

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE INGENIERIA



DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN PROTOTIPO DE
MEZCLADORA PLANETARIA.

T E S I S

Que para obtener el titulo de
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

p r e s e n t a

ALEJANDRO BIEHL B. MENDOZA



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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 esta 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.

Indice

	Pág.
INTRODUCCION-----	1
CAPITULO I.- OBJETIVOS Y REQUERIMIENTOS DEL PROYECTO	
1. Necesidad y Uso de las Mezcladoras Tipo Planetario-----	3
2. Características del Sistema de Mezclado Tipo Planetario-----	3
3. Necesidades del Proyecto-----	4
4. Formulación de Objetivos y Limitaciones-----	10
CAPITULO II.- CONFIGURACION GENERAL Y ESTUDIO DE ALTERNATIVAS	
1. Elementos Básicos de la Máquina-----	11
2. Conjunto Motriz-----	12
Estudio de Alternativas	
3.1 Poleas de Velocidad Variable-----	15
3.2 Sistema de Variación de Velocidad Por Conos Concéntricos-----	19
3.3 Sistema de Variación de Velocidad por medio de un - Motor de Corriente Alterna-----	22
3.4 Sistema de Variación de Velocidad por medio de un - Motor de Corriente Directa-----	24
3.5 Sistema de Variación de Velocidad por Corrientes Parásitas de Eddy-----	25
3.6 Motores Eléctricos con Cambios de Velocidad-----	30
3.7 Sistema de Poleas Escalonadas-----	32
3.8 Sistema de Caja de Engranés con Flechas Paralelas--	34
3.9 Sistema de Cambio de Velocidad mediante un Conjunto Planetario-----	35
4. Evaluación de Alternativas del Conjunto Motriz-----	39
5. Conclusiones-----	39
CAPITULO III.- DISEÑO PRELIMINAR Y SELECCION DE COMPONENTES	
1. División del Conjunto-----	42
2. Selección de la Unidad Motriz-----	43

Diseño Preliminar del Cabezal	
3.1 Parámetros de Partida-----	44
3.2 Diseños Preliminares-----	45
3.3 Calculos Cinemáticos-----	49
Mecanismos Auxiliares del Cabezal	
4.1 Sistema de Bandas y Coples Magnéticos-----	56
4.2 Sistema de Embragues y Bandas Dentadas-----	59
4.3 Sistema de Bandas y Poleas Tensoras-----	63
5. Selección de Alternativas-----	68
6. Resumen de Elementos-----	69
 CAPITULO IV.- DISEÑO A DETALLE DEL CONJUNTO MOTRIZ	
1. Diseño del Cabezal-----	70
2. Selección de Materiales, Procesos de Fabricación - y Lubricante-----	75
3. Ilustraciones de Componentes-----	79
4. Diseño del Mecanismo de Cambio-----	84
 CAPITULO V.- DISEÑO A DETALLE DEL CONJUNTO BASTIDOR	
1. Diseño del Mecanismo de Remoción de Herramientas---	86
2. Diseño del Bastidor-----	89
 CAPITULO VI.- MEMORIA DE CALCULOS-----	95
 CAPITULO VII.- CONCLUSIONES-----	104
 BIBLIOGRAFIA-----	107

Introducción

Es apremiante la necesidad de desarrollar en México elementos tecnológicos propios, pues el elevado costo de tecnologías extranjeras y la dependencia que ocasiona su empleo, comprometen gravemente el desarrollo de nuestro -- País. A esta situación se encuentra aunada la crisis económica actual, la cual demanda bases de crecimiento propias para evitar la fuga de divisas - al exterior y generar fuentes sólidas de empleo.

Los recursos económicos y humanos con los que se cuenta en México hacen po

INTRODUCCION

sible el desarrollo de tecnologías intermedias. El presente proyecto constituye un esfuerzo sólido con el cual se pretende mostrar que es posible cubrir parte de la necesidad de maquinaria en el sector alimentario, con el desarrollo de un prototipo de mezcladora planetaria, que sea capaz de incorporarse satisfactoriamente al Mercado Nacional e Internacional actual.

Los industriales mexicanos muestran una marcada preferencia a la compra de equipo de fabricación extranjera, esta preferencia es producto de su pretensión para obtener la mayor rentabilidad de su inversión. La mayor rentabilidad de un equipo, se origina en la mejor combinación de los factores de calidad y costo. Considerando estas razones, este proyecto pretende ofrecer al industrial de esta rama, la oportunidad de seleccionar un producto diseñado y fabricado en México, y a la vez constituir una base sólida para que se vaya acrecentando la confianza en los productos mexicanos.

Actualmente en México, este mercado es abastecido casi totalmente por maquinaria de importación, ocasionando que el industrial tenga que depender de los precios del mercado internacional y de la paridad de nuestra moneda. Esto se ve reflejado directamente en el valor de venta de los artículos ya elaborados, suscitándose de esta manera graves problemas de encarecimiento.

Además la sofisticación de estas máquinas requiere de personal especializado para efectos de mantenimiento, lo cual aunado con la exclusividad de suministro de refacciones, obliga al usuario a depender de los distribuidores del equipo un 100 %.

En el desarrollo de los siguientes capítulos, se presenta parte de un Estudio de Factibilidad para la fabricación de Mezcladoras Tipo Planetario, dando especial atención a la solución de los problemas técnicos, ya que son elementos decisivos para lograr un equipo de alta rentabilidad.

Objetivos y Requerimientos del Proyecto

I - 1. NECESIDAD Y USO DE LAS MEZCLADORAS TIPO PLANETARIO.

Las Mezcladoras tipo Planetario, son utilizadas principalmente en la elaboración de amasijos en la industria de la panificación, e industrias -- que requieren el mezclado o batido de varios ingredientes en la elaboración de sus productos.

Entre los principales establecimientos donde encontramos, este tipo de máquinas tenemos: panaderías, pastelerías, restaurantes, fábricas de dulces, fábricas de chocolates, tamalerías, fábricas de galletas, e - industrias afines.

I - 2. CARACTERISTICAS DEL SISTEMA DE MEZCLADO TIPO PLANETARIO.

El sistema de Mezclado tipo Planetario, basa su funcionamiento en un sistema de engranes planetario (Fig. 1.1).

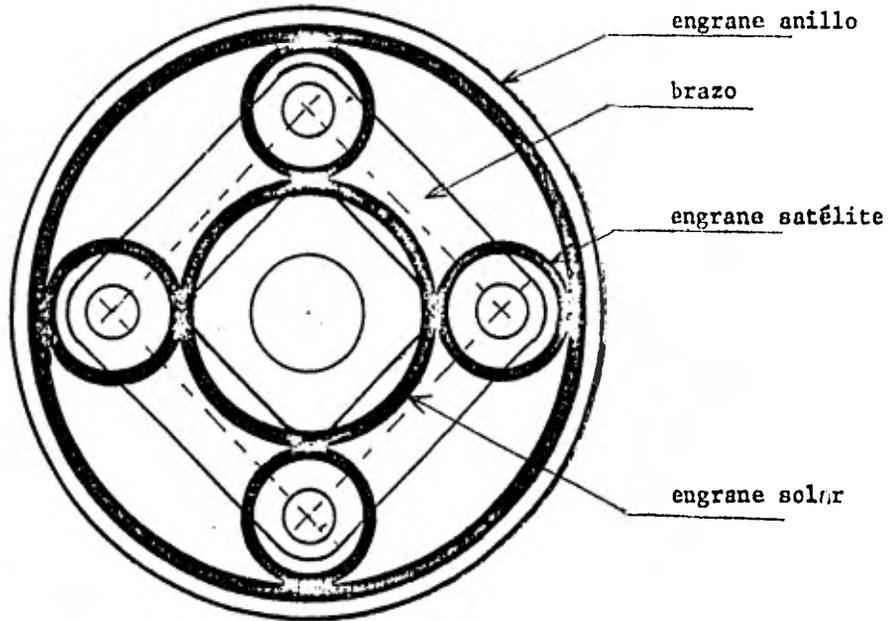


Fig. 1.1 Sistema Planetario

Como se observa un Sistema Planetario está formado principalmente - por tres elementos básicos: engrane solar, engrane anillo y engrane satélite. Si por este último es colocado en forma directa una herramienta de batido, se logra transmitir a ésta un movimiento de rotación y de traslación. Esta característica le da el nombre de Sistema Planetario.

Debido a las cualidades que presenta este sistema, su aplicación es ideal para obtener un mezclado homogéneo de los ingredientes de un amasijo.

I - 3. NECESIDADES DEL PROYECTO

Antes de definir formalmente las metas del proyecto se enumeran a continuación las necesidades objetivas y subjetivas que deberá satisfacer la máquina mezcladora.

NECESIDADES OBJETIVAS

1.- Velocidades en el Mezclado.- El mezclado generalmente es de ---

pastas, teniendo estos diferentes grados de concentración, lo cual implica contar con cierta flexibilidad en las velocidades de mezclado, además, ciertas combinaciones de ingredientes requieren de diferentes velocidades para efectuar el mezclado, por ejemplo la velocidad de mezclado de merengues es mayor que la velocidad de mezclado de pastas para galleta.

Contando con flexibilidad en la velocidad, los tiempos de producción de ciertos productos se pueden reducir. El sistema ideal es aquel en el que se tenga una gama de velocidades continuas, pero por experiencia desarrollada en otras máquinas se ha encontrado que las velocidades mínimas indispensables son 3. comprendidas en un rango de 45 a 200 r.p.m.

- 2.- Facilidad en el cambio de Herramientas de batido.- Para diferentes tipos de ingredientes que van a ser mezclados, es necesario contar con una herramienta cuya forma facilita el mezclado y de características específicas de consistencia al producto. Es por lo tanto necesario contar con un sistema versátil para que rápida y eficientemente las herramientas puedan ser intercambiadas.

En la figura 1.2 se muestran algunas de las herramientas típicas de batido, como son el tazón, paleta, globo, gancho.

- 3.- Facilidad de desmontaje del tazón y la herramienta de batido.

Se debe contar con un sistema en el cual fácilmente se remueva el tazón de mezclado, ya sea para alimentación de nuevos ingredientes o para descarga de los mismos, al igual la Herramienta de Batido debe ser desmontable para facilitar la operación de limpieza.

- 4.- Energía Eléctrica Monofásica.- La Energía Eléctrica es una fuente de energía ampliamente usada debido a su bajo costo y facilidad de operación, entre los sistemas que se ofrecen para su suministro, el monofásico es el más común y comercial -

I OBJETIVOS Y REQUERIMIENTOS DEL PROYECTO



Fig. 1.2. En la fotografía superior se muestran algunas de las herramientas de uso más común en los mezclados. En la derecha un tazón de 20 litros de capacidad.



en México, además por facilidad de operación el usuario prefiere tener un equipo lo más simple posible.

- 5.- Facilidad de acceso a Refacciones Críticas.- Los componentes -- que se considera que por su trabajo esten sometidos a una vida relativamente corta, se debe preveer que podrán ser encontrados fácilmente para su reemplazo entre los suministros industriales de refacciones de uso más común en el Mercado Nacional.
- 6.- Facilidad de Reparación e Intercambio de Piezas.- Con el fin de que en el momento que surja una falla o sea necesario el intercambio de alguna pieza, el usuario no tenga que depender totalmente del fabricante para su compostura, el diseño y la selección de los componentes debe de ser de tal forma que permita al operador de la máquina o un mecánico no especializado en las -- mismas efectuar la reparación correspondiente.

NECESIDADES SUBJETIVAS

- 1.- Facilidad de Operación.- De manera de que cualquier persona -- inexperta al funcionamiento de la máquina, pueda utilizar la -- misma, se debe contar con sistema de control que ofrezca sencillez en el uso de los mandos y protección a la máquina para -- que ésta no pueda ser dañada por algún error.
- 2.- Facilidad de Operación en Uso Doméstico.- El equipo debe poder ser utilizado en pequeños establecimientos sin la necesidad de contar con instalaciones especiales para su funcionamiento.
- 3.- Comodidad y Facilidad de Operación de los Mandos.- El diseño -- de los mecanismos de mando, deben de ser de forma tal, que el -- operador de la máquina haga un esfuerzo físico mínimo al utili

zarlos, teniendo cuidado en detalles como:

Comodidad del operador al accionar alguna palanca, mínima fuerza física del operador al efectuar un cambio, diámetro adecuado de los mangos, etc.

- 4.- Calidad en los Materiales.- Es de primordial importancia para que un equipo sea realmente confiable y duradero, el contar con materiales de alta calidad, sobre todo tratándose de un equipo que va a trabajar a un factor de servicio continuo y a diversas cargas.
- 5.- Mínima Dependencia de Suministros.- Se debe tratar de evitar, hasta donde sea posible el depender de un solo fabricante para el suministro de partes, tratando de utilizar partes de uso comercial y que sean fabricadas por varias compañías, esto es con el fin de que exista competitividad en los costos o caprichos de un solo fabricante.
- 6.- Excelente Presentación.- Dado que se pretende tener una alternativa de compra para el usuario de estas máquinas, es necesario contar con una buena presentación del equipo, tanto exterior e interior. Teniendo en cuenta, detalles como son: agradable diseño del bastidor, buena calidad en los acabados, color de la máquina, materiales duraderos en piezas sometidas a desgaste.
- 7.- Funcionamiento Silencioso.- Estas máquinas funcionan a prolongados intervalos de tiempo como auxiliares directos en la elaboración de los amasijos, es por lo tanto necesario que su funcionamiento sea lo más silencioso posible. Esta característica es buscada, por todo equipo moderno que está en contacto continuo con el hombre.
- 8.- Facilidad de Limpieza.- Esta máquina se utiliza para elaboración de productos alimenticios, lo cual implica que el equipo pueda ser limpiado fácilmente. Se debe poner especial aten---

ción para que no existan lugares en el bastidor donde sea posible que se acumule mugre o que cueste demasiado trabajo su limpieza.

- 9.- Materiales Antioxidantes y Anticorrosivos.- Los materiales - que esten en contacto directo con los ingredientes a mezclar, por ningún motivo deben contaminar al producto, y con el uso diario no deben deteriorarse o cambiar su presentación.
- 10.- Sistemas de Sellado.- Por ningún motivo se tendrán escurrimientos de grasas o aceites que en algún momento puedan contaminar a la mezcla. Por lo tanto los empaques o sellos que se utilicen deben tener muy buena calidad y duración, además facilidad y rapidez de renovación cuando se deterioren.
- 11.- Protección contra Sobrecargas.- Se debe considerar posibles sobrecargas, que por algún descuido llegaran a ocurrir sin que estas lleguen a dañar los componentes del equipo. En caso de que exista una sobrecarga excesiva se deberá tener un switch mecánico o eléctrico de descarga, protegiendo de esta manera al equipo.
- 12.- Resistencia a Cambios de Velocidad.- Aunque los cambios de velocidad sean excesivos y a diversas cargas, se debe contar con un sistema que no se dañe o desajuste con el tiempo.
- 13.- Potencia Excedida.- El sistema de propulsión debe contar con capacidad mayor que la requerida para mezclar pastas duras, evitándose con esto problemas de calentamientos o forzamientos del equipo, en algún mezclado difícil, aunque sea este por un tiempo prolongado.
- 14.- Estabilidad y Armonía de Funcionamiento.- Se debe evitar, que existan vibraciones, desbalanceos o golpeteos que lleguen con el tiempo a dañar el equipo, procurando tener un -

funcionamiento suave y armonioso.

15.- Facilidad y Rapidez de Mantenimiento.- La lubricación y ajustes que se tengan que hacer al equipo para su mantenimiento, deberán efectuarse en un tiempo mínimo y con la mayor facilidad, -- procurando no tener partes donde sea necesario hacer ajustes especiales periódicamente.

16.- Facilidad de Fabricación de Partes.- Las piezas que requieren una fabricación especial se procura tener en su diseño la mayor sencillez, ya que esto repercute directamente en los costos de fabricación. Además se debe considerar en el diseño la fabricación de piezas por lote.

I - 4. FORMULACION DE OBJETIVOS Y LIMITACIONES DEL PROYECTO.

Descritas previamente las características que el equipo debe satisfacer, falta definir la capacidad de éste. La industria requiere contar con mezcladoras de varias capacidades, dado que las capacidades de producción de los diversos usuarios son muy distintas, variando estas desde mezcladoras de 5 lts. hasta 300 lts. En el Mercado Nacional son de uso más común los equipos de 20, 40, 80 y 140 lts. de capacidad.

Se considera que la fabricación de un prototipo de 20 litros de capacidad, permitirá conocer un poco más a fondo las dificultades que se presenten en el diseño y construcción de estos equipos, además la construcción de un prototipo pequeño, trae consigo menor inversión y tiempo de fabricación.

Fijaremos como objetivo del proyecto lo siguiente:

Diseño y Construcción de un prototipo de Mezcladora Tipo Planetario, de 20 litros de capacidad, con flexibilidad de cambios de velocidad entre un rango de 45 a 200r.p.m. en el brazo de salida, facilidad de cambio de los instrumentos de trabajo y remoción del tasón de batido, tratando de cumplir en lo mayor posible con las necesidades previamente descritas y considerando el costo como un factor determinante.

II

Configuración General y Estudio de Alternativas

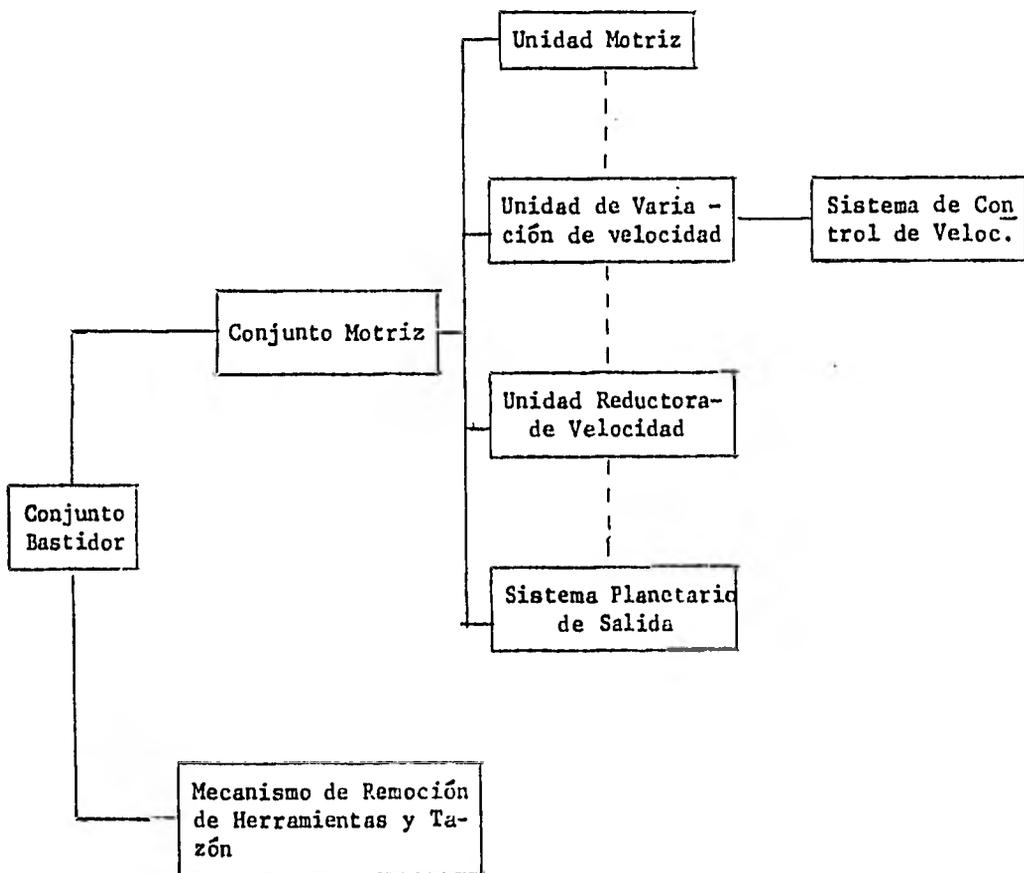
I I - 1. ELEMENTOS BASICOS DE LA MAQUINA

Una vez definido el desarrollo de una Mezcaldora de tipo planetaria de - 20 litros de capacidad, a continuación se enumeran los elementos que en esencia deberá contener, y la forma en que éstos quedarán interlazados en el conjunto.

- 1.- Unidad Motriz
- 2.- Unidad de Variación de Velocidad
- 3.- Unidad Reductora de Velocidad
- 4.- Sistema de Control de Velocidad

- 5.- Sistema Planetario de Salida
- 6.- Mecanismo de Remoción de Herramientas y Tazón
- 7.- Conjunto Bastidor

M E Z C L A D O R A
 ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■



Cuadro 2.1. Inter relación de elementos

Para contar con una base de partida de diseño, en la figura 2.1 se muestra una configuración preliminar que adoptará el conjunto. A partir de esta forma se buscarán los elementos que mejor satisfagan los requerimientos previamente descritos en el capítulo anterior.

II-2. CONJUNTO MOTRIZ

De un análisis de los elementos principales, se observa, que como primer paso hacia un diseño preliminar es necesario determinar el diseño del conjunto Motriz, ya que en función de este se diseñará el Bastidor, e indirectamente el resto de los elementos.

CONJUNTO MOTRIZ

Necesidades Básicas

- 1.- Potencia suficiente para el mezclado de pastas duras para una capacidad de 20 litros.
- 2.- Variación de velocidad en un rango de 45 a 200 r.p.m. en el Brazo de salida del conjunto.
- 4.- Control de velocidad.- Esto implica el contar con revoluciones constantes en el brazo de salida independientemente del par utilizado. El no contar con revoluciones constantes a cualquier carga, provocaría problemas como: posible quemadura de pastas por un indeseable aumento de la velocidad, mala homogenización de la mezcla por una disminución de la velocidad.
- 5.- Factor de Servicio continuo con arranques y paros constantes.
- 6.- Alta confianza en su Funcionamiento. Se escogerá aquel sistema que por su diseño ofrezca una seguridad muy alta de buen funcionamiento.
- 7.- Servicio de Mantenimiento lo más sencillo y rápido posible, ya sea -

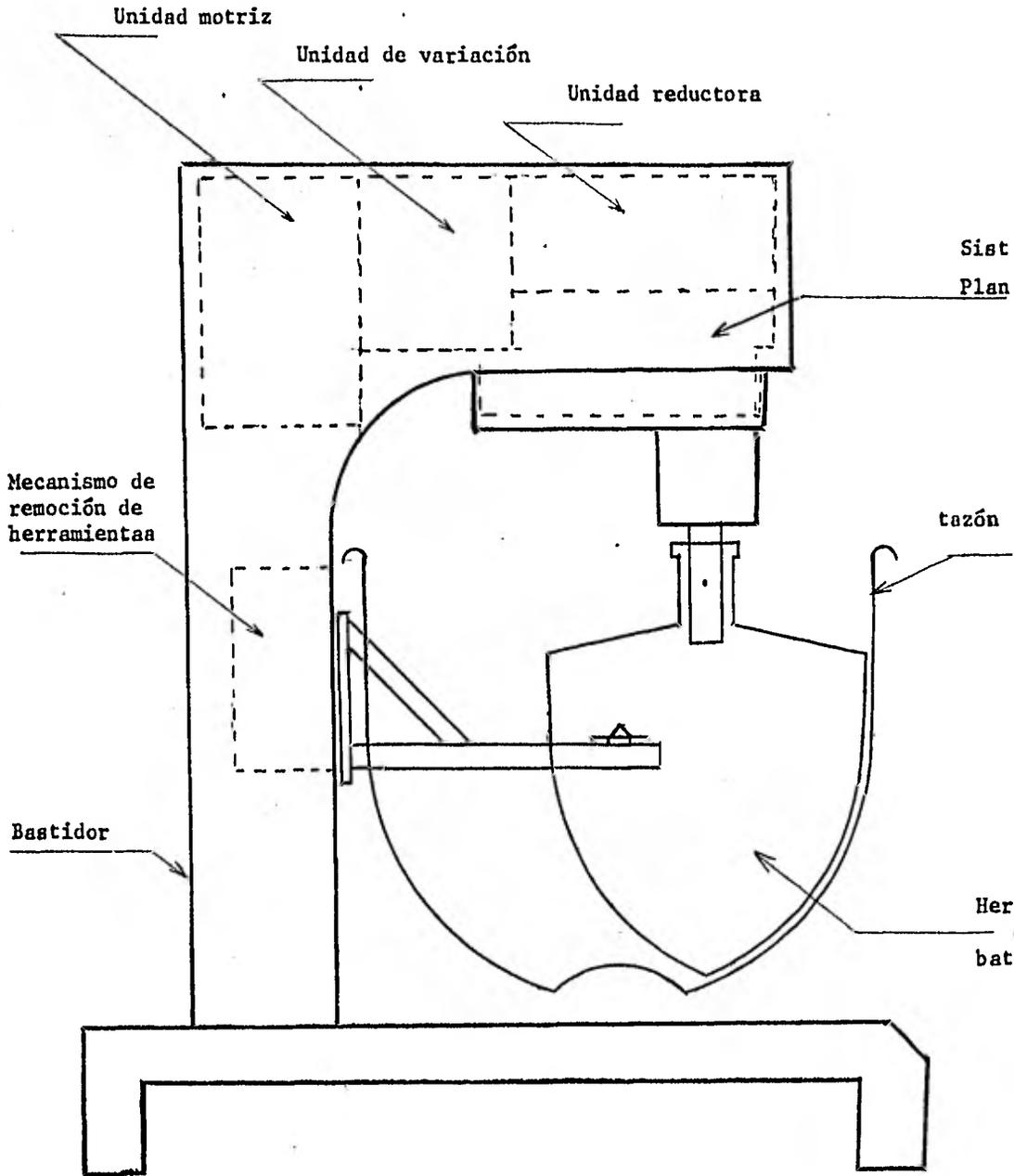


Fig. 2.1. Configuración preliminar de la mezcladora

para simple mantenimiento o cuando se trate de intercambio de alguna parte.

- 8.- Alta Eficiencia Mecánica
- 9.- Facilidad de control y puesta en marcha, con sistemas de protección ante posibles errores de operación.
- 10.- Mínimo costo de mantenimiento
- 11.- Mínimos Desbalanceos o Vibraciones que ocasionen ruidos o desgastes innecesarios.

II-3. ESTUDIO DE ALTERNATIVAS

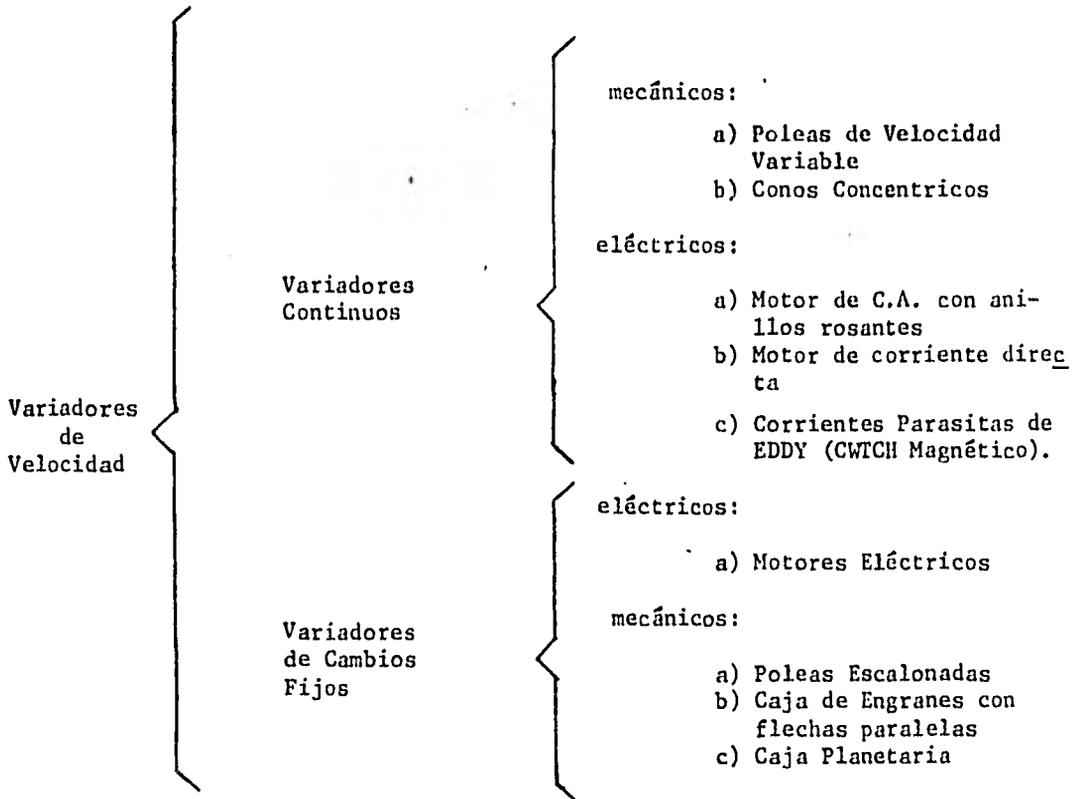
Ya establecidas las características con las que deberá contar el conjunto motriz, se plantean a continuación una serie de alternativas de posibles soluciones en las cuales se comentan sus ventajas y desventajas de cada una, esto es con el fin de poder llegar a tomar una decisión lo más acertada posible del sistema a usar.

Los sistemas de variación de velocidad las cuales por sus características es posible que puedan formar parte del conjunto Motriz se enumeran el cuadro 2.2

II-3.1 POLEAS DE VELOCIDAD VARIABLE

El funcionamiento de estas poleas es ampliamente conocido, básicamente el cambio de velocidad se logra variando los diámetros de paso de las poleas.

Una probable configuración que adoptaría el conjunto se muestra en la Fig. 2.2. donde se observa que es necesario contar con un reductor de velocidad, debido a que los motores eléctricos comerciales vienen con velocidades síncronas de 3600, 1800, 1450, 1200, 900 r.p.m., siendo necesario en el brazo de salida de la mezcladora velocidades de 50 a 200 r.p.m. como máxima. Por otra parte el costo de los motores eléctricos se incrementa cuando más baja es su velocidad de operación, aunado esto con la restricción de utilizar un motor monofásico, el costo se incrementa notablemente, además de que muy pocos fabricantes cuentan con ellos como moto



Cuadro 2.2. Alternativas del conjunto motriz

res de línea.

Siendo indispensable el contar con un reductor de velocidad, se encontró que el Mercado Nacional ofrecía principalmente 2 tipos.

1).- De Piñón y Corona.- Son los más económicos en el mercado, pero tienen varios defectos, entre los principales podemos citar.

a) Baja Eficiencia debido básicamente al principio de operación del piñón y corona, la potencia efectiva se ve muy reducida debido a que sólo - parte de la fuerza del piñón es absorbida por la corona siendo consu- mida el resto por el bastidor y en pérdidas por calor. Aproximadamente tienen una eficiencia máxima del 60%.

b) Poca Resistencia a Cargas Súbitas. Se debe principalmente a que las coronas son fabricadas de bronce, y con esto en el momento de existir alguna sobrecarga instantánea es probable que sobrevenga la fractura de los dientes de la corona.

c) Voluminosos y difíciles de acoplar a otros elementos, para formar un conjunto compacto.

Entre estos reductores se tienen los llamados de Pozo Seco. Que permiten tener la posición de la flecha de salida verticalmente hacia abajo, sin tener escurrimientos de aceite.

2).- De engranes Helicoidales.- Estos son más costosos que los de Sinfin y Corona, pero son mucho más eficientes.

En capacidades pequeñas menores de 1 H. P. el mercado está controlado por un solo fabricante que ofrece un conjunto motor-reductor con motor de corriente trifásica.

Utilizando un motor-reductor en el conjunto motriz, se tiene el problema de que la entrada a la polea de velocidad variable se acopla a la salida de reductor, esto representa un inconveniente, porque hace trabajar al variador de velocidad a muy baja velocidad y a un par motor muy alto.

Para conformar el resto del conjunto motriz fig. 2.2. es necesario un mecanismo seleccionador de velocidades que tendría como función, hacer variar el diámetro del paso de las poleas.

Principales ventajas del Sistema de Poleas de Velocidad Variable.

- 1.- Facilidad de adquisición de los elementos en el mercado, exceptuando al planetario de salida y al mecanismo de cambio que tendrían que fabricarse
- 2.- Costo muy reducido del sistema de variación de velocidad.

II CONFIGURACION GENERAL Y ESTUDIO DE ALTERNATIVAS

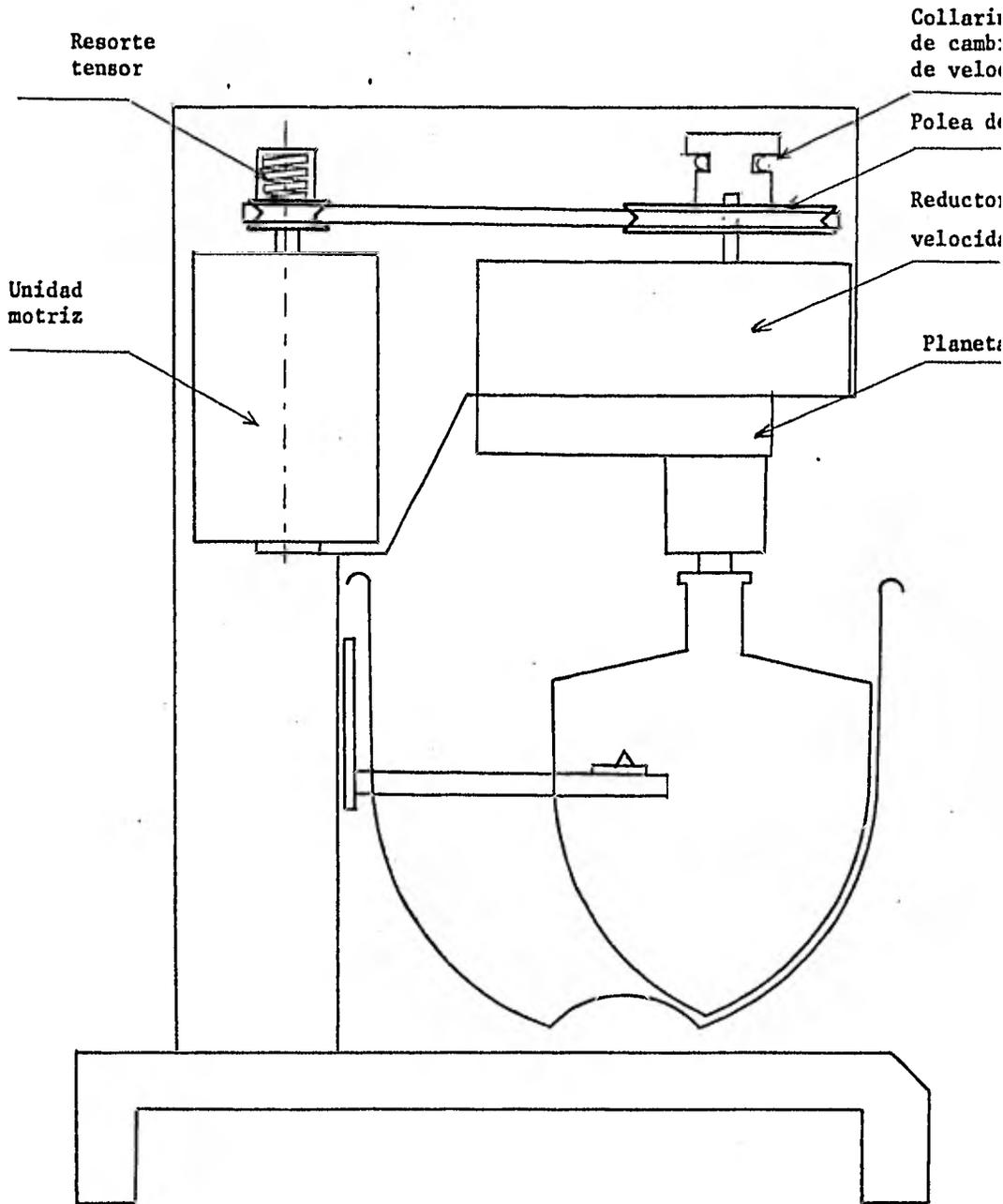


Fig. 2.2. Configuración que adoptaría el conjunto utilizando un Sistema de Poleas de Velocidad Variable.

- 3).- Un amplio rango de velocidades.
- 4).- Solución muy rápida al problema, corto tiempo de fabricación.

Principales Desventajas.

- 1).- Problemas en la sincronización de velocidades ante cambios bruscos.
- 2).- Debe estar el motor funcionando para poder efectuar los cambios de velocidad.
- 3).- Sistema no muy silencioso debido al ruido de la banda.
- 4).- Difícil de compactar en una sola Unidad todo el conjunto.
- 5).- Problemas con máquinas que ya han utilizado el sistema, debido a que es difícil controlar la velocidad y efectuar cambios rápidos.
- 6).- La banda está sometida a un excesivo desgaste.
- 7).- Problemas de desbalanceo en las poleas debido a que tienen que abrir y cerrar los platos, para cambiar los diámetros de paso.

Este sistema ya ha sido utilizado en Mezcladoras Tipo planetario de baja capacidad, pero presenta las desventajas arriba señaladas, en la (fig. 2:9) se muestran fotografías de una máquina que utiliza este sistema.

II-3.2. SISTEMA DE VARIACION DE VELOCIDAD POR CONOS CONCENTRICOS.

El principio de funcionamiento de este sistema, se muestra en la fig 2.3. La variación de velocidad se obtiene al desplazar la rueda acopladora entre los dos conos. La presión de contacto de la rueda acopladora con los dos conos, es suministrada por el resorte (fig 2.3). Para desplazar la

II CONFIGURACION GENERAL Y ESTUDIO DE ALTERNATIVAS

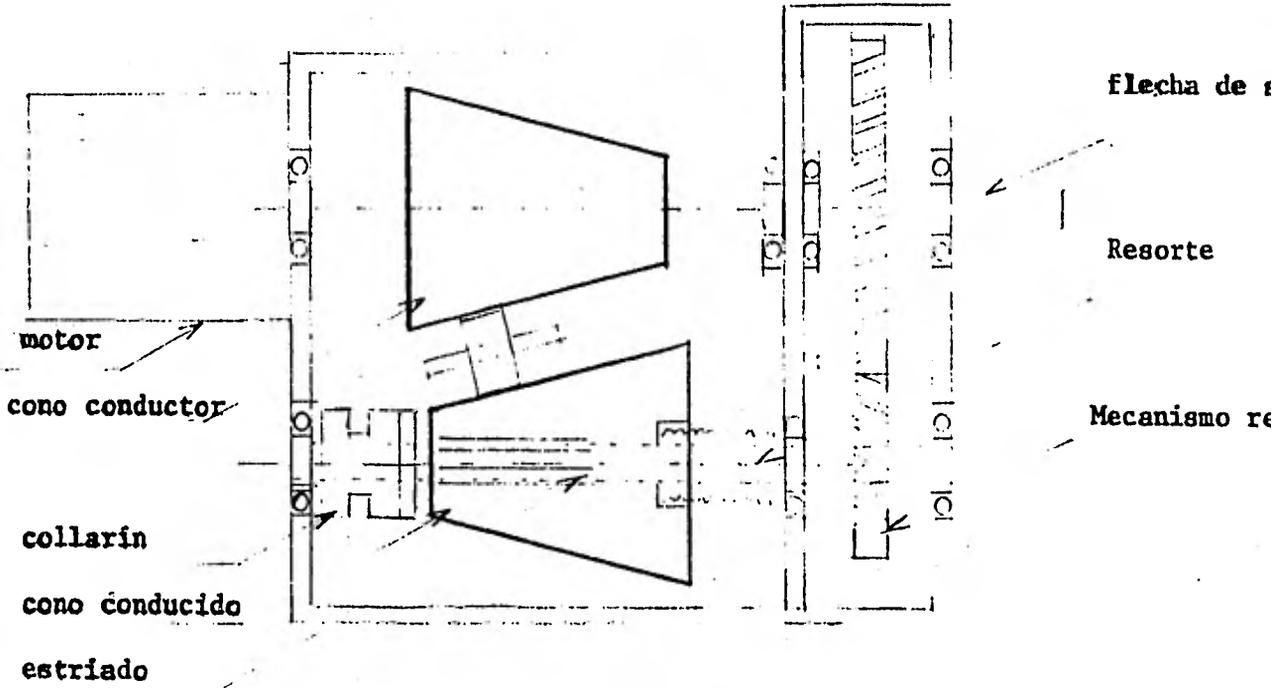
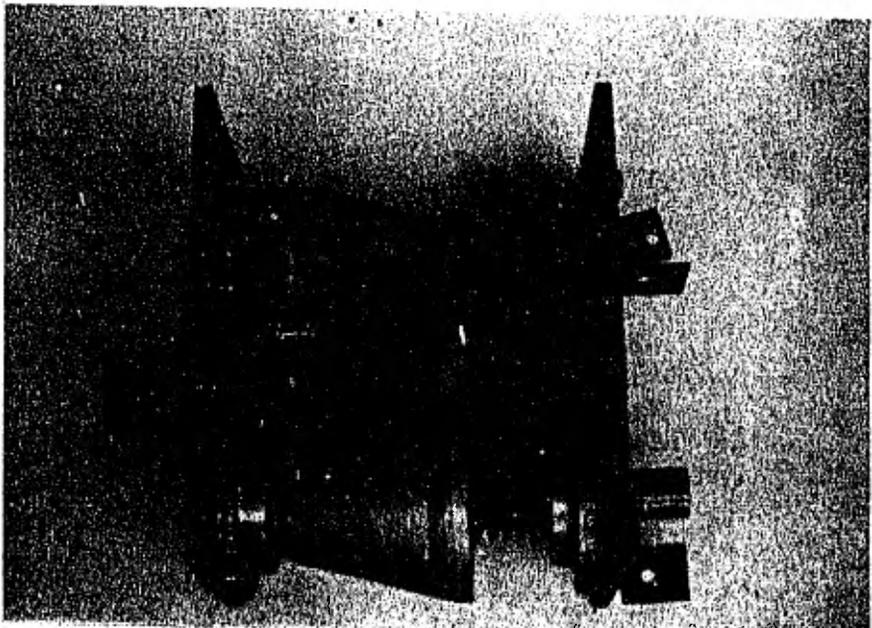


Fig. 2.3 Sistema de Variación de Velocidad por Conos Concentricos.



rueda acopladora de una posición a otra, es necesario que disminuya la presión sobre esta. Para lograr esto el collarín desliza al cono conducido a través del estriado, venciendo de esta manera la presión ejercida por el resorte sobre la rueda acopladora, permitiendo a esta última un fácil desplazamiento mediante un mecanismo de cambio, teniéndose así un nuevo juego de diámetros, que determinarán una nueva velocidad.

Dado que este sistema presenta una solución factible y en el mercado no hay existencia de sistemas que utilicen este principio, para conocer mejor su funcionamiento, se construyó un prototipo de este sistema, llegando a las siguientes conclusiones una vez probado.

Principales ventajas del Sistema de Variación de Velocidad por Conos Concéntricos.

- 1.- Facilidad de construcción y rapidez de la misma.
- 2.- Si se logra tener una velocidad fija.
- 3.- Los cambios se pueden hacer con el motor funcionando o parado.
- 4.- Costo muy reducido del sistema, debido a la sencillez de los elementos que lo forman.

Desventajas.

- 1.- Probables deslizamientos, debido a que la rueda acopladora es lisa.
- 2.- Calentamiento de los componentes principalmente de la rueda acopladora debido a la excesiva fricción con que esta trabaja.
- 3.- Excesivo desgaste de la rueda acopladora, debido a que está sometida a diferentes velocidades tangenciales en su superficie por acción de los conos ocasionando con esto un deslizamiento sobre la rueda que se traduce en calor, desgaste y ruido.
- 4.- Debido a la posición en que es transmitida la fuerza del cono conductor a la rueda acopladora y esta a su vez al cono conducido, existe -

II CONFIGURACION GENERAL Y ESTUDIO DE ALTERNATIVAS

una componente axial que depende de la pendiente de los conos, que somete a la rueda acopladora a grandes esfuerzos axiales y esta a su vez al mecanismo de cambios. Esto hace que el sistema pierda considerablemente eficiencia.

La dirección de la fuerza axial es aquella donde el par del cono conducido es menor.

- 5.- En caso de existir una sobrecarga en la flecha de salida, esta detendría a la flecha del cono conducido ocasionando con esto un excesivo deslizamiento entre el cono conductor y la rueda acopladora, dañándose esta última por ser de material suave.

II - 3-3 VARIACION DE VELOCIDAD POR MEDIO DE UN MOTOR DE CORRIENTE ALTERNA CON ANILLOS ROSANTES.

Principio de Operación.- Un motor de Corriente Aleterna con embobinado tanto en el rotor como en los campos es alimentado por anillos rosantes que están en serie con un banco de resistencias, que consumen la corriente que se va desviando del motor para poder bajar su velocidad. La desviación de corriente se hace por medio de un selector que dependiendo de la posición es el número de resistencias que conecta.

Al ir desviando por brincos la corriente el motor recibe más o menos voltaje logrando de esta forma variar la velocidad, el variar el voltaje trae consigo que el par motor también se vea afectado.

II CONFIGURACION GENERAL Y ESTUDIO DE ALTERNATIVAS

Principales Ventajas del Motor de C.A. con anillos Rosantes:

- 1.- Se logra tener un Sistema muy compacto motor-variador.
- 2.- Los cambios de velocidad se logran simplemente girando una perilla.
- 3.- El costo de fabricación es relativamente bajo, una vez hecho el diseño.

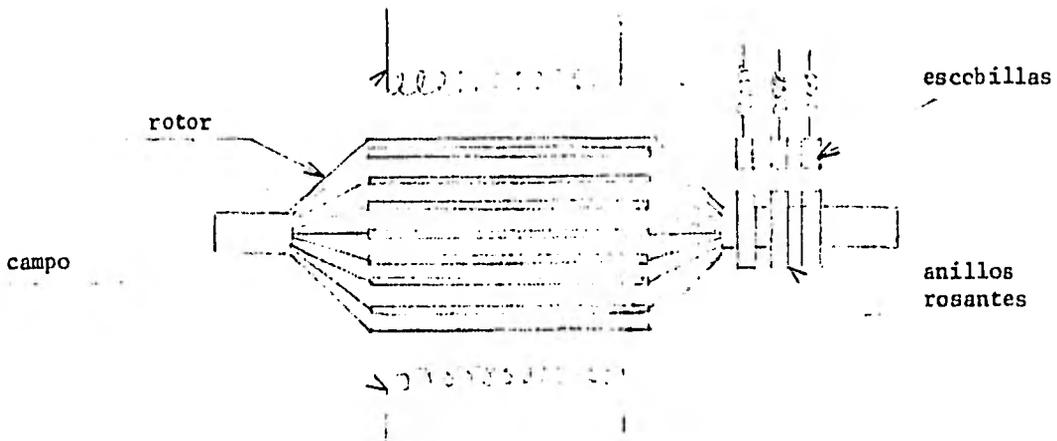


Fig.2.5 Disposición general de un motor de Corriente Alterna con anillos rosantes.

Desventajas:

- 1.- El par motor se ve afectado al variar el voltaje, trayendo por consiguiente problemas para fijar una velocidad.
- 2.- Poca eficiencia del conjunto, ya que se tiene que desperdiciar energía en las resistencias.
- 3.- Tanto el rotor como los campos tienen que estar embobinados, aumentando esto el costo.

II CONFIGURACION GENERAL Y ESTUDIO DE ALTERNATIVAS.

II - 3-4 SISTEMA DE VARIACION DE VELOCIDAD POR MEDIO DE UN MOTOR DE CORRIENTE DIRECTA.

Este sistema es muy eficiente, y en la actualidad de gran uso en Sistemas de Automatización.

El sistema permite regular perfectamente la velocidad del motor controlando el voltaje de alimentación, el motor debe ser alimentado con corriente directa por lo que previamente tiene que ser rectificada la corriente de línea haciendo esto el mismo equipo.

Básicamente el equipo esta constituido de los siguientes elementos:

- 1.- Motor de Corriente Directa.
- 2.- Gabinete de Control.- En este gabinete se encuentran el rectificador de corriente, los circuitos de control de voltaje y el potenciómetro de velocidad.

El equipo cuenta con diversos componentes electrónicos en estado sólido en el Gabinete de Control. Existen algunas firmas extranjeras que fabrican equipos muy compactos y en un amplio rango de potencias y revoluciones.

Utilizando este sistema en el Conjunto Motriz es necesario adaptar un reductor de velocidad, dado que la velocidad nominal del motor de C. D., oscila entre 400 - 1750 r.p.m.

Principales Ventajas del Motor de Corriente Directa:

- 1.- En un solo conjunto la unidad motriz y de variación de velocidad.
- 2.- Adquisición inmediata y diversificación de proveedores.
- 3.- Funcionamiento silencioso.
- 4.- Variación de velocidad continua, por medio de una perilla.

II CONFIGURACION GENERAL Y ESTUDIO DE ALTERNATIVAS.

Ventajas:

- 1.- El par motor se ve afectado al variar el voltaje lo cual implica que es difícil mantener una velocidad constante.
- 2.- El equipo es de importación y todavía no se fabrica en México, aunque existen diversidad de proveedores, el costo del equipo es excesivamente caro.
- 3.- Sofisticación en los componentes que utiliza el equipo, cuenta con componentes en estado sólido situación que hace que el equipo sea reparado por técnicos especializados, a un costo excesivo.

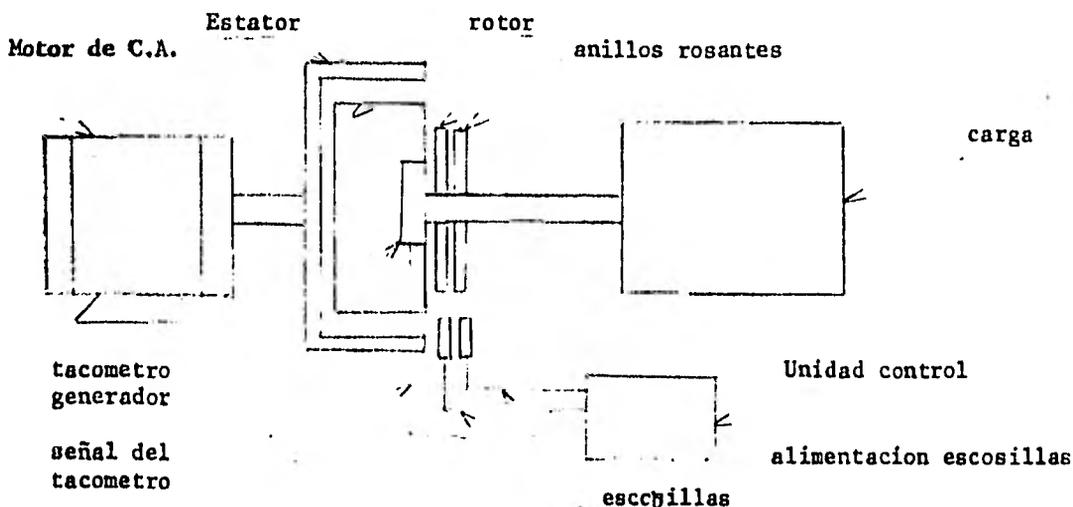
Para evitar que la velocidad se vea afectada al variar la carga, se han desarrollado sistemas de retroalimentación automática, que permiten mantener la velocidad del motor aunque varíe la carga.

II - 3-5 SISTEMA DE VARIACION DE VELOCIDAD POR CORRIENTES PARASITAS DE EDDY (CLUTCH MAGNETICO)

Principio de Operación:

El Sistema de Variación de Velocidad por Corrientes Parasitas se divide en dos partes (Fig. 2.6).

- a) Unidad de Fuerza
- b) Unidad de Variación.



II CONFIGURACION GENERAL Y ESTUDIO DE ALTERNATIVAS.

- a) La Unidad de Fuerza está compuesta por un motor de corriente alterna - convencional, siendo esta unidad totalmente independiente al funcionamiento de la Unidad de Variación, el motor gira a velocidad nominal de 1 750 r.p.m., y a un par motor variable de acuerdo a la capacidad del motor de C.A.
- b) La Unidad de Variación, conocida comunmente como Clutch Magnético, - - aprovecha para su funcionamiento las corrientes parásitas de inducción o corrientes de Eddy.

La Unidad de variación está formada principalmente de dos componentes:

- 1) El Cople Electromagnético
- 2) La Unidad de Control

1) El Cople Electromagnético, lo forman principalmente una flecha motriz en forma de tambor con poleas magnéticas, y un rotor que lleva el movimiento a la flecha de salida. Dentro de la flecha motriz se encuentra acoplado un ventilador que es el que enfría al cople electromagnético, y dentro del rotor se encuentra una bobina que es la que produce las corrientes de Eddy.

La flecha de salida de la unidad de fuerza va acoplada directamente a la flecha motriz del variador girando a la misma velocidad del motor - al igual que el ventilador. La transmisión de la fuerza se logra al excitar con una pequeña corriente la bobina del rotor apareciendo de esta forma líneas de fuerza magnética, que crean una fuerza electromotriz en la superficie del rotor, las cuales transmiten el par del motor al rotor.

2) La Unidad de Control tiene como función hacer que la excitación de la bobina, sea proporcional a la carga utilizada.

II CONFIGURACION GENERAL Y ESTUDIO DE ALTERNATIVAS

Cuando la excitación es aumentada, la fuerza del campo hace que el deslizamiento que existe entre el estator y el rotor disminuya, logrando de esta forma variar la velocidad.

El acoplamiento por corrientes de Eddy, se logra sin contacto mecánico y puede controlarse la velocidad en un rango muy amplio, aproximadamente de 400 a 1 750 r.p.m. Este sistema al igual que los sistemas modernos de Corriente Directa, utiliza un tacogenerador, que es un dispositivo de retroalimentación, que informa a la unidad de control de una disminución de revoluciones debido a un aumento en la carga. La Unidad de control al recibir la señal, manda mayor excitación a la bobina del rotor para compensar el aumento de carga, y mantener la velocidad constante. La variación de velocidad se hace mediante variaciones pequeñas y de respuesta inmediata por medio de dispositivos electrónicos, localizados en la Unidad de Control. La velocidad se controla mediante un potenciómetro de mando que puede estar colocado a distancia.

En la figura 2.7 se muestra un corte de un variador de velocidad por corrientes parásitas, donde se aprecia lo compacto del sistema, motor, unidad de control y variador de velocidad

Comercialmente hay en existencia variadores de velocidad, desde una potencia de 1/4 H.P. en adelante.

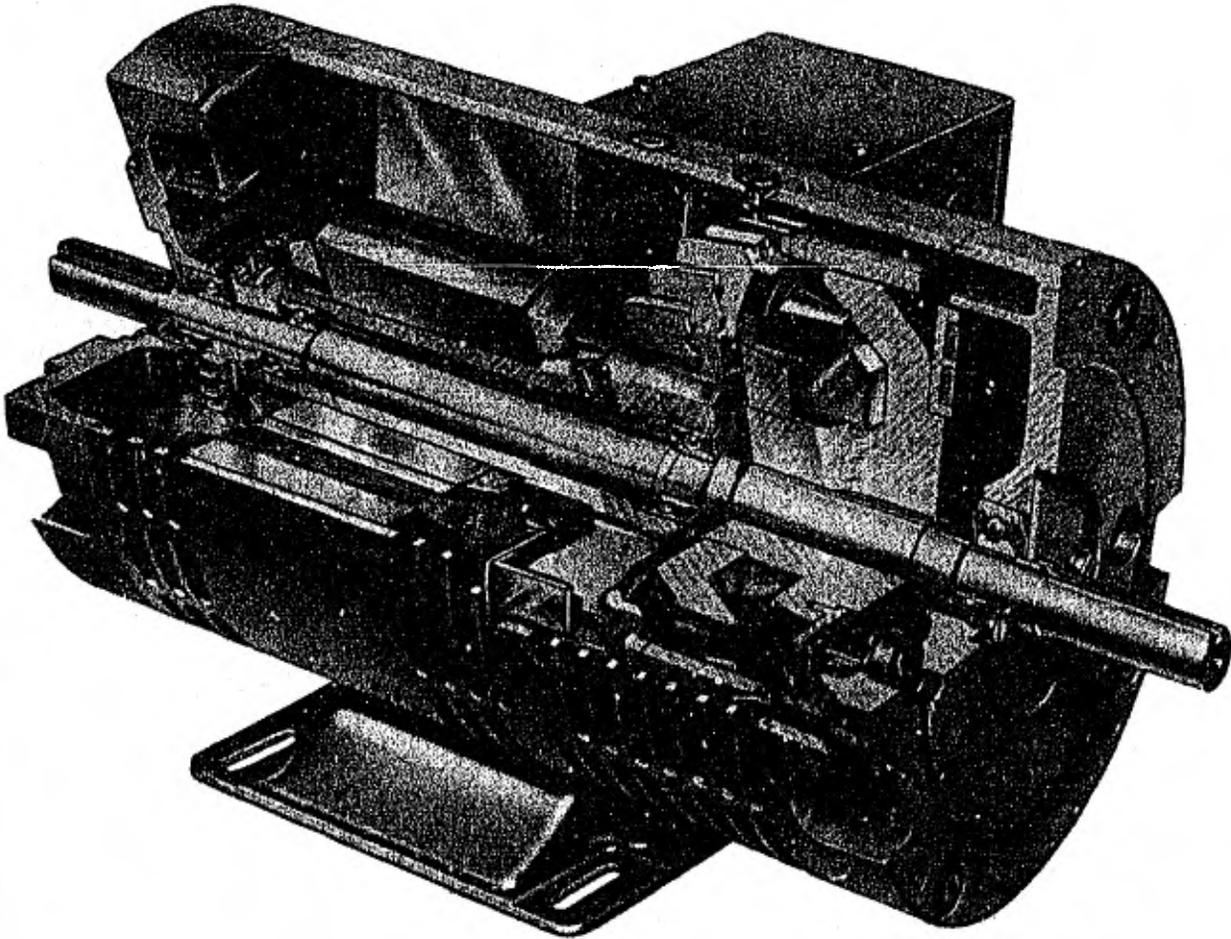


Fig. 2.7 Corte de un Variador de Velocidad de Corrientes Parásitas de EDDY, notese la compacta integración del Conjunto.

II CONFIGURACION GENERAL Y ESTUDIO DE ALTERNATIVAS.

Principales Ventajas del Sistema de Corrientes Parásitas:

- 1.- Sistema compacto al estar unidos el motor y el variador de velocidad, con la opción de adaptar facilmente un reductor.
2. Amplio rango de velocidades por medio de una perilla.
- 3.- La Unidad de Fuerza es un motor de C.A. convencional.
- 4.- Adquisición casi inmediata del equipo, con garantía.
- 5.- No se daña el equipo con eventuales cargas súbitas, ya que no existe acoplamiento mecánico entre el motor y el variador, el variador de - velocidad, resiste sobre cargas del 200%.
- 6.- Se puede arrancar el equipo en cualquier velocidad y efectuar cambios bruscos sin que esto dañe ningún componente.
- 7.- Se comienza su Fabricación Nacional, lo cual implica la disminución - del costo del equipo y suministro de partes en el país.

Desventajas:

- 1.- Es necesario adaptar un reductor de velocidad, ya que el rango de fun cionamiento del variador es de 400-1750 r.p.m, requiriendo en el bra- zo de salida del planetario velocidades de 50-200 r.p.m.
- 2.- Sofisticación en los componentes electrónicos, haciendo al sistema com plejo para los fines buscados de fácil reparación sin personal especia l izado.
- 3.- Los sistemas de Corrientes de Eddy de importación son muy eficientes pero muy costosos, los de Fabricación Nacional ofrecen ciertas difi- cultades para controlar el par motor debido a que su Sistema de - retroalimentación todavía no está muy perfeccionado, esto ofrece des-

II CONFIGURACION GENERAL Y ESTUDIO DE ALTERNATIVAS

confianza, además el inconveniente de que existe un solo Fabricante Nacional.

La rentabilidad de aplicar este sistema en el conjunto motriz, estriba - - en contar con un diseño propio, y fabricando los componentes del variador de velocidad, evitando de esta manera el tener que depender del fabricante nacional de estos equipos.

VARIADORES DE VELOCIDAD DE CAMBIOS FIJOS.

II-3.6 MOTORES ELECTRICOS CON CAMBIO DE VELOCIDADES.

El fin de este sistema es que por medio de un motor eléctrico monofásico de corriente alterna, se logre contar con 3 velocidades diferentes, de esta manera adaptando un reductor de velocidad se puede contar con 3 velocidades en un rango de 50-200 r.p.m.

En el Mercado Nacional de Motores Eléctricos, existen motores comerciales de C.A. monofásicos de solo 2 velocidades, teniendo la desventaja de que cambian su potencia, al cambiar la velocidad. Estos motores tienen su aplicación en equipos de aire acondicionado, teniendo como característica un bajo par de arranque.

Es posible también, la construcción de un motor eléctrico de diseño especial, que tenga las siguientes características:

- a) Alto par de arranque.
- b) Tres velocidades.
- c) Potencia Constante.

El Alto par de arranque es fácil de satisfacer con un diseño apropiado del embobinado. Referente a la velocidad de un motor de C.A. esta se encuentra en función, de la frecuencia, el número de polos del embobinado y el voltaje, de estos

II CONFIGURACION GENERAL Y ESTUDIO DE ALTERNATIVAS.

parámetros el único que podemos variar es el número de polos del embobinado, ya que la frecuencia y el voltaje por ser corriente de línea, son constantes. Para contar con diferentes pares de polos, se requiere el diseño de un motor-especial que contenga 3 embobinados independientes, de tal manera que si se alimenta a cada uno por separado mediante la ayuda de un conmutador es posible obtener diferentes velocidades, por ejemplo, si se tiene 3 embobinados, dos independientes de 2, 4 y 6 polos cada uno, se obtienen velocidades de 3600, 1750 y 1200 r.p.m., respectivamente.

Estas velocidades con ayuda de un reductor de relación 24:1 se obtienen las siguientes velocidades:

En 1a.	Velocidad	50 r.p.m.
En 2a.	"	72.91 r.p.m.
En 3a.	"	150 r.p.m.

Principales Ventajas de un Motor Eléctrico de Cambios de Velocidad:

- 1.- Equipo muy compacto, el mismo motor es el variador de velocidad.
- 2.- Tres velocidades de funcionamiento constantes, independientemente de la carga usada, la velocidad de un motor de C.A. no depende de la magnitud de la carga.
- 3.- Facilidad y rapidez de fabricación, contando con el diseño del motor.
- 4.- Costo de producción muy bajo en producción.
- 5.- Fácil de embobinar en talleres eléctricos.
- 6.- Cambios de velocidad mediante botones.
- 7.- Mínimo Uso de partes mecánicas, evitando de este modo costosos maquinados o fabricación de suministros mecánicos especiales.
- 8.- Cambios de velocidad con el motor en marcha y a plena carga.

Desventajas:

- 1.- El diseño por parte de un fabricante de motores eléctricos, requiere un pedido mínimo de 100 motores.
- 2.- Voluminoso el motor debido al espacio ocupado por los 3 embobinados.
- 3.- Debido al rango de velocidad a que trabaja el motor de 1200-1750-3600 r.p.m.

es necesario adaptar un reductor de velocidad.

- 4.- Estos motores no son de fabricación ordinaria, lo cual implica que no se cuenta con experiencia de su funcionamiento y calidad.

II- 3.7 SISTEMAS DE POLEAS ESCALONADAS

Este sistema es ampliamente conocido en su forma más simple y su aplicación es muy común debido a su bajo costo y facilidad de fabricación, pero tiene el inconveniente que para hacer un cambio de velocidad, hay que detener el motor.

La opción es mejorar este sistema, diseñando uno que permita efectuar el salto de banda de una ranura a otra sin tener que parar el motor, el diseño debe permitir el cambio de velocidad a plena carga.

Principales ventajas del Sistema de Poleas Escalonadas

- 1.- Bajo costo y facilidad de fabricación
- 2.- Control preciso de velocidad a cualquier carga
- 3.- Sencillez de operación y facilidad de mantenimiento.

Desventajas :

- 1.- Poca duración de la banda, debido a que se somete a ésta a grandes esfuerzos.
- 2.- Sistema ruidoso en su operación
- 3.- Díficil de lograr un sistema eficaz de cambio de velocidad.
- 4.- Es necesario acoplar un reductor de velocidad en forma independiente, para reducir la velocidad que requiere el planetario de salida del conjunto motriz. Siendo esta de 50 - 200 r.p.m.

Una alternativa de solución a este sistema, sería mediante la colocación de bandas paralelas y poleas tensoras Fig. 28. En este diseño es posible efectuar los cambios de velocidad con el motor en marcha.

II CONFIGURACION GENERAL Y ESTUDIO DE ALTERNATIVAS.

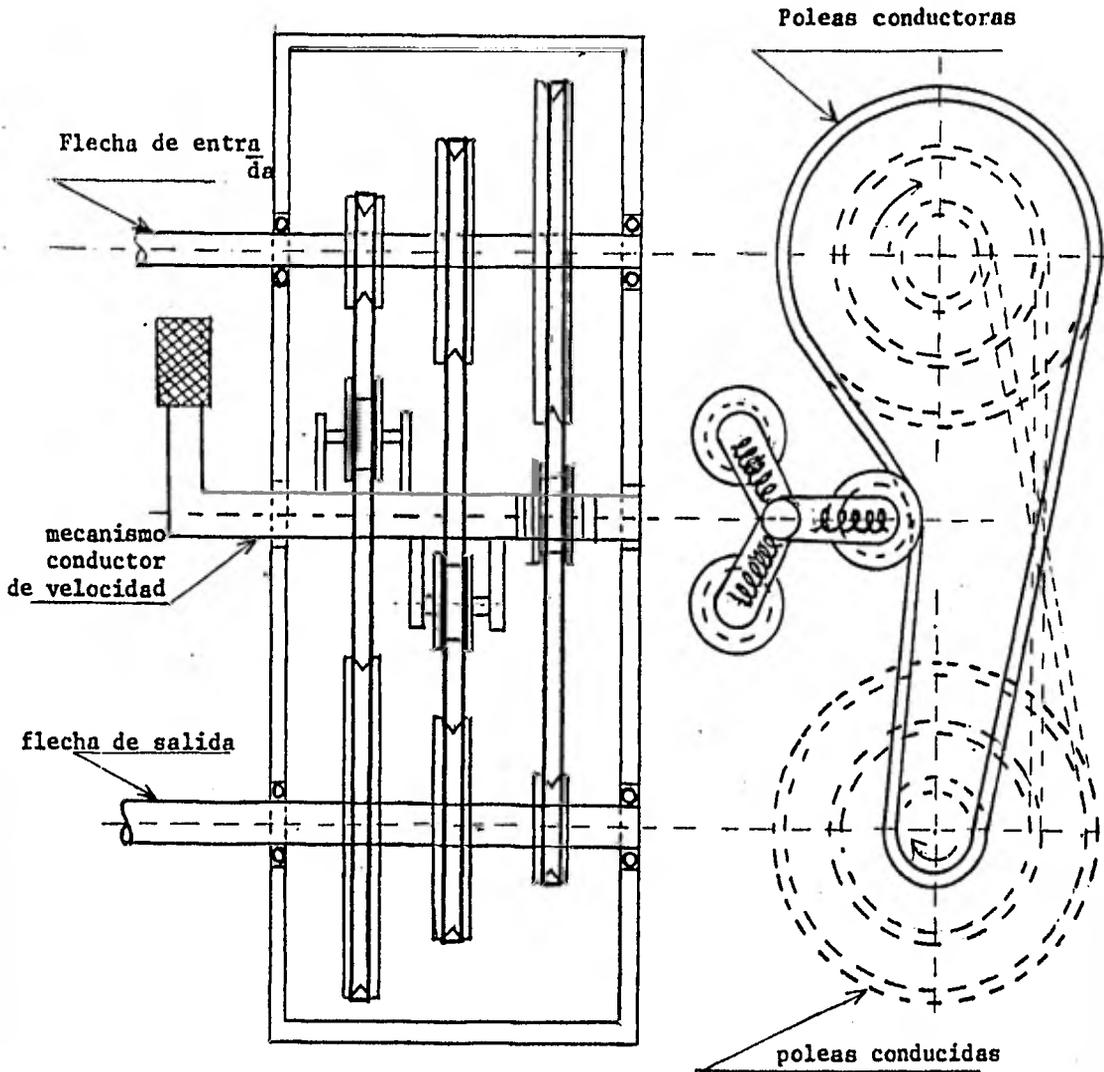


Fig. 2.8. Sistema de Cambios de Velocidad mediante Bandas paralelas y poleas tensoras.

Los cambios de velocidad se logran, tensando o destensando las bandas mediante la ayuda de un mecanismo de cambios, de forma parecida a un árbol de levas. Las poleas tensoras accionarían del lado de baja tensión de la banda, de esta forma los tensores trabajarían a menor carga. Es posible diseñar un sistema en el cual sea autoajutable la tensión que se ejerce sobre la banda. Este sistema ofrece mejores ventajas que el planteado anteriormente, pero aún es necesario contar con un reductor de velocidad antes del planetario de salida, debido a la gran reducción requerida en un rango de 50 a 200 r.p.m.

II - 3.8 SISTEMA DE CAJA DE ENGRANES CON FLECHAS PARALELAS

En esta alternativa se plantea la posibilidad de adoptar una caja de tres velocidades de flechas paralelas, de uso comercial en otros equipos.

Existe una gran variedad de transmisiones mecánicas de tres velocidades utilizadas en diferentes equipos, como son :

- Cajas de velocidades de motocicletas.
- Cajas de engranes de taladros.
- Cajas de velocidades de automóviles, etc.

Principales ventajas de las cajas de engranes con flechas paralelas.

- 1.- Costo relativamente bajo de la transmisión, debido a su uso comercial.
- 2.- Garantía de buen funcionamiento y velocidades perfectamente definidas, sin importar la carga.
- 3.- Adquisición inmediata de la transmisión, sólo se tiene que hacer los diseños de adaptación.

Desventajas :

- 1.- Adaptaciones del equipo, sujetándose a equipos diseñados para otros fines.
- 2.- Hay que adaptar un embrague, ya que estas cajas no pueden hacer cambios de velocidad con carga.

- 3.- Como estas transmisiones están diseñadas para otros fines, es necesario adaptar la relación de velocidad que guardan los engranes, con las necesidades específicas de la mezcladora.
- 4.- Diseño y fabricación de las piezas de adaptación.
- 5.- Problemas de incorporar en una unidad compacta todo el conjunto motriz.
- 6.- Problemas técnicos que pudiera ocasionar la aplicación de otros equipos diseñados para otros fines como son: Posición de los elementos de mando, cambios continuos de velocidad, tamaño de la transmisión, sistemas de lubricación, etc.
- 7.- Adaptar un reductor de velocidad, para lograr la reducción de velocidad en un rango de 60 a 200 r.p.m.
- 8.- Adaptación de sistemas sobrados físicamente para esta aplicación, lo cual implica que se cuenta con un sistema de baja eficiencia mecánica.

Este sistema, ya se ha aplicado en la construcción de mezcladoras planetarias, en la figura 2.10, se muestran fotografías donde se observa la adaptación de una caja de engranes de automóvil.

Se observa también que antes del planetario de salida, se colocó un diferencial de automóvil para transmitir el movimiento en 90° . La alimentación de potencia a la caja es por la flecha posterior por medio de una polea conectada a un motor eléctrico.

Notese particularmente lo voluminoso de los componentes y la poca integración de los acoplamientos.

Esta máquina nunca llegó a funcionar prácticamente, los problemas que se detectaron con mayor importancia fueron, principalmente :

- a) Escurrimientos de aceite en diversos componentes.
- b) No se pueden sincronizar los diferentes cambios, debido a que se carece de un embrague que facilite la operación.

II - 3.9 SISTEMA DE CAMBIOS DE VELOCIDAD, MEDIANTE UN CONJUNTO PLANETARIO.

Un conjunto planetario consiste principalmente, de los elementos mostrados -

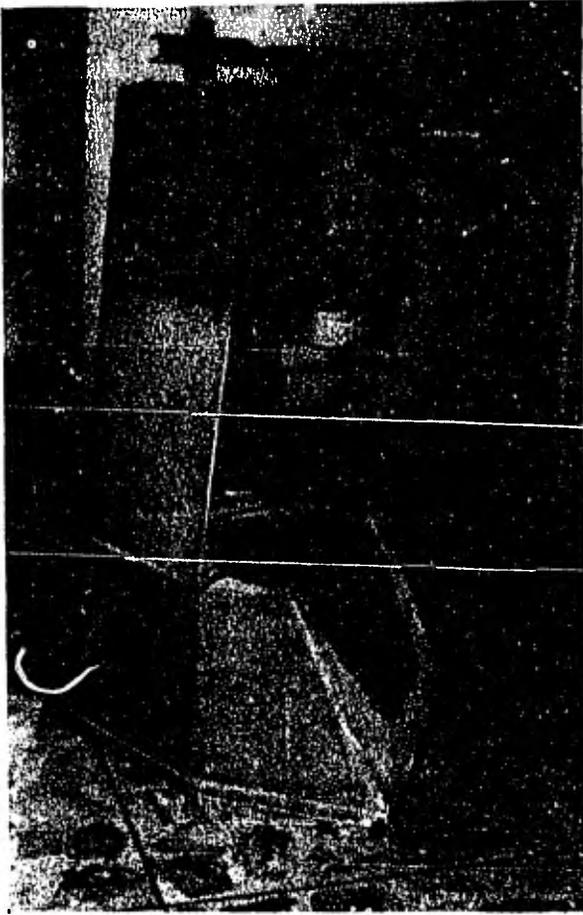


Fig. 2.9. La fotografía muestra una Mezcladora de 20 litros de capacidad que utiliza como Sistema de Cambios- Poleas de Velocidad Variable.



Fig. 2.10. Prototipo de una Mezcladora de 20 litros, que utiliza una Transmisión de Automovil como Sistema de Cambios. Notese la mala integración de los componentes.

en la figura 1.1

PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO.- Supóngase que se tiene como salida del conjunto el brazo del mismo, y como entradas posibles el engrane solar o el engrane anillo, la variación de velocidad en el brazo del conjunto se obtiene mediante la combinación de las unidades de entrada, por ejemplo :

Si la entrada de la fuerza es por el engrane solar, dejando al engrane anillo bloqueado, se obtiene en el brazo del conjunto la primera velocidad. Un segundo cambio se logra, dejando el engrane solar bloqueado y manteniendo como entrada de fuerza el engrane anillo. El tercer cambio es una velocidad directa y se logra tomando las dos entradas con fuerza, conjuntamente.

En este sistema es posible obtener como unidades de salida, cualquiera de los elementos del conjunto como son: engrane solar, engrane de anillo, brazo, y engranes satélites.

Como unidades de entrada pueden ser también cualquier elemento, pero para obtener las 3 velocidades es indispensable tener 2 entradas independientes.

La relación de velocidad que guardan entre sí las velocidades, está en función la relación de diámetros de los engranes,* posteriormente se demostrará que siempre que se tenga como elemento de salida el brazo de conjunto, la máxima velocidad que se obtiene es la velocidad directa, siendo las otras 2 menores, esto implica que el sistema es reductor de velocidad estando su razón de reducción en función del diámetro de los engranes.

El planetario de salida se base en el mismo sistema, pero en éste la salidas por alguno de los engranes satélites del conjunto, teniendo de esta manera movimiento de rotación y traslación.

Una sofisticación a este sistema, es la colocación de planetarios en cascada, permitiendo de esta manera obtener una combinación de más de 3 velocidades.

* El cálculo cinemático de las velocidades se encuentra en el capítulo III

Principales ventajas del Sistema Planetario de Cambios de Velocidad

- 1.- Se obtienen velocidades precisas.
- 2.- Debido a que siempre están engranados los componentes, es posible pasar a cualquier velocidad, funcionando o no el motor.
- 3.- Los engranes no sufren golpeteos o mordeduras al pasar de una velocidad a otra, esta característica hace que la vida de los engranes sea mucho mayor que en otros sistemas.
- 4.- Es factible diseñar un sistema muy silencioso en su funcionamiento.
- 5.- Sistema confiable, seguro y resistente para trabajo continuo.
- 6.- Facilidad de reparación del sistema ya que lleva elementos mecánicos de fácil adaptación.
- 7.- Este sistema es un reductor de velocidad intrínseco, cuando se tiene como elementos de salida el brazo o los engranes satélites, y las entradas en forma independiente.

Es necesario contar también con un mecanismo de bloqueo, que permita detener la entrada que no está siendo utilizada.

Dado que en el mercado no existe nada similar, es necesario diseñar un sistema especial en el cual se incorpore este sistema de cambios tipo planetario, al resto de los elementos que conforman el conjunto motriz.

Desventajas :

- 1.- El diseño y fabricación de todas las partes que conforman el sistema, - dado que no existen otros equipos que utilicen este principio comercialmente.
- 2.- Gran cantidad de maquinado de piezas.
- 3.- Costo relativamente alto, debido a la fabricación de piezas. En la fabricación de piezas por lote, los costos se reducen bastante en este sistema.

Este sistema para su funcionamiento, requiere de un mecanismo de cambios de velocidad, o sea un sistema que permita suministrar la tracción del motor --

por cada una de las entradas en forma independiente.

II - 4 EVALUACION DE ALTERNATIVAS DEL CONJUNTO MOTRIZ

En la siguiente matriz de decisión (cuadro 2.3), se evalúan cada una de las diferentes alternativas que pueden conformar el conjunto motriz, cada una se evalúa contra los diversos factores de necesidades del equipo.

El num. que aparece en cada uno de los factores, corresponde de acuerdo a una escala de 1 a 10 al grado de importancia con el cual se debe considerar ese factor, por ejemplo: el factor costo {10} comparado con el factor peso {1} quiere decir que es mucho más determinante considerar el costo general del conjunto motriz, que considerar el peso de éste.

Por otra parte, de acuerdo a como cumplan cada una de las alternativas, con los requerimientos, se les dará a estas una evaluación de 1 a 10.

A continuación se forman los productos del valor del factor con cada una de las alternativas y se suman estos productos en cada una de ellas. Como criterio de decisión consideraremos como muy probable selección, aquella alternativa que contabilice mayor cantidad de puntos.

II - 5 CONCLUSIONES

De la evaluación de alternativas, se encontró que el sistema de caja planetaria, resulta ser el más favorable, a continuación se analiza un poco más a fondo las ventajas que presenta utilizar este sistema dentro del conjunto motriz.

Entre las diferentes alternativas previamente estudiadas, este es el único sistema que es reductor y variador de velocidad a la vez, esto es una gran ventaja ya que no es necesario instalar elementos independientes que hagan estas funciones.

	Costo mínimo {10}	Facilidad de acceso a partes {8}	Confiabilidad a trabajo continuo {10}	Facilidad de Mantenimiento y costo mínimo. {8}	Facilidad de suministros (Diversific.Provee) {6}	Facilidad de adaptación (estética conjunto) {5}	Tiempo fabricación (mínimo) (en producción) {4}	Duración gral. del conjunto. (máximo) {9}	Facilidad de operación y protecc. contra riesgo {5}	peso {1}
S. Poleas de Velocidad Variable	10 100	10 80	4 40	7 56	10 60	8 40	10 40	3 27	3 15	7 7
S. de Conos Concéntricos	8 80	10 80	2 20	7 56	10 60	7 35	7 28	1 9	4 20	7 7
Motor de C.A. con anillos Rosantes.	6 60	5 40	5 50	4 32	2 12	7 35	5 20	7 63	3 15	8 8
S. de Corriente Directa	2 20	2 16	8 80	5 40	3 18	7 35	8 32	8 72	8 40	8 8
Corrientes parásitas de E DDY	6 50	4 32	3 30	5 40	1 6	6 30	8 32	6 54	10 50	8 8
Motores Eléctricos de Velocidades.	7 70	7 56	7 70	9 72	9 56	9 45	9 36	8 72	8 40	8 8
Poleas y Bandas Paralelas	9 90	10 80	5 50	7 56	10 60	7 35	10 40	4 36	10 50	10 10
Cajas de Engranajes convencionales.	5 50	10 80	10 70	7 56	10 60	4 20	8 32	8 72	6 30	1 1
Caja Planetaria	4 40	10 80	10 70	9 72	10 60	10 50	4 16	10 90	10 50	10 10

Cuadro : 2.3, Matriz de decisión.

Una segunda ventaja muy importante es que es factible diseñar en una sola - unidad muy compacta, el variador de velocidad, el reductor y, el mecanismo - planetario de salida. Con esta característica, el Conjunto Motriz se ve reducido a tres elementos principales :

- 1.- Unidad de Fuerza - formada por un motor eléctrico
- 2.- Cabezal - Integrado por el planetario de cambios, reductor de velocidad y el planetario de salida.
- 3.- Mecanismo de cambios de velocidad y de bloqueo.

Si bien este sistema no es el el menos costoso para lograr el objetivo, tiene - características que logran satisfacer en su mayoría las necesidades básicas - del equipo.

III

Diseño Preliminar y Selección de Componentes

III-1. DIVISION DEL CONJUNTO

Ya definido en esencia los sistemas que conformarán el Conjunto Motriz, es necesario antes de proceder a un diseño a detalle de los elementos, el seleccionar los componentes más adecuados que conformarán a la mezcladora en su conjunto.

Para facilitar la tarea del diseño preliminar y la selección de los diversos componentes, dividimos a continuación al conjunto en los siguientes sistemas:

- a) Unidad Motriz
- b) Cabezal - caja planetaria, reductor, planetario de salida.
- c) Sistema de Transmisión de Potencia al cabezal
y sistema de cambios de velocidad.
- d) Sistema de cambios de herramienta.
- e) Bastidor de la Máquina.

III-2. SELECCION DE LA UNIDAD MOTRIZ

Necesidades y características de esta Unidad:

Se requiere un motor eléctrico de corriente alterna de 110 volts, factor de servicio continuo, alto par de arranque, frecuencia 60 c/seg. Este motor debe ser muy comercial y tener fácil acceso a partes y reparaciones. Una característica de un motor monofásico a 110 volts, es - que puede ser conectado en cualquier contacto doméstico.

Dado que no se cuenta con experiencia sobre la potencia que debe tener el motor ya que cada una de las diferentes mezclas presenta características distintas de consistencia, se considera que un motor de 3/4 de H. P. es capaz de proporcionar el par suficiente con un buen -- rango de seguridad, para mezclar 20 litros de la pasta mas concentrada.

Respecto a la velocidad del motor esta debe ser la de un motor -- eléctrico sumamente comercial. Los motores que cumplen con las características arriba mencionadas y que son sumamente comerciales y de bajo costo, trabajan a 1750 r.p.m.

Existen en el mercado un mínimo de 5 compañías de motores eléctri

cos, que fabrican este tipo de motores, siendo estos 100% de Fabricación Nacional.

III- 3. DISEÑO PRELIMINAR DEL CABEZAL

Antes de proceder al diseño del cabezal, se deben considerar las siguientes necesidades:

- 1.- Proporcionar 3 velocidades en la flecha de salida, comprendidas en un rango de 50 a 200 r.p.m.
- 2.- Debe ser factible hacer los cambios de velocidad, sin detener el motor, aún aunque se tenga carga en la flecha de salida.
- 3.- Integrar en solo conjunto lo más compacto posible, el sistema de tres velocidades, el reductor y el planetario de salida.
- 4.- Funcionamiento lo más silencioso posible.
- 5.- Capaz de trabajar a Servicio Continuo, y a sobrecargas esporádicas, sin que esto llegue a dañarlo.
- 6.- Debe ser un diseño sumamente confiable.

III-3.1. PARAMETROS DE PARTIDA

- Tazón de 20 litros. Debido a la dificultad que presenta el construir un tazón especial para un prototipo, se utilizará un comercial usado en otras marcas.
- Motor Eléctrico de $3/4$ H.p a 1750 R.P.M.

- Rango de Velocidad de 50 a 200 R.P.M.

En la selección del planetario se presentan dos opciones.

- 1) Diseñar y construir un sistema planetario, que se apege exactamente a las necesidades descritas.
- 2) Tratar de aplicar algún Sistema Planetario, diseñado para otros fines, pero por sus características sea factible utilizarlo satisfactoriamente en este proyecto.

Técnicamente la mejor solución es el diseño y construcción de un planetario especial, pero económicamente para la construcción de un solo prototipo resulta mucho más factible el tratar de adaptar algún sistema de los ya existentes. Considerando esto último, se localizó un planetario utilizado para otros fines, y de fácil acceso y por sus dimensiones es posible su aplicación.

Descripción del Sistema Planetario.

Este sistema se muestra en la fig. 4.10 donde se observa que está -- formado por el engrane solar, el engrane anillo, el brazo, y por 4 engranes satélites. Los satélites están sujetos al brazo del sistema, por pernos embalados. Existen Sistemas Planetarios de 3 y 4 engranes satélites que tienen las mismas dimensiones unos y otros. Los engranes tienen el - dentado helicoidal y rectificadas los dientes, esta característica hace a los engranes tener un funcionamiento muy silencioso y una gran duración.

III- 3.2. DISEÑOS PRELIMINARES DEL CABEZAL

Ya localizado el Sistema Planetario, se procede a diseñar la forma en que

este se debe de incorporar al cabezal, cumpliéndose las características previamente citadas.

En las fig. 3.1. y 3.2. se muestran una serie de arreglos, que se diseñaron, antes de llegar a un modelo definitivo.

En el 1^{er} arreglo. fig. (3.1) se busca obtener en un solo sistema planetario las funciones de cambio de velocidad y planetario de salida. El sistema no se considera factible debido a que se necesita un mecanismo reductor, dado que en un solo sistema planetario, no es posible reducir totalmente la velocidad requerida. Por otra parte esta configuración presenta el inconveniente de tener baleros exteriores muy grandes para soportar el brazo de salida y el engrane anillo, también el arreglo no presenta características de buena rigidez en todo el conjunto, particularmente en la flecha de salida, portadora esta última de la herramienta de batido.

Para dar una idea de la necesidad de un reductor extra de velocidad, -- consideramos que el giro del motor es de 1750 r.p.m. y en 3^a velocidad o velocidad directa, se debe tener como máximo de revoluciones 200 r.p.m. o sea una relación de reducción 8.75: 1, siendo esta una reducción difícil de lograr solamente con poleas, por ejem. Si la polea conductora tiene un diámetro de paso de 5 cm, la polea conducida tiene que tener 43.75 cm de diámetro de paso.

Considerando los inconvenientes de este 1^{er} arreglo, se observa que con la introducción de un 2^o planetario se logra obtener una mayor relación de reducción. Este 2^o planetario tendría como función el efectuar los 3 cambios de velocidad, y actuar como reductor de velocidad simultáneamente .

En el segundo arreglo(fig 3.2) se trata de combinar en un solo conjun-

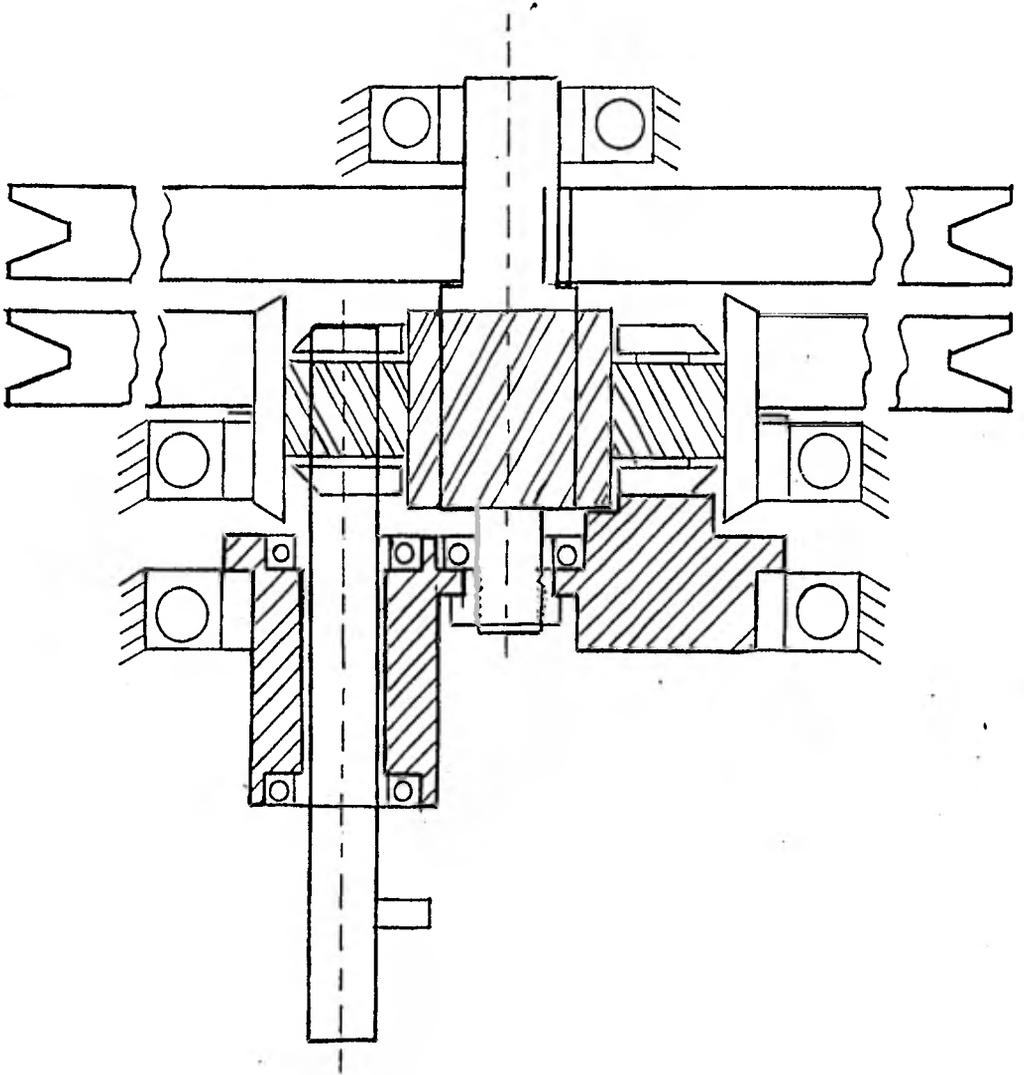


Fig. 3.1. Primer arreglo del cabezal, notese que con un solo planetario - se pretende lograr los cambios de velocidad y el acoplamiento de la herramienta de batido.

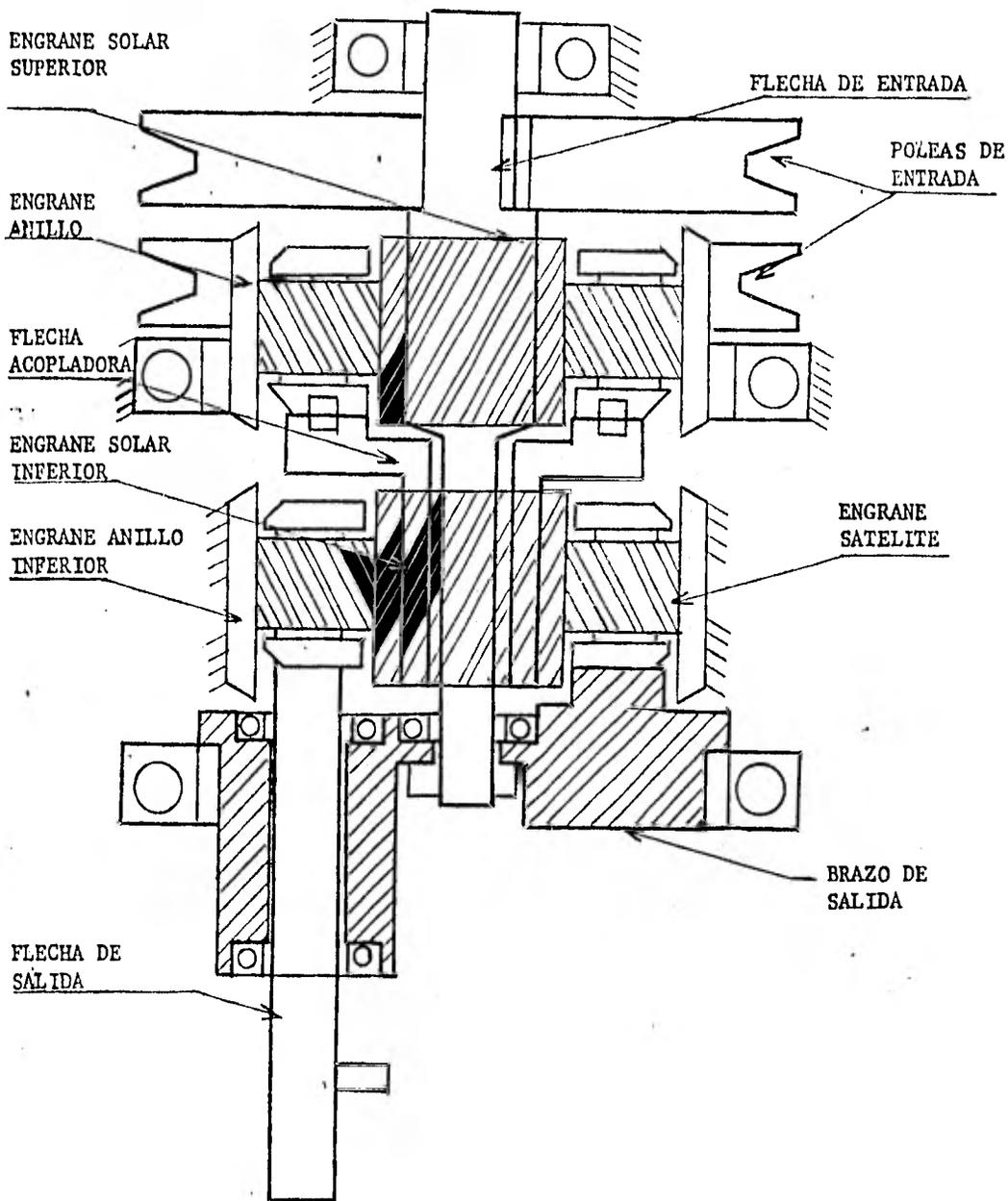


Fig. 3.2. Segundo Arreglo Preliminar. Notese la introducción de un segundo planetario como sistema reductor de velocidad y caja de cambios.

to, dos planetarios en cascada, la idea de funcionamiento es la siguiente: El planetario de cambio de velocidad, tiene sus entradas de fuerza en forma independiente, una por el engrane solar superior y otra por el engrane anillo inferior, teniendo como salida el brazo superior del mismo sistema. Para el acoplamiento del planetario de salida, se une en forma directa el brazo superior con el engrane solar inferior.

El engrane anillo inferior permanentemente estará bloqueado, de esta manera la única salida posible es el brazo inferior del sistema.

Antes de proceder al diseño del 2° arreglo, se desarrollan los cálculos cinemáticos, para conocer si las dimensiones de los engranes satisfacen los rangos de velocidad pedidos y además conocer las dimensiones que deberán tener los elementos de entrada.

III- 3.3. CALCULOS CINEMATICOS

Datos:

Dimensiones:	No. dientes	Diámetro (m m)
engrane anillo:	$z_L = 74$	$d=110$
engrane solar:	$z_F = 34$	$d=55$
engrane satélites:	$z_S = 20$	$d=27.5$

Velocidad motor: 1750 r.p.m.

Planetario 1= Cambios de Velocidad

Planetario 2= Planetario de salida

DESARROLLO TEORICO

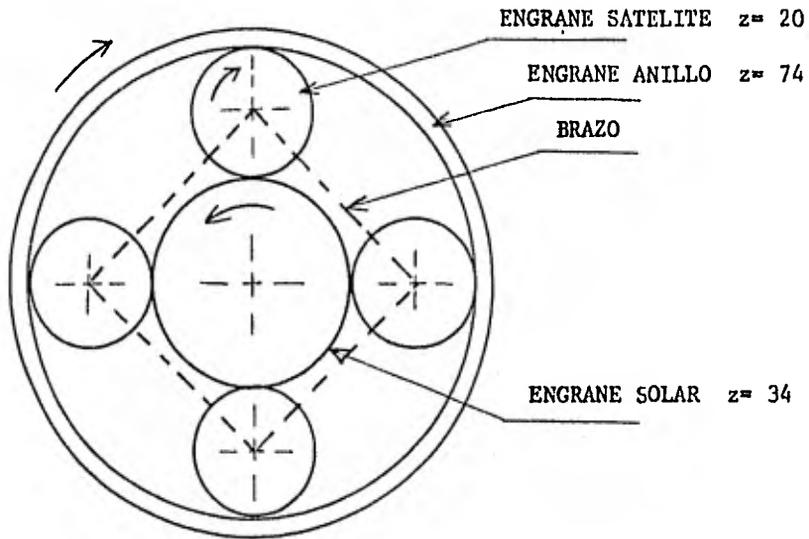
Se define como exentricidad:

$e = \frac{\text{producto de los diámetros de los engranes conductores}}{\text{producto de los diámetros de los engranes conducidos}} \quad (1)$

producto de los diámetros de los engranes conducidos.

$e = \frac{\text{producto del número de dientes de los engranes conductores}}{\text{producto del número de dientes de los engranes conducidos}} \quad (1)$

producto del número de dientes de los engranes conducidos.



(e): es positivo (+) si el último engrane gira en el mismo sentido que el primero o negativo (-) si gira en sentido contrario

Para un sistema planetario se tiene:

$$e = \frac{N_L - N_A}{N_f - N_A} \quad (2)$$

N_A = Velocidad del brazo
 N_L = Velocidad del último engrane del tren
 N_f = Velocidad del primer engrane del tren

Para el cálculo de la exentricidad (e), se considera que el engrane anillo está libre y el brazo bloqueado considerando esto resulta que el engrane anillo gira en sentido contrario al engrane solar, por lo cual resulta que la exentricidad es negativa.

III DISEÑO PRELIMINAR Y SELECCION DE COMPONENTES

Para el cálculo de la 1ª, 2ª y 3ª velocidad, se tienen como datos las dimensiones de los engranes, fijaremos además una velocidad de 50 r.p.m. para la 1ª. Esto se debe a que es crítica esta velocidad, para mezclar pastas duras.

C A L C U L O S

Definiendo como:

- N_{L1} = Velocidad del engrane anillo del planetario de cambios
- N_{f1} = " " " solar " " " "
- N_{A1} = " " brazo " " " "
- N_{L2} = " " engrane anillo del planetario de salida
- N_{f2} = " " " solar " " " "
- N_{A2} = " " brazo " " " "

CALCULO de la 1ª velocidad de entrada al mecanismo de cambios:

Datos:

- N_{A2} = 50 r.p.m. ----- 1ª velocidad
- N_{L2} = 0 r.p.m. ----- Permanentemente está bloqueado
- N_{f2} = ?
- N_{A1} = ?
- N_{f1} = ?
- N_{L1} = 0

$$e = \frac{34}{20} \cdot \frac{20}{74} = 0.459$$

Sustituyendo en la ecuación (2)

$$\begin{aligned} -9.459 &= \frac{N_{L2} - N_{AL}}{N_{f2} - N_{A2}} = \frac{0. - (-50)}{N_{f2} - (-50)} \end{aligned}$$

III DISEÑO PRELIMINAR Y SELECCION DE COMPONENTES

N_{A2} es negativa, por el brazo gira en sentido contrario respecto al engrane solar.

Despejando N_{f2} , se tiene

$$N_{f2} = 158.93 \text{ r.p.m.} \quad \text{, la razón de reducción es } \frac{158.93}{50} = 3.1786$$

$N_{A1} = N_{f2}$ ya que el brazo superior y el engrane solar inferior están unidos directamente.

$$-0.459 = \frac{N_{L1} - N_{A1}}{N_{f1} - N_{a1}} = \frac{0 - (158.93)}{N_{f2} - (-158.93)}$$

$$N_{f1} = -505.17 \text{ r.p.m.}; \text{ razón de reducción} = \frac{505.17}{50} = 10.10$$

Para facilitar el diseño del mecanismo de cambios, la velocidad de las entradas al sistema planetario de cambios son iguales:

$$N_{f1} = N_{L1} = 505.17 \text{ r.p.m.}$$

CALCULO de la 2^a velocidad.

Para el cálculo de esta velocidad se procede de forma inversa de como previamente se hizo, esto es partiendo de la velocidad de entrada, se calcula la velocidad del brazo inferior del sistema.

Datos:

$$N_A = ?$$

$N_L = 0 \text{ r.p.m.}$ el engrane anillo inferior, permanentemente se encuentra bloqueado.

$$N_{f2} = ?$$

$$N_{A1} = ?$$

III DISEÑO PRELIMINAR.Y SELECCION DE COMPONENTES

$$\cdot \cdot \quad \underline{N_{A2} = 158.92 \text{ r.p.m.}} ; \text{ razón de reducción } \frac{505.17}{158.92} = 3.178$$

CALCULO de la velocidad de la flecha de salida:

La velocidad de esta flecha está compuesta por dos:

- Velocidad de traslación; es igual a la velocidad respectivamente de 1°, 2° y 3er. cambio.
- Velocidad de rotación; la velocidad de rotación de la flecha, es una velocidad relativa respecto al brazo, teniendo como razón de reducción 1:3.75 esto es que por cada vuelta que da el brazo la flecha de salida rotará 3.75 - veces.

Por otra parte el motor eléctrico gira a 1750 r.p.m. la razón de reducción respecto a las entradas es:

$$\frac{\text{motor eléctrico}}{\text{velocidad de entrada}} = \frac{1750}{505.17} = 3.464 \text{ r.p.m.}$$

EN RESUMEN SE TIENE:

$$\begin{aligned} \text{En } 1^{\text{a}} \text{ velocidad} &= 50 \text{ r.p.m.} \\ 2^{\text{a}} \quad " &= 108.92 \text{ r.p.m.} \\ 3^{\text{a}} \quad " &= 158.92 \text{ r.p.m.} \end{aligned}$$

velocidad de entrada al planetario de cambios = 505.17 r.p.m.

Las relaciones entre velocidades son:

$$\begin{aligned} \frac{3^{\text{a}} \text{ velocidad}}{1^{\text{a}} \text{ velocidad}} &= \frac{158.92}{50} = 3.178 \\ \frac{2^{\text{a}} \text{ velocidad}}{1^{\text{a}} \text{ velocidad}} &= \frac{108.92}{50} = 2.178 \\ \frac{3^{\text{a}} \text{ velocidad}}{2^{\text{a}} \text{ velocidad}} &= \frac{158.92}{108.92} = 1.459 \end{aligned}$$

III DISEÑO PRELIMINAR Y SELECCION DE COMPONENTES

$$N_{L1} = -505.17 \text{ r.p.m.}$$

$N_{f1} = 0$ el engrane solar superior, permanece bloqueado

Dado que $e = 0.459$ se tiene:

$$-0.459 = \frac{N_{L1} - N_{A1}}{N_{f1} - N_{A1}} = \frac{505.17 - N_{A1}}{0 - N_{A1}}$$

despejando N_{A1} :

$$N_{A1} = 346.24 \text{ r.p.m.} \quad \text{razón de reducción} = \frac{505.17}{346.24} = 1.456$$

Como $N_{A1} = N_{f2}$;

$$-0.459 = \frac{N_{L2} - N_{A2}}{N_{f2} - N_{A2}} = \frac{0 - N_{A2}}{-346.24 - N_{A1}}$$

$$\therefore \underline{N_{A2}} = \underline{-108.92 \text{ r.p.m.}} ; \text{ razón de reducción } \frac{505.17}{108.92} = 4.63$$

CALCULO de la 3^a velocidad.

La 3^a velocidad es directa con lo cual:

$$N_{L1} = N_{F1} = N_{A1} = -505.17 \text{ r.p.m.}$$

y además

$$N_{A1} = N_{f2}$$

Datos:

$$N_{L1} = N_{F1} = N_{A1} = N_{f2} = -505.17 \text{ r.p.m.}$$

$$N_{L2} = 0 \text{ r.p.m.}$$

$$N_{A2} = ?$$

$$-0.459 = \frac{0 - N_{A2}}{-505.17 - N_{A2}}$$

III DISEÑO PRELIMINAR-Y SELECCION DE COMPONENTES

Estas velocidades se obtuvieron bajo las restricciones:

- 1) 1^a velocidad = 50 r.p.m.
- 2) Velocidades iguales en las 2 entradas

Si se desea variar los rangos de velocidad del sistema, es factible lograrlo ya que se cuenta con la facilidad de tener entradas independientes.

En este caso para la mezcladora, las velocidades que se obtienen con las entradas a velocidades iguales, cumplen satisfactoriamente con los requerimientos de rango de velocidad del equipo.

III - 4. MECANISMOS AUXILIARES DEL CABEZAL

Antes de continuar el diseño definitivo del cabezal, es necesario determinar el mecanismo de cambios de velocidad, el sistema de tracción, y el mecanismo de bloqueo. Esto es con el fin de lograr un diseño lo más integral posible.

En el diseño de estos sistemas, se debe considerar las siguientes necesidades.

- 1.- Debe ser factible suministrar en forma independiente la fuerza a cada entrada del planetario de cambios.
- 2.- Los cambios de velocidad se deben efectuar sin detener el motor o retirar la carga.
- 3.- Se diseñará un sistema en el cual la pericia del operador, sea independiente del funcionamiento de los cambios.
- 4.- Con el fin de iniciar la mezcla de un amasijo en cualquier velocidad, debe ser factible efectuar los cambios con el motor detenido.

III DISEÑO PRELIMINAR Y SELECCION DE COMPONENTES

5.- El sistema no debe dañarse, aún con sobrecargas esporádicas.

6.- El mantenimiento al sistema, debe ser el mínimo posible y con suma facilidad.

Antes de iniciar el diseño de los mecanismos, se analizan a continuación las funciones que estos deben desempeñar.

El mecanismo de cambios, debe diseñarse, para suministrar la tracción proveniente del motor en forma independiente a cada una de las entradas del planetario de cambios.

El mecanismo de bloqueo tiene como función, trabar la entrada del planetario de cambios que no está siendo utilizada, por ejem. Si se desea obtener la 1^a velocidad, la entrada de la tracción del motor, debe ser por el engrane solar superior del planetario de cambios, para obtener como salida en el brazo inferior, es necesario trabar la entrada del engrane anillo superior del planetario de cambios. Para la 2^a velocidad sucede lo inverso, y para el 3er. cambio no se debe trabar ninguna entrada, ya que las dos deben llevar tracción.

ALTERNATIVAS DE SOLUCIONES FACTIBLES

III-4.1. SISTEMA DE BANDAS Y DE COPLES MAGNETICOS

En este sistema se utilizan bandas como medio de tracción. Y una combinación de coples magnéticos, como sistema de cambios.

III DISEÑO PRELIMINAR Y SELECCION DE COMPONENTES

Descripción del Sistema:

El sistema consiste de cuatro coples magnéticos (fig. 3.3) que permiten mediante una combinación transmitir la fuerza al planetario de cambios y bloquear las entradas que no están siendo utilizadas.

Principio de operación.- La tracción del motor es transmitida a una flecha paralela donde se encuentran los coples de cambio. La 1^a velocidad se obtiene energizando el cople núm. 1 y el núm. 4 siendo este último un cople de bloqueo, de esta manera se tiene como entrada el engrane solar del planetario de cambios y el engrane anillo bloqueado. La 2^a velocidad se obtiene energizando el cople núm. 2 y el núm. 3 de esta forma la tracción es transmitida al engrane anillo, quedando bloqueado el engrane solar. La 3^a velocidad se logra, energizando los coples núm. 1 y núm. 2 y desenergizando los coples de bloqueo núm. 3 y núm. 4.

Este tipo de coples se utilizan ampliamente en equipos de aire acondicionado de automóviles, y trabajan a un voltaje de 12 volts, consumiendo aproximadamente 2 amperes cada uno. Para energizar los coples, es necesario rectificar la corriente de línea, ya que utilizan corriente directa.

Para lograr los diferentes cambios de velocidad se puede utilizar un interruptor eléctrico de varias posiciones.

Principales ventajas del sistema de coples magnéticos.

- 1.- Control de velocidades por un simple interruptor eléctrico.

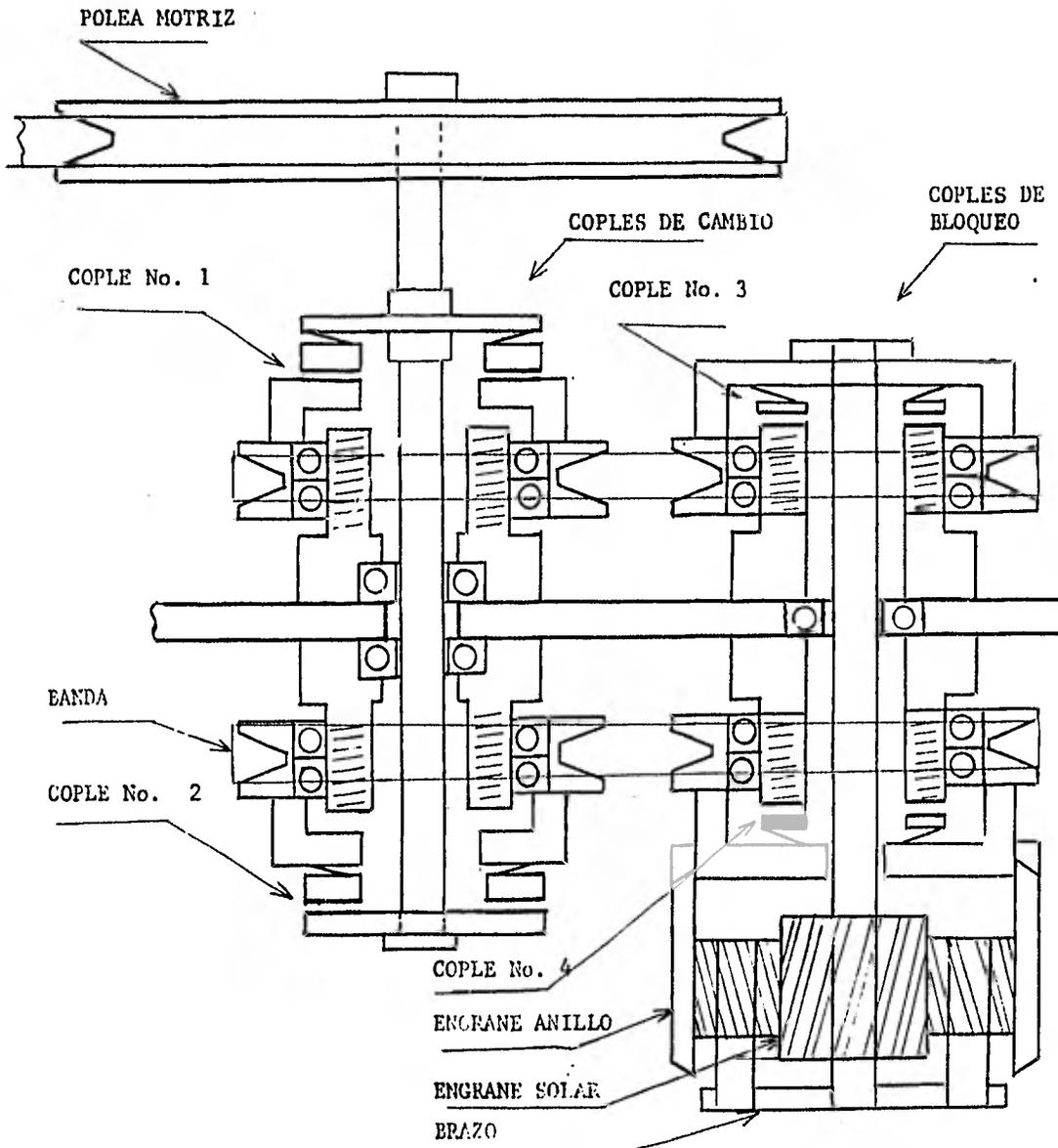


Fig. 3.3. Sistema de Coples Magnéticos.

COMBINACIONES:	1 ^a velocidad, coples energizados	1 y 4
	2 ^a " " "	2 y 3
	3 ^a " " "	1 y 2

III DISEÑO PRELIMINAR Y SELECCION DE COMPONENTES

2.- Un preciso control de la velocidad.

Desventajas

1.- Sistema muy costoso.

2.- No es muy confiable, ya que a un trabajo continuo los coples tienen probabilidad de quemarse.

3.- Son voluminosos, ocupando bastante espacio.

4.- Debido a que los cuatro coples son iguales, y el diámetro de las poleas también lo es, es necesario contar con una reducción previa de velocidad, ya que la velocidad de entrada al planetario de cambios es de 505.17 r.p.m.

Es factible diseñar un sistema más optimizado, llegando a tener solo dos coples magnéticos para los cambios de velocidad y efectuar el bloqueo con un sistema mecánico más simple.

III .- 4.2. SISTEMA DE EMBRAGUES Y BANDAS DENTADAS

Este sistema es totalmente mecánico y utiliza embragues de pasta para conectar y desconectar las poleas (fig. 3.4).

La idea de utilizar bandas dentadas es debido a la gran cantidad de ventajas que presenta con respecto otras bandas, entre las principales podemos citar.

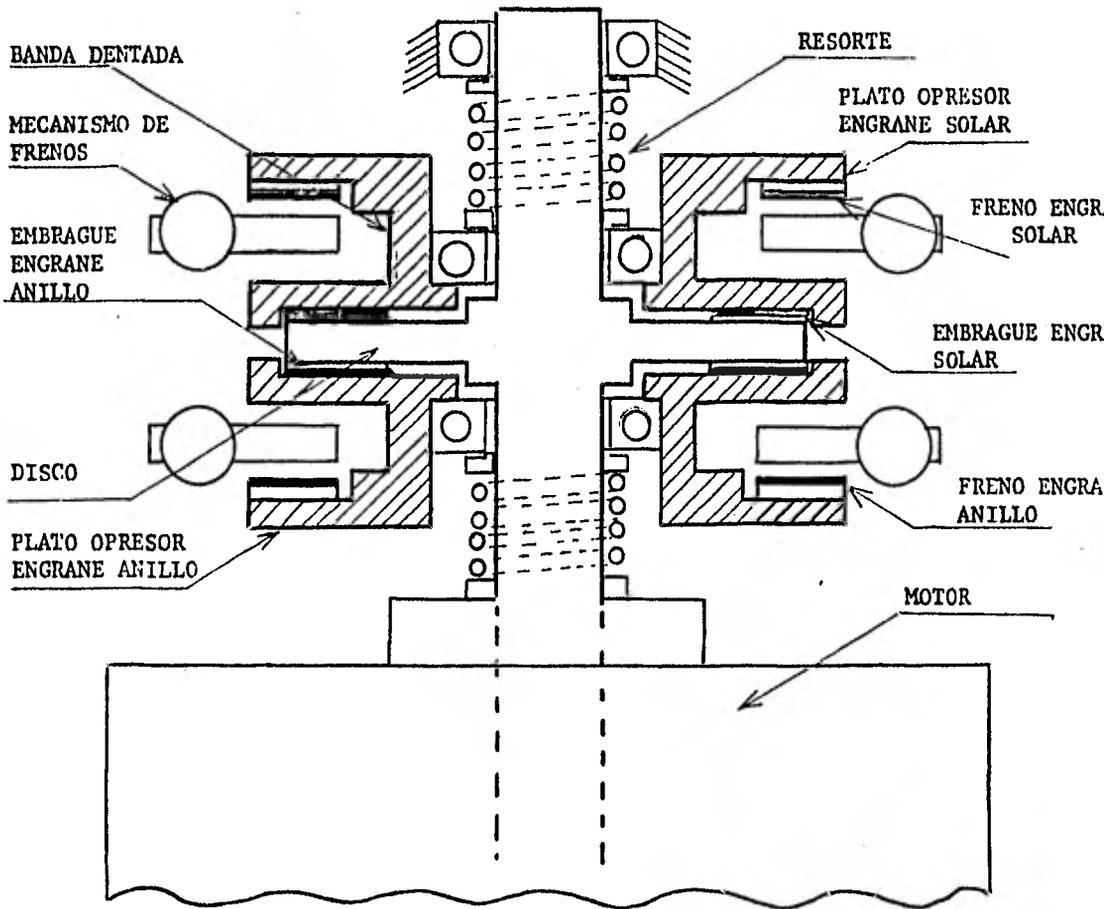


Fig. 3.4. Sistema de Embragues y Bandas Dentadas. Los diferentes Cambios de Velocidad se logran permutando los embragues.

III DISEÑO PRELIMINAR Y SELECCION DE COMPONENTES

- a) Mayor duración debido a su encordado de acero.
- b) Menor ruido de funcionamiento.
- c) No tienen deslizamiento debido al dentado de la polea y la banda.

Descripción de funcionamiento

La combinación de los cambios se obtiene por medio de una palanca seleccionadora de velocidad, que tiene como función embragar y desembragar las pastas, logrando de esta forma conectar y desconectar las entradas de tracción al plnetario de cambios.

La presión en las pastas se efectúa por medio de un resorte, de tal manera que para desembragar el sistema es necesario accionar una horquilla que desconecta la tracción y al mismo tiempo que bloquea la entrada que no está siendo utilizada, el sistema es relativamente de construcción sencilla.

El mecanismo selector de cambio (fig. 3.5), está formado por un leva en la cual desliza el brazo de la horquilla, marcándose de esta forma la posición del embrague.

Principales ventajas del Sistema de Embragues y Bandas Dentadas.

- a) Aplicación de bandas dentadas de alta duración.
- b) Mecanismo muy durable y confiable en su operación.

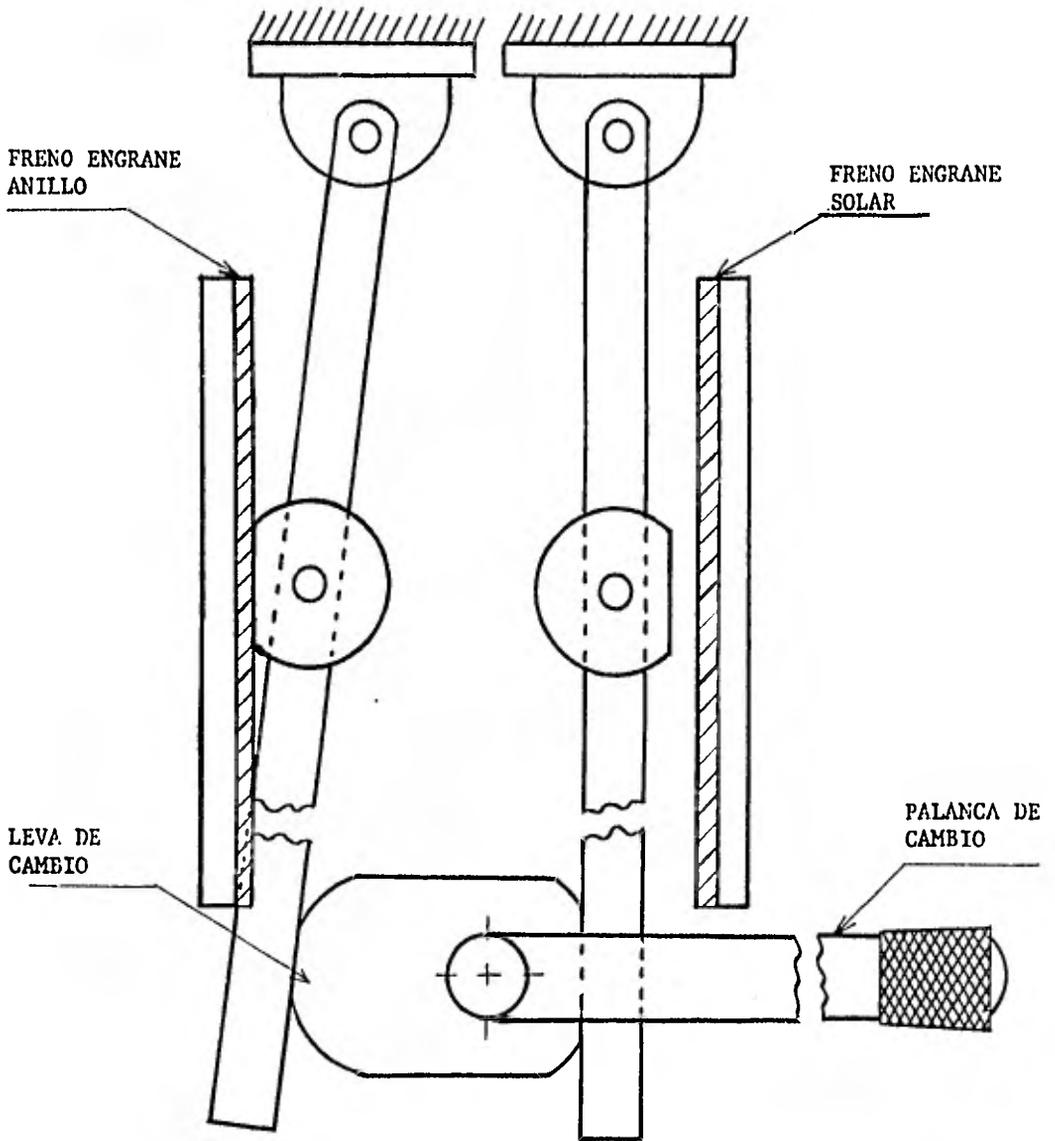


Fig. 3.5. Sistema de Embragues y Bandas Dentadas. Detalle del mecanismo de Cambio de Velocidad y de Frenos.

III DISEÑO PRELIMINAR Y SELECCION DE COMPONENTES

- c) Mediante una sola palanca es posible obtener los tres cambios de velocidad.
- d) No hay necesidad de contar con aditamentos especiales para el bloqueo de las poleas
- e) Fácil de adaptar este sistema en el conjunto motriz

Desventajas

- a) Un poco costoso debido a que varias piezas son maquinadas y se utilizan varios baleros.
- b) Las bandas dentadas no son de fabricación nacional, apenas se empiezan a fabricar en algunos tamaños.
- c) El sistema es voluminoso, y ocupa bastante espacio, para su colocación.

III-4.3 SISTEMA DE BANDAS V Y POLEAS TENSORAS

Este método es sumamente sencillo, consiste básicamente en tensar o destensar una banda V por medio de una polea tensora, de esta forma se conecta o desconecta la tracción al planetario de cambios. (fig. 3.6).

La polea tensora se debe colocar del lado holgado de la banda, para que solo sea necesaria ejercer la mínima fuerza para tensar la banda.

Para lograr los diferentes cambios de velocidad, se requiere de dos poleas tensoras, una por cada entrada del planetario de cambios y un mecanismo que permita

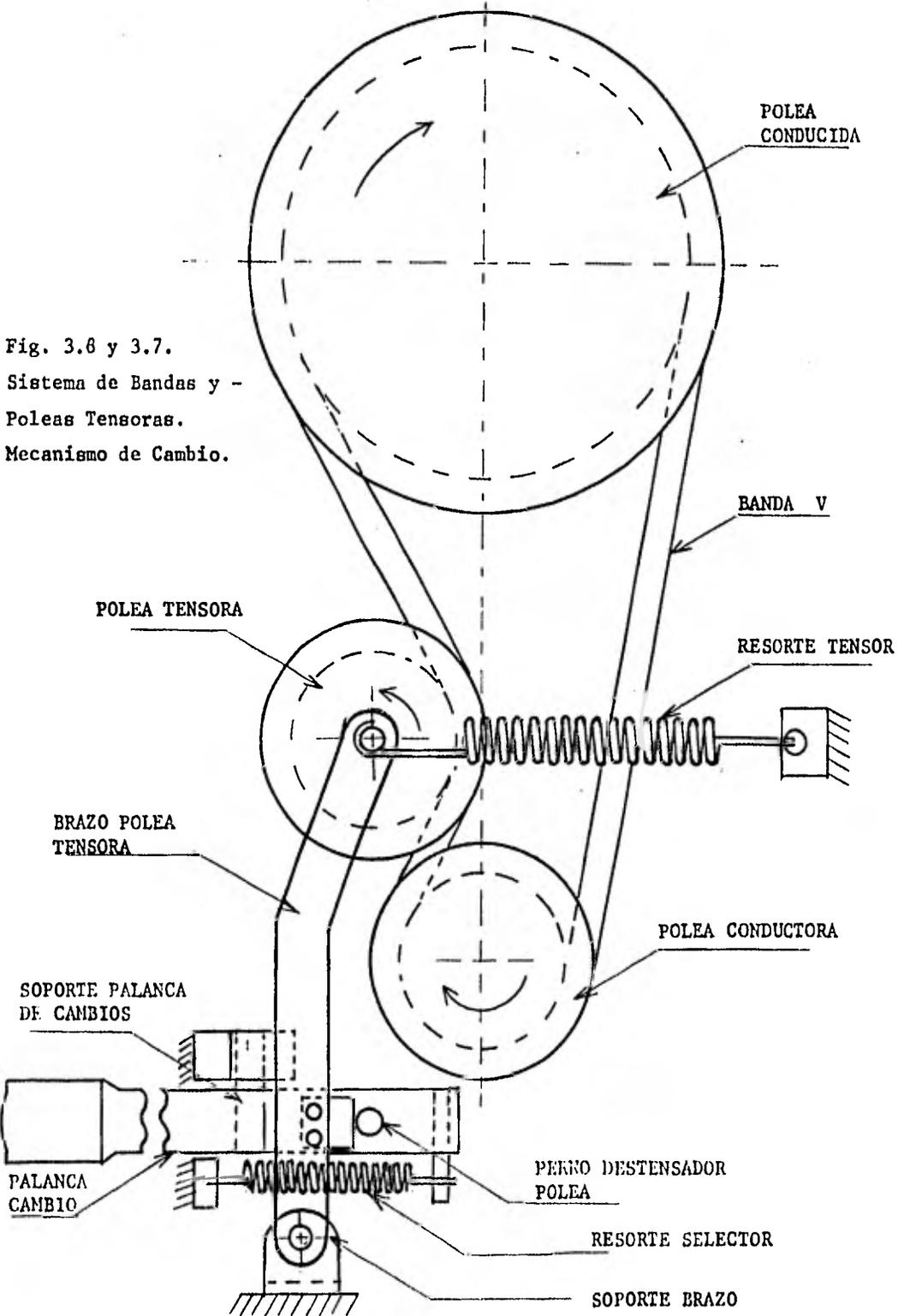


Fig. 3.6 y 3.7.
 Sistema de Bandas y -
 Poleas Tensoras.
 Mecanismo de Cambio.

III DISEÑO PRELIMINAR Y SELECCION DE COMPONENTES

tensar o destensar cada una de las poleas.

Para tensar las bandas se utiliza un sistema autojustable, que consiste en un resorte que es el que ejerce la tensión sobre la banda. Cuando se desea destensar la banda, el mecanismo de cambio vence la presión ejercida por el resorte.

Las diferentes velocidades se obtienen mediante una combinación de tensar y destensar las bandas de la siguiente manera:

La 1^a velocidad se obtiene tensando la banda que transmite la tracción al engrane solar de la caja planetaria, y manteniendo destensada la banda del engrane anillo. La 2^a velocidad se obtiene recíprocamente que la 1^a. La 3^a velocidad se logra manteniendo tensas las dos bandas.

En las figuras 3.6 y 3.7, se muestra un posible arreglo de este sistema, tanto del sistema de tracción como del mecanismo de cambios.

El sistema de bloqueo, se necesita añadir en forma independiente, para esto es necesario contar con un mecanismo de funcionamiento automático, de tal forma que sin contar con una palanca de mando independiente, el bloqueo de las poleas se logra cuando este se requiera.

De un análisis cinemático de la caja planetaria, se observa que el sentido de giro de la polea que va a ser bloqueada, es en sentido contrario de la que se le está suministrando la fuerza, debido a esta propiedad, es factible utilizar uno

III DISEÑO PRELIMINAR Y SELECCION DE COMPONENTES

de los diversos sistemas de freno antireversa. (fig. 3.8')

Principales ventajas del sistema de poleas tensoras.

- 1.- Facilidad de construcción, ya que el sistema es sumamente sencillo
- 2.- Bajo costo, ya que relativamente lleva pocas piezas, y estas muy sencillas.
- 3.- El sistema es muy compacto, y fácilmente de adaptar en el conjunto motriz.
- 4.- Es posible diseñar a detalle un sistema muy funcional y de gran duración.
- 5.- Se pueden efectuar los cambios de velocidad sin ningún inconveniente, ya sea con el motor funcionando o con el motor apagado.
- 6.- Es factible lograr el control de los tres cambios en una sola palanca.
- 7.- Se logra ajustar los diámetros de las poleas, para que den la reducción requerida, del motor al planetario.

Desventajas

- 1.- La banda está sometida a severos trabajos, lo cual repercute en una vida corta de la banda.
- 2.- El sistema de bandas es un poco ruidoso en su funcionamiento.

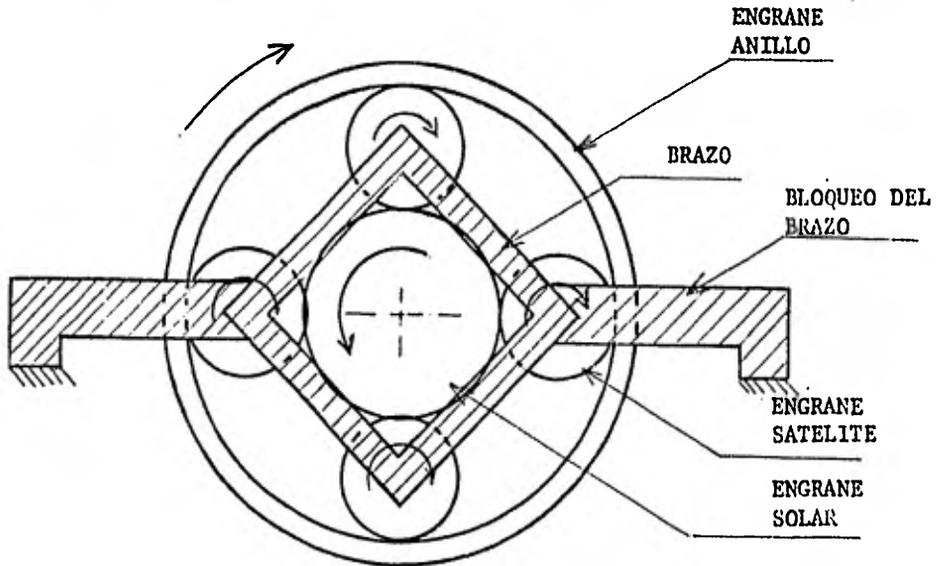
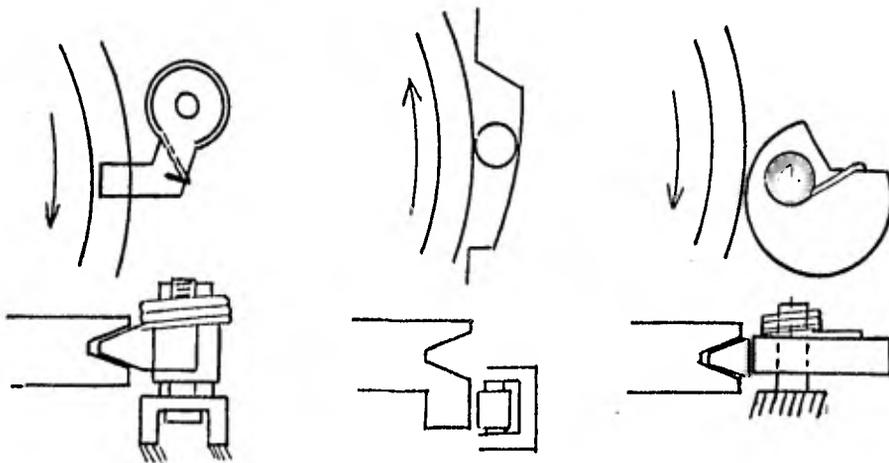


Fig. 3.8'. Sistema Planetario. Observese el sentido contrario de giro del -
Engrane Solar y el Engrane Anillo, cuando el Brazo esta bloqueado.



LEVA UNIDIRECCIONAL

RODILLO CON PISTA

LEVA EXENTRICA

Fig. 3.8 . Diversos Sistemas de Mecanismos Antireversa.

III DISEÑO PRELIMINAR Y SELECCION DE COMPONENTES

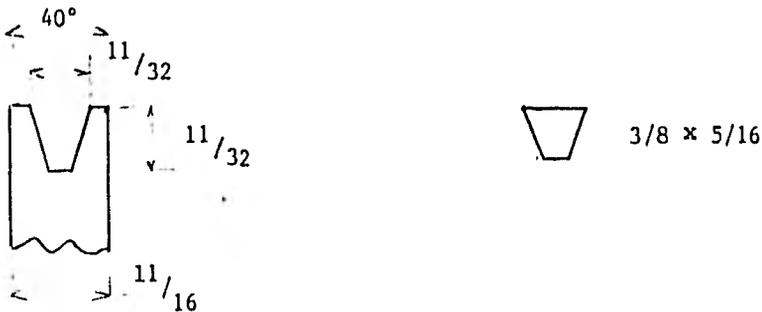
Respecto al Sistema de Freno Antireversa que necesita el sistema, el más apropiado por su simplicidad, facilidad de construcción e instalación, es el sistema de leva excéntrica. (fig. 3.8).

Tipo de Banda:

Para seleccionar el tipo más adecuado de Banda que debe utilizar este sistema, se deben considerar los siguientes parámetros, para escoger una de las recomendadas por los fabricantes de Bandas.

- Potencia a transmitir $3/4$ de H.P.
- Velocidad en la Polea Menor: 1750 R.P.M.
- Relacion de Reduccion 3.464: 1

De las Tablas de Seleccion de Bandas se marca como factible utilizar una Banda 3 V, con las siguientes dimensiones de sección transversal.



III-5. SELECCION DE LA MEJOR ALTERNATIVA

Del análisis de los diferentes métodos para la Transmisión de la Tracción, se puede decir que el método más apropiado, principalmente por sus características

III DISEÑO PRELIMINAR Y SELECCION DE COMPONENTES

de sencillez, bajo costo y facilidad de construcción, es el sistema de bandas en V y poleas, utilizando como freno antireversa el sistema leva excéntrica.

III- 6. RESUMEN DE ELEMENTOS

Bien hasta esta parte del proyecto, se tienen las condiciones, para comenzar el diseño a detalle de los elementos que formarán el conjunto motriz, estos elementos resultaron de la mejor selección de las diferentes alternativas, en resumen se tiene:

El cabezal lo formarán dos sistemas planetarios colocados en cascada, uno para los cambios de velocidad y otro para el planetario de salida, las entradas de tracción al cabezal serán por un sistema de bandas en V y poleas tensoras y un sistema de freno antireversa de leva excéntrica.

IV

Diseño a Detalle del Conjunto Motriz

IV - 1. DISEÑO DEL CABEZAL

Para el diseño a detalle de los diversos elementos que constituirán el cabezal, es muy importante considerar cuidadosamente los siguientes factores:

- 1.- Potencia de operación
- 2.- Tipo de lubricación
- 3.- Costo de fabricación de cada elemento del conjunto
- 4.- Procesos necesarios para la fabricación de cada elemento
- 5.- Duración de los elementos de acuerdo a su función
- 6.- Tipo de lubricante del sistema

IV DISEÑO A DETALLE DEL CONJUNTO MOTRIZ

- 7.- Peso total de los elementos
- 8.- Cálculo de resistencia de los diversos elementos
- 9.- Facilidad de ensamble del conjunto
- 10.- Sistema de protección contra cargas súbitas
- 11.- Facilidad en el suministro de partes
- 12.- Tolerancias de los diversos elementos
- 13.- Facilidad en el intercambio de piezas
- 14.- Tipo de material, de acuerdo a la función que desempeña cada elemento

Nota:

Debido a que este proyecto tiene como meta la construcción de un solo prototipo, no se hará un análisis de valor, de cada uno de los elementos, ya que esto implica gran cantidad de tiempo y costo, pero si se pretende dejar el camino abierto, para una posterior optimización de la funcionalidad de los diversos elementos.

Antes de llegar al modelo definitivo del cabezal, se plantean a continuación una serie de configuraciones que previamente se realizaron para obtener un modelo de definitivo.

En la fig. 4.1 se muestra una primera configuración, en ésta se puede observar la colocación de los dos planetarios en cascada, siendo el superior el planetario de cambios, con sus dos entradas independientes. La polea superior está conectada al engrane solar y la inferior al engrane anillo, el brazo de entrada está conectado a la flecha acopladora y ésta a su vez con el engrane solar inferior. El engrane anillo inferior está empotrado fijamente en la carcasa, y el brazo de salida se encuentra empotrado libremente sobre la flecha acopladora. La flecha de salida está conectada directamente a un engrane satélite del planetario inferior y está soportada por medio de dos baleros de bolas al brazo de salida del conjunto.

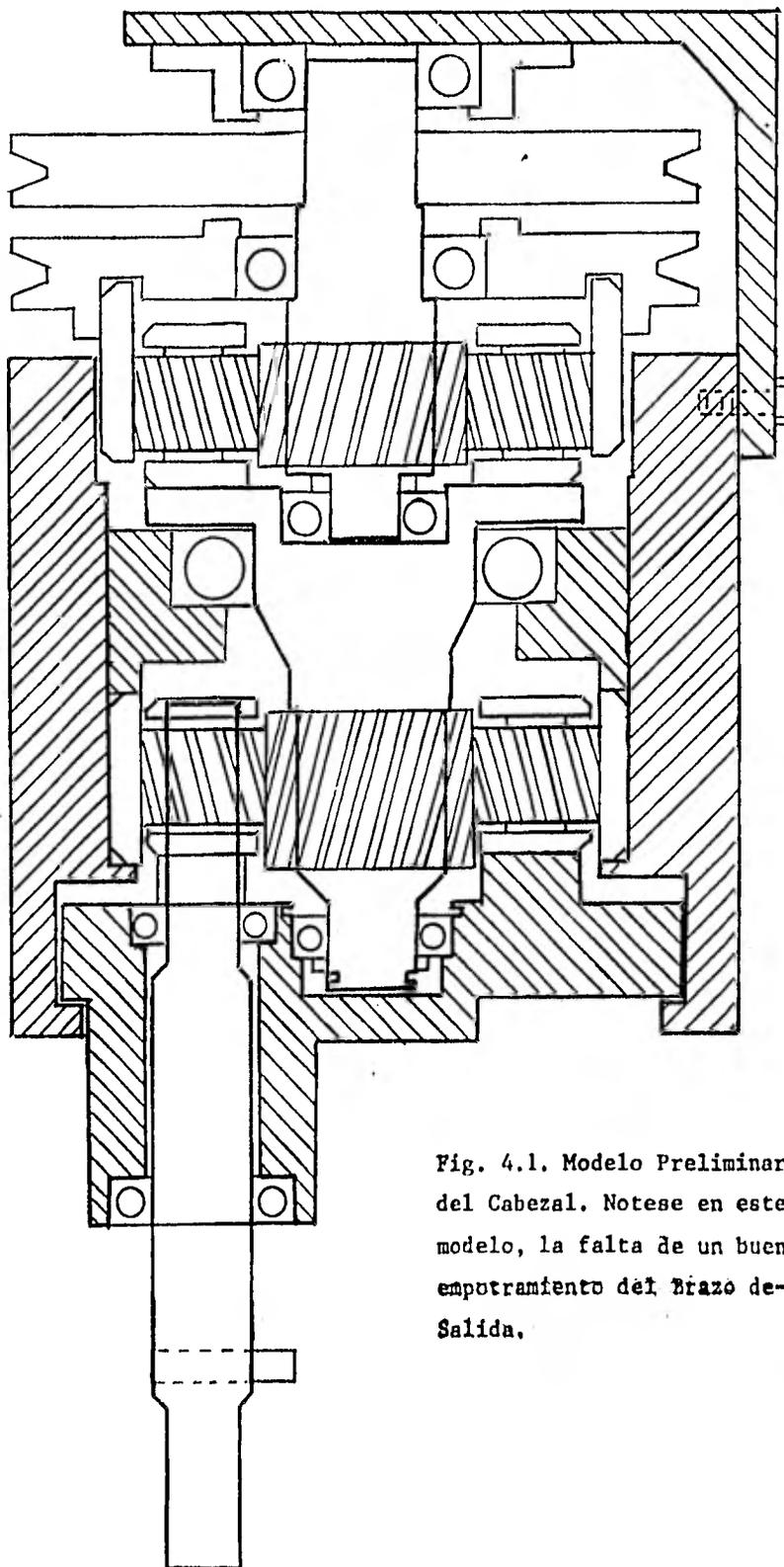


Fig. 4.1. Modelo Preliminar del Cabezal. Notese en este modelo, la falta de un buen empotramiento del Brazo de Salida.

IV DISEÑO A DETALLE DEL CONJUNTO MOTRIZ

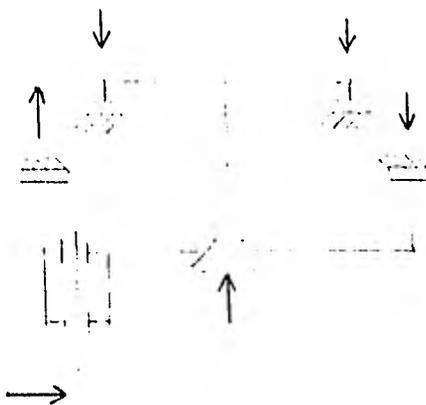
De un análisis objetivo de esta primera configuración, se encuentran las siguientes desventajas.

- 1.- El empotramiento superior de la flecha de entrada, se encuentra en forma independiente de la carcaza, lo que ocasiona que sea muy difícil de ajustar la concentricidad de esta flecha.
- 2.- Falta de rigidez del empotramiento del brazo de salida, éste solo se empostra sobre la flecha acopladora, y esta a su vez solo en el balero de bolas central.

Considerando estas desventajas, en la fig. 4.2 se plantea un segundo arreglo, que resuelve estos problemas, y algunos otros no considerados.

En esta figura se puede observar que la flecha de entrada, está perfectamente empotrada, de esta manera la concentricidad de esta flecha es mucho más fácil de lograr.

Respecto a la rigidez del brazo de salida, aquí se ha hecho un cambio notable, con la introducción de un balero de carga axial, teniendo este que soportar la carga radial sobre el brazo de salida, nótese también la introducción del balero cónico en el brazo de salida, teniendo este como función soportar el brazo y comprimir el balero de axial para que este soporte las cargas radiales sobre el brazo de salida.



IV DISEÑO A DETALLE DEL CONJUNTO MOTRIZ

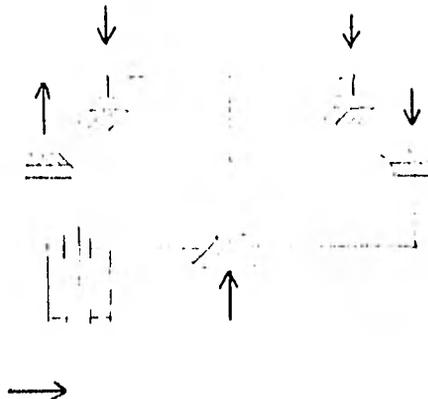
De un análisis objetivo de esta primera configuración, se encuentran las siguientes desventajas.

- 1.- El empotramiento superior de la flecha de entrada, se encuentra en forma independiente de la carcaza, lo que ocasiona que sea muy difícil de ajustar la concentricidad de esta flecha.
- 2.- Falta de rigidez del empotramiento del brazo de salida, éste solo se empotra sobre la flecha acopladora, y esta a su vez solo en el balero de bolas central.

Considerando estas desventajas, en la fig. 4.2 se plantea un segundo arreglo, que resuelve estos problemas, y algunos otros no considerados.

En esta figura se puede observar que la flecha de entrada, está perfectamente empotrada, de esta manera la concentricidad de esta flecha es mucho más fácil de lograr.

Respecto a la rigidez del brazo de salida, aquí se ha hecho un cambio notable, con la introducción de un balero de carga axial, teniendo este que soportar la carga radial sobre el brazo de salida, nótese también la introducción del balero cónico en el brazo de salida, teniendo este como función soportar el brazo y comprimir el balero de axial para que este soporte las cargas radiales sobre el brazo de salida.



IV DISEÑO A DETALLE DEL CONJUNTO MOTRIZ

La figura muestra el diagrama de cuerpo libre de la parte inferior del cabezal nótese como la fuerza radial sobre la flecha de salida es contrarrestada por un par de fuerzas actuando en el balero axial.

Analizando esta configuración, se encontró la siguiente desventaja.

Debido a que los engranes satélites, ya están previamente, tratados térmicamente, no es posible hacer un cuñero interior en ellos para acoplarlos con la flecha de salida, por lo cual es necesario recurrir a otro medio de unión. En la figura 4.2. se muestra un cuñero transversal, de esta manera se logra la unión pero se tiene la desventaja de que el engrane satélite fácilmente puede cambiar de posición axial y desacoplar la unión.

En la figura 4.3 se muestra un diseño en el cual la flecha de salida se encuentra empotrada en baleros cónicos, esto tiene como finalidad aprovechar el ajuste que se les da a los baleros, para comprimir el cuñero transversal del engrane satélite. Respecto al balero central este se cambia por un balero similar pero de forma cónica, ya que este tiene mejor capacidad de absorber carga axial y radial.

En este arreglo también se modificó el soporte del balero superior de la flecha de entrada, ya que en el pasado arreglo, se dificultaba la tarea de introducir las bandas.

Respecto a los retenes de lubricación, se tiene el inconveniente de contar con un diámetro en brazo de salida cuyas dimensiones dificultan la aplicación de retenes comerciales ya que estos tienen un diámetro exterior demasiado grande el cual ocupa mucho espacio y aumenta innecesariamente el diámetro exterior de la carcasa. Para evitar el uso de un retén de fabricación especial, se utiliza una cinta de teflón para lograr el sellado, ya que esta ocupa muy poco espacio

IV DISEÑO A DETALLE DEL CONJUNTO MOTRIZ

y además su costo es muy reducido respecto a otros tipos de retenes. Esta cinta solo se utiliza para sellar el brazo de salida, y el engrane anillo superior. La flecha de salida se sellará con un retén de fabricación comercial.

Nótese en la figura 4.3 que el brazo de salida lleva un contrapeso, con el fin de balancear la excentricidad de la flecha de salida. Este contrapeso solo logra cubrir en un 60% la carga por desbalanceo, ya que para lograr un balanceo perfecto, resulta que es necesario un contrapeso de tamaño excesivo.

El modelo de la figura 4.3, se intentó realizar su fabricación, pero aparecerán problemas en el maquinado de algunas piezas que eran muy laboriosas y que llevaban un excesivo tiempo de fabricación. Principalmente el elemento que ofrecía mayores inconvenientes era el brazo de salida, (fig. 4.3), en el cual se observa el difícil maquinado del espacio del balero cónico soporte del brazo y la tuerca de ajuste del mismo.

Para solucionar este problema en figura 4.4 se muestra un arreglo que en esencia tiene el mismo funcionamiento, pero el tiempo de fabricación de sus partes se ve reducido respecto al anterior, además de este arreglo hace al sistema más rígido y adquiere este una forma más integral.

El modelo de la figura 4.4 es definitivo, y para su fabricación se elaborarán los planos de taller de cada una de las piezas.

IV - 2. SELECCION DE MATERIALES, PROCESOS DE FABRICACION Y LUBRICANTES

Carcaza y Brazo de Salida.- Debido al tamaño y forma que tienen, el método más económico es mediante fundición gris, se selecciona este tipo, debido a sus características de absorber pequeñas vibraciones. La fundición tiene la desventaja

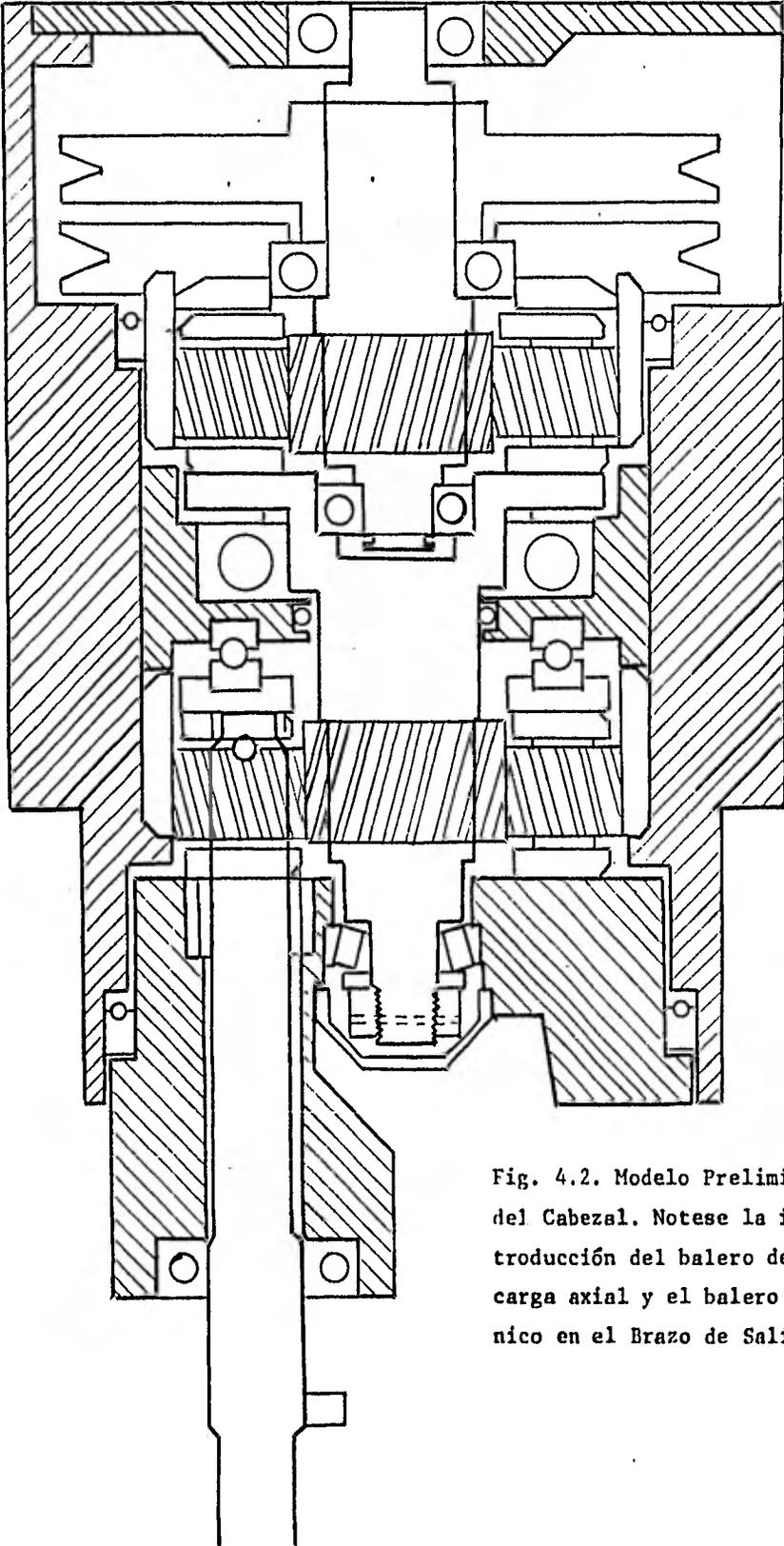


Fig. 4.2. Modelo Preliminar del Cabezal. Notese la introducción del balero de carga axial y el balero cónico en el Brazo de Salida.

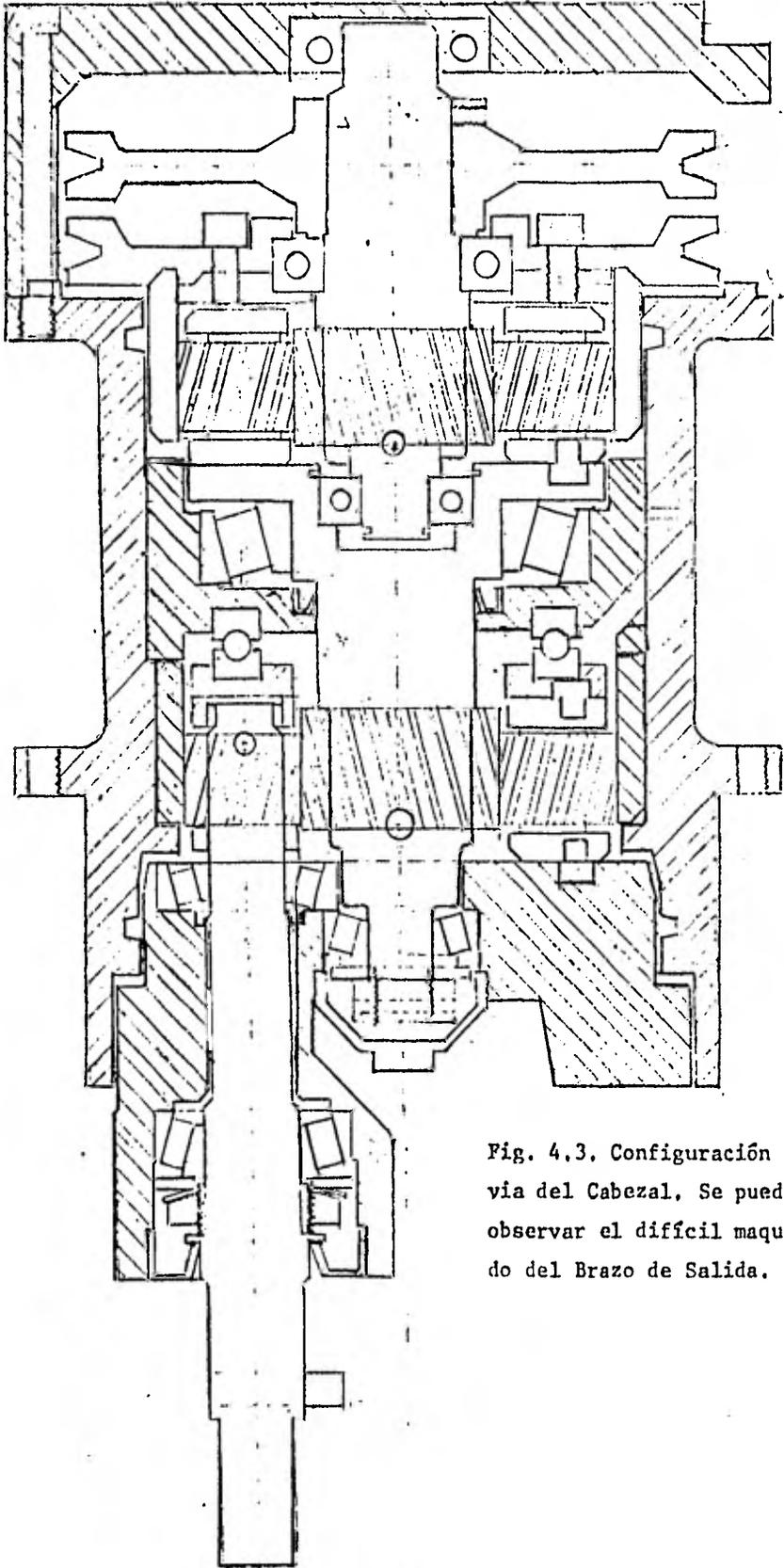


Fig. 4.3. Configuración pre
via del Cabezal. Se puede -
observar el difícil maquina
do del Brazo de Salida.

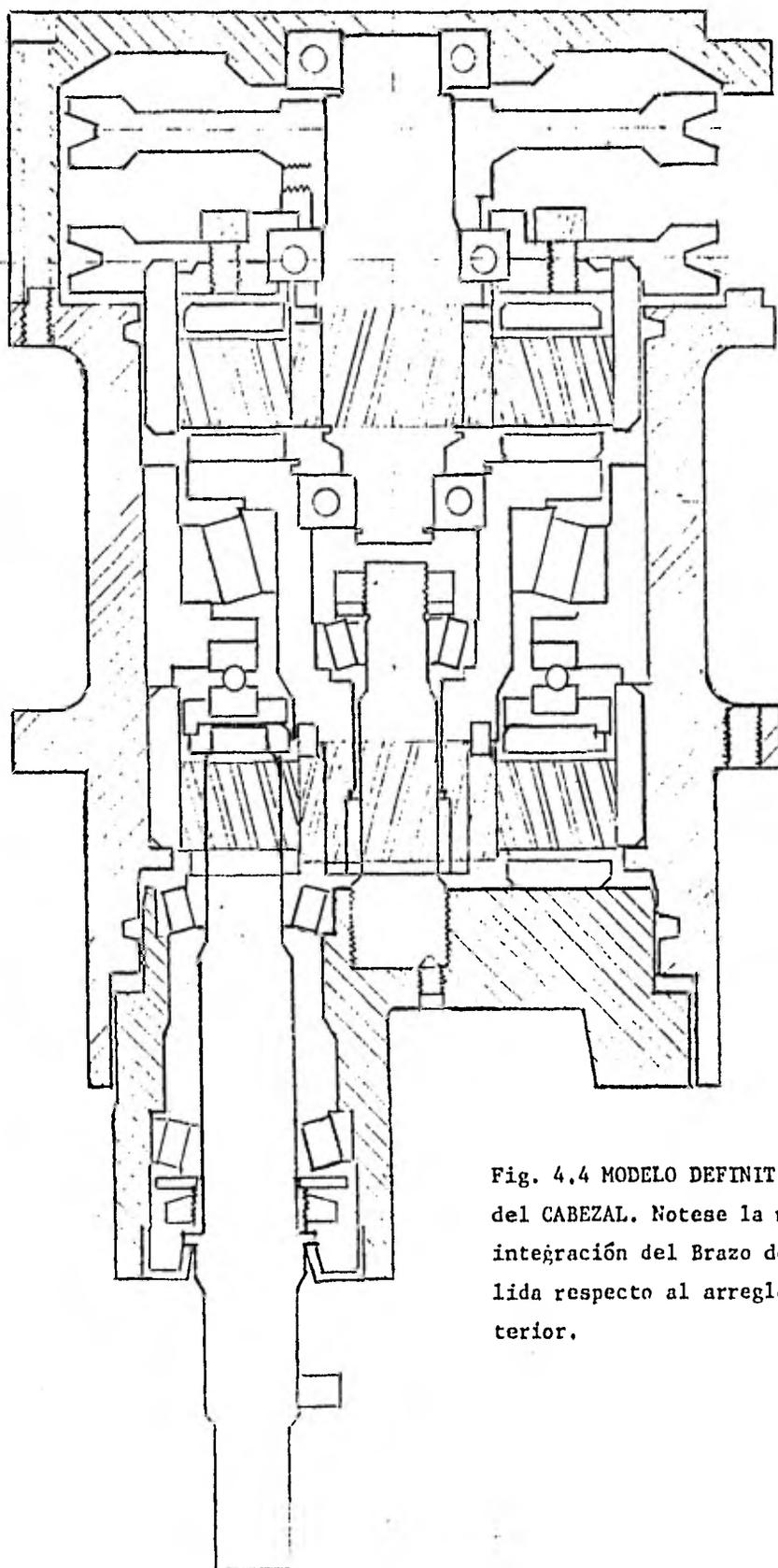


Fig. 4,4 MODELO DEFINITIVO -
del CABEZAL. Notese la mejor
integración del Brazo de Sa-
lida respecto al arreglo an-
terior.

IV DISEÑO A DETALLE DEL CONJUNTO MOTRIZ

de ser costosa para fundir una sola unidad, ya que es necesario fabricar modelos de madera previamente.

Flechas.- Estas se pueden fabricar de un acero de bajo contenido de carbono, ya que no van sometidas a excesivos esfuerzos, como posteriormente se demostrará en la memoria de cálculos. Se puede escoger un material cold roll 1045 que aunque tiene bajo contenido de carbono es ya posible hacerle un templado, además es relativamente baja la diferencia de costo con respecto a un material económico.

Respecto a la flecha central esta se tiene que fabricar con un material que tenga un alta dureza superficial, ya un balero de agujas correra directamente sobre su superficie.

Baleros.- Se seleccionan baleros de uso común y de fácil adquisición en el mercado nacional.

Sellos y Retenes.- La cinta teflón es de uso muy común y los retenes de fabricación comercial.

En forma general el proceso de fabricación del 95% de las piezas es por torno, situación que hace depender totalmente de esta máquina herramienta para la fabricación del cabezal.

Lubricación.- La lubricación del cabezal, se puede realizar con aceite de alto grado de viscosidad, propio de transmisiones mecánicas o bien con grasa mineral.

IV- 3. ILUSTRACIONES DE LOS COMPONENTES DEL CABEZAL

Las siguientes ilustraciones muestran la realización física del modelo de la figura 4.4.

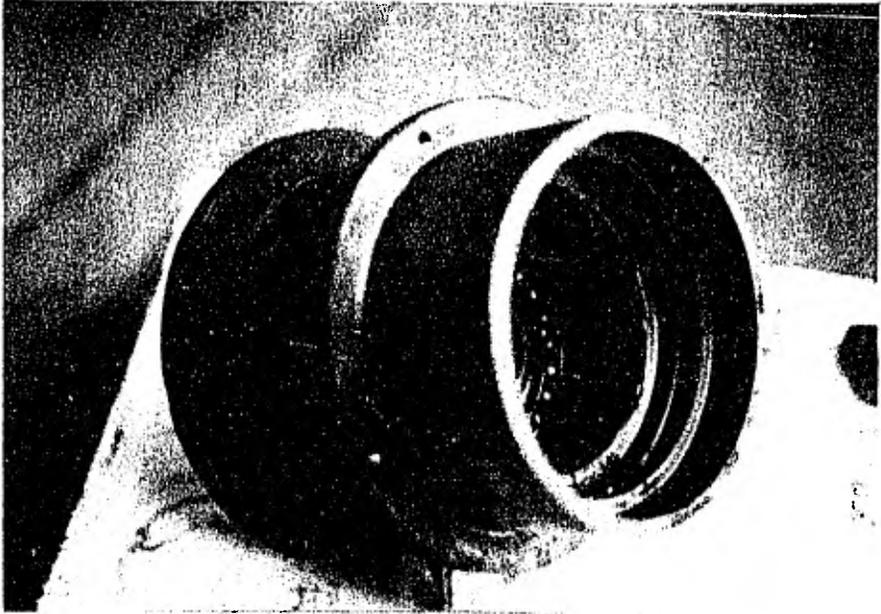


Fig. 4.5. Vista inferior de la Carcaza del Cabezal.

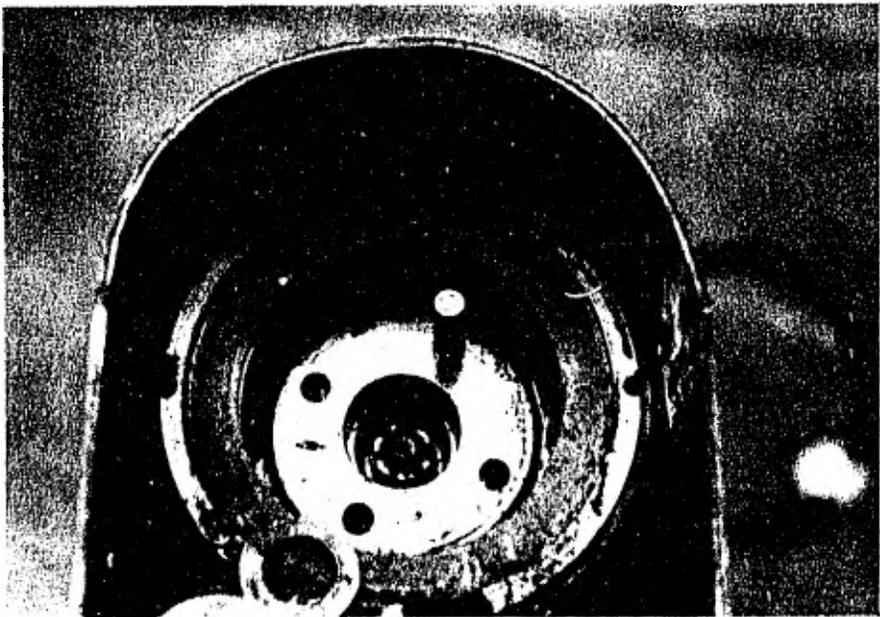


Fig. 4.6. Parte superior de la Carcaza, donde se aprecia el empotramiento



Fig. 4.7. Detalle de la unión del Engrane Satellite con la Flecha de Salida del Cabezal, se puede apreciar el dentado helicoidal del engrane.

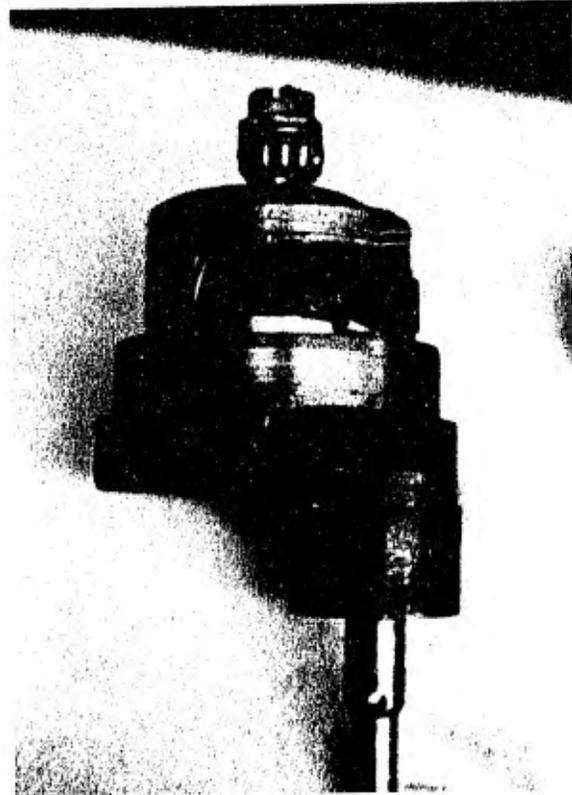
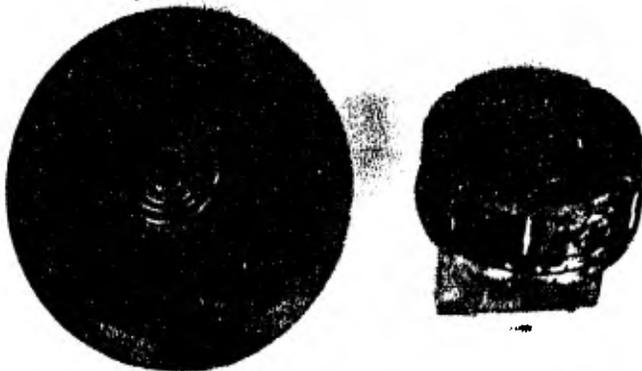


Fig. 4.8. Brazo de Salida del Cabezal, notese el empotramiento del Brazo del Planetario.

IV DISEÑO A DETALLE DEL CONJUNTO MOTRIZ



Fig. 4.9. Brazo de Salida y Flecha de Salida, notese la aplicación de -
Baleros Cónicos.



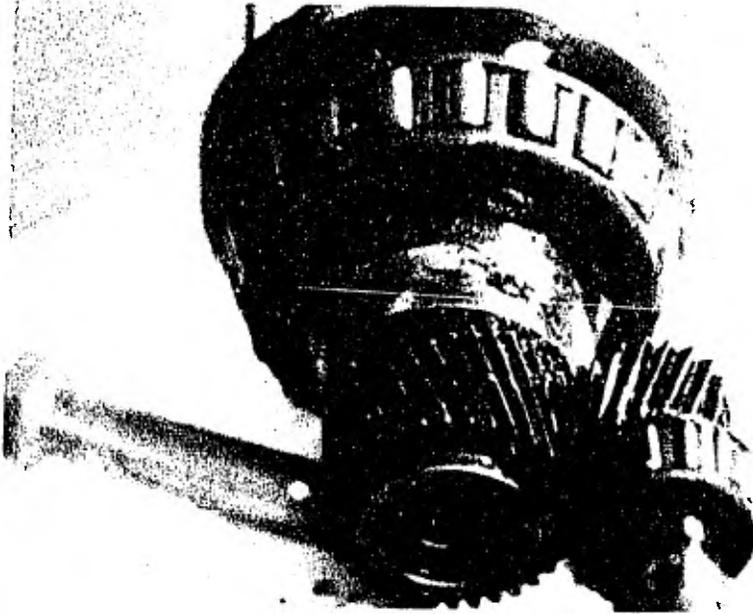


Fig. 4.11. Detalle del engranaje de la Flecha Acopladora con la Flecha - de Salida.

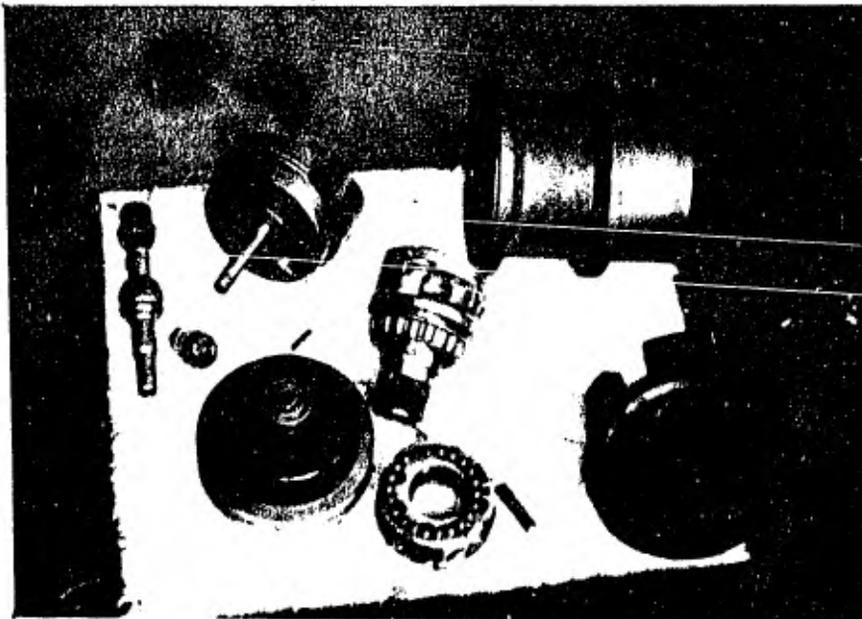


Fig. 4.12. Vista general de todos los componentes del Cabezal.

IV DISEÑO A DETALLE DEL CONJUNTO MOTRIZ

IV- 4. DISEÑO DEL MECANISMO DE CAMBIOS

En el capítulo anterior se decidió utilizar el sistema de bandas y poleas ten-soras, un mecanismo de cambio de tres posiciones y un sistema de leva excéntrico como mecanismo de bloqueo. Estos sistemas además de las características citadas en el capítulo anterior tienen las siguientes:

- 1.- Costo muy reducido de fabricación, tanto en materiales como mano de obra.
- 2.- Funcionamiento muy sencillo y suma facilidad de operación.
- 3.- No se daña por cambios de velocidad excesivos y rápidos.
- 4.- Sistema autojustable de las bandas.
- 5.- Cambio de bandas con suma sencillez y en un tiempo mínimo.
- 6.- Mínimo mantenimiento.

En las siguientes fotografías se ilustran la realización física de estos sistemas

IV DISEÑO A DETALLE DEL CONJUNTO MOTRIZ

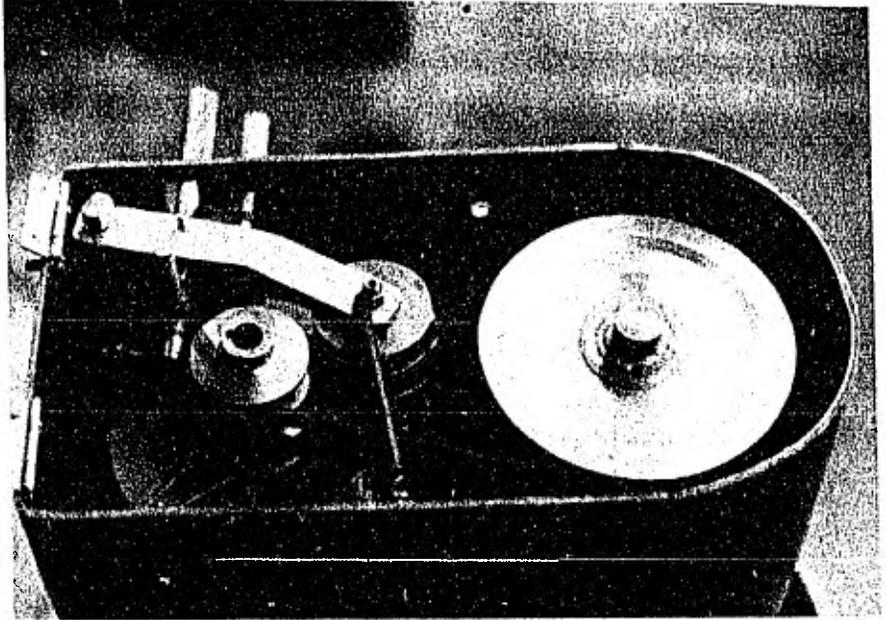


Fig. 4.13. Vista del Sistema de Cambios donde se observa la Palanca - Selevtora y las Poleas Tensoras.

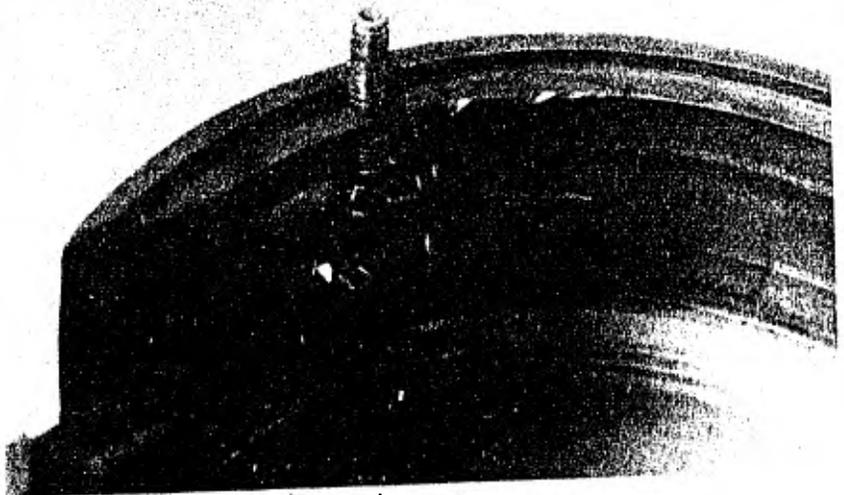


Fig. 4.14. Detalle del Sistema de Levas Exéntricas empotradas en el -

V

Diseño a Detalle del Conjunto Bastidor

V- 1. DISEÑO DEL MECANISMO DE REMOCION DE HERRAMIENTAS

Debido al tipo de acoplamiento de la Flecha de Salida con la Herramienta de Ba-tido, es necesario contar con un sistema que permita la remoción de ésta última y a la vez permitir que el Tazón de Batido también se pueda remover.

Para el diseño del mecanismo, se deben considerar las siguientes característi--cas:

- 1.- Es necesario un soporte que permita fácilmente la remoción del Tazón y

V DISEÑO A DETALLE DEL CONJUNTO BASTIDOR

que tenga la suficiente rigidez para contrarestar los esfuerzos en la etapa de mezclado.

- 2.- Es necesario diseñar un sistema en cual con suma facilidad, se puedan intercambiar las diferentes herramientas de batido.
- 3.- Se debe considerar el mínimo esfuerzo por parte del operador al accionar algún mecanismo.

Considerando estos factores se plantea la posibilidad de utilizar un mecanismo de columpio (fig. 5.1).

Descripción del sistema:

Debido al tipo de acoplamiento de la flecha de salida con la herramienta de batido (fig. 5.7), para la remoción de esta última, es necesario desplazar al tazón de batido verticalmente hacia abajo, este movimiento se puede obtener con la combinación de una corredera lineal accionada por un mecanismo de columpio (fig. 5.1).

Un mecanismo de columpio permite trabajar dos posiciones ~~la~~ corredera, aprovechando el punto muerto superior e inferior.

Para facilitar la operación de localizar a la corredera en el punto muerto superior, se puede utilizar la ayuda de un resorte. La posición inferior, se logra fácilmente venciendo con ayuda de una manivela y el peso de la mezcla, la fuerza ejercida por el resorte.

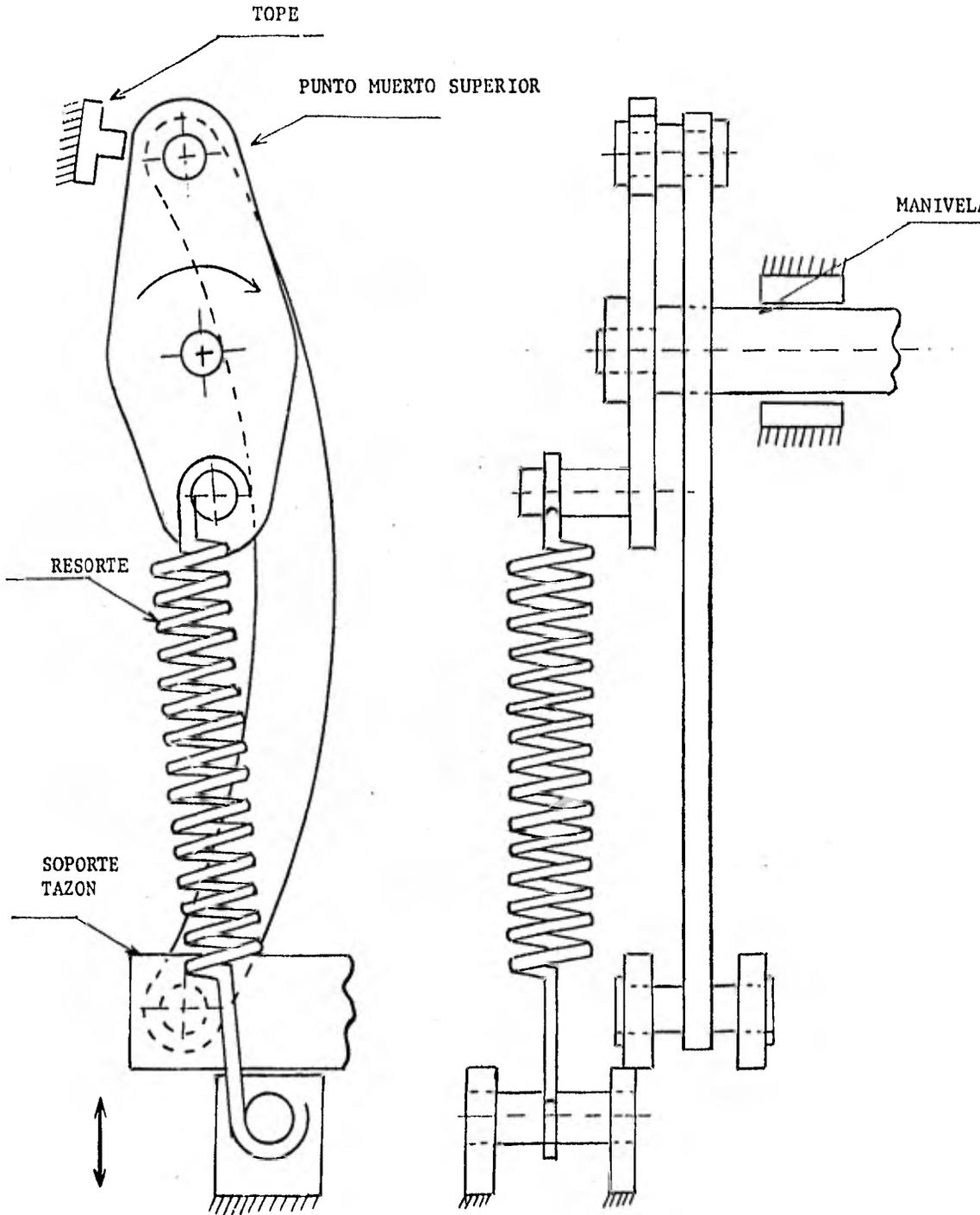


Fig. 5.1. Mecanismo de Columpio. Se observa el mecanismo en el Punto Muerto Superior. Para alcanzar el Punto Muerto Inferior hay que vencer la presión - ejercida por el Resorte.

V DISEÑO A DETALLE DEL CONJUNTO BASTIDOR

En las siguientes ilustraciones se muestra la realización física de este sistema adaptado a la mezcladora.

V-2. DISEÑO DEL BASTIDOR

Debido a que previamente se han definido en esencia el diseño de los elementos que conforman la mezcladora, es factible diseñar el conjunto bastidor, considerando las siguientes características:

- 1.- Una rigidez adecuada para soportar a todos los elementos, aún cuando la máquina opere a plena carga.
- 2.- Proporcionar estabilidad al sistema cuando esté operando a cualquier velocidad y carga.
- 3.- Estética y funcionalidad del conjunto.
- 4.- Proporción y uniformidad del conjunto, esto es con la idea de que se vea un conjunto integral.
- 5.- Un peso adecuado del conjunto, esto es que tenga la suficiente capacidad de estabilizar al sistema, y proporcionar una rigidez adecuada.
- 6.- Facilidad de limpieza. Ya que es una máquina que va a estar en contacto con productos alimenticios.
- 7.- Un conjunto pequeño y compacto, optimizando al máximo los espacios.
- 8.- Rápida y fácil fabricación ya que esto implica una reducción en los costos.

V DISEÑO A DETALLE DEL CONJUNTO BASTIDOR

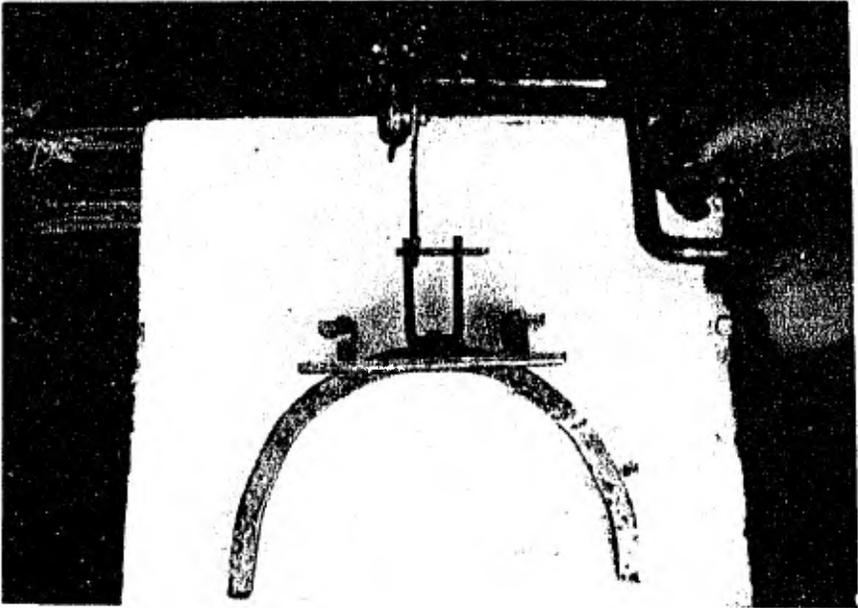
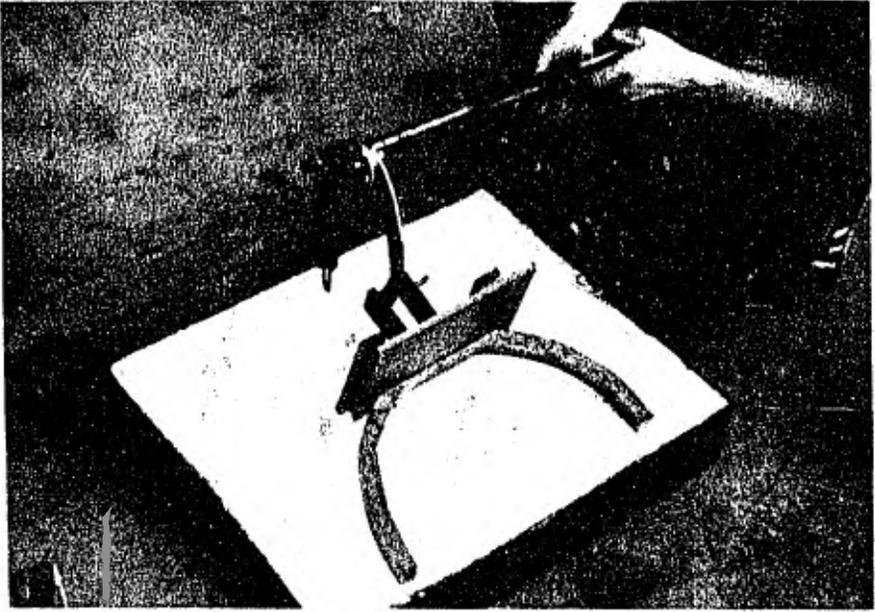


Fig. 5.2. Mecanismo de Remoción de Herramientas. En las fotografías se puede apreciar el Sovorte del Tazón, las Guías de las Correderas y el Mecanis

V DISEÑO A DETALLE DEL CONJUNTO BASTIDOR

Alternativas de fabricación.

El bastidor se puede fabricar de diversos materiales y procesos, entre los más factibles se encuentran: a) fundición gris o fundición de aluminio.

b) placa conformada estructuralmente.

Debido a que se va a fabricar un solo prototipo al hacerlo de fundición tiene como inconveniente el tener que fabricar los modelos y estos son muy costosos, incrementando de esta manera muchísimo el costo del bastidor. En fabricación por lote este método si se justifica, porque el modelo se amortiza rápidamente, resultando la fundición, ser más económica que otros métodos. Además la fundición da una mayor rigidez y una mejor presentación que otros procesos.

Para el bastidor del prototipo, el método menos costoso y que cumple con las características pedidas previamente, es la fabricación del bastidor por placa conformada estructuralmente.

Debido a las características de tamaño y peso de la mezcladora, un espesor de placa 3/16" es el más conveniente de utilizar.

Las siguientes ilustraciones muestran la realización física del bastidor con placa conformada, además diferentes vistas de la mezcladora exteriormente en la etapa de ensamble de los diferentes elementos.

V DISEÑO A DETALLE DEL CONJUNTO BASTIDOR

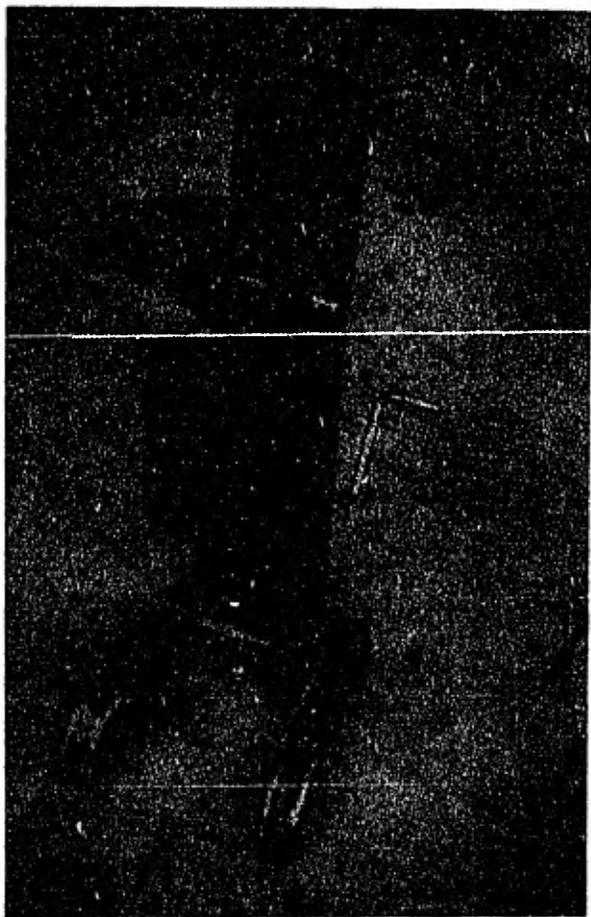


Fig. 5.3. Conjunto Bastidor, note-se la rigidez que adquiere el Con-junto con la Placa Doblada Estructuralmente.

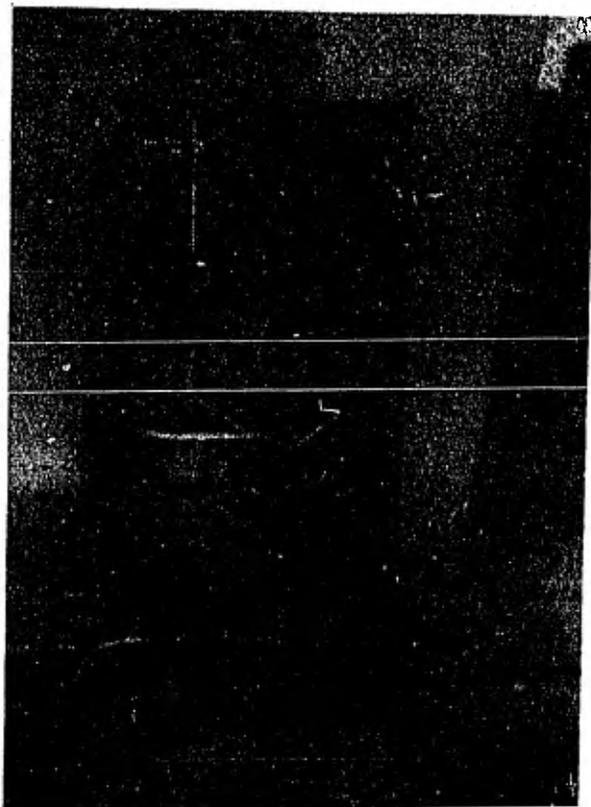


Fig. 5.4. Vista lateral del Conjunto en la etapa de en-samblado.



Fig. 5.5. Vista Frontal de la Mezcladora

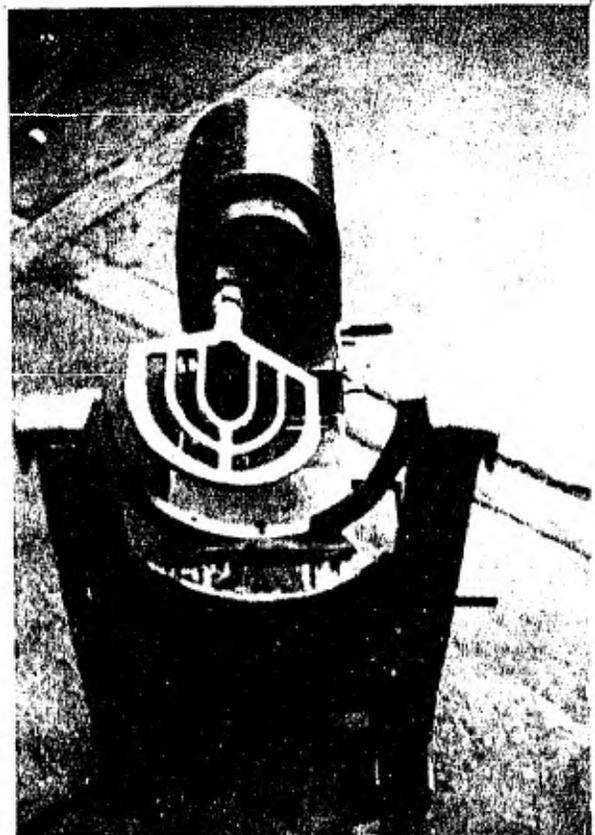
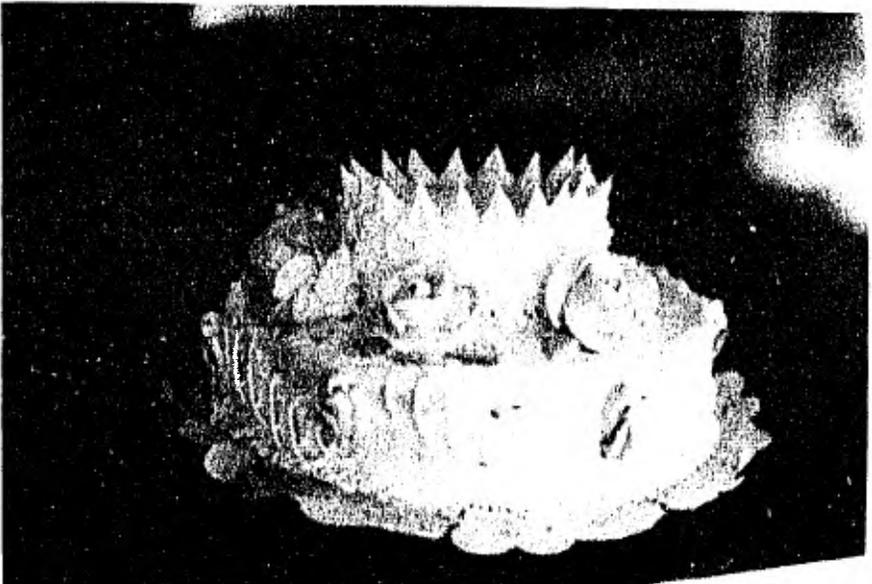


Fig. 5.6. Vista Inferior, note-se el acoplamiento de la Herramienta de Batido con el Planetario.

V DISEÑO A DETALLE DEL CONJUNTO BASTIDOR



Fig. 5.7. En la fotografía se puede apreciar las dimensiones de una Mezcladora de 20 litros



VI

Memoria de Calculos

ANALISIS DE PIEZAS SUJETAS A CARGA CRITICA EN EL CABEZAL.

VI. 1 - FLECHA DE SALIDA (ver fig. 4.4)

Cálculo de las cargas sobre la flecha :

- Par de Torsión

Suposición 1.- La potencia se transmite sin pérdidas desde el motor, con una relación de transmisión máxima de 35:1

Esta relación para el caso de la la. velocidad.

VI MEMORIA DE CALCULOS

El par desarrollado por el motor es : $T = \frac{63025 \times Pot}{N}$

donde :

$$Pot = \text{Potencia del motor} = 0.75 \text{ H.P.}$$

$$N = \text{Velocidad angular} = 17.50 \text{ R.P.M.}$$

$$T = \frac{63025 \times 0.75}{1750} = 27.01 \text{ lb - pulg}$$

$$= 31.14 \text{ Kg - cm}$$

El par en la flecha de salida es :

$$T_f = T \times \mu$$

donde : $\mu = \text{relación de transmisión} = 35$

$$T_f = 31.14 \times 35 = 1085 \text{ Kg - cm.}$$

FUERZA FLECTORA Y MOMENTO FLEXIONANTE :

Suposición 2.- Se considera el caso en que una fuerza externa actuando sobre la flecha impida la rotación del brazo.

Por estar la flecha excéntrica ($e = 4 \text{ cm}$) respecto al centro del brazo, - esta fuerza tendría una magnitud $F = \frac{T_f}{e} = \frac{1085}{4} = 271 \text{ Kg}$, pero como la fuerza tendrá que aplicarse en la orilla de la paleta, con lo que el radio total de giro es de 16 cm. quedando

$$F = \frac{1085}{16} = 67 \text{ Kg.}$$

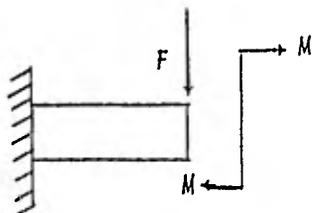
Suposición 3.- Se toma el peor de los puntos de aplicación de la carga, que se da como una fuerza localizada en el centro de la paleta, con lo cual - el brazo de palanca es de 15 cm.

$$M = F \cdot \ell = 67.18 \times 15 = 1017 \text{ Kg - cm.}$$

Para el análisis de las cargas, se considera a la flecha como una viga en -

VI MEMORIA DE CALCULOS

cantiliver, sujeta a un par (T), una carga (F), y a un momento flexionante (M), teniéndose el siguiente modelo de carga



Análisis de la resistencia a la fatiga del material.

El material empleado es un acero 1045 C.R. que tiene las siguientes características :

Resistencia a la tracción $S_{ut} = 7240 \text{ kg/cm}^2$

El límite de Resistencia a la Fatiga (Se') de acuerdo a las experiencias de Ch. Lipson y R. C. Juvinal*, se puede deducir de la relación

$$Se' = 0.5 S_{ut}$$

de donde :

$$Se' = 0.5 \times 7240 = 3620 \text{ kg/cm}^2$$

Este valor sería el correspondiente, según Juvinal a la resistencia de una probeta normalizada. Los cambios existentes en la probeta y la pieza real, se toman en cuenta en factores correctivos de acuerdo a lo sugerido por -- Marín*, quedando :

* - Ch.Lipson, R.C. Juvinal. "Applications of Stress. Analysis to Design and Metallurgy" Ann Arbor Mich. 1961. University of Michigan. Summer Conference.

* Joseph Marín "Design for Fatigue Loading" . Machine Design. Vol. No. 2, pag. 127, feb. 1957.

$$S_e = k_a k_b k_c k_d k_e k_f S_e'$$

donde.

S_e = Límite de resistencia a la fatiga de la pieza.

k_a = Factor de corrección por Acabado Superficial

k_b = " " " " Tamaño

k_c = " " " " Confiabilidad

k_d = " " " " Temperatura

k_e = " " " " Concentración de Esfuerzos

k_f = " " " " Factores Diversos

En este caso sólo consideramos

k_a , k_b y k_c .

Marín sujere la siguiente evaluación de estos factores:

$$k_a = 0.65$$

$$k_b = 0.85$$

$$k_c = 0.879$$

De acuerdo con esto:

$$S_e = (0.85) (0.85) (0.879) (3620) = 2298 \text{ Kg/cm}^2$$

Análisis de Esfuerzos.

De acuerdo al modelo de carga usado, se presentan los siguientes esfuerzos

- Esfuerzo debido a la Torsion

$$\tau = \frac{16 T}{\pi d^3}$$

* Joseph Marín. "Design for Fatigue Loading" Machine Desing.

Vol. No. 2, pag. 127. Feb 21 1957.

Sustituyendo valores.

$$\tau = \frac{(16) (1085)}{(\pi) (2.54)} = 337.20 \text{ Kg/cm}^2$$

De acuerdo en lo establecido por Sines* Si el elemento cargado por un momento torsionante continuo y un momento flexionante alternante, como es el caso actual, el esfuerzo inducido por la torsión no sobre pasa en un 50% al esfuerzo de fluencia del material, se puede prescindir de éste y calcularse tan sólo por flexión.

Para un acero 1045, el Esfuerzo de Fluencia (S_y) es igual:

$$S_y = 6330 \text{ Kg/cm}^2$$

Comparando este valor con el Esfuerzo de Torsión (τ) resulta:

$$\tau < < S_y$$

por lo tanto el calculo se hará en base al Momento Flexionante y al límite de resistencia a la Fatiga.

Teóricamente el diámetro que debe tener esta flecha para soportar esta carga, es necesario un diámetro:

$$d = \left\{ \frac{32 M n}{S_e} \right\}^{1/3} \text{ (cm)}$$

Donde n = factor de seguridad = 1.5

(Cuando se diseña en base al límite de resistencia a la fatiga no tiene caso usar valores más altos).

$$d = \left\{ \frac{32 \times 1017 \times 1.5}{\pi \times 2298} \right\}^{1/3} = 1.89 \text{ cm.}$$

Ahora bien, por restricciones del tipo de herramienta de que se va a utilizar, se debe utilizar una flecha de 2.54 cm, considerando este valor la flecha trabajará con el siguiente factor de seguridad:

* George Sines. Metal Fatigue . Mc. Graw Hill. N. Y. 1959

En este caso sólo se tiene componente radial por lo que:

$$\begin{aligned} X &= 1 \\ Y &= 0 \end{aligned}$$

Sustituyendo tenemos:

$$P = 145 \text{ Kg.}$$

Calculando $\frac{C}{P}$ = seguridad de carga

donde C = Carga Nominal del rodamiento, consultando tablas, resulta.

$$C = 1900 \text{ Kg.}$$

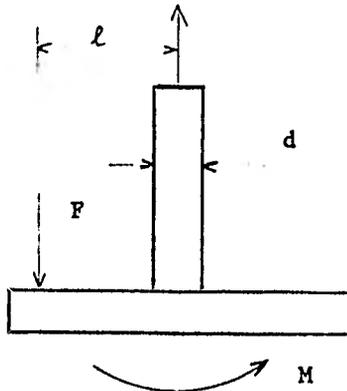
sustituyendo

$$\frac{C}{P} = \frac{1900}{145} = 13.10$$

De la tabla 4 del Manual S K F 2401 Sp. la vida esperada de estos rodamientos es de 150 000 horas.

VI- 2. CALCULO DE LA FLECHA ACOPLADORA CENTRAL

Modelo de carga



M = Momento Flector = 1017 Kg-cm

d = 1.5 cm

$$F = \frac{M}{d} = \frac{1017}{1.5} = 678 \text{ Kg}$$

l = 4 cm

$$n = \frac{\pi S_e d^3}{32 M}$$

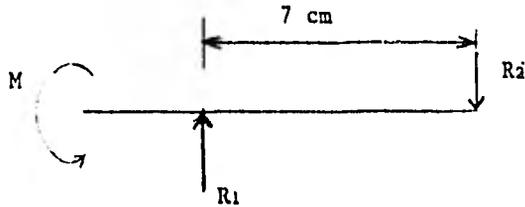
Sustituyendo valores

$$n = \frac{\pi \times 2298 \times 2.54^3}{32 \times 1017} = \underline{\underline{3.63}}$$

lo cual es más que confiable.

VI 2.2. CARGAS SOBRE LOS RODAMIENTOS.

Tomando ahora el siguiente Modelo de Carga, que corresponde a la flecha con sus apoyos.



$$\sum M_2 = M - R_1(7) \quad \therefore \quad R_1 = \frac{M}{7} = \frac{1017}{7} = 145 \text{ Kg}$$

$$R_2 = R_1 = 145 \text{ Kg.}$$

Considerando este valor, y el manual de S.K.F. tenemos que la vida probable de estos rodamientos se calcula:

Carga Equivalente:

$$P = X Fr + y Fa$$

donde

P = Carga Equivalente

Fr = Carga Radial

Fa = Carga Axial

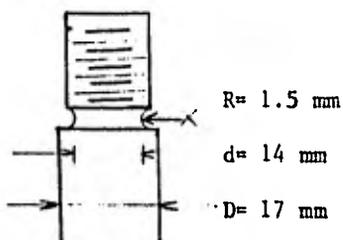
X = Factor Radial

y = Coeficiente Axial

VI MEMORIA DE CALCULOS

$$\sigma = k \frac{F}{A} = \frac{k \times 4 \times 254.25}{\pi \times 1.52} = 215.81 \text{ kg/cm}^2$$

En la zona en que se acopla la flecha con su rodamiento, se tiene una ranura para librar la concentración de esfuerzos. Esta ranura tiene las siguientes dimensiones



la constante k de concentración de esfuerzos, se obtiene de tablas, a partir de las relaciones

$$\frac{D}{d} = \frac{17}{14} = 1.21$$

$$\frac{r}{d} = \frac{105}{14} = 0.107$$

$$\therefore k = 2.1$$

Sustituyendo este valor.

$$\sigma = 2.1 \times 215.81 = 453.20 \text{ Kg/cm}^2$$

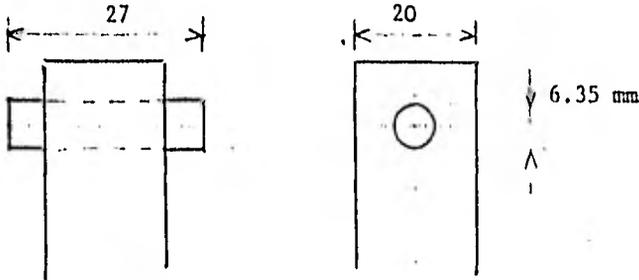
Siendo este el valor del esfuerzo máximo en esta flecha, que comparado con la fluencia nos da un factor de seguridad de:

$$n = \frac{S_y}{\sigma} = \frac{6330}{453.2} = 13.9$$

Lo cual implica el amplio rango de seguridad de esta pieza.

VI MEMORIA DE CALCULOS

VI.- 3 CALCULO DEL PASADOR DEL ENGRANE SATELITE EN LA FLECHA DE SALIDA



$$F = \frac{T}{d} = \frac{1085}{2} = 542.5 \text{ Kg}$$

De donde se tiene un esfuerzo

$$\sigma = \frac{F}{2A} = \frac{542.5 \times 4}{2\pi \times 0.635^2} = \frac{1713}{2} = 856.5 \text{ Kg/cm}^2$$

lo cual indica que se trabaja con el siguiente factor de seguridad

$$n = \frac{S_y}{2\sigma} = \frac{6330}{2 \times 856.5} = 3.69$$

implicando que es totalmente seguro el pasador.

VII

Conclusiones

El desarrollo de este proyecto condujo a satisfactorios resultados de diversa índole, entre ellos se puede mencionar, el demostrar mediante su satisfactorio término el hecho de que queda patente la seguridad de que en México puede incrementarse en gran escala el desarrollo tecnológico mediante el enfoque corecto de nuestros recursos y de acuerdo a la voluntad que se ponga para lograrlo.

De las múltiples experiencias logradas en este proyecto, quizá la más importante y trascendental es el hecho de que a partir de una serie de escasos re-

cursos con lo que se contaba para obtener el desarrollo de este proyecto se pudo llegar a obtener excelentes resultados.

Respecto a las características obtenidas en el equipo, este presenta algunas ventajas respecto a equipos similares diseñados y fabricados en el extranjero entre las principales se pueden citar las siguientes :

- 1.- Se tiene la ventaja de que se puede pasar de una velocidad a otra en la herramienta de Batido sin detener el motor, aunque se esté operando a plena carga.
- 2.- Alta duración de los componentes mecánicos. Esto se debe principalmente a que en el mecanismo diseñado no existen cambios en el engranaje, al efectuar cambios de velocidad.
- 3.- El sistema utilizado, permite trabajar con una mayor eficiencia mecánica respecto a otros sistemas.
- 4.- El mantenimiento del equipo se efectúa con suma facilidad, lo cual implica de que no se necesita de personal especializado para su mantenimiento.
- 5.- Las refacciones del equipo se consiguen fácilmente, ya que se utilizan piezas de fácil obtención y que poseen un amplio mercado.

Respecto a la rentabilidad de la realización comercial del proyecto, es necesario efectuar estudios posteriores debido a que los costos involucrados en la realización de un solo prototipo no son un indicador de los costos reales de un producto elaborado en serie.

La realización de este proyecto llevó aproximadamente diez meses, en los cuales tres de ellos, se emplearon en los estudios previos de selección de partes y realización de planos de fabricación.

Por último, se puede concluir, de que si en México cada día aumenta la reali-

zación de proyectos de este tipo, el País cada vez se hará más autosuficiente tecnológicamente, lo cual implica una disminución de las importaciones y un - elevado aumento de la productividad.

Bibliografía

- Archer E. Knowlton, *Standard Handbook for Electrical Engineers*, Mc. Graw -- Hill Co. U.S.A., 1949.
- Ch. Lipson, R.C. Juvinal, *Applications of Stress Analysis to Design and Metallurgy*, Ann Arbor Mich. 1961, University of Michigan, Summer Conference.
- Duggan, Terance V, *Power Transmission and Vibration Considerations in Design* Iliffe Books, London, 1971.
- Edel D, Henry, *Introduction to Creative Design*, Prentice Hall, Inc., New -- Jersey, U.S.A., 1967.
- E. Oberg y Franklin D. Jones, *Machinery's Handbook*, Industrial Press, New -- York, 1978.
- Glegg, Gordon L, *The Selection of Design*, Cambrige, London, 1972.
- Glegg, Gordon L, *The Design of Design*, Cambrige, London, 1971.
- H. Burr, Arthur, *Mechanical Analysis and Design*, Elsevier, New York, 1981.
- Marin, Joseph, *Design for Fatigue Loading*, *Machine Design*, Vol. núm. 2, pág 127. Feb 21 1957.
- Percy H. Hill, *The Science of Engineering Design*, Holt, Rinehart and Wins-- ton, Inc. U.S.A. 1970.
- P.H. Roe, G.N. Soulis, V.K. Handa, *The Discipline of Design*, The University of Waterloo, 1966.
- Shigley, Joseph E, *El Proyecto en Ingeniería Mecánica*, Mc. Graw Hill Book-- Co. Madrid, 1965.
- Sines, George, *Metal Fatigue*, Mc. Graw Hill Co. New York, 1959.
- S K F , *Rodamientos de Bolas y Rodillos núm. 2401 Sp*, Compañía SKF del Gol-- fo y Caribe S.A. 1962.
- T. Baumeister y L.S. Marks, *Manual del Ingeniero Mecánico*, UTEHA, México, 1960.
- T.F. Roylance, *Engineering Design*, Engineering Design, Pergamo Press, Great Britain, 1966.