletera manual con rodillos de diversas formas troqueladoras.

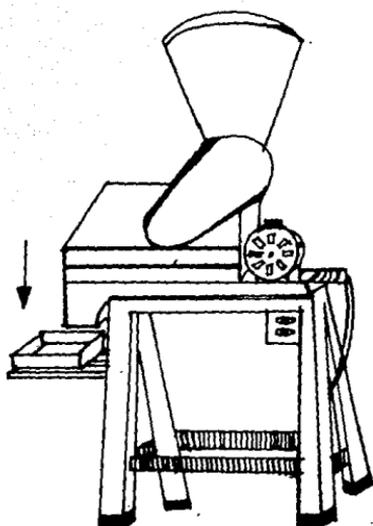


FIG. 1.2.4 Máquina Extrusora para Formado de galletas.

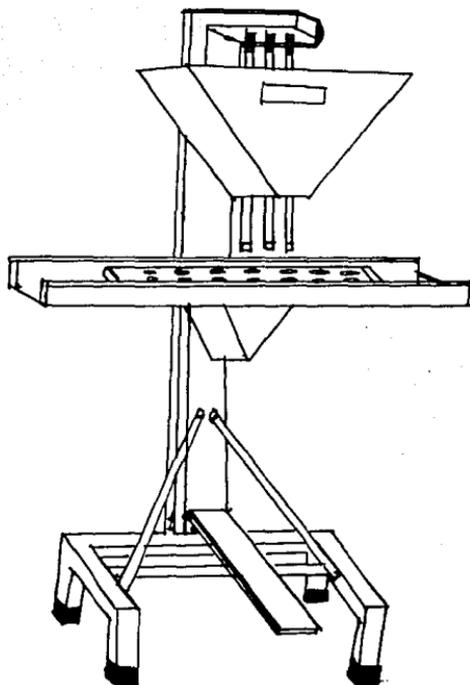


FIG. 1.2.5 Extrusora de galletas con movimiento Vertical.

Equipo de Extrusión y sus Componentes.- Este equipo se compone de una tolva, dos rodillos, alimentadores y un ajuste, que está unido a un depósito con movimiento mecánico a través de una leva y un seguidor que realiza el corte de un hilo constante de masa en el momento adecuado para el formado de la galleta.

Tolva.- En este depósito se coloca la masa que viene de la batidora. De manera que puede hacer que el proceso de alimentación sea constante.

Rodillos Alimentadores.- Es importante que estos rodillos mantengan un flujo uniforme para el formado final de las galletas, el flujo de la masa se dirige por 11 ó 14 orificios, por los que saldrán hilos de masa, los cuales serán cortados por dispositivos, que dará la forma deseada a la galleta.

Dispositivo de Corte.- Es el que realiza el corte deseado en el momento necesario a la masa; este elemento está diseñado, en base a las necesidades de producción y formado de galletas.

Existe otro tipo de extrusión que consiste en recalificar el efecto del corte de la masa por medio de un pistón dosificador cilíndrico.

Por lo general, el tipo de máquinas con pistón dosificador se utiliza para menor producción, que las máquinas con dispositivo de hilo y corte.

Los materiales más comunes, de los cuales se fabrican las partes más relevantes de el equipo de hilo y corte ---

son: acero inoxidable y aluminio, básicamente para que no contamine a la masa de trabajo, otro material que compone las partes del equipo es el bronce, materiales que por lo general no están en contacto con la masa en este tipo de máquinas.

### I.3 Descripción del Proceso de Fabricación (Propuesto en este trabajo).

En el proceso de fabricación de galletas, primeramente se realizan dos mezclados para obtener la masa ó pasta, que se procesa para el formado de galleta cruda.

Esta descripción se basa en una capacidad de producción de 25 Kg/hr.

El primer mezclado se realiza en una batidora con capacidad de 30 Kg. En este mezclado se tiene la combinación de los siguientes ingredientes, con las cantidades correspondientes a 25 Kg de masa; azúcar (3.875 Kg), agua (0.75 Kg), y huevos (1.75 Kg) y saborizante (0.375 Kg). Así este primer mezclado se hace en un tiempo de 5 minutos, obteniendo la semi-pasta con la que se realiza el segundo mezclado.

En el segundo mezclado, se combinan la semi-pasta (6.75 Kg), la mantequilla (7.25 Kg), la harina (10.75 Kg) y el polvo de hornear (0.25 Kg), en un tiempo de mezclado de 5 minutos. Para obtener como producto final los 25 Kg de masa ó pasta que serán transportados hacia la máquina formadora de galletas, por medio de un tornillo sin fin. Una vez vaciada la masa en la tolva de la máquina formadora de galletas, es extraída por un par de rodillos hacia unas dulas que conjuntadas con un movimiento vertical de un dispositivo integrado a la máquina le dara a la masa el tamaño y la forma deseada de la galleta.

El producto final en la máquina formadora de galletas, será galleta cruda y se depositará sobre las charolas cuyo llenado será realizado en un minuto.

Así las charolas de galletas crudas, se transportarán por medio de bandas, con dirección a los dos hornos en donde serán integradas 5 charolas, por cada horno.

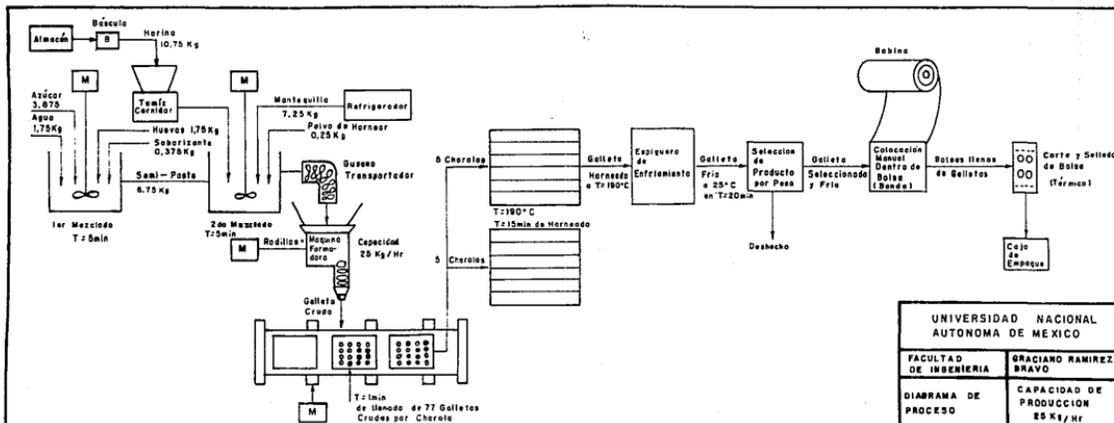
Cada horno deberá tener una temperatura máxima de  $190^{\circ}\text{C}$  en donde permanecerán las charolas con galletas crudas un tiempo de 15 minutos. Obteniendo como producto del horno, galleta cocida a  $190^{\circ}\text{C}$ , que se enfriará para poder tener una selección de producto y peso requerido.

Después del horno la galleta cocida se colocará en un espiguero, en donde se enfriará y tendrá un tiempo de enfriamiento de 20 minutos.

Una vez enfriada la galleta a una temperatura de  $25^{\circ}\text{C}$  pasará a una mesa donde se hará la selección de producto por tamaño y peso. La galleta que no cumpla con los requisitos anteriores, se considera como un desecho, teniendo de este proceso de selección galleta seleccionada y fría, lista para empacar.

La galleta fría será colocada manualmente dentro de bolsitas, de tal manera que cada una contenga un conjunto de 3 galletas, las cuales serán empacadas en una caja que contendrán 20 bolsitas de galletas, listas para entrega.

I.4 DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO



## CAPITULO II MATERIAS PRIMAS Y EQUIPOS PARA PRODUCCION.

## II.1 Propiedades Físicas de Materias Primas, Subproductos y producto Terminado.

Es importante considerar que cada uno de los métodos del formado de galletas son diferentes, esto se debe a la proporción de ingredientes para la obtención de los subproductos que finalmente influyen en las propiedades de la masa a manejar. Teniendo como resultado en el producto terminado una galleta con sabor y textura apropiadas, que se refleja en el consumo de la misma.

Por lo tanto en las propiedades físicas de materias primas, subproductos y producto terminado es muy importante considerar su densidad, peso, volumen, viscosidad, y temperatura; así como el tamaño, espesor, y temperatura del producto terminado.

Estas propiedades son sumamente relevantes en el proceso del formado de galletas; porque en función de las mismas, se obtiene el desarrollo de los cálculos y selección de equipo necesario para obtener una producción eficiente.

Tabla II.1.1 PROPIEDADES FISICAS DE MATERIAS PRIMAS.

	Densidad (Kg/m <sup>3</sup> )	H <sub>2</sub> O en peso %	Calor específico Kcal/Kg °K
Huevos	437.68	_____	3.180
Agua	1000.00	100	4.186
Mantequilla	838.56	15	2.300
Harina	397.89	_____	_____
Azúcar	795.77	_____	_____
Saborizante	477.47	_____	_____
Polvo de hornear	517.25	_____	_____

## II.1.1 Propiedades Físicas de Subproductos.

## II.1.1.1 Densidad.

Cálculo de la densidad de la masa.

Se hizo el cálculo utilizando un peso de 0.350 Kg de masa preparada. Si tenemos un recipiente con: D = 0.065 m y h = 0.11 m.

$$V = Ah$$

$$A = D^2/4 = \frac{(0.065)^2}{4} = 3.318 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$h = 0.11 \text{ m}$$

$$V = (3.318 \times 10^{-3}) (0.11) = 3.65 \times 10^{-4} \text{ m}^3$$

En el vaso se coloca M = 0.350 Kg.

si.  $\rho$  = Densidad

$$\rho = \frac{M}{V} = \frac{0.350 \text{ Kg}}{3.65 \times 10^{-4} \text{ m}^3}$$

$$\rho = 958.9 \text{ Kg/m}^3$$

### II.1.1.2 Viscosidad<sup>1</sup>.

Cálculo de la viscosidad de la masa preparada.

La obtención experimental de la viscosidad, se realiza en base a la resistencia al cambio de forma bajo la acción de una fuerza exterior que es viscosidad, a la temperatura de 21°C que se expresa con la siguiente Ec. II.1.1.2.1.

$$\tau = \mu \frac{dv}{dx} \quad \text{Ec. II.1.1.2.1}$$

donde:

$$\tau = F/A = \text{Esfuerzo cortante.}$$

F = Fuerza (N)

A = Area (m<sup>2</sup>)

dv = Variación de la velocidad.

dx = Variación del desplazamiento.

$\mu$  = Viscosidad.

despejando la viscosidad de la Ec. II.1.1.2.2 se tiene:

$$\mu = \tau \frac{dx}{dv} = \frac{FL}{L^2} \left[ \frac{N.S}{m^2} \right] \quad \text{Ec. II.1.1.2.2}$$

1 FOX, Robert W., Mc DONALD, Alan T. Introducción a la Mecánica de fluidos. Tr.: Dr. Jaime Cervantes de Gortari; 2 da ed.; México, B.F.:Ed. Interamericana S.A DE C.V, 1983. pp. 329/334.

donde: F = fuerza  
 L = Longitud  
 t = Tiempo

Unidad de viscosidad dinámica.

$$\text{Pa. s} = \left[ \frac{\text{N} \cdot \text{s}}{\text{m}^2} \right] : \text{Poise} = \text{g/cm} \cdot \text{s}$$

1 Poise = 100 centipoises.

Para la obtención experimental de la viscosidad se miden y calcularon las variables y parámetros aplicables en la siguiente Ec. (II.1.1.2.3).

$$\mu = \left( \frac{F}{A} \right) \left( \frac{D}{V} \right) \quad \text{Ec. (II.1.1.2.3)}$$

$\mu$ : Viscosidad.

F: Fuerza ( $\text{gr cm/s}^2$ )

A: Área ( $\text{cm}^2$ )

D: Diámetro (cm)

V: Velocidad (cm/s)

El modelo experimental que se utilizó se muestra en la --  
 fig. II.1.2.1

El principio del modelo consiste en colocar una masa en la plataforma que este unida a una superficie que transmite la fuerza F ( $F = mg$ ; m = masa, g = gravedad) a la superficie de contacto, la cual hace que se desplace la masa preparada por un tubo cilíndrico con un diámetro D y de -- longitud L.

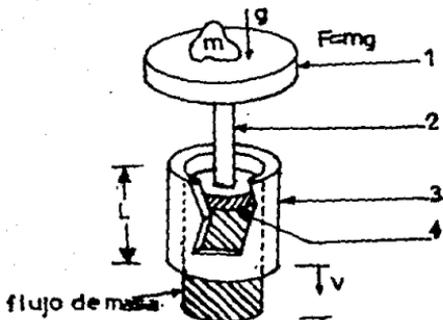


Fig. II.1.1.2.1 1.- Plataforma 2.- Vástago 3.- Tubo cilíndrico 4.- Superficie de contacto.

Así manteniendo el diámetro del tubo cilíndrico constante con una variación de la masa  $m$  se realizan 5 mediciones de la velocidad, para realizar el cálculo de la viscosidad de la masa por la Ec. (II.1.1.3).

Finalmente se realiza el cálculo de la viscosidad promedio de la masa que se coloca en la tolva de la máquina formadora de galletas.

La información necesaria para la obtención de la viscosidad promedio se concentra en la tabla II.1.1.2.1.

Tabla II.1.1.2.1 Mediciones para la obtención de viscosidad.

NUMERO DE MEDICIONES	DIAMETRO	AREA	MASA	VELOCIDAD	VISCOSIDAD
	D Cm	$\frac{d^2}{4}$ Cm <sup>2</sup>	m gr	v Cm/s	gr/cm.s
1	2.54	5.07	270	0.6	228.60
2	2.54	5.07	300	0.75	200.33
3	2.54	5.07	330	0.80	206.67
4	2.54	5.07	300	0.80	225.44
5	2.54	5.07	390	0.85	229.86

$\bar{\mu}$  = Viscosidad Promedio de la masa

$$\bar{\mu} = (\mu_1 + \mu_2 + \mu_3 + \mu_4 + \mu_5) / 5$$

$$\bar{\mu} = (228.60 + 200.39 + 206.67 + 225.44 + 229.86) / 5$$

$$\bar{\mu} = 218.19(\text{gr/cm.s})$$

### II.1.1.3 Propiedades de Productos Terminados.

Temperatura a la Salida del Horno .....	190°C
Temperature de Envasado .....	25°C
Peso a la Salida del Horno .....	10.22 gr.
Peso a la Temperature de Envasado .....	8 gr.

TAMANO DE CADA PIEZA APROXIMADO.

- Al entrar al Horno.

Diámetro .....	3.5 cm.
Espesor .....	0.7 cm.

- A la Salida del Horno

Diámetro .....	4.5 cm.
Espesor .....	0.5 cm.

## II.2 Manejo de Materia Prima, Subproducto y Producto Terminado.

Es importante que el manejo de la materia prima, subproducto y producto terminado se lleve a cabo correctamente, ya que el buen manejo de las mismas tendrá como fin lograr optimizar la producción de galletas.

Por lo tanto la harina será suministrada de un almacén en sacos de 44 Kilos cada uno; ya que la capacidad de alimentación a la planta será de 10.75 Kg/Hr durante 8 horas. Esto quiere decir que se utilizarán 2 sacos de harina diariamente.

El manejo de la materia prima restante, cuyo almacenamiento de menor capacidad comparado con el de los costales de harina, deberán provenir de un almacén que contenga toda la materia prima disponible para el proceso de fabricación de las galletas. (Producto terminado).

A continuación se muestra la tabla II.2.1 del Balance de la materia prima.

Tabla II.2.1 BALANCE DE MATERIA PRIMA PARA EL MANEJO DURANTE CADA DIA.

Materia Prima	Kg/hr	Kg/Día
Harina .....	10.75 .....	86
A-úcar .....	3.875 .....	31
Huevos .....	1.750 .....	14
Agua .....	0.750 .....	6
Saborizante .....	0.375 .....	3
Mantequilla .....	7.250 .....	58
Polvo de hornear ....	0.250 .....	2
Total .....	25.00 .....	200

El manejo de este producto deberá ser dirigido desde la mezcladora, por medio de un gusano transportador hasta la tolva de la máquina formadora en donde este pasara por medio de unos rodillos que desplazaran la masa por unas dullas, obteniendo subproductos (Galletas Crudas).

Las Galletas Crudas serán depositadas en charolas que a su vez irán directamente al horno. Este desplazamiento de las charolas se realizara por medio de bandas transportadoras.

Así una vez las charolas en el horno, serán introducidas en éste, para lograr el cocido de las galletas durante 15 minutos. Después las charolas se colocarán en los espigueros para que las galletas se enfrien y así poder ser seleccionadas por su peso y forma.

El producto terminado se obtiene una vez seleccionada la galleta. Esta se empaca por medio de una máquina que -- realiza un sellado y corte, obteniendo el producto final.

El manejo de materias primas, subproductos y producc--  
tos terminado dan como consecuencia los parámetros y varia  
bles que ayudan el cálculo y/o selección de equipos. De --  
los cuales es conveniente primeramente obtener la clasificac--  
ción de cada uno de estos.

### 1.3 Cálculo y/o Selección de equipo.

Los cálculos para la selección de los equipos se determinan de acuerdo a la capacidad de producción, necesidades y especificaciones obtenidas por los fabricantes de equipo o maquinaria.

Uno de los aspectos más relevantes que se han consiguado en este tema es la aplicación de la tecnología nacional en la industria alimenticia, es decir, que una vez desarrollados los cálculos, se procedera a la selección de equipos de fabricación nacional o que habiendo sido analizado por fabricantes, sea posible su manufactura en el país y solo por característica muy específicas se empleara equipo extranjero.

Así también en el Capítulo III (Análisis del Formado de Galleta). Se tendrá como proposición, el diseño de una máquina formadora de galletas.

Para esto ha sido necesario realizar una labor de comunicación estrecha con algunos fabricantes nacionales de maquinaria para la industria galletera y panificadora, con el objeto de definir que máquinas pueden fabricarse en el país y así apoyar a la tecnología nacional y por tanto ayudar el fortalecimiento de la economía interna.

### II.3.1 Clasificación de Equipo del Proceso.

En este punto se obtendrá la clasificación de equipos del proceso de la planta de fabricación semi-automática de galletas extruidas.

Posteriormente se realizara el cálculo y/o selección de cada uno de los equipos del proceso. En este punto no se considera la máquina formadora, ya que en el Capítulo - III (Análisis del formado de Galletas), se realizara un análisis detallado de la misma.

#### Equipo Principal :

- a) Mezcladora (Tanque con Agitador).
- b) Hornos.
- c) Banda Transportadora con Motor Eléctrico (para charo---las).
- d) Espiguero de Enfriamiento
- e) Báscula (de selección de Producto)
- f) Banda Transportadora con Motor Eléctrico (para Empacado).
- g) Máquina Empacadora.
- h) Máquina Formadora de Galletas (Esto se tratara en el Capítulo III).

#### Equipo Auxiliar:

- i) Cernidor
- j) Refrigerador
- k) Báscula de 20 Kg.
- l) Charolas
- m) Gusano Transportador con Motor
- n) Almacén
- o) Tanque de Combustible.

### 11.3.2 Cálculo y Selección de Equipos Principales.

#### a) Mezcladora.

De acuerdo con las necesidades de la planta, se deberán tener 25 Kg de masa, para el formado de galleta cruda. Para esto se tendrán que realizar dos mezclados. En el primero se obtendrán 6.75 Kg. de semi-pasta, que contendrá azúcar, agua, huevos y saoorizante; el segundo mezclado será el resultado de agregarle al primero, harina, mantequilla y polvo de hornear.

El tiempo necesario para realizar el primer y segundo mezclado en la obtención de los 25 Kg de masa será de 10 minutos, ya que esta es la capacidad necesaria por hora en la planta. Por lo que se tiene un tiempo muerto de 50 minutos en la mezcladora, y así poder continuar con el próximo mezclado.

Por lo tanto para la selección de la mezcladora se deberá tomar en cuenta que la capacidad de la misma será --- igual o ligeramente mayor de 25 Kg.

Y de acuerdo con los fabricantes, comercialmente se tiene y se selecciona una mezcladora con capacidad de 30 Kg, con un motor de  $\frac{3}{4}$  de Hp Trifásico, con transmisión de engrane de 3 velocidades con acción planetaria y tazón de acero inoxidable.

#### b) Hornos

La capacidad de los hornos se determinara en función del número de charolas, las cuales dependera de la capacidad de producción de la planta.

Los datos necesarios para el cálculo y determinación de la capacidad de los hornos son:

- Capacidad de producción de la planta ... 25 Kg/hr
- Peso de cada galleta ..... 0.008 Kg(8gr).
- Capacidad de cada charola ..... 77 galletas.
- Tiempo de cocido por charola ..... 15 minutos.
- Temperatura de cocido ..... 190°C

Cálculo de la Capacidad de Cocido por Hora.

$$\text{Galleta por hora} = \frac{25 \text{ Kg/Hr}}{0.008 \text{ Kg/galleta}} = 3125 \text{ galletas/Hr}$$

Si cada charola contiene 77 galletas crudas se tendrían:

$$\frac{3125 \text{ galletas/Hr}}{77 \text{ galletas/Hr}} = 40.58 \text{ charolas/Hr}$$

$$= 0.676 \text{ charolas/min.}$$

y si el cocido por charolas es de 15 minutos se deberá tener en un horno con la capacidad a:

$$(0.676 \text{ charolas/min})(15 \text{ min/h}) = 10.14 \text{ charolas.}$$

Esto quiere decir que cada 15 minutos el Horno deberá de aceptar de 10 a 11 charolas de galletas. Que es la capacidad de mínima que deberá tener el horno a seleccionar.

Así cuyo tamaño en que se fabrican estos comercialmente, son de una capacidad para 6 charolas de 45 x 65 cm --- (Trabajan con tanque de gas estacionario). Consta de alumbrado interno para ver a través de sus ventanas, para evitar abrir las puertas evitando la pérdida de calor. Termos

to hasta  $300^{\circ}\text{C}$ . Las parrillas para 3 charolas c/u y consume 2 Kg/hr de gas.

Las medidas del horno en cuanto a espacio son: a lo largo 2.05 m, de fondo 1.00 m y alto 1.50 m.

C) Banda Transportadora con Motor Eléctrico (para charola)

Se requiere transportar las charolas de galleta cruda desde la máquina formadora hasta los hornos en donde la galleta cruda será horneada a una temperatura de  $190^{\circ}\text{C}$ .

Por lo que se han de llevar 11 charolas hacia el horno en un tiempo máximo de 15 minutos. Y si la máquina formadora realiza el llenado de galleta cruda en cada charola en el tiempo de 1 minuto. Esto quiere decir que las once charolas serán llenadas en 11 minutos. Tiempo suficiente en el que estarán listas para entrar al horno.

Así serán empleadas bandas de tablillas metálicas. Y se calculará la potencia de un transportador "tipo".

$$\text{Ancho de las charolas} = 0.45 \text{ m}$$

$$\text{Largo de las charolas} = 0.65 \text{ m}$$

$$v = \text{Velocidad de desplazamiento} = 1 \text{ charola/min.} = 0.65 \text{ m/min.}$$

$$r = \text{radio de las catarinas} \left( \frac{15.2 \text{ cm}}{2} \right) = \frac{0.152}{2} \text{ m}$$

que conducen las bandas de tablillas.

$$v = W \cdot r$$

$$W = v/r = \frac{0.65 \text{ (m/min)}}{0.152/2 \text{ (m)}} = 8.55 \text{ Rad/min}$$

$$W = \frac{8.55}{2\pi} \text{ RPM} = 1.36 \text{ RPM}$$

Qué debiera ser la velocidad angular de la flecha de transmisión al transportador; puesto que los motorreductores comerciales que más se aproximan a esta velocidad son de 34 RPM de salida, en donde la relación de diámetro de las "Catarinas" de transmisión deberá ser:

$$R = 34/1.36 = 25$$

La potencia requerida por tramo de transportador considerando una longitud promedio de cinco metros y que trabajan en forma horizontal estará dada por

$$\text{Pot} = \frac{(\tau WU) (1.34 \times 10^{-3})}{\eta} \text{ (Hp)}$$

Donde:

Pot = Potencia (Hp)

W = Velocidad angular de la flecha de la Banda Transportadora (RPS).

U = Factor de uso = 3 (Previendo cargas de arranque y mugre en el transportador).

$\eta$  = Eficiencia del motorreductor (Pérdidas en baleros, engranes y cadenas de transmisión = 80%)

$\tau$  = Pd (N.m)

d = radio de la catarina de transmisión de la banda transportadora (m)

F =  $ML (\psi_a + 2 Wb)$

M = Coeficiente de fricción = 0.4

L = Longitud del transportador

Wa = Peso de las charolas: por unidad de longitud (Kg/m).

Wb = Peso de la banda por unidad de longitud (Kg/m).

Calculo de la Potencia de la Banda Transportador.

$$W_a = 4(0.65 \text{ charolas/m}) \times 1.5 \text{ Kg/charolas} = 3.9 \text{ Kg/m}$$

$$W_b = 5 \text{ Kg/m}$$

$$F = 0.4 \times 5(3.9 + 2(5)) = 2(13.9) = 27.8 \text{ Kg.}$$

$$P = (27.8) (9.81) \text{ Kg m/s}^2 = 272.72 \text{ N}$$

$$\tau = Fd = (272.72)(0.1) = 27.27 \text{ N.m}$$

$$W = 8.55 \text{ (RPM)} = 0.143 \text{ (RPS)}$$

$$\text{Pot} = \frac{(27.27 \times 0.143 \times 3) (1.34 \times 10^{-3})}{0.8} \text{ (Hp)}$$

$$\text{Pot} = 0.02 \text{ Hp}$$

Por lo cual seleccionamos un motorreductor de tamaño comercial de 0.5 H.p.

d) Espiguero de Enfriamiento.

Para poder seleccionar la galleta es necesario enfriar la galleta. Ya que una vez que sale del horno, ésta tiene una temperatura de  $190^{\circ}\text{C}$ . El enfriamiento se llevara a una temperatura de  $25^{\circ}\text{C}$ . ( temperatura ambiente) en un tiempo de 15 minutos, por medio de un espiguero. En donde las charolas de galleta horneada, serán colocadas ordenadamente para lograr un intercambio de calor con el medio ambiente.

Sí se considera que 11 charolas son las que se alimentan cada 15 minutos el horno. Estas deben ser las mismas - que esten por entrar y las mismas que esten enfriando; por lo que será , necesario 22 compartimentos para el mismo número de charolas que esten enfriando que será la capacidad mínima del espiguero.

Así se selecciona un espiguero que comercialmente se tiene de robusta construcción para 36 cherolas, con ruelas embaladas, para poder transportar la galleta horneada de un lugar a otro.

e) Básculas (para selección de Producto).

La selección de galleta fría se realiza por peso. El cual será para cada galleta de 8 gr. y el de cada empaque de 8 galletas de 64 gr.

Así la galleta seleccionada de 8 gr c/u pasara directamente al empackado de la misma.

De aquí la importancia en cuanto a la selección de una báscula que realice mediciones exactas en cuanto al peso requerido.

En relación a los fabricantes de básculas se obtendra una báscula de 300 gr. de capacidad con base plana en forma circular y caratula de medición digital.

f) Banda Transportadora con Motor Eléctrico (Para empackado).

Se requiere transportar galleta seleccionada y fría para ser empackada en bolsas de 8 galletas y de 64 gr.

Se emplearan bandas de lona y se calculara la potencia de un transportador de "Tipo".

Ancho de la banda = 0.5 m

Largo de la banda = 2 m

Velocidad de desplazamiento de la banda = 0.65 m/min.

Puesto que las catarinas son de la dimensión de las obtenidas en el cálculo de la banda transportadora para charolas.

La velocidad angular es :  $W = 1.36 \text{ rpm}$

Qué debiera ser la velocidad angular de la flecha de transmisión. Así la relación  $R= 25$ .

Y la potencia requerida por tramo de transportador considerando una longitud de 2m y que trabaja en forma horizontal - estara dada por;

$$\text{Pot} = \frac{(\sum WU) (1.34 \times 10^{-3})}{\eta} \quad (\text{Hp})$$

Si la velocidad de desplazamiento de la banda corresponde a 1 charola/min. = 0.65m/min y si cada charola contiene - 77 galletas cuyo peso es de (77)(0.008) = 0.616 Kg se tendra que:

$$W_a = 0.616 \text{ Kg.}$$

$$W_b = 1.5 \text{ Kg.}$$

$$F = 0.4 \times 2(0.616 + 2(1.5)) = 0.8(3.616)$$

$$F = 2.893 \text{ Kg}$$

$$\text{si } F=mg, \text{ donde } g=9.81 \text{ m/s}^2$$

$$F = 2.893(9.81) \text{ Kg.m/s}^2 = 28.378 \text{ N}$$

$$\eta = F.d = (28.378)(0.1) = 2.84 \text{ N.m}$$

$$W = \frac{8.55 \times 1}{\text{min}} = 0.143 \frac{\text{m}}{\text{seg}}$$

$$W = 0.143 \text{ RPS.}$$

$$\text{Pot} = \frac{2.84 \text{ N} \times 0.14 \frac{\text{m}}{\text{seg}} \times 3 \times 1.34 \times 10^{-3}}{0.8} \quad (\text{Hp})$$

$$\text{Pot} = 2 \times 10^{-3} \text{ Hp}$$

Por lo cual la banda transportadora para empaque será accionada por el mismo motor seleccionado anteriormente -- que es de una capacidad sobrada de 0.5 Hp (motor seleccionado en b) Banda transportadora para charola).

g) Máquina Empacadora.

Se requiere de empaque galleta seleccionada en un empaque que contenga 8 galletas de 8 gr. c/u.

El empaque ó bolsa se obtendra de una bobina de polietileno, cuyas medidas se fabrican de acuerdo a las necesidades del cliente. Esto significa que en la bobina se realizara un corte y un sellado que se tendra en la máquina - empacadora.

La producción deberá ser de 25 Kg/hr si cada empaque pesa 64 gr. = 0.064 Kg. La máquina tendra que realizar un corte y un sellado de cada empaque en un tiempo de:

$$\frac{25 \text{ Kg}}{1 \text{ hr}} = \frac{0.064 \text{ Kg}}{t}$$

$$t = \frac{0.064 (\text{Kg} \cdot \text{hr})}{25 (\text{Kg})} = 2.56 \times 10^{-3} \text{ hr}$$

$$t = 2.56 \times 10^{-3} \text{ hr} \left( \frac{3600 \text{ seg}}{1 \text{ hr}} \right)$$

$$t = 9.2 \text{ seg.}$$

Por lo tanto la máquina empacadora que se fabrica comercialmente ocupa un volumen de 50 cm<sup>3</sup>. Consta de termos-tato hasta 600°C y cuchilla de corte-sellado de bolsas.

### II.3.3 Cálculo y Selección de Equipo Auxiliar.

#### i) Cernidor o Tamiz Vibratorio.

Dentro del manejo de la harina se tendrá un equipo que proporcione las características adecuadas, de la harina como es el de tener harina sin las pequeñas bolitas o grumos -- que por empaque y transformación se forman; para esto se requiere de un tamiz vibratorio.

El tamiz vibratorio constara de 3 mallas rectangulares de 70 X 140 cms para un gasto de 10.75 Kg/Hr. Las dos iniciales de 10 cuadros por pulgada y el tercero de 24 cuadros por pulgada; debe tener movimientos oscilatorios por medio de una flecha excentrica y su transmisión debe ser un motor de 0.5 Hp a 1720 RPM. Estos requerimientos del equipo se proponen por experiencia realizada a nivel laboratorio.

#### j) Refrigerador.

El almacenamiento de mantequilla se debera tener en una cámara de enfriamiento que proporcione las características adecuadas; ya que la mantequilla a temperatura ambiente, -- sufre descomposición.

Así se selecciona un refrigerador de acuerdo a los -- que se fabrican actualmente.

La cantidad de almacenar en 5 días sería de:  
 $(58 \text{ Kg})(5 \text{ días}) = 290 \text{ Kg}$  de Mantequilla en almacen. La suficiente para satisfacer la producción de la planta durante 5 días.

El refrigerador tendría las siguientes medidas:

espesor 2.5 Pulg, 1.76 m de largo, 2.34 de fondo y 2.54 m de altura.

La temperatura de trabajo es de 2 a 7°C y 220 Volts, trifacico.

K) Báscula (Para Materia Prima).

De acuerdo con la capacidad de producción de la planta. La materia prima que representa la mayor cantidad en peso es la harina, cuya cantidad es de 10.75 Kg/Hr, las otras materias primas son menores en peso. Comercialmente se fabrican básculas de diferente capacidad, de las cuales se selecciona una con las siguientes características: con plataforma rectangular de acero inoxidable, caratula al frente y aguja indicadora del peso a medir y con capacidad máxima a registrar de 20 Kg.

L) Charolas

Se requiere una producción continua, por lo que es necesario obtener 25 Kg/hr de galletas durante 8 horas; esto indica que cada charola debe contener 77 galletas que representan un peso W de:

$$W = (N^{\circ} \text{ de galletas/charola})(\text{Peso/galleta})$$

$$W = (77 \text{ galletas/charola})(8 \text{ gr/galleta})$$

$$W = 616 \text{ gr/charola} = 0.616 \text{ Kg/charola.}$$

Lo cual significa que el número de charolas ( $N^{\circ}$ ) debe ser de ser:

$$N^{\circ} \text{ de charolas} = \text{Producción/W} = \frac{25 \text{ Kg/Hr}}{0.616 \text{ Kg/charola.}}$$

N<sup>o</sup> de charolas = 40.6 charolas/Hr

N<sup>o</sup> de charolas  $\approx$  41 charolas/Hr

Por lo tanto, son necesarias 41 charolas para poder cubrir la producción mínima de la planta.

Considerando que el uso de las mismas es constante y de acuerdo a las que se fabrican comercialmente: se seleccionan charolas de acero galvanizado; por lo que las medidas de estas serán de 45 X 65 cm.

m) Gusano Transportador con Motor.

Se requiere transportar la masa obtenida de la mezcladora hacia la máquina formadora. Con el flujo mínimo de la masa de 25 Kg/hr.

Debido a que la masa es muy viscosa se requiere de una bomba con gusano que comercialmente son bombas helicoidales para materias viscosas y de acuerdo con los fabricantes se fabrican dependiendo de las necesidades del cliente. Se selecciona una con capacidad de transportación de 10 Kg/min. de masa.

Esta bomba será accionada por un motorreductor de 1 Hp.

n) Almacén.

La materia prima necesaria en almacén es una de las partes importantes en la planta, debido a que el producto se debe proporcionar en forma constante al cliente. De aquí la importancia en determinar las dimensiones del almacén, que se reduce a determinar sencillamente la superficie de la

materia prima posible que ocupará.

Al reali-ar el cálculo del área necesaria del almacén de materia prima, se considerán: la harina, azúcar, mantequilla y huevos. Ya que son los que constituyen una gran proporción al proceso del formado de galletas.

Las dimensiones serán obtenidas en función de la materia prima a utilizar y el tiempo de adquisición de las migmas. Ya que, el proveer anticipadamente la materia prima nos dara confiabilidad y constancia en la producción de galletas.

Así para obtener la dimensión de la superficie se considera el manejo de materias primas por día y el tiempo de almacenamiento. Con estos datos es posible obtener la capacidad del almacén en Kilogramos. Considerando la materia prima en costales de 50 Kg. como se muestra dicha conversión en la tabla II.3.1.

Comúnmente los proveedores de azúcar el manejo de ésta, lo hacen en costales de 50 Kg. cuyas dimensiones en espacio que ocupan son: 0.5 m de ancho, 1m de largo y 0.2 m de espesor.

Así que el área que ocupa cada costal sería:

$A = b \cdot h$  donde  $b = 1m$  y  $h = 0.5 m$ ;

Por lo que  $A = (1)(0.5) = 0.5 m^2$  que es la superficie que ocupa un costal en almacén.

TABLA II.3.1 MATERIA PRIMA EN ALMACEN

Materia Prima	Materia Prima en Kg/día	Tiempo de almacén en días:	Materia Prima en almacén en Kg.	Equivalencia en costales de 50 Kg.
Harina	86	20	1270	35
Azúcar	31	20	620	12.4
Mantequilla	58	5	290	5.8
Huevos	14	5	70	1.4
N <sup>o</sup> de costales en almacén.				54.6

De acuerdo a lo anterior es posible obtener la superficie total de almacenamiento en la planta. Si se considera que la capacidad de almacenamiento sería equivalente a 54.6 costales de 50 Kg. cada uno.

Por lo tanto el área máxima que ocuparía la materia prima sería:

$$A \text{ total} = (0.5 \text{ m}^2)(54.6 \text{ costales})$$

$$A \text{ total} = 27.3 \text{ m}^2$$

Y si los costales de azúcar y harina se pusieran en pilas de 3 ó 4 costales, el espacio considerado sería menor.

Pero debido a que en el interior del almacén se requiere de una colocación adecuada de la materia prima, así como la movilidad del personal al obtener las mismas, se elige una superficie de almacenamiento de 20 a 25 m<sup>2</sup> en función de la obtención del área máxima de 27.3 m<sup>2</sup> en una posible

utilización de la capacidad del almacén, al considerar un aumento de la producción.

C) Tanque de Combustible.

Se requiere un tanque estacionario de gas capaz de satisfacer las necesidades de combustible para obtener la energía calorífica suficiente en el horno para el horneado de las galletas.

Por lo que se determina el combustible necesario para el consumo de 20 días de funcionamiento del horno, y así se ra posible obtener medidas necesarias del tanque de almacenamiento de gas.

Si se tiene que 2 hornos que consumen 2 Kg/hr de gas - en 8 horas diariamente se tendría un consumo en 20 días de:  $2(2 \text{ Kg/hr})(8 \text{ hr})(20 \text{ Días}) = 640 \text{ Kg}$ . Para 20 días.

Así comercialmente es posible seleccionar dos tanques cuya capacidad de almacenamiento es de 360 Kg. de gas y cuyas dimensiones son: 1.5 m de largo, 1m de diámetro y placa de acero de 1/3 Pulgada con válvula para el suministro de combustible.

## CAPITULO III

## ANÁLISIS DEL FORMADO DE GALLETAS.

## III.1 Alternativas, de diseño sobre máquinas, ya existentes.

Con el objeto de optimizar y hacer más eficiente el formado de galletas, se realiza un análisis de las mismas: considerando las máquinas ya existentes que se mencionan en el apartado anterior (I.2 Antecedentes de procesos).

Así por medio de pruebas hechas en el formado de galletas, se determinan los estados<sup>1</sup> y necesidades de dicha máquina que deben considerar en el diseño.

De tal manera que es importante identificar sus funciones, con el fin de poder ir del estado inicial A al estado final B, se tomarán como base 25 Kg de masa para obtener porciones de 8 gramos sobre la superficie plana de una charola.

En consecuencia se tendrá que desarrollar un listado de tormenta de ideas, con la finalidad de poder identificar la mejor forma de realizar la función de cada dispositivo o elemento que debiera constituir la máquina.

Por último es necesario representar por figuras la creación de varias alternativas de máquinas que pudieran realizar el formado de galletas; así sera posible proponer

1 KRAFT, Edward V. Fundamentos de Ingeniería, Métodos, -- Conceptos y Resultados. Primera Edición. México, D.F.: Editorial Limusa, S.A., 1979. pp. 77/92.

el diseño mecánico de una máquina formadora, considerando otras alternativas de diseño.

III.1.1 Pruebas sobre el formado de Galletas.- Estas pruebas se hicieron con el objeto de eliminar o disminuir de alguna manera el esfuerzo humano, para de esta forma aumentar la productividad de las personas.

Considerando que el formado de la galleta realizada a mano comprende los siguientes movimientos:

- 1.- Preparación de la pasta.
- 2.- Llenado de la pasta en una dulla (bolsa) (Fig. III.1.1)
- 3.- Compresión de la masa para forzar a hacerla pasar a través de la dulla (implemento metálico, no contaminante, que determina la forma del producto) (Fig. III.1.2)
- 4.- A partir de este punto la forma que tome el producto dependerá de la persona que lo este manipulando, es decir que, se trata de un trabajo puramente artesanal.

El tamaño del producto final así como su peso será función única de la experiencia que tenga la persona que lo hace.

Diagramáticamente lo anterior se puede poner de la siguiente manera.

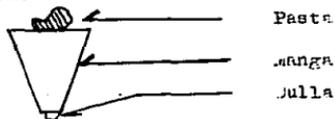


Fig. III.1.1 Llenado de la Bolsa.

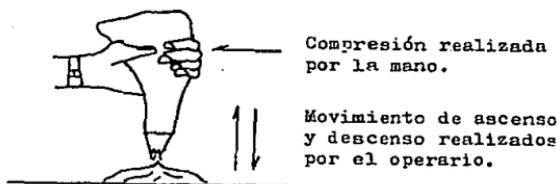


Fig. III.1.2 Extrusión de la Pasta.

Por lo que, una de las pruebas realizadas fue la de eliminar o reducir el esfuerzo que tiene que realizar una persona, en la acción de apretar la bolsa (manera).

Esta prueba se pudo realizar con ayuda de un pistón - al cual se le acoplo, en la boquilla la dulla.

La ventaja de haber utilizado, este pistón fué de que contaba con un mecanismo del tipo, cremallera-pistón-engrane, que permitía ejercer grandes presiones con poco esfuerzo.

El problema principal fué el de encontrar como; a partir de un "churro" de pasta se obtiene la forma de galleta deseada.

El problema se resolvió, haciendo subir y bajar la charola con las que trabajan en la planta; la acción de subir y bajar la charola involucraba que, cuando el producto (la galleta) estuviera prácticamente formada, el descenso de la charola debería ser en forma poco brusca, con el fin

de poder separar el producto del resto del curso de pasta que está sellando por la boquilla del pistón.

Del análisis realizado anteriormente, se observó que el dispositivo a diseñar, ó en su defecto la máquina a diseñar debería de imitar de alguna manera los movimientos - que le diera un artesano; es decir realizar o ejercer una presión o empuje sobre la pasta.

### III.1.2 Análisis de la máquina.

Para un estudio más detallado y en la definición de - objetivos y especificaciones. Se detectaron los siguientes estados "A" y "B".

#### III.1.2.1 Definición de los estados "A" y "B".

ESTADO A	—————>	ESTADO B
MASA		FORMADO DE LA MASA EN PORCIONES.

#### III.1.2.2 Definición de los estados A y B de una manera - más explícita.

ESTADO A	—————>	ESTADO B
25 Kg/Hr DE MASA SOBRE UN DEPOSITO DE LA MAQUINA BATIDORA.		FORMADO DE LA MASA EN PORCIONES DE 8 GRAMOS SOBRE LA SUPERFICIE PLANA DE UNA CHAROLA.

#### III.1.2.3 Funciones para llegar del estado "A" al "B".

a) Se tiene que vaciar la masa en un depósito.

- b) La masa debe fluir.
- c) Se tiene que ejercer una fuerza sobre la masa.
- d) Debe haber una fuente de energía.
- e) Tiene que existir un dispositivo, que realice un movimiento vertical, para que provoque un efecto de pico.
- f) Debe existir un gasto determinado de masa.
- g) Estructura.
- h) Elementos de sujeción.
- i) Conductos de flujo.
- j) Formado.

#### III.1.2.4 Funciones más importantes de cada bloque, mostradas en forma de diagrama en la fig. III.1.2.4

##### 1) DEPOSITO.

Su función es que el deposito tenga una fácil integración de la masa, la cual pueda fluir dentro de este y contenerla.

##### 2) FLUJO.

La función básica es hacer fluir la masa, hacia donde ha de ser depositada sobre una superficie plana.

##### 3) ENERGIA.

Es dar energía para la obtención de la fuerza necesaria para hacer fluir la masa ó hacer el trabajo necesario.

##### 4) FUERZA.

Fuerza necesaria aplicada para hacer fluir la masa.

## 5) CONDUCTOS DE ALUJO.

Transportar la masa: de los rodillos a una superficie plana.

## 6) DOSIFICADOR DE MASA.

Proporcionar el gasto necesario ó porción de masa necesaria.

## 7) DISPOSITIVO DE FORMADO DE LA MASA.

Proporcione la forma necesaria de la galleta; debido a un movimiento vertical.

## 8) ESTRUCTURA.

Su función es contener los bloques mencionados anteriormente.

## 9) ELEMENTOS DE SUJECION.

Sujetar cada una de las herramientas y dispositivos mecánicos de la máquina.

## III.1.3 Tormenta de Ideas.

En este punto se mencionan varios dispositivos para realizar la función de cada bloque, descritas en el anterior apartado.

## A) DEPOSITO

1.- Cubeta, 2.- Tinaco, 3.- Cuadrado, 4.- Cilindro, 5.- Corno, 6.- Copa, 7.- Vaso, 8.- Taza, 9.- Clla, 10.- Trapezoidal, 11.- Conico, 12.- Semi Conico, 13.- Trapezoidal, 14.- Prisma.

## B) FLUJO

1.- Presion, 2.- Atomizado, 3.- Fuerza, 4.- Extrusión, 5.- Inyección, 6.- Pistón, 7.- Gusano, 8.- Válvula, 9.- Engranajes.

## C) ENERGIA

1.- Pedal, 2.- Rueda, 3.- Caballo o burro, 4.- Motor eléctrico, 5.- Motor de Gasolina.

## D) FUERZA

1.- Bomba de; a) Engranajes, b) Tornillo sin fin, c) Paletas  
d) Alabes, e) Pistón, 2.- Mano, 3.- Rodillo-Engrane.

## E) CONDUCTOS DE FLUJO

1.- Canal, 2.- Tubo, 3.- Manguera, 4.- Rampa, 5.- Agujero,

## F) MULTIPLICADOR DE MASA

1.- Válvula, 2.- Rodillos, 3.- Manos.

## G) DISPOSITIVO DE FORMADO DE LA MASA.

1.- Mecanismo de barras, 2.- Leva, 3.- Biela - Manivela.

## H) FORMADO

1.- Molde, 2.- A mano, 3.- Dulla, 4.- Impacto.

## I) ESTRUCTURA

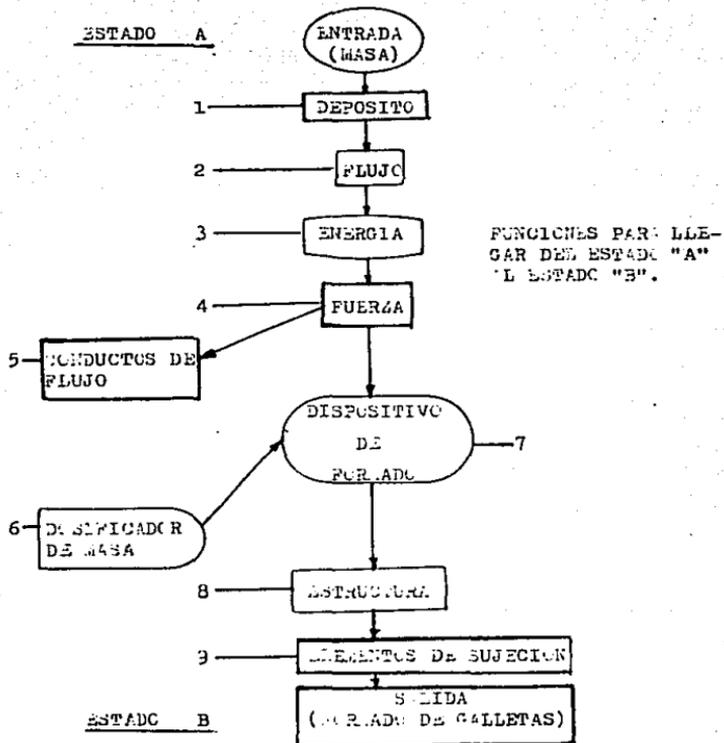
1.- Circular, 2.- Rectangular, 3.- En forma de I, 4.- En forma de L.

## J) ELEMENTOS DE SUJECION

1.- Tornillos, 2.- Clavos, 3.- Tuercas, 4.- Rondanas, 5.-

Alcayata, 6.- Bisagra, 7.- Tuercas, 8.- Remaches, 9.- Cuñas, 10.- Soldaduras.

Fig. III.1.2.4 ESTRUCTURA A MANERA DE ESQUEMA DE LAS FUNCIONES PARA LLEGAR DEL ESTADO "A" AL "B".



#### III.1.4 Figuras que representan la creación de varias alternativas.

A continuación se describen y se muestran las figuras que representan la creación de varias alternativas, en base a una tormenta de ideas y a los métodos más comunes descritos en el apartado anterior.

Cada figura representa los dispositivos y elementos básicos que realizan el formado de galletas.

Fig. III.1.4.1 Alternativa A. Representa una tolva a la cual se le integra un tornillo sin fin: este desplazará la masa por una manguera hacia un dado, que conjuntamente interconectado con un dispositivo (Leva) de ascenso y descenso vertical darán el formado a la galleta.

Fig. III.1.4.2 Alternativa B. Representa una tolva a la cual se le integra un par de rodillos, que desplazarán la masa a través de una manguera; hacia unas dulas que deberán tener un movimiento manual de ascenso y descenso vertical.

El motor está conectado a los rodillos con el fin de transmitirles la potencia necesaria.

Fig. III.1.4.3 Alternativa C. Representa una tolva a la cual se le integra un par de rodillos, que desplazarán la masa a través de una manguera.

El mecanismo de ascenso y descenso son:

slabones (barras) interconectados al motor, los cuales darán el corte necesario para el formado de la galleta.

Fig. III.1.4.4 Alternativa D. Representa un pistón que ejerce presión por medio de su superficie superior que esta conectada a un vástago que tiene la forma de cremallera que es movida por un engrane. La superficie ejerce presión sobre la masa con el fin de hacerla fluir a través de una dulla conectada en la parte inferior del cilindro.

En esta figura el movimiento vertical es realizado, - en una superficie plana en donde es depositada la masa: el movimiento provoca el corte de la masa dando la forma deseada a la galleta.

El corte que se provoca es debido a una leva que esta conectada a unas poleas que transmiten la potencia del motor por medio de una banda.

Fig. III.1.4.5 Alternativa E. Representa un rodillo que es integrado a una tolva: este hace fluir la masa por una manguera que es conectada a un dispositivo de leva-seguidor, que provocara un movimiento de ascenso y descenso vertical. Así la masa tendra el corte en la superficie de la charola.

El motor por medio de unas conexiones hacia el rodillo y el dispositivo de corte, transmite la potencia necesaria para que se realicen las funciones de la máquina.

Fig. III.1.4.6 Alternativa F. Representa un par de rodillos que están integrados a una tolva, los cuales hacen fluir la masa a través de una dulla. Así después es cortada por un mecanismo de biela-manivela. La manivela está conectada hasta la superficie plana en donde es colocada la charola.

Fig. III.1.4.7 Alternativa G. Representa un pistón interconectado a una tolva de alimentación directa. La masa es desplazada por un émbolo que está conectado a una cremallera que le transmite la potencia requerida por medio de un par de engranes, una vez que la masa fluye a través del dado es cortada por una cuchilla, así esta por gravedad será depositada en la charola.

Fig. III.1.4.8 Alternativa H. Representa una tolva con un par de rodillos que harán fluir la masa a través de una manguera, hacia la superficie de una charola, la manguera está conectada a un dispositivo leva-seguidor, que a su vez estará conectado a un motor por medio de una banda que le transmitirá la potencia necesaria.

Fig. III.1.4.9 Alternativa I. Representa un tornillo sin fin interconectado a una tolva de alimentación directa, la masa deberá fluir por efecto del movimiento del tornillo sin fin, hacia las cullas que depositarán la masa en porciones sobre la superficie de una charola.

El motor transmite la potencia necesaria, por un par de engranes conectados al tornillo sin fin.

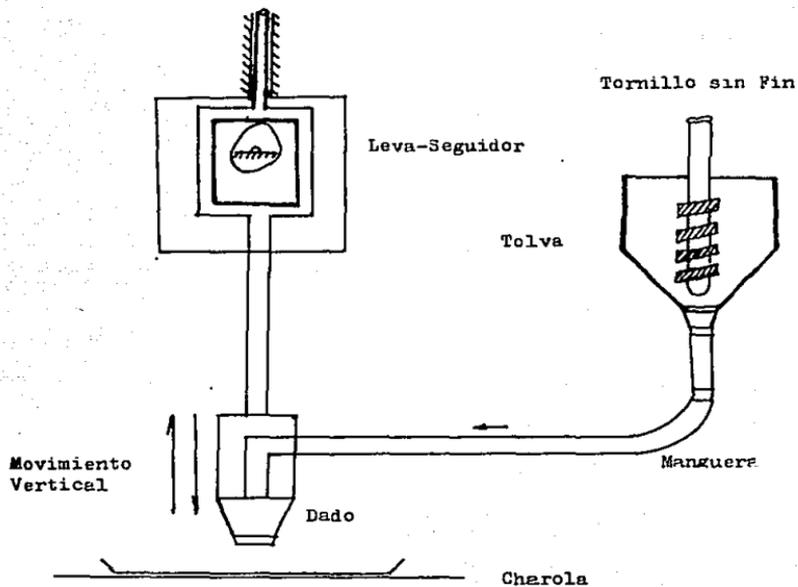


Fig. III.1.4.1 Alternativa A.

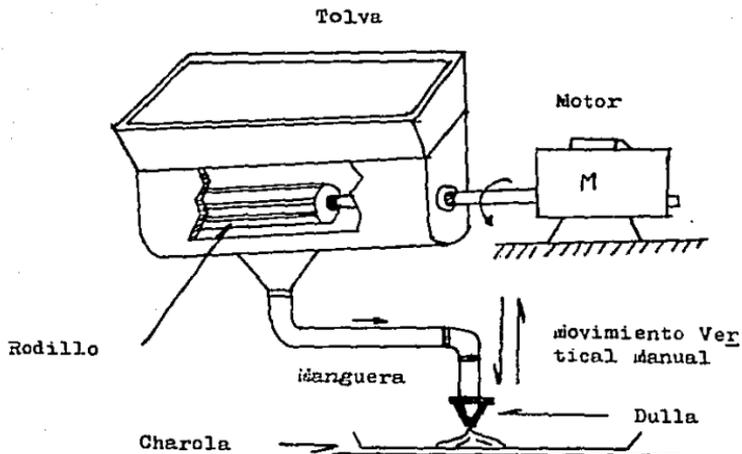


Fig. III.1.4.2 Alternativa B

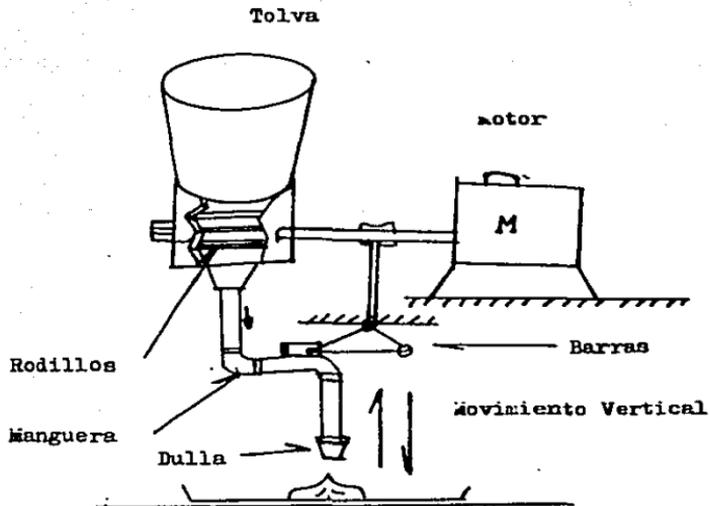


Fig. III.1.4.3 Alternativa C.

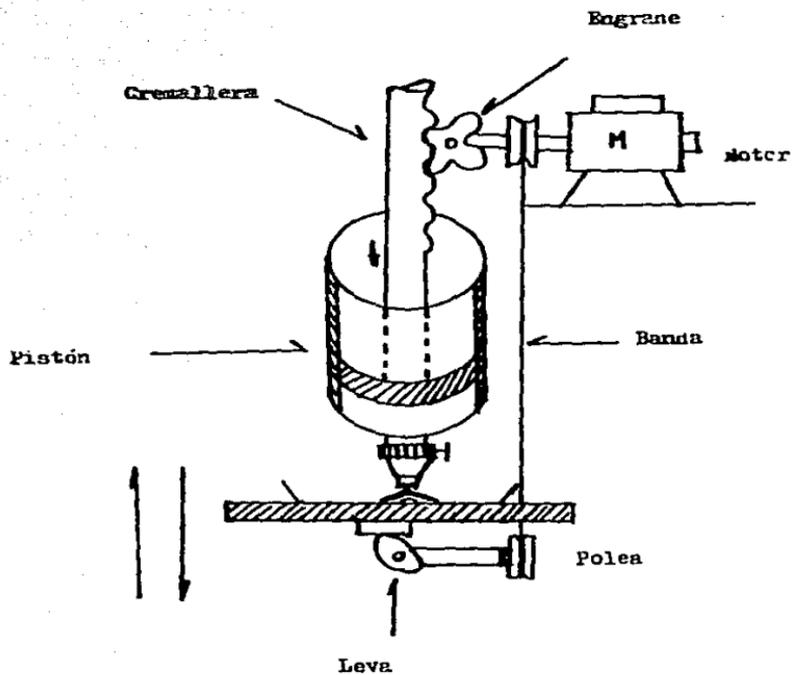


Fig. III.1.4.4 Alternativa D

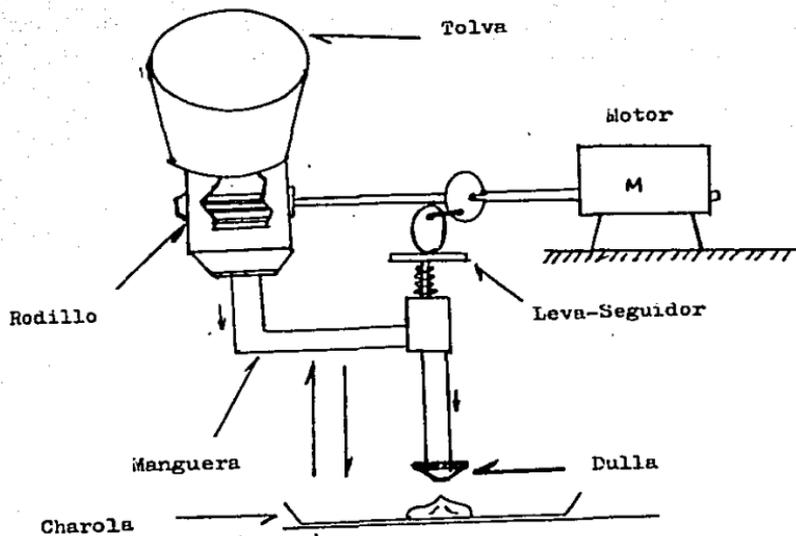


Fig. III.1.4.5 Alternativa E

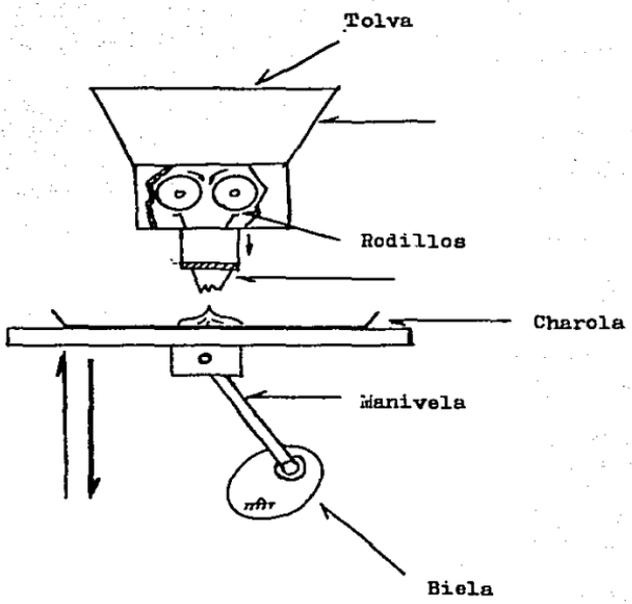


Fig. III.1.4.6 Alternativa F

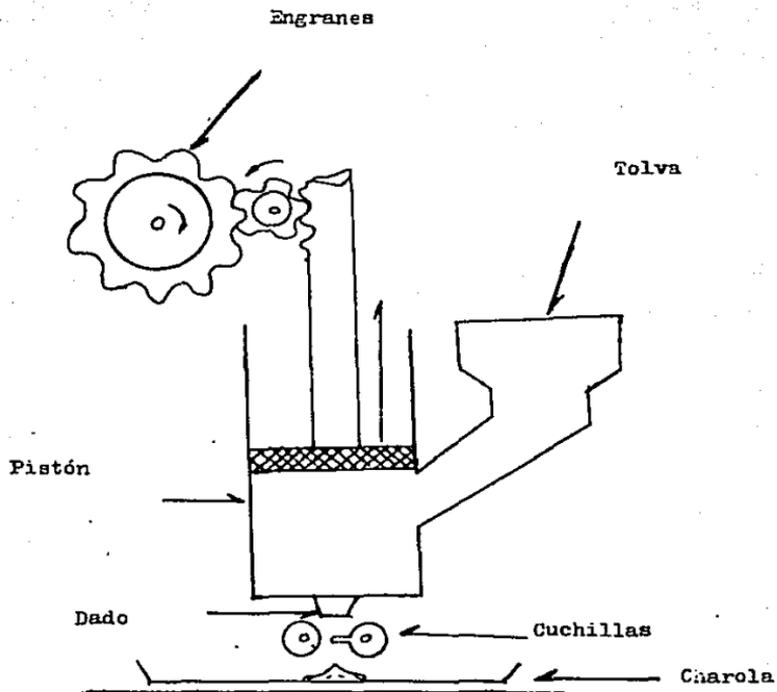


Fig. III.1.4.7 Alternativa Q

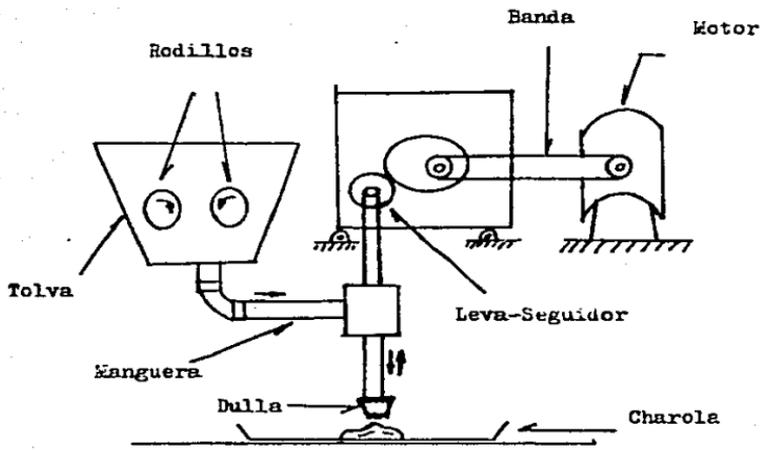


Fig. III.1.4.8 Alternativa H

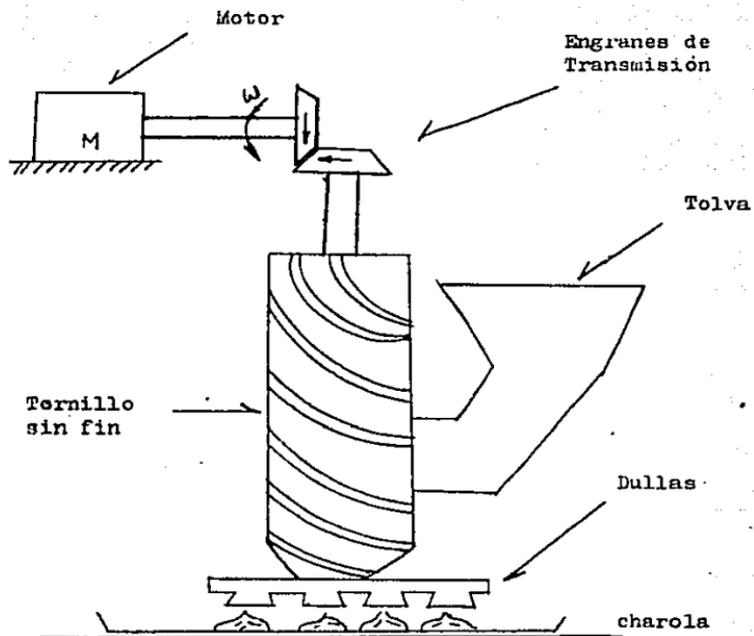


Fig. III.1.4.9 Alternativa I

### III.1.5 Selección de la mejor alternativa.

En una mirada retrospectiva a todo lo expuesto, se propone construir una maquina formadora de galletas, que cumpla con las restricciones que se tienen en la planta, así como las condiciones de operación y sobre todo que cumpla con las necesidades detectadas en el apartado I.2 y I.3.

Por lo tanto con ayuda del método de la matriz de calificaciones y con ayuda de conocimientos teóricos y empíricos se aplica el criterio correspondiente.

Los procesos más comunes que se utilizan para hacer fluir la masa y pastas con gran viscosidad son: por pistón, lobular, tornillo sin fin y engranes. Estos mecanismos, conforman una gran parte del proceso de bombas utilizadas en la industria donde se manejan fluidos viscosos, donde es necesario extraer, elevar, inyectar o hacer circular fluidos espesos.

El proceso más utilizado en la realidad en la industria galletera y de la tortilla, es el de rodillos.

La matriz<sup>1</sup> de calificaciones está ordenada por dos columnas, una contiene los procesos más comunes para hacer fluir la pasta y en otra se ordenan los objetivos más relevantes que consisten en: la fácil obtención de materiales, costo del material, fácil construcción, menor tiempo de --

1. BIETAR, George S. Engineering Design; Primera Edición; Tokyo (Jap.): Edit. Mc Graw-Hill Book Company Japan., 1933. pp. 79.

construcción, mecanismo sencillo, confiabilidad, funcionalidad, seguridad, estética y flujo de masa.

Así a cada objetivo se le da un peso en porcentaje de acuerdo a su importancia dentro del diseño y con el fin de poder obtener una calificación por proceso.

Estos se califican en una escala de 1 (peor) al 10 (mejor) para ser multiplicado por el porcentaje asignado y así se pueda obtener la suma de cada proceso con el propósito de facilitar la mejor elección.

CALIFICACION DE OBJETIVOS = PESO EN(%) X CRITERIO DE CALIF.

$\Sigma$  = SUMATORIA.

CALIFICACION =  $\Sigma$  CALIFICACION DE OBJETIVOS

Matriz de Calificaciones.

OBJETIVOS VS PROCESOS PARA EL FLUJO DE LA MASA.

OBJETIVOS PROCESO	PESO EN %	FACIL OBTENCION DE MATERIALES	COSTO DEL MATERIAL	FACIL CONSTRUCCION	MEJOR TIEMPO DE CONSTRUCCION	MECANISMO SENCILLO	CONFIABILIDAD	FUNCIONALIDAD	SEGURIDAD	ESTETICO	FLUJO DE MASA	SUMA TOTAL DE PORCENTAJES	CALIFICACION
		8	30	10	5	5	10	10	5	5	5		
1 PISTON	7	3	6	4	5	5	7	7	7	7	5		
	100	2,4	0,5	0,2	0,55	0,5	0,7	0,25	0,35	0,4		7	
2 LOBULAR	7	5	5	4	5	5	7	5	5	5	5		
	100	1,8	0,5	0,2	0,25	0,5	0,7	0,5	0,5	0,5		5	
3 TORNILLO SIN FIN	9	8	7	6	6	5	7	8	7	5	5		
	1,5	2,4	0,7	0,5	0,3	0,5	0,7	0,4	0,35	0,5		7,7	
4 RODILLOS	5	10	5	5	5	5	5	5	7	5	5		
	1,5	3,0	0,5	0,45	0,4	0,5	0,5	0,4	0,35	0,45		5,15	
5 DOSIFICACION POR VALVULA	5	5	5	5	5	5	5	10	5	5	5		
	1,2	2,4	0,5	0,4	0,3	0,5	0,5	0,5	0,4	0,35		7,25	
6 ENGRANES	5	4	7	4	5	5	5	7	7	7	5		
	1,2	1,2	0,7	0,2	0,25	0,4	0,5	0,35	0,35	0,35		5,5	

Por lo tanto, el dispositivo a utilizar para el movimiento de la pasta fué el de un sistema de rodillos; para tomar la decisión de utilizar el sistema de rodillos se utilizaron una serie de pruebas en donde se hizo fluir la masa con un giro en los rodillos observando que se cumplieran las condiciones hechas con anterioridad, como: la de ver si fluía la masa a través de una manguera, lo cual resultó positivo.

Para realizar la dosificación del producto en las charolas así como el corte o separación de la misma, se utilizó una leva diseñada en base a los conocimientos teóricos prácticos, tomando en cuenta el movimiento que realiza el panadero.

Además de utilizar la leva, para la dosificación del producto, se cuenta con la ayuda de un resorte cuya constante es de valor medio, para asegurar que siempre se cumpla el movimiento realizado por la leva.

### III.2 Proposición del diseño mecánico de una máquina formadora de galletas.

En este apartado se darán las características de diseño de una máquina formadora de galletas que correspondiera a la seleccionada anteriormente (Fig. III.2.1).

Aquí se analizarán los parámetros y variables correspondientes de cada una de las piezas, mecanismos y sistemas necesarios para el funcionamiento adecuado de una máquina formadora de galletas. En base a los conocimientos

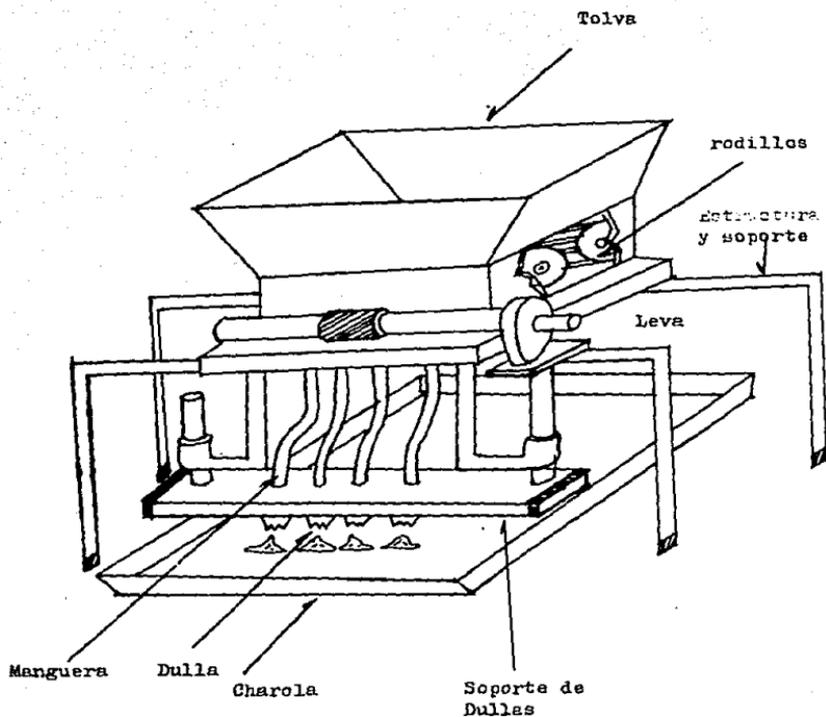


Fig. III.2.1 Máquina Formadora de Galletas.

teórico-prácticos de la Ingeniería, se realizan los cálculos correspondientes de cada pieza, que en alguno de los casos no es necesario acudir a bases teóricas, puesto que existen informaciones empíricas de las cuales se sirven -- los diseñadores, para los fines deseados.

Es importante saber, que algunas de las partes, piezas y mecanismos de la máquina son obtenidas por pruebas y otras por la relación de piezas existentes en el mercado.

### III.2.1 Cálculo para la dimensión de las piezas y mecanismos fundamentales.

Con el fin de poder dimensionar las piezas o mecanismos más importantes en la proposición del diseño de la máquina formadora de galletas, se parte de una serie de parámetros ya establecidos anteriormente, los cuales se anotan a continuación.

$m$  = Gasto másico

$\rho$  = Densidad de la masa.

$t$  = Tiempo de llenado por charola.

$n$  = Número de galletas por charola.

$h$  = Número de galletas por columna horizontal

$l$  = Número de galletas por columna vertical.

$m = 20 \text{ Kg/Hr}$

$\rho = 959.9 \text{ Kg/m}^3$

$t = 1 \text{ min} = 60 \text{ seg.}$

$n = 77 \text{ galletas.}$

$h = 7 \text{ galletas.}$

$l = 11 \text{ galletas.}$

CÁLCULO DEL TIEMPO DE LLENADO POR HILERA O COLUMNA VERTICAL (td)

$$T_d = \frac{t}{1}$$

$$T_d = \frac{60 \text{ seg}}{11} = 5.45 \text{ g}$$

$$T_d = 7.5 \text{ seg}$$

Cálculo del gasto Volumetrico (Q)

$$Q = \frac{m}{P}$$

$$Q = \frac{25 \text{ Kg/Hr}}{959.9 \text{ Kg/m}^3}$$

$$Q = 0.02604 \text{ m}^3/\text{Hr}$$

$$Q = 7.23 \text{ cm}^3/\text{s}$$

Por lo tanto el volumen de masa que debe ser desplazado por segundo es de  $7.23 \text{ cm}^3$ ; que es el volumen considerado para obtener la dimensión de los rodillos.

III.2.2 Dimensión de los Rodillos.

De acuerdo con las condiciones del formado y dosificado de la galleta y con fundamento en los conceptos básicos de la hidrodinámica y matemáticas se sigue un proceso ordenado y lógico para dimensionar los rodillos.

El volumen que los rodillos deben desplazar es de  $7.23 \text{ cm}^3$ , como se representa en las figuras III.2.2.1 y III.2.2.2.

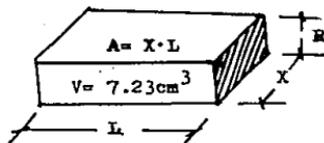


Fig. III.2.2.1

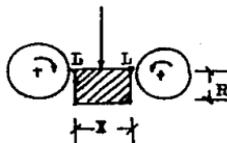


Fig. III.2.2.2

V = Volumen de la masa.

A = Area.

X = Ancho (separación de los rodillos).

R = Altura (radio de los rodillos).

L = Largo (largo de los rodillos).

De donde:

$$V = A R$$

$$V = X L R$$

Ec. III.2.2.1

Por lo tanto, la Ec. III.2.2.1 representa el volumen que ocupara la masa .

En la figura III.2.2.2, la masa es desplazada por los rodillos y se considera como si fuera una laminadora, con el fin de poder analizar su funcionamiento y así poder determinar las dimensiones de los mismos.

Si partimos de la Ec. III.2.2.1 y despejamos X tenemos:

$$X = \frac{V}{LR} \quad \text{Ec. III.2.2.2}$$

y si el volumen V es constante, restaría asignar valores arbitrarios a L y R. De tal manera que X tendría un valor constante de:

$$\begin{aligned} V &= 7.23 \text{ cm}^3 \\ L &= 22.86 \text{ cm} \\ R &= 2.54 \text{ cm} \end{aligned}$$

Sustituyendo valores en la Ec. III.2.2.2

$$X = \frac{7.23 \text{ cm}^3}{(22.86 \text{ cm})(2.54 \text{ cm})}$$

$$X = 0.127 \text{ cm}$$

De lo cual se concluye que la dimensión de los rodillos estará dada en función del gasto volumétrico y la separación de los rodillos.

### III.2.3 Velocidad angular de los rodillos.

La velocidad lineal de los rodillos es:  $V = R/t$

$$R = 2.54 \text{ cm}$$

$$t = 1 \text{ seg.}$$

$$v = \frac{2.54 \text{ cm}}{1 \text{ seg}}$$

$$V = 2.54 \text{ cm/seg}$$

Cálculo de la velocidad angular (n)

$$V = 2\pi Rn$$

Ec. III.2.3.1

Despejando n tenemos:

$$n = \frac{V}{2\pi R}$$

Ec. III.2.3.2

Donde:

$$V = 2.54 \text{ cm/s}$$

$$R = 2.54 \text{ cm}$$

Sustituyendo valores en la Ec. III.2.3.2.

$$n = \frac{2.54 \text{ (cm/s)}}{2(3.1416)(2.54 \text{ cm})}$$

$$n = 0.16 \text{ RPS}$$

$$n = 0.16 \text{ (oO) RPM}$$

$$n = 9.6 \text{ RPM}$$

III.2.4 Cálculo del diámetro del eje de transmisión de rodillos.

En este cálculo se emplea la ecuación que determine el

diámetro del eje, que está sometido a una combinación de torsión constante y flexión alternante.

Esta ecuación puede verse para diseño. Ya que su teoría se verifica en forma aproximada. Por lo que es utilizada por el enfoque de Soderberg<sup>1</sup>.

$$d = \left\{ \frac{32 n}{\pi} \left[ \left( \frac{T}{S_y} \right)^2 + \left( \frac{M}{S_x} \right)^2 \right]^{1/2} \right\}^{1/3} \quad \text{Ec. III.2.4.1}$$

$d$  = diámetro del eje en (cm).

$M$  = momento flexionante en la sección crítica (Kg.cm).

$T$  = momento torsionante en la sección crítica (Kg.cm).

$n$  = factor de seguridad.

$S_y$  = resistencia de fluencia (Kg.cm<sup>2</sup>).

$S_e$  = límite de fatiga (Kg.cm<sup>2</sup>).

De las variables anteriores hay que determinar  $M$  y  $T$ .

1 SHIGLEY, Joseph Edward. Diseño en Ingeniería Mecánica. Tr. Francisco Paniagua Bocanegra; 2da. ed.; México, - D.F., Edit. Mc Graw-Hill., 1983 p. 584/589.

Análisis y cálculo del momento torsionante<sup>1</sup> (T).

$$T = \frac{71600 P}{n} \quad (\text{Kg. cm}) \quad \text{Ec. III.2.4.2}$$

T = momento de torsión (Kg.cm).

P = potencia (CV).

n = velocidad de rotación (rpm).

Donde:

$$P = 0.25 \text{ Hp} = 0.454 \text{ CV}$$

$$n = 9.6 \text{ rpm.}$$

Sustituyendo valores en la Ec. III.2.4.2.

$$T = \frac{71600(0.454)}{9.6} \quad (\text{Kg.cm})$$

$$T = 3386.08 \text{ Kg.cm}$$

1 SHIGLEY, Joseph Edward. Diseño en Ingeniería Mecánica .  
Tr. Francisco Paniagua Bocanegra; 2da. ed.; México, -  
D.F., Edit. Mc Graw-Hill., 1983 p. 84.

Análisis y Cálculo del Momento flector<sup>1</sup> (...)

Para el cálculo del momento flector, es necesario obtener - las fuerzas más significantes, que actúan sobre el eje de - los rodillos, así como la distancia a los puntos de apoyo.

Análisis de la fuerza que provoca el momento máximo. Fig. III.2.4.1.

$A_x$  = Fuerza de flexión producida por la banda

$B_x$  y  $D_x$  = Reacción de los bujes sobre el eje

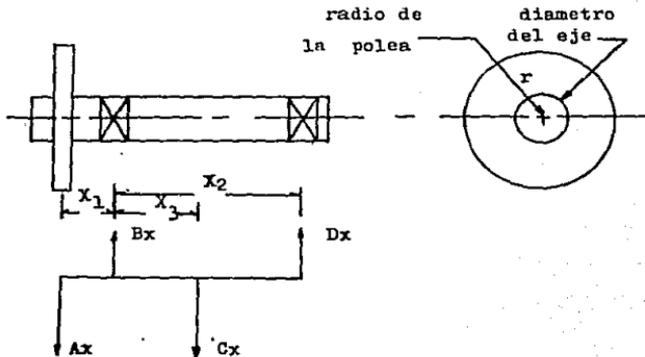


Fig. III.2.4.1 Diagrama de cuerpo Libre.

1 FAIRES, Virgil moring. Diseño de Elementos de Máquinas. - Tr.: Francisco Paniagua; 1era ed.; Barcelona (España): - edit. Montaner y Simón, S.A. 1970 pp. 334/347.

$C_x$  = Peso del rodillo (Se supone que se concentra en el centro).

$X_1$ ,  $X_2$  y  $X_3$  = Distancia de las fuerzas a la reacción provocada en  $B_x$

Para el cálculo de  $A_x$  se asignan valores arbitrarios a  $r$  y  $X_1$  que son aproximados a los reales que debe tener la máquina.

De tal manera que:

$$r = 8.89 \text{ cm}$$

$$X_1 = 5.08 \text{ cm}$$

- Cálculo de  $A_x$

$$A_x = \frac{2 T}{r} \quad \text{Ec. III.2.4.3}$$

$$A_x = \frac{2(3386.08) (\text{Kg. cm})}{8.89 \text{ cm}}$$

$$A_x = 761.858 \text{ Kg}$$

- Cálculo de  $M_x$

$$M_x = A_x X_1 \quad \text{Ec. III.2.4.4}$$

$$M_x = (761.858 \text{ Kg})(5.08 \text{ cm})$$

$$M_x = 3870.239 \text{ Kg.cm}$$

Como  $M_x \gg T$  y el momento flector  $M$  es:

$$M = \sqrt{M_x^2 + M_x^2} = \sqrt{M_x^2} = M_x$$

$$M = 3870.239 \text{ Kg.cm}$$

Finalmente se obtiene el cálculo del diámetro del eje de los rodillos; considerando un factor de seguridad de 1.5, -

Se y Sy para aluminio 355-T6 (rundido en arena con auración de  $5 \times 10^6$  ciclos)<sup>1</sup> en donde:

$$S_y = 1357 \text{ Kg/cm}^2, \quad S_e = 632 \text{ Kg/cm}^2$$

Sustituyendo valores en la Ec. III.2.4.1

$$d = \left\{ \frac{32(1.5)}{\pi} \left[ \left( \frac{3386.08}{1757} \right)^2 + \left( \frac{3870.239}{632} \right)^2 \right]^{1/2} \right\}^{1/3}$$

$$d = 3.63 \text{ cm}$$

III.2.5 Deformación del eje de transmisión<sup>2</sup> de rodillos --  
(Ymax)

El cálculo de la deformación máxima del eje se obtiene de la Ec. III.2.5.1.

$$Y_{\max} = \frac{Ax L^3}{3 EI} \quad \text{Ec. III.2.5.1}$$

Y max = Deformación máxima (cm)

Ax = Carga (Kg)

L = Longitud (cm)

E = Módulo de Elasticidad (Kg/cm<sup>2</sup>)

I = Momento de Inercia en (cm<sup>4</sup>)

d = Diámetro del eje (cm)

1 Los valores de Se y Sy se obtienen de la tabla Propiedades típicas de algunos metales no ferrosos. V.M Paires. Diseño de elementos de máquinas.

2 SHIBBLEY, Joseph Edward. Diseño en Ingeniería mecánica. -- Tr.: Francisco Paniagua Bocanegra; 2da ed.; México, D.F.: Edit. de Gray-Hill, 1983. p. 732.

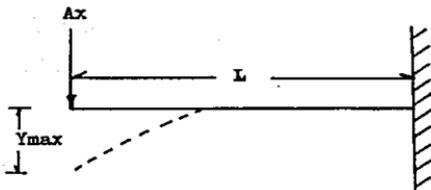


Fig. III.2.5.1

Cálculo de la Inercia<sup>1</sup> I

$$I = \frac{\pi d^4}{64}$$

$$I = (3.1416)(3.63 \text{ cm})^4/64$$

$$I = 8.523 \text{ cm}^4$$

Por lo tanto si:

$$L = 6.773 \text{ cm}$$

$$Ax = 761.858 \text{ Kg.}$$

$$E = 0.724 \times 10^6 \text{ Kg/cm}^2$$

Sustituyendo valores en la Ec. III.2.5.1

$$Y_{\max} = \frac{(761.858 \text{ Kg})(6.773 \text{ cm})^3}{3(0.724 \times 10^6 \text{ Kg/cm}^2)(8.523 \text{ cm}^4)}$$

$$Y_{\max} = 0.013 \text{ cm}$$

1 FAIRES, Virgil Moring. Diseño de Elementos de Máquinas, - Tabla AT3 Propiedades típicas de algunos materiales no ferrosos. Tr.: Francisco Paniagua, 1ra. ed.; Barcelona (España): Edit. Fontani y Simón. S.A., 1970.

### III.2.6 COJINETES.

La relación longitud a diámetro  $L/d$  de un cojinete<sup>1</sup> de pascen de sí se espera que trabaje en condiciones de lubricación de película delgada.

Con los cojinetes cortos se obtiene mayor flujo de aceite hacia los extremos y se logra así un mejor enfriamiento del cojinete.

En la práctica común es emplear una relación  $L/d$  aproximadamente igual a la unidad. Si es de esperar que se produzca una flexión peligrosa en un eje ó árbol, deberá utilizarse un cojinete corto para impedir el contacto del metal a metal en los extremos de los cojinetes.

si:  $L/d = 1$  y  $d = 3.63$  cm

$$L = 1(d)$$

$$L = 1(3.63 \text{ cm})$$

$$L = 3.63 \text{ cm}$$

Considerando y evitando que pueda ocurrir una flexión peligrosa del eje, se tiene que a "L" se le da la siguiente medida:

$$L = 3.63 \text{ cm}$$

Alguno de los materiales<sup>1</sup> usados a menudo cuando se tiene poca o ninguna lubricación, se muestra en la tabla III.2.6.1.

1 SHIGLEY, Joseph Edward. Diseño en Ingeniería Mecánica, - Tr.: Francisco Paniagua Bocanegra; 2da. ed.: México D.F., edit. Mc Graw Hill, 1983. p 445.

Tabla III.2.6.1. COMPOSICION Y CARACTERISTICAS DE ALERCIIONES EMPLEADAS EN COJINETES.

Nombre de la aleación	Espesor plg	Número SAE	Características relativas
			Resistencia a la corrosión.
Babbitt.			
base de estaño	0.022	12	Excelente
base de plomo	0.022	15	Muy buena
base de estaño	0.004	12	Excelente
base de plomo	0.004	15	Muy buena
Bronce plomado	macizo	792	Muy buena
Cobre-plomo	0.022	480	Buena
Aluminio, aleación	Macizo		Excelente

### III.2.7 SEGUIDOR

El seguidor que se selecciona es un rodamiento, que se determina con ayuda de un catálogo<sup>1</sup> de la empresa de rodamientos SKF.

Cálculo de la capacidad de carga mínima

$C_n$  = Capacidad de carga

$f_h$  = factor de vida del rodamiento

1 Catálogo SKF de rodamiento de bolas y rodamiento de rodillos; México, D.F., 1948 pp. 12/20

$P$  = Capacidad de carga equivalente del rodamiento

$L_h$  = horas de servicio.

Para  $L_h = 45,000$  Horas de Servicio, tiene un factor de

$$f_h = 4.5$$

si  $p = 20$  Kg (Capacidad aproximada que ejerce la leva sobre el seguidor).

$$C_h = f_h P$$

$$C_h = 4.5 (20) \text{ Kg.}$$

$$C_h = 90 \text{ Kg.}$$

Para  $h = 9.6$  RPM

El diámetro exterior del rodamiento sera:  $D = 30$  mm

Por lo tanto el rodamiento seleccionado de acuerdo con las características anteriores es de una carga estática mínima de 90 Kg.

Selección, rodamiento de dos hileras de bolas, contacto angular serie de dimensiones 32, rodamiento No. 3200, 3201, o 3202.

Tabla III.2.7.1 Rodamiento de dos hileras de bolas.

Rodamiento núm	Milímetros				capacidad de carga en Kg	
	a	D	B	C	dinámica	estática
3200	10	30	14	695	455	
3201	12	32	15.9	780	560	
3202	15	35	15.9	790	560	

En la fig. III.2.7.1 se muestra los parámetros que determinan la selección de los baleros.

Serie de rodamiento 32

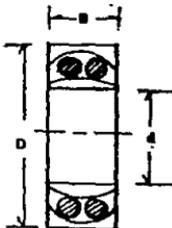


Fig. III.2.7.1

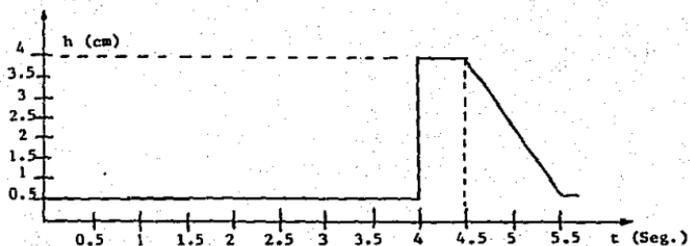
### III.2.8 PERFIL DE LA LEVA.

La siguiente gráfica contiene la información necesaria para obtener el perfil de la leva<sup>1</sup>. Esta representa el movimiento necesario para obtener el formado de la galleta.

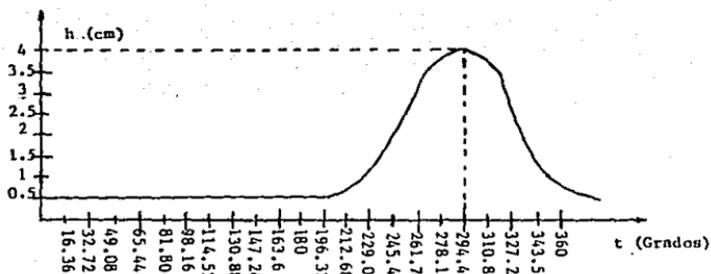
El movimiento es vertical como lo realiza el panadero, esto se representa de la siguiente forma: en las dos gráficas, una de ellas es la representación real y otra es la de la aproximación del movimiento.

1. Shale, Hamilton H. y OCVIK, Fred W. Mecanismos y Dinámica de Maquinaria. Tr.: Sergio Fernández Everest; Primera Edición; México, D.F.: Edit. Liausa. S.A., 1981, pp. 69/80.

GRAFICA REAL



GRAFICA DE APROXIMACION A



En base a la gráfica de aproximación A se obtiene el perfil real de la leva a dibujar.

Este perfil real se considera una de las funciones básicas para el formado de las galletas y se representa en la Fig. III.2.8.1.

Para graficar la leva se toma un radio mínimo  $r$  y radio máximo  $R$  en donde:  $r = 1.27$  cm y  $R = 1.27$  cm + 4.5

$$R = 5.77$$

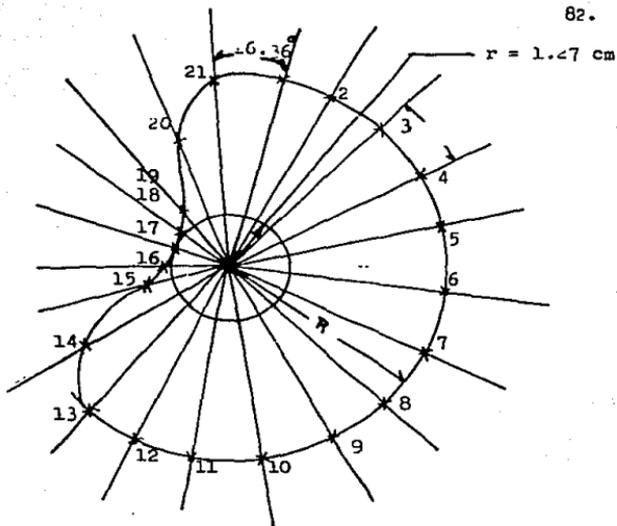


Fig. III.2.8.1

Así, la leva dará 1 vuelta cada 5.5 segundos, cuya velocidad angular  $\omega$  será de :  $\omega = \frac{1}{5.5} \text{ RPS} = 0.1810 \text{ RPS}$   
 $\omega = 11 \text{ RPM}$

Por lo que, si el radio mínimo es pequeño, el radio máximo se reduce y las revoluciones se mantienen constantes.

Considerando que la potencia para hacer fluir la masa no es tan significativa, pero la existencia de pérdidas por fricción de los mecanismos, cojinetes y dispositivos de la máquina, hacen justa la elección de la potencia de aproximadamente de 1 hp para el motor.

## CAPITULO IV

## PROGRAMA GENERAL DE INSTALACION

Para la realización de este programa se tomarán en cuenta - las siguientes consideraciones:

- A) Debido a que el equipo de producción es específico para la fabricación de galletas, se juzga conveniente que ésta - sea instalado por personal interno de la fábrica; que poste - riormente se responsabilizarán del mantenimiento y buen fun - cionamiento.
- B) Las instalaciones de: Hidráulicas, eléctricas, etc. se - realizarán a través de contratistas, desde luego, con super - visión interna.
- C) El número de mecánicos para la instalación será de 3, en base al cual se consideran los tiempos de duración de acti - vidades.

A continuación se presenta la lista de actividades y el --- tiempo requerido para cada una de ellas.

## Lista de Actividades

	Tiempo en meses
a).- Proyecto 1a. etapa (determinación de equipo)	2
b).- Proyecto 2a. etapa (instalaciones)	2
c).- Obra civil 1a. etapa (Máqs. y Producc.)	4
d).- Cotización, pedidos y entrega de maquinaria y equipo 1a. etapa	3
e).- Entrega de maquinaria y equipo	4
f).- Contratación del personal para montar	2

	Tiempo en meses
g).- Cotización y contratación para la instalación de tuberías hidráulicas.	1
h).- Cotización y contratación para la instalación eléctrica.	1
i).- Obra civil 2a. etapa (Ofic. y Esteriores)	5
j).- Montaje del equipo y maquinaria	2
k).- Instalación de tuberías hidráulicas	2

La lista anterior se presenta en forma de gráfica de Gantt en la figura IV.I.

ACTIVIDAD		TIEMPO MESES	CONTROL	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	ENERO
A	PROYECTO 1a ETAPA (determinación de equipo)	2	E	■												
			R													
B	PROYECTO 2a ETAPA (instalación)	2	E		■											
			R													
C	OBRA CIVIL 1a ETAPA (de máquinas y producción)	4	E			■	■	■	■							
			R													
D	COTIZACIÓN PEDIDO Y ENTREGA DE MAQUINA Y EQUIPO. (1a etapa)	3	E				■	■	■							
			R													
E	ENTREGA DE MAQUINA Y EQUIPO.	4	E							■	■	■	■			
			R													
F	CONTRATACION DE PERSONAL PARA MONTAR	2	E									■	■			
			R													
G	COTIZACION Y CONTRATACION PARA INSTALACION HIDRAULICA	1	E							■						
			R													
H	COTIZACION Y CONTRATACION DE INSTALACION ELECTRICA	1	E							■						
			R													
I	OBRA CIVIL 2a ETAPA (ofic. y exteriores)	5	E			■	■	■	■	■						
			R													
J	MONTAJE DEL EQUIPO Y MAQUINARIA	2	E											■	■	
			R													
K	INSTALACION DE TUB. ID.	2	E									■	■			
			R													

E = ESTIMADO

R = REAL

TOTAL DE MESES

FIG. IV.1. GRAFICA DE GANTT

## CAPITULO V

## ANALISIS ECONOMICO DEL PROYECTO.

## V.I Inversión

Costo de Equipo	(Miles de Pesos)
1 CAMARA DE ENFRIAMIENTO .....	1260
1 BASCULA CON CAPACIDAD DE PESO A 20 Kg...	945
1 TAMIZ CERNIDOR .....	1890
1 MEZCLADORA .....	1838
1 GUSANO TRANSPORTADOR .....	998
1 MAQUINA FORMADORA DE GALLETA .....	6983
1 MOTOR DE 1 Hp .....	473
30 CHAROLAS .....	163
2 HORNOS .....	2363
1 ESPIGUERO .....	139
1 BASCULA CON CAPACIDAD DE PESO DE 500 gr.	273
1 MAQUINA CORTADORA-CELLADORA DE BOLSAS ..	368
1 TANQUE DE GAS .....	240
<hr/>	
Costo Total del equipo .....	17 933

Capital fijo (Miles de Pesos)

Costo de Equipo .....	17 933
Costo de Construcción de Edificios e instalación. ....	20 187
Costo del terreno .....	11 562
	<hr/>
Total .....	49 682

Capital de trabajo

Materia prima para 20 días laborales .....	10 908
1 Mes de Salario (para 4 personas) .....	2 000
	<hr/>
Total .....	12 908

Capital de inversión = Capital fijo + Capital de trabajo

Capital de inversión = 49682 + 12908

Capital de inversión = 62590 (Miles de Pesos)

## V.2 Costo de Producción.

### Gastos fijos anuales.

#### A) Depreciación de Equipo

Se obtendrá el costo anual por depreciación<sup>1</sup> mediante el método de "Fondo de amortización" y esta dada por:

$$D = (C - C_1) (A/F)_{I\%, L} \quad \text{Ec. V.2.1}$$

donde:

D = Costo anual por depreciación

C = Costo de equipo, construcción de equipo e instalación.

C<sub>1</sub> = Valor de desecho o costo de rescate después de L años.

Es el 15% del costo de equipo e instalación (S.H.C.P).

(A/F)<sub>I%, L</sub> = Factor de fondo de amortización<sup>2</sup> de una serie - uniforme.

I = Interés (%)

L = Período de amortización (años).

- 1 TARQUIN, Antony J. y BLANK, Lealand T. Ingeniería Económica. Tr.: CENTEC; 1<sup>er</sup> edición; México D.F; Edit. - Mc Graw Hill de México, S.A de C.V. pp. 193/198.
  - 2 SEPULVEDA, José a., SOUDER, William E. y GOTTFRIED, - Byron E. Ingeniería Económica. Tr.: Marcia Gonzáles - Ozuna; 1<sup>er</sup> edición, México; Edit. Mc Graw Hill de México, S.A. de C.V. pp 154-157
- Esta estimación la de la Secretaría de Hacienda y Crédito público.

Para este tipo de equipo se considera una vida útil de 20 años, cuyo factor de fondo de amortización se obtiene a un interés del 14% anual.

Por lo que:

$$C = 38120 \text{ (Miles de Pesos)}$$

$$C_L = (17933 + 20187)(0.15)$$

$$C_L = (38120)(0.15)$$

$$\text{si: } I = 14\% \text{ y } L = 20 \text{ años}$$

$$(A/F)_{14\%, 20} = 0.0105$$

Sustituyendo valores en la Ec. V.2.1 tenemos:

$$D = (38120 - 5718)(A/F)_{14\%, 20}$$

$$D = (32402)(0.0105)$$

$$D = 340.221$$

(Miles de Pesos)

Depreciación de Equipo	340
B) Conservación y Mantenimiento	
- de terreno, edificio e instalaciones	8 075
C) Seguros (1% mensual, sobre el capital fijo)	5 962
F) Personal necesario	
- 1 Pasante de Ingeniería (\$ 800 000 c/mes)	9 600
- 1 Oficial de Administración (\$ 300 000 c/mes)	3 600
- 3 Obreros (\$ 900 000 c/mes)	10 800
(Gastos fijos) Total	<hr/> 38 377

## Gastos de Operación Anuales

(Miles de Pesos)

A) Materias Primas

130 896

B) Servicios Auxiliares de Proceso

- Energía Eléctrica

Para 5 Motores trifasicos de 1 Hp y 15 Lámparas de 40 watts.

Cálculo del gasto de Energía Eléctrica.

$$G_e = C_e ( E_M + E_L ) \quad \text{Ec. V.2.2}$$

$G_e$  = Gasto de energía eléctrica anual (\$)

$C_e$  = Costos de la energía eléctrica (\$/Kwh)

$E_M$  = Energía eléctrica de Motores  
requerida anualmente (Kwh)

$E_L$  = Energía eléctrica de lámparas  
requerida anualmente (KWh)

$$E_M = P_M fN \quad \text{Ec. V.2.3}$$

$$E_L = P_L N \quad \text{Ec. V.2.4}$$

$P_M$  = Potencia de Motores (Hp)

$P_L$  = Potencia de Lámparas (KWh)

$f$  = Factor de Conversión a KWh

$N$  = Número de horas de servicio  
anualmente (hrs/año)

si tenemos:

$$C = 59.96 \text{ \$/Kwh (Tarifa 2 para industrias, Julio de 1988)}$$

$$P_M = 6 \text{ Hp}$$

$$P_L = (18) 40 \text{ watt} = 0.72 \text{ Kw}$$

$$N = 1920 \text{ hrs/año}$$

$$f = 0.746 \text{ Kw/hp (factor de Conversión).}$$

Cálculo de  $E_M$  y  $E_L$

Sustituyendo valores en Ec. V.2.3.

$$E_M = 6 \text{ Hp (0.746 Kw/HP)(1920 hrs/año)}$$

$$E_M = 8593.92 \text{ Kwh/año}$$

Sustituyendo valores en Ec. V.2.4

$$E_L = (0.72 \text{ Kw})(1920 \text{ hrs/año)}$$

$$E_L = 1382.4 \text{ Kwh/año}$$

Para el gasto de la energía eléctrica de la fábrica de galletas se sustituyen los valores obtenidos en la Ec. V.2.2

$$G_e = 59.96 \text{ \$/Kwh (8593.92 + 1382.4) Kwh/año}$$

$$G_e = 59.96 \text{ \$/Kwh (9976.32) Kwh/año}$$

$$G_e = 598180 \text{ \$/año}$$

(Miles de Pesos)

Gasto de energía eléctrica anual - 598

- Combustible (Gc)

$$G_c = C_{cmt} \quad Ec \quad V.2.5$$

$G_c$  = Costo del combustible anual ( $\$/año$ )

$C_c$  = Costo del gas ( $\$/Kg$ )

$M$  = Consumo de gas ( $Kg/mes$ )

$t$  = Tiempo ( $mes$ )

si:  $M = 640 \text{ Kg/mes}$

$t = 12 \text{ meses}$

$C_c = 330 \text{ \$/Kg}$

Sustituyendo valores en la Ec. V.2.5

$G_c = (330 \text{ \$/kg})(640 \text{ Kg/mes})(12 \text{ mes/año})$

$G_c = 2\,534\,400 \text{ \$/año}$

$G_c = 2\,535 \text{ miles \$/año}$

(miles de Pesos)

Gasto de combustible 2 535

Diversos (comprende transporte, perdidas en materia prima, en proceso, tiempos muertos, etc., por lo que se toma el 10% de costo de materia Prima en un año). 13 090

#### Servicios Auxiliares del Proceso (SAP)

SAP = Gasto de energía eléctrica + Gasto de combustible + Diversos

SAP = 598 + 2535 + 13 090

SAP = 16223 (miles de Pesos)

Gastos de Operación Anuales (GOA)

GOA = Materias Primas + Servicios Auxiliares del Proceso.

GOA = 130 896 + 16223

GOA = 147 119 (Miles de Pesos)

### V.3 Ventas.

De acuerdo con el análisis realizado en el presente trabajo las ventas se basan en la producción de 25 kg/hr de galletas. De las cuales serán empacadas 8 galletas de 8 gr. por cada bolsa que tendrá un peso de 64 gr.

El costo de cada paquete que contenga 8 galletas será aproximadamente de \$ 720 (pesos) hasta julio de 1988.

#### Cálculo de las ventas anuales (Cv)

$$C_v = (C_p \times P_g \times N) / W_p \quad \text{Ec. V.3.1}$$

$C_p$  = Costo por paquete (\$/Kg)

$P_g$  = Producción de Galleta Kg/hr

$N$  = Número de horas en producción (hr)

$W_p$  = Peso del paquete (Kg/paquete)

si:  $P_g = 25 \text{ Kg/hr}$

$N = 1920 \text{ hrs/año}$

$W_p = 64 \times 10^{-3} \text{ Kg/paquete}$

$C_p = 720 \text{ \$/paquete}$

Sustituyendo valores en la Ec. V.3.1

$$C_v = (720 \text{ \$/paquete})(25 \text{ Kg/hr})(1920 \text{ hr/año}) / (64 \times 10^{-3} \text{ Kg/paquete})$$

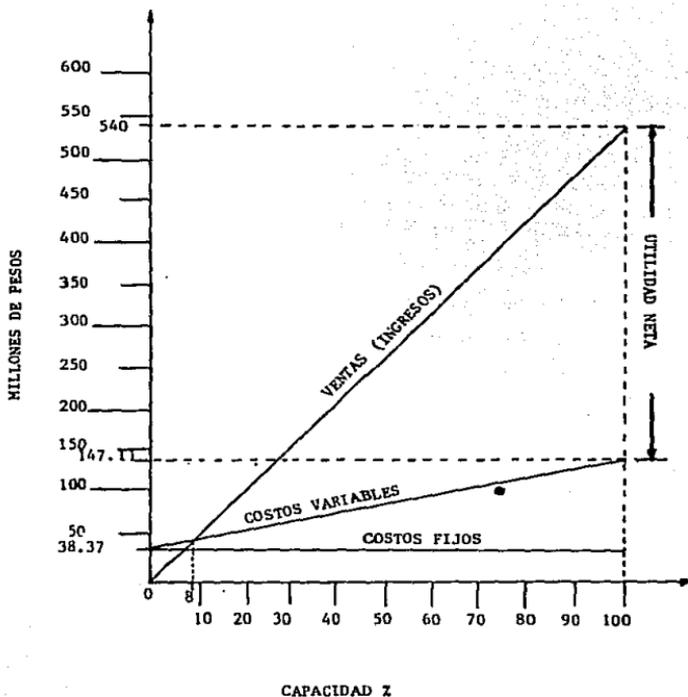
$$C_v = 540\,000\,000 \text{ \$/año}$$

Ventas anuales en miles de Pesos

Ventas Totales ..... 540 000 (Miles de Pesos).

#### V.4 Gráfica de Equilibrio para Producción Económica.

De la gráfica podemos observar que la capacidad mínima a la que debe operar la planta para no tener pérdidas, es del 8 % aproximadamente.



### V.5 Recuperación de la Inversión.

Para determinar el tiempo que se tardara para recuperar la inversión del proyecto, se aplica el método<sup>1</sup> del período de recuperación, ya que esta es una medida de liquidez.

El criterio<sup>1</sup> puede definirse como:

$$Pr = \left\{ \min n \left| \sum_{t=0}^n a_t \geq 0 \right. \right\} \quad \text{Ec. V.4.1}$$

Pr = Período de recuperación.

$a_t$  = Flujo generado por el proyecto en el tiempo t

El flujo generado en el período Primer año es:

Para t = 0

$a_0$  = Capital de Inversión (Egreso)

$a_0$  = 61 990 (Miles de pesos)

Para t = 1

$a_1$  = Flujo generado por el proyecto en el tiempo de 1 -  
año.

$a_1$  = 540 000 (Miles de pesos)

Sustituyendo valores en la Ec. V.4.1

$$Pr = - 61990 + 540 000$$

$$Pr = 478010 \geq 0$$

Por lo tanto la recuperación de la inversión se obtiene antes del primer año.

1 ABURTO AVILA, José y URDAIBAY ZUBILLIGA, David. Apuntes de la materia: Evaluación de Sistemas Energeticos. Maestría - en Ingeniería Energética, DEPEI, U.A.M. 1987.

### V.6 Evaluación Económica del Proyecto.

La evaluación económica del proyecto se realiza por el método<sup>1</sup> de la relación beneficio/costo. Este tiene como fin determinar si la inversión del proyecto resulta ó no atractivo para el inversionista.

La relación Beneficio/Costo se determina como sigue:

$$\frac{B}{C} = \frac{VPB}{VPC} \quad \text{Ec. V.6.2}$$

donde:

VPB = Valor presente de los beneficios obtenidos del proyecto.

VPC = Valor presente de los costos asociados del proyecto.

$$VPB = \sum_{t=1}^n b_t (1+I)^{-t} \quad \text{Ec. V.6.2}$$

$$VPC = \sum_{t=1}^n c_t (1+I)^{-t} \quad \text{Ec. V.6.3}$$

en donde:

$b_t$  = Beneficios generados por el proyecto en el período  $t$ .

$c_t$  = Costos asociados al proyecto en el período  $t$ .

$I$  = Tasa de descuento (%).

De tal forma que:

$VPB/VPC = 1$  implica, que es indiferente realizar el proyecto.

1 ABURTO AVILA, José Luis y URDAYBAY ZUBILLEGA, David. Apuntes de la Materia: Evaluación de Sistemas Energéticos. - Maestría en Ingeniería Energética, DEPEFI, UNAM. 1987.

$VPE/VPC > 1$  implica, que el proyecto es atractivo.  
 $VPE/VPC < 1$  implica, que se debe rechazar el proyecto.

Con el propósito de visualizar la situación económica de la empresa a través del tiempo, representaremos el diagrama de flujo de efectivo (Fig. V.6.1), en donde:

V = Ventas Totales Anuales

E = Gastos totales Anuales

C = Capital de Inversión en el Primer año

V = 540 000 (Miles de Pesos).

E = Gastos fijos anuales + Gastos de operación anuales.

E = 38 377 + 147 119

E = 185 496 (Miles de Pesos)

C = 62 590 (Miles de Pesos)

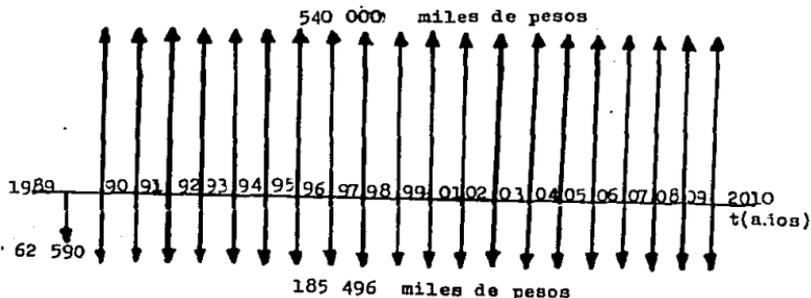


Fig. V.6.1 Diagrama de flujo de Efectivo de la empresa.

- Cálculo del valor presente de los Beneficios (VPB).

Como los beneficios (v) del proyecto son uniformes a lo largo de los 20 años de operación de la fábrica, se obtiene su valor presente por medio del Factor<sup>1</sup> de valor presente de una Serie Uniforme (P/A).

$$(P/A) = \frac{1-(1+I)^{-t}}{I} \quad \text{Ec. V.6.4}$$

La notación desglosada es:  $(P/A)_{I\%, t}$

I = Tasa de descuento (%)

t = Periodo (años)

Para la serie uniforme de los beneficios del proyecto es:

$$VPB = (P/A)_{I\%, t} (v)$$

en donde:

v = 540 000 (Miles de Pesos)

I = 14 %

t = 20 años

Sustituyendo valores en la Ec. V.6.4

$$(P/A)_{I\%, t} = 6.6231$$

Por lo tanto el valor presente VPB de los beneficios es

$$VPB = (6.6231)(540 000)$$

$$VPB = 3 576 474 \text{ (Miles de Pesos)}$$

1 SEPULVEDA, José A., SOUDER, William E. y GUTTFRIED, Byron S. Ingeniería Económica. Tr.: Marcia González Ozuna; 1<sup>er</sup> edición, México: Edit. Mc. Graw Hill de México S.A. de C.V. p. 15.

- Cálculo del Valor Presente de los Costos (VPC).

Como los gastos ( $\Delta$ ) del proyecto son uniformes se obtiene - el valor presente como en el caso de los beneficios (VPB).

En donde:

$$C = 62\ 590 \text{ (Miles de Pesos)}$$

$$\Delta = 185\ 496 \text{ (Miles de Pesos)}$$

$$t = 20 \text{ años}$$

$$i = 14\%$$

$$(P/A)_{i,t} = 6.6231$$

El VPC es la suma del capital de inversión en el año - cero y la serie uniforme de los gastos totales anuales, de tal manera que:

$$VPC = C + (P/A)_{i,t} (\Sigma)$$

$$VPC = 62\ 590 + (6.6231)(185\ 496)$$

$$VPC = 1\ 291\ 149$$

Finalmente se obtiene la relación Beneficio/Costo.

$$\frac{B}{C} = \frac{VPB}{VPC}$$

$$\frac{B}{C} = \frac{3\ 576\ 474}{1\ 291\ 149}$$

$$\frac{B}{C} = 2.77$$

$$\frac{VPB}{VPC} > 1$$

por lo tanto: el proyecto es atractivo.

## CAPITULO VI CONCLUSIONES.

De acuerdo con la investigación realizada en el presente trabajo se propone un proceso de fabricación de galletas semi-automático, con la finalidad de optimizar la producción y hacer más eficiente el formado de las mismas. Pues se sabe, -- que en la actualidad gran parte de las empresas galleteras y panificadoras realizan el formado de galletas con procesos manuales.

Por lo que, el proceso semi-automático propuesto ayuda al panadero, ya que así al realizar menor esfuerzo se obtendrán galletas uniformes en peso y tamaño. Con este proceso se hace posible satisfacer gran parte de la demanda de galleta existente en el mercado.

De acuerdo con información obtenida de empresas comerciales fabricantes de máquinas para la industria galletera y panificadora, se sabe, que en México no se fabrican este tipo de máquinas formadoras de galletas de tipo pastiseta y en caso de obtenerse se tendría que importar de algún país productor de la misma. Por lo que, se hace la proposición del diseño mecánico de una máquina formadora de galletas cuya propuesta es factible a realizar técnica y económicamente, -- y que el costo de la misma sería hasta de una tercera parte en relación a la importada.

Por lo tanto, del análisis económico se tiene que la recuperación de la inversión realizada en el proyecto sería en menos de un año, considerando que la fábrica llegara a la ca

pacidad del 100%. Así también se observa que en la curva de equilibrio las utilidades de la empresa son bastante buenas; por lo tanto, se tiene que la inversión realizada en el proyecto para la instalación de una planta de fabricación semi-automática de galletas extruidas sería atractiva de acuerdo a los beneficios que se podrían obtener.

Es responsabilidad de la Ingeniería lograr el aprovechamiento eficiente de los recursos humanos y naturales, por lo que en este proyecto se trata de favorecer en cierto grado - el avance que se lograría con el aumento de productividad en la elaboración de galletas en un planta semi-automática.

Este proyecto está enfocado hacia la aplicación de la tecnología para la obtención de bienes de consumo (alimento) sin embargo, es importante hacer notar que se deberá dar impulso a la fabricación de bienes de capital (maquinaria, instrumentos, carreteras, etc.) así como a la capacitación de los recursos humanos a fin de lograr un crecimiento sólido - en el desarrollo tecnológico del país.

## BIBLIOGRAFIA

- 1) ABURTO AVILA, José Luis y URDAIBAY ZUBILLIGA, David. -- Apuntes de la Materia; Evaluación de Sistemas Energeticos. Maestría en Ingeniería Energética, DESPI. UNAM, 1987.
- 2) ANSELDES FELIX, Jorge. Análisis y Síntesis Cinemáticos de Sistemas Mecánicos. Primera edición; México, D.F.: Ed. Limusa, 1978. 229 pp.
- 3) BARANOV, G.C. Curso de la Teoría de Mecanismos y Máquinas. Tr.: G. Munizaga Rojas; 2<sup>da</sup> ed.; Moscú (URSS): Editorial Mir, 1985. 524 pp.
- 4) BAVARESCO DE PRIETO, Aura M. Las Técnicas de la Investigación; 4<sup>a</sup> Ed.; México, D.F.: Grupo Editorial Iberoamericana, 1979. 302 pp.
- 5) DANIEL, Roger. Break Fast Great Technology. 1<sup>er</sup> ed.; Illinois (E.U). Plant Baker S.A. 1965. 525 pp.
- 6) DIETER, George E. Engineering Design; Primera edición; - Tokyo (Japan): Edit. McGraw-Hill Book Company Japan, 1983. 592 pp.
- 7) FAIRES MORING, Virgil. Diseño de Elementos de Máquinas. Tr.: Francisco Paniagua; 1<sup>era</sup> ed.; Barcelona (España): Edit. Montaner y Simón, S.A., 1970. 332 pp.
- 8) FOX, Robert W. Mc DONALD, Alan T. Introducción a la mecánica de los fluidos. Tr.: Jaime Cervantes de Gortari; 2<sup>da</sup> ed.; México, D.F.: Edit. Interamericana S.A. de C.V., 1983. 678 pp.

- 9) BERLING, Heinrich. Alrededor de las Máquinas Herramientas; 2<sup>da</sup> ed.; Barcelona (España). Editorial Reverte, S.A., 1981. 226 pp.
- 10) HOPEMAN, Richard J. Producción, Conceptos, Análisis y Control. Tr.: Alfonso Vasseur Walls; 9<sup>na</sup> Ed.; México, D.F.: Cía. Editorial Continental, S.A de C.V., 1934. 699 pp.
- 11) KRICK, Edward V. Fundamentos de Ingeniería. Métodos, Conceptos y Resultados. Primera Edición; México, D.F.: Editorial Limusa, S.A., 1979. 420 pp.
- 12) SABIE, Hamilton H. y OCVIK, Fred W. Mecanismos y Dinámica de Maquinaria. Tr.: Sergio Fernandez Everest; Primera Edición; México, D.F.: Edit. Limusa, S.A., 1981. 632 pp.
- 13) OCAÑO SALIANO, José E. Apuntes de la Materia Administración, Contabilidad y Costos; UNAM, 1980, 209 pp.
- 14) OFFICIAL DIRECTORY, Alin en Tec 82. Exposición Internacional de Materiales y Equipos para Procesamiento y Envasado de Alimentos. México, D.F., 1982. -- 192 pp.
- 15) RUSSELL, George E. Hidráulica. Tr.: Guillermo A. Fernandez de Lara; 3<sup>ra</sup> ed.; México, D.F.: Ed. C.E.C.S.A. 1968. 554 pp.
- 16) SEPULVEDA, José A., SCUDER, William E. y GOTTMAN, BIRNS. Teoría y Problemas de Ingeniería Económica. -- Tr.: Marcia González Ozuna; 1<sup>er</sup> ed.; México, D.F. Edit. McGraw-Hill S.A. de C.V., 1985. 186 pp.

- 17) SHIGLEY EDWARD, Joseph. Diseño en Ingeniería Mecánica. Tr.: Francisco Paniagua Tocanegra; 2<sup>da</sup> ed.; México, D.F.: Edit. McGraw-Hill S.A. de C.V., 1983. - 785 pp.
- 18) SKF, Catálogo de Rodamiento de bolas y Rodamiento de Rodillos; México, D.F., 1948. 256 pp.
- 19) SMITH, W.H. Getting good biscuits by rotor moulding. Biscuit Maker Plant Baker 16, 1965. 260 pp.
- 20) TARKIN, Anthony J. y Blank, Leland T. Ingeniería Económica. Tr.: CENTEC; 1<sup>er</sup> ed; México, D.F.: Edit. McGraw-Hill S.A de C.V., 1979. 412 pp.
- 21) SCRIBILLA ARANDA, Santiago y TORRES XAMBAR, Miguel. Guía para elaborar la tesis; 1<sup>ra</sup> Ed.; México, D.F.: -- Edit. Interamericana S.A. de C.V, 1986. 106 pp.