

308917



# UNIVERSIDAD PANAMERICANA

ESCUELA DE INGENIERIA

Incorporada a la UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTONOMA DE MEXICO

9  
24

REDISEÑO E INTEGRACION NACIONAL  
DE UNA MAQUINA CENTRIFUGA CONTINUA PARA AZUCAR

TESIS CON  
FALSA FE ORIGEN

TESIS PROFESIONAL

Que para obtener el titulo de:  
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA  
AREA INGENIERIA MECANICA

Presenta  
Francisco Lorenzo Lagos Dondé



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

	<u>Pág.</u>
INTRODUCCION. . . . .	1
CAPITULO PRIMERO	
Aplicación de los Equipos de Centrifugado en el Proceso de Fabricación de Azúcar. . . . .	5
CAPITULO SEGUNDO	
Características del Equipo de Centrifugas Continuas en Base a las Necesidades del Mercado . . . . .	13
CAPITULO TERCERO	
Descripción, Análisis y Modificaciones al Diseño de la Centrifuga Continua Marca Thomas Broadbent & Sons . . . . .	30
CAPITULO CUARTO	
Adquisición de Tecnología, Proceso y Seguimiento de Fabricación. . . . .	51
CONCLUSIONES. . . . .	78
APENDICE . . . . .	81
BIBLIOGRAFIA. . . . .	82

## INTRODUCCION

En medio de una situación cambiante que vive nuestro país en prácticamente todos los ámbitos, incluyendo y con suma importancia el sector industrial, se nos invita a dar una mirada a nuestro pasado para poder comprender mejor la complejidad de nuestro momento y a la vez tener bases para proyectar, en la medida que nos sea posible, el futuro que nos aguarda con los medios de que disponemos.

La industria mexicana en general tiene un pasado lejano pero carente de cambios significativos. Hasta tiempos muy cercanos ha sido una industria con un mercado cautivo, dependiente tecnológicamente del extranjero, sujeta a presiones gubernamentales y con un sector laboral muy favorable. Esta política arrastrada tanto tiempo, ha traído deficiencias grandes que vienen a complicar la situación actual de reconversión.

El caso que nos compete ahora, la industria azucarera, no es ninguna excepción a lo acontecido durante estos años. Esta industria ha sido una de las que más han sufrido tanto a nivel nacional como internacional. Pero ahora se presenta una situación completamente nueva debida en gran parte a la apertura económica a la que ha entrado el país; la industria azucarera no solo se encuentra en un repunte dentro de su depresión, las expectativas apuntan hacia horizontes verdaderamente amplios.

Cuando se presenta un panorama como éste, es preciso que se formen bases para hacer una realidad lo que ahora se nos presenta como un futuro incierto con medios escasos. La primera pared con que se enfrenta cualquiera ahora en la industria azucarera mexicana, es la de un mercado mucho más exigente, donde como consecuencia se presenta una competencia muy fuerte, inclusive la competencia es a nivel internacional. Seguido existe la imperante realidad de que no hay medios tecnológicos necesarios con los cuales crecer, los existentes están muy rezagados con respecto a aquéllos que tienen la competencia. Aún con estas perspectivas, la conclusión no debe ser el resignarse a la importación de maquinaria; existen otras alternativas como es la de presentar a los fabricantes extranjeros la opción de traer su tecnología, por medio de un representante nacional, con el atractivo de una fabricación en condiciones muy favorables.

Esta es una manera de que en el país se vaya desarrollando, en un principio, la capacidad de fabricación de maquinaria con las últimas innovaciones tecnológicas y, posteriormente, habrá un impulso al desarrollo de tecnología propia competitiva a nivel internacional. Sumado a esto, y de no menor importancia, vienen beneficios laborales y por ende económicos para el país a corto plazo.

Por la pluralidad que tiene en la industria azucarera el caso arriba citado, se presenta desde para la herramienta necesaria hasta maquinaria muy sofisticada, como son las centrífugas. Se tra-

ta además de maquinaria especialmente importante en el proceso de cualquier ingenio, ya que es en este paso, de centrifugado, donde se presenta el cuello de botella de la producción del ingenio. De aquí que en este departamento se tenga como prioridad la eficiencia inclusive a un mayor costo; de aquí también que esta maquinaria sea la que tiene una mayor urgencia para ser desarrollada tecnológicamente en México.

El trabajo que presento a continuación pretende plantear la posibilidad del comienzo de este desarrollo tecnológico en el país para el caso de las centrifugas continuas para azúcar. Un desarrollo que empieza por lograr la fabricación nacional completa de dichas máquinas a través de una representación de una firma extranjera con experiencia amplia en el área.

Para el desglose del trabajo, los temas necesarios están incluidos en cuatro capítulos de la siguiente manera: en el capítulo primero se pretende la ubicación del área de centrifugación en el proceso de cualquier ingenio, con el fin de dar a relucir la importancia y el funcionamiento de las máquinas para la elaboración del azúcar; para el capítulo segundo se ha dejado la selección de tecnología con la consideración de las necesidades reales del mercado nacional que pueden variar, y de hecho varían mucho, respecto de otros países, como los ya industrializados; el capítulo tercero entra ya propiamente en tema con un rediseño de la máquina elegida, tomando

en cuenta aquellos aspectos en los cuales es preciso considerar las particularidades del ambiente de trabajo en que vivimos; en el cuarto y último capítulo se expone la sucesión de pasos a seguir para la integración nacional de la centrifuga desde la tramitación de tecnología con la firma extranjera, hasta un ejemplo de seguimiento de fabricación de una pieza de la misma.

**CAPITULO PRIMERO**  
**APLICACION DE LOS EQUIPOS DE CENTRIFUGADO**  
**EN EL PROCESO DE FABRICACION DEL AZUCAR**

---



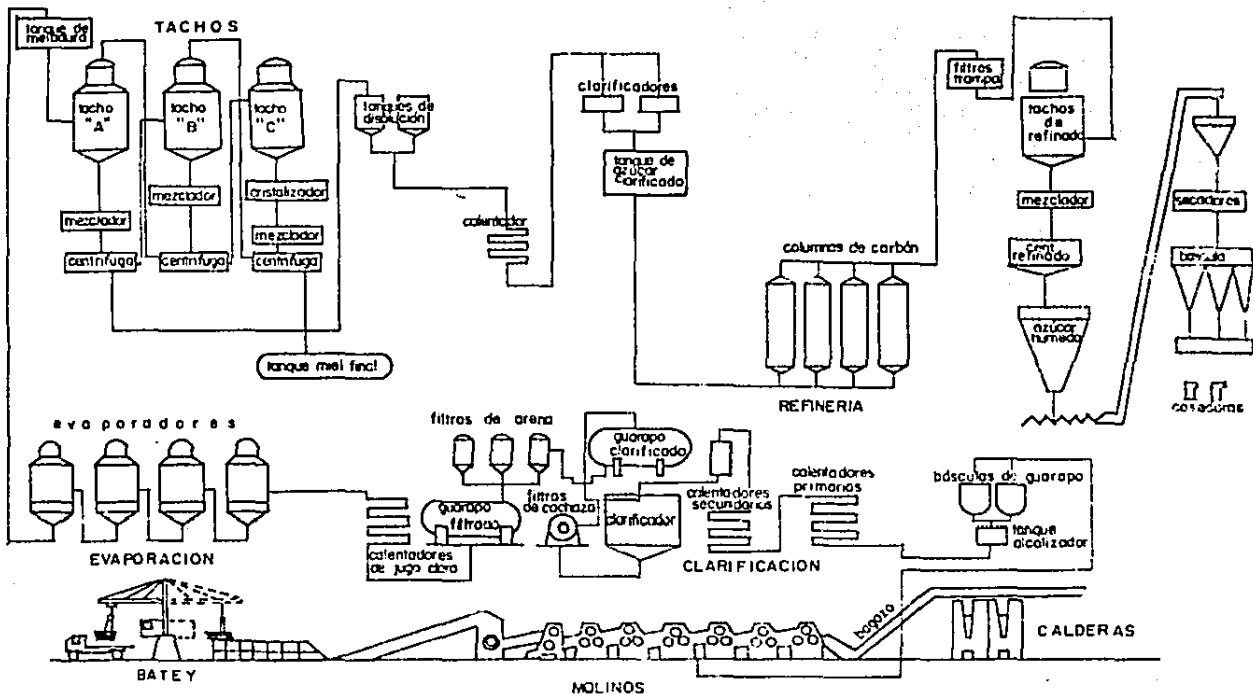
Un concepto claro del papel que desarrolla el área de centrifugación en la obtención de azúcar es el primer paso para la posterior descripción del proceso de la centrifugación.

Cabe hacer notar que el proceso aquí descrito es sólo una descripción general del mismo y que por lo tanto no pretende agotar las variaciones que se llevan a cabo en las distintas partes del mundo (ver figura 1.1).

Campo - Cuando la caña llega al punto óptimo de madurez, es quemada, cortada, limpiada y transportada al ingenio, usualmente por camiones que son pesados y destarados en básculas que se encuentran en el trayecto hacia el ingenio.

Batey - En este almacén la caña que viene del campo se es-  
tira por medio de grúas, que al mismo tiempo están colocán-  
cola en las Mesas Alimentadoras para su preparación. El manejo de grúas se realiza de manera que el ingenio sea alimentado las 24 horas del día.

Preparación de la Caña - Mientras que la caña se conduce en transportadores de Batey o Molinos, es pesada por cuchillas para ser cortada y por una desfibradora para ser desintegrada.



**PROCESO DE ELABORACION PARA AZUCAR REFINADA**

Figura 1.1

Molinos o Trapiche - El efecto de extraer jugo de la caña es el primer paso en el procesamiento de azúcar cruda (azúcar sin refinar), en el cual obtenemos un subproducto, llamado bagazo, que consiste de la fibra de la caña, humedad y azúcares y no-azúcares en estado sólido. Comienza con una desmenuzadora y es seguido por unos molinos de tres masas colocados en serie. Bajo las mejores condiciones, más del 95% del azúcar contenida en la caña se queda en el jugo o guarapo. El bagazo que resulta del último molino es utilizado como combustible en las calderas o bien para la fabricación de celulosa, lechos de animales o algún otro producto.

Tratamiento - Este paso y los dos siguientes, de calentamiento y clarificación, forman la Defecación. El guarapo es pesado para contabilizar sus componentes, se le añade fosfatos, anhídrido sulfuroso u otra sustancia floculante e hidróxido de calcio para neutralizar su acidez.

Calentamiento - Por medio de intercambiadores de calor se eleva la temperatura del guarapo, provocando la formación de cuajos necesarios para la sección de clarificación.

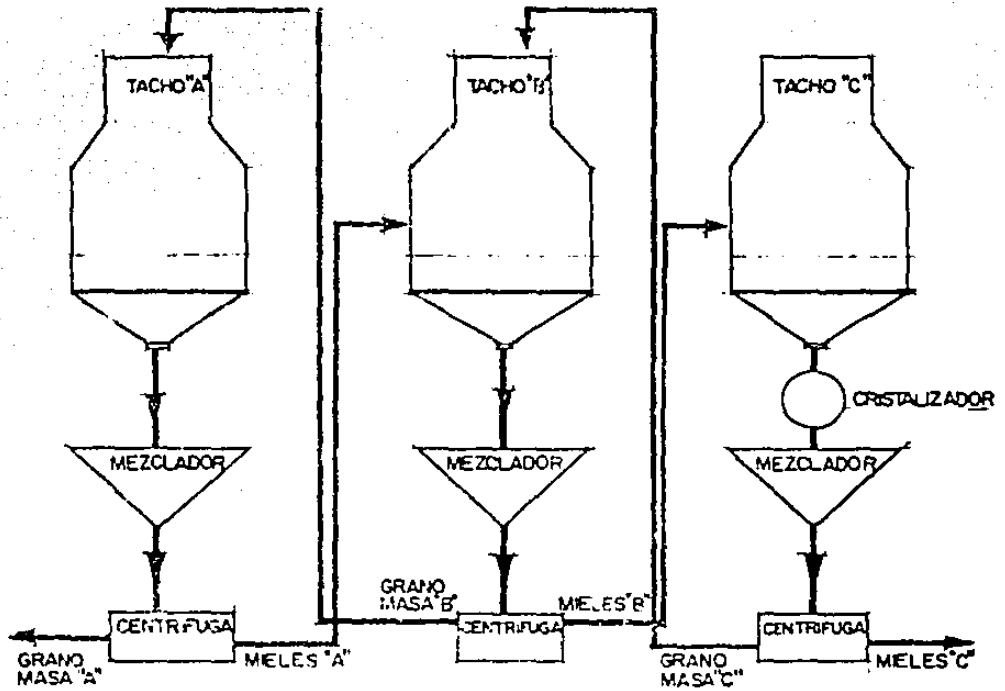
Clarificación o Sedimentación - Después de hacer pasar el guarapo por un tanque "flasch" para romper la presión que obtuvo en el Calentamiento, se introduce a los tanques sedimentadores, llamados clarificadores, ya sin turbulencia. En estos tanques, por la

diferencia de densidades, la cuajadura desciende arrastrando las partículas suspendidas. A este sedimento se le da el nombre de cachaza.

Filtración de Cachaza - La cachaza es sometida a una filtración por vacío, con el motivo de extraer todo el jugo que aún contenga.

Evaporación - En ocasiones el guarapo clarificado se circula a través de filtros de arena, para retener cualquier partícula que aún contuviere. De nuevo se eleva la temperatura del guarapo y entra en una serie de evaporadores con el fin de extraer el agua que contenga. La miel que sale de la evaporación por "múltiple efecto" tiene el nombre de meladura.

Cristalización (ver figura 1.2) - Este departamento consiste principalmente de "tachos" y de centrifugas. Los tachos son evaporadores como los anteriores, con la diferencia de que trabajan al vacío; en ellos se lleva a cabo el crecimiento de grano de sacarosa. Las centrifugas reciben las masas de los tachos y se efectúa la separación del grano que contienen dichas masas. Las centrifugas consisten de una canasta de acero que sostiene una tela fina de metal, la cual retiene el grano de azúcar cuando la masa es pasada a través de ella por el fenómeno de centrifugación.



# C R I S T A L I Z A C I O N

Figura 1.2

Existen cuatro tipos de masa, "A", "B", "C" y Refinado, para las cuales existen cuatro tipos de baterías de centrifugas. Esta diferencia es principalmente por el tamaño de grano que contienen las masas, siendo el más grande el de masa "A" y el menor el de masa "C"; respectivamente las centrifugas tienen mallas que retienen los granos de las distintas mieles.

La masa proveniente de Evaporación o meladura es colocada a un tacho de masa "A", donde también se alimenta un grano llamado "pie de temple"; este grano es el que se obtiene de las centrifugas de masa "B". Durante el proceso de evaporación en el tacho, la sacarosa en la meladura se va adhiriendo al pie de temple, formando un grano de mayor tamaño. Posteriormente se deja cristalizar y se hace pasar por una centrifuga de masa "A". La miel que se obtiene de esta centrifuga se coloca en un tacho de masa "B", junto con un pie de temple proveniente de las centrifugas de masa "C". Similarmente el grano crece de tamaño, se cristaliza y se centrifuga; la miel de esta centrifuga es a su vez colocada en un tacho de masa "C". El pie de temple para formar masa "C" es grano de azúcar refinada molido. La miel obtenida de esta última centrifugación se considera incristalizable y se utiliza para la fabricación de alcohol o de forraje.

De este modo la sacarosa se va adhiriendo al grano comenzando en el tacho de masa "A", hasta terminar en el tacho de masa

"C". El tamaño de grano crece en sentido inverso, comenzando en el tacho de masa "C" y terminando en el tacho de masa "A". Los tres tipos de grano de azúcar obtenida de las centrifugas de masa "A", "B" y "C" corresponden a los tres tipos de azúcar cruda conocidos comercialmente como azúcar standard o mascabado de exportación de primera, segunda y tercera, respectivamente; siendo la de mayor calidad la de mayor tamaño de grano. Esta misma es la que se utiliza para la obtención de azúcar refinada, cuyo proceso se describe a continuación.

Tratamientos Refinería - El azúcar cruda recibida de las centrifugas de masa "A" es disuelta en agua; a esta solución se le añade hidróxido de calcio y fosfatos. Además se somete la solución a calentamiento y se le inyecta aire, para provocar un emulsionamiento del mismo en los clarificadores. Esta preparación es muy similar a la del guarapo antes de la clarificación.

Clarificación Refinería - La diferencia de estos clarificadores con los usados para el guarapo estriba en que éstos llevan a cabo la clarificación por flotación. Las impurezas son arrastradas a la superficie por las burbujas de aire emulsionado y allí forman una capa llamada cachaza, que es retirada periódicamente durante la clarificación.

Filtración con Carbón - Se utiliza carbón vegetal como receptor de las impurezas que aún contenga la sacarosa. El carbón vegetal contiene en su superficie muchas cavidades, en las cuales se depositan las impurezas. Este es eliminado posteriormente de la solución por medio de filtros, obteniendo así una solución de sacarosa de alta pureza.

Tachos Refinería - Estos trabajan igual que los tachos anteriores, con la diferencia de que aquí se maneja la solución que proviene de la Filtración con Carbón que, como ya se dijo, es de alta pureza.

Centrífugas Refinería - Es un proceso idéntico al de centrifugado de crudo, sólo que se maneja una masa ya refinada.

Secado - Por medio de secadores horizontales por los que pasa el aire caliente, el azúcar refinada queda libre de humedad que trae consigo del proceso.

Departamento de Envase - El azúcar ya lista para su consumo es aquí envasada, pesada y almacenada.



**CAPITULO SEGUNDO**

**CARACTERISTICAS DEL EQUIPO DE CENTRIFUGAS CONTINUAS  
EN BASE A LAS NECESIDADES DEL MERCADO NACIONAL**

---

Actualmente existe una variedad de marcas para máquinas centrífugas en el mercado internacional bastante amplia. Algunos de estos fabricantes con un respaldo de más de cien años de experiencia, aunque para el caso de centrífugas continuas la existencia y, por ende la experiencia, se remonta a principios de este siglo. En las últimas décadas la tecnología, como en todo, ha desarrollado grandes cambios en el diseño de las centrífugas continuas; con lo difícil y costoso que representa el estar desarrollando estas innovaciones unos fabricantes se han tenido que salir de este mercado, otros han sacrificado sus ventas al no actualizarse y pocos, muy pocos, han invertido en esta costosa investigación.

Uno de los cambios fundamentales en estas máquinas fue el tamaño de la canasta que se aumentó considerablemente debido a la mayor productividad que trae consigo este aumento de dimensiones. Un no muy complicado análisis, que consiste en la comparación de costo de inversión/producción (ver tabla 2.1), observando por un lado costos de inversión y por otro la relación cantidad de masa procesada y energía utilizada, así como complejidad de construcción, instalación y manejo de los distintos tamaños de canasta, dieron como resultados diámetros desde 100 cm hasta 130 cm, con las variantes desde el tamaño de motor, la robustez de la carcasa de la máquina hasta los espacios disponibles existentes para las máquinas en los ingenios. Anteriormente se utilizaban diámetros de canasta de alrededor de los 75 cm, como promedio.

**TABLA 2.1**  
**RESULTADO DEL ANALISIS COSTO INVERSION/PRODUCCION**

<u>Diam. Canasta</u>	<u>Ton/Hr.</u>	<u>Precio (millones)</u>	<u>Maq. Necesarias para 10.5 Ton/Hr.</u>	<u>Inversión (millones)</u>
50	2.5	36	4.2	151.2
70	3.0	40	3.5	140.0
80	5.0	44	2.1	92.4
90	6.0	48	1.75	84.0
100	7.0	50	1.5	75.0
110	8.5	51	1.235	63.0
120**	9.8	57	1.075	61.3**
130	10.5	65	1.0	65.0

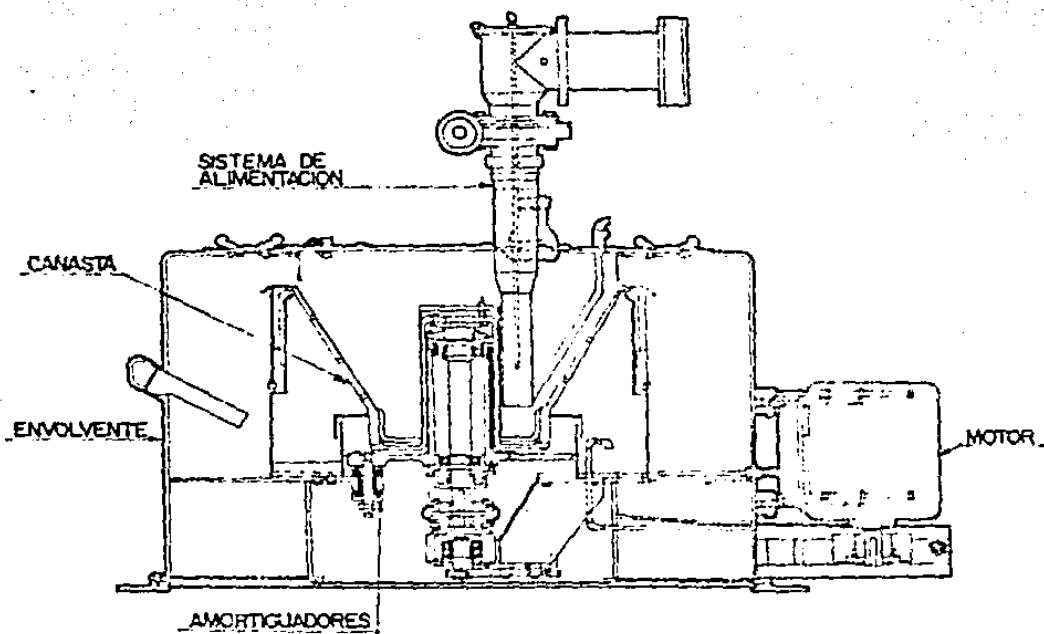
Tan solo con esta modificación, la mayoría de los fabricantes han quedado desactualizados quedando en la competencia considerando a las marcas más importantes las firmas Roberts Western States (WG) de los Estados Unidos, Buckau Wolf (BW) de Alemania Occidental y Thomas Broadbent & Sons (TBG) de Inglaterra. Hay unas firmas que siguen fabricando centrífugas continuas con el diámetro de 75 cm, pero poco a poco están quedando rezagadas por lo mencionado anteriormente.

A continuación se hace un análisis técnico del diseño de las firmas más importantes que se encuentran desarrollando tecnología y que por lo mismo serían las plausibles para una integración nacional con buenos resultados.

Características del Diseño de la Máquina Western States  
(Ver Figura 2.1)

Esta es la firma que más ha invertido en investigación para el desarrollo tecnológico de su máquina, tiene una alta sofisticación del funcionamiento de la misma y es totalmente automática. Como ventajas sobresalientes respecto a las máquinas BW y TBG tenemos que es una máquina muy confiable, esto es, ha sido probada ampliamente en la industria azucarera durante varios años; el nombre es ya una garantía. El hecho de que sea completamente automática la hace muy fácil de manejar, esto incluye el sistema de lubricación por aceite y además un sistema de control que, dependiendo del amperaje que esté tomando el motor, el flujo de masa que se está alimentando a la centrífuga varía a través de una válvula que opera abriendo y cerrando por medio de una señal, para que se pueda aprovechar la capacidad de producción de la máquina. La carcasa envolvente es robusta, que junto con los baleros reforzados permite una mayor estabilidad en su funcionamiento a través de muchos años de operación.

Dentro de las desventajas que se pueden encontrar en el diseño tenemos el agrietamiento que se presenta tarde o temprano en la canasta entre los orificios de la misma. Este agrietamiento se presenta por un ataque corrosivo de los cloruros que contienen las mieles y que sólo resiste por determinado tiempo el acero inoxidable 316, material con el cual está hecha la canasta. Es de



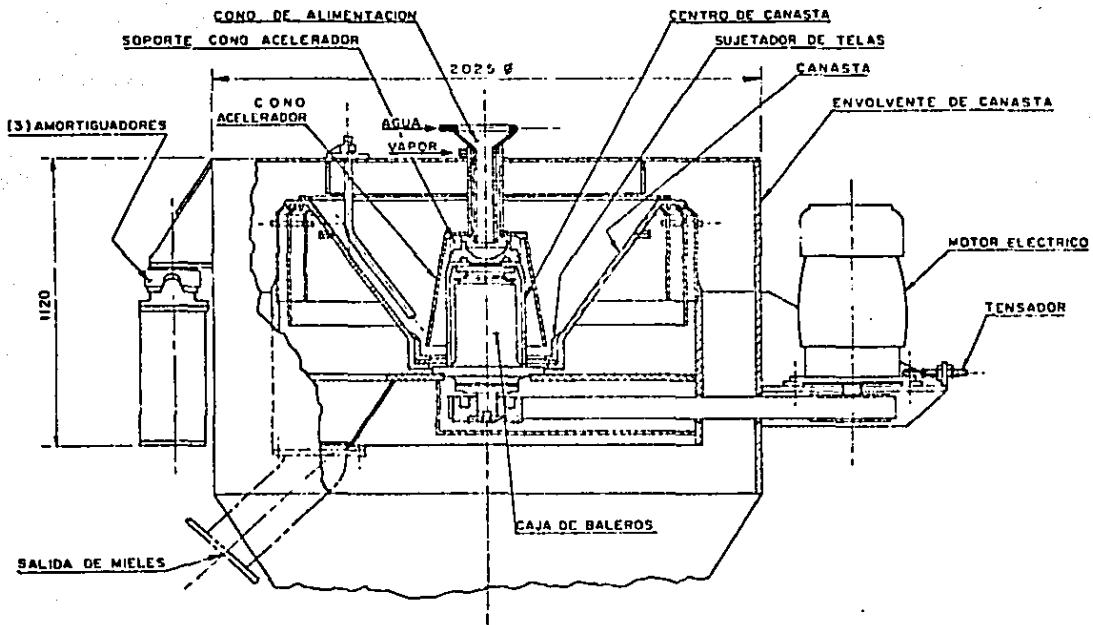
CENTRIFUGA WESTERN STATES

Figure 21

mucha importancia este punto, ya que este equipo opera la canasta a una velocidad de 1,800 RPM y una falla en plena operación puede fácilmente costarle la vida al operador. Se necesita, debido a esto, estar verificando el estado de la canasta periódicamente y aún así no se elimina todo peligro.

El sistema de lubricación por aceite es elogiado, porque es más limpio que la grasa y el rodamiento entre partes es más suave, pero la experiencia muestra que por la necesidad de un sistema de bombeo para el aceite y encima el de esta máquina que lo tiene totalmente automatizado, llega a ser un problema por mantenimiento y en el caso de cualquier falla. En un ingenio las reparaciones y mantenimiento se busca sean mínimas por las condiciones de trabajo continuo bajo las que se opera. También es inadmisibles que por un sistema secundario de la máquina ésta quede fuera de operación.

Por último, otra desventaja del diseño que presenta la máquina WS es el amortiguamiento interno que tiene. Por un lado el espacio al que están reducidos los amortiguadores hace que tengan que ser pequeños amortiguadores de hule, lo cual no es muy resistente; por otro, la posición que tienen respecto al par producido durante operación es la menos favorable. El par producido es perpendicular al eje de la máquina y actúa sobre toda la carcasa envolvente. La peor posición para amortiguar este par es precisamente en el centro del mismo y de la máquina, que es casi donde se encuentran dichos amortiguadores.



**ARREGLO GENERAL, CENTRIFUGA CONTINUA**  
 Figura 2.2

Características del Diseño de la Máquina Broadbent  
(Ver Figura 2.2)

Aunque se trata de una máquina relativamente nueva, la experiencia de la firma Thomas Broadbent & Sons en centrífugas es mundialmente reconocida. Es un diseño sencillo en el sentido de que no tiene grandes sofisticaciones tecnológicas, pero ha sido pensada en base a lo que realmente resulta eficiente y práctico.

Tiene un sistema de lubricación por grasa que permite evitar un sistema adjunto con sus inevitables complicaciones de bomba, motor, espacio para cámaras de flujo del fluido, etc. Es el único diseño que coloca los amortiguadores externamente en tres puntos separados 120 grados en torno a la envolvente. Esto tiene como ventajas el tamaño, y consecuentemente el tipo, casi ilimitado, del amortiguador y un mantenimiento reducido y más fácil de realizar. También la posición respecto al centro del par, es decir alejado de éste, es la idónea para un mejor control del mismo. Todo esto proporciona un movimiento en conjunto de toda la máquina en cualquier momento para un funcionamiento uniforme. Otro punto a favor es la integración que existe entre el motor, la canasta y la carcasa, que tiene la rigidez suficiente como para comportarse como una sola pieza. Con esto hace posible, además del movimiento uniforme, una separación constante entre los ejes de la flecha y el motor, evitando así el usual desgaste de la banda transmisora y de los baleros para la flecha. La firma ha podido solucionar uno de los problemas



más antiguos y que proporciona una seguridad vital para el operador, que es el de la corrosión de la canasta por los cloruros de las mieles. Ha encontrado una variación al acero inoxidable 316, utilizado por los demás fabricantes, desarrollando una aleación de acero inoxidable especial (la cual no ha dado a conocer abiertamente, por ser secreto de fabricante), con la cual garantiza la resistencia al ataque de los cloruros, sin presentar grietas.

Como contrapartida a lo anterior en el diseño de la máquina TBS está la carcasa envolvente que no es robusta. Esto presenta problemas a largo plazo en cuanto al funcionamiento adecuado del equipo, algunas de las cualidades, como la separación constante entre ejes, se verán afectadas. Para algunos casos otra desventaja es que no está completamente automatizado su funcionamiento, por lo que es necesario que un operador la controle durante el proceso.

#### Características del Diseño de la Máquina Buckau Wolf (Ver Figura 2.3)

Este diseño es un tanto extraño a todo lo anterior, ya que tiene el motor en la parte superior de la máquina, con parte del mismo dentro de la carcasa y dentro de la canasta. La experiencia de BW es como en los otros casos amplia en el campo azucarero. Como consecuencias del diseño son inmediatas las siguientes ventajas: no hay la necesidad de baleros, bandas, espaciadores ni todos los problemas comunes a cualquier transmisión, además la transmisión

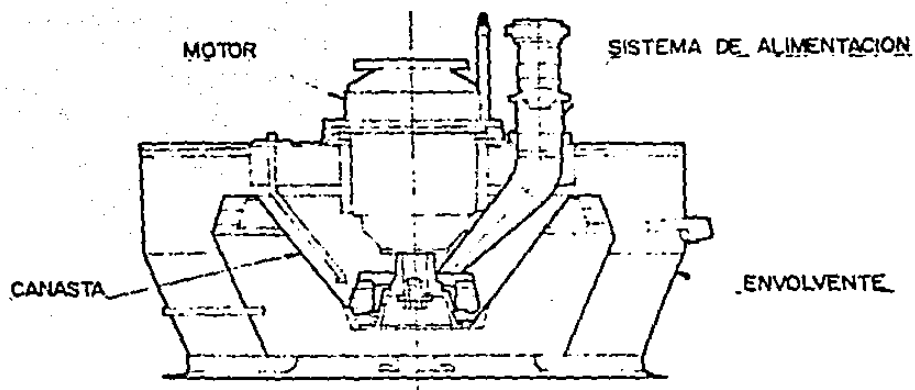
directa proporciona un funcionamiento uniforme, aprovechando al máximo las capacidades del motor.

Desgraciadamente estas ventajas van acompañadas de no pocas ni despreciables desventajas. Algunas de estas se han obtenido de la experiencia y otras se deducen de la forma del diseño. En principio la posición del motor es atractiva, pero para cualquier tipo de mantenimiento resulta un problema, ya que obstaculiza el acceso al interior de la máquina. También las mieles en proceso se encuentran muy cerca del motor y por su temperatura contribuyen al calentamiento del mismo. El motor en sí es también un problema, ya que por el espacio que se le dispone y por la posición en que se encuentra es de fabricación especial. De aquí un obstáculo más para el mantenimiento, que también debe ser especializado.

A todo esto se enciman otras deficiencias: amortiguadores interiores y por tanto reducidos, y una canasta sujeta a corrosión por el ataque de los cloruros de las mieles.

Aspecto Económico - La máquina WS, por su complejidad, es la más cara en todos los aspectos, es decir, es la que tiene un valor mayor de adquisición, refacciones poco comunes e instalaciones complicadas y por ende caras.

El precio inicial de la centrífuga TBS es moderado y se fa-



**CENTRIFUGA CONTINUA BUCKAU WOLF**  
Figura 23

vorece en el mantenimiento, que es muy accesible debido a la sencillez del diseño.

De las tres máquinas, la BW es la más accesible, pero el mantenimiento puede ser caro y difícil de conseguir, si es el motor lo que lo necesita.

Durante el proceso, las diferencias económicas debido a los suministros de vapor, agua, energía, etc., son despreciables.

Selección y Justificación de la Selección - Antes de realizar una selección bajo la información anterior, es necesario situarnos en la realidad del medio en el que van a trabajar, es decir, plantear qué exigencias o preferencias tiene el mercado nacional para estas máquinas. Una estadística de las máquinas que actualmente tienen los ingenios (ver Tabla 2.2) es únicamente un indicio de las preferencias actuales sobre éstas, ya que la industria azucarera nacional acaba de salir de una depresión que duró treinta años; por lo cual la maquinaria, en general, es muy vieja y los números de la tabla reflejan las prioridades sobre una tecnología completamente obsoleta. Cabe hacer notar que al hacerse las ventas, en no pocas ocasiones han pesado más intereses personales que aspectos tecnológicos, económicos, de vida útil, etc.

TABLA 2.2  
MAQUINAS CENTRIFUGAS EXISTENTES EN LA REPUBLICA

<u>Tons.</u> <u>Caña/</u> <u>Azúcar</u> <u>por día</u>	<u>NOMBRE DEL INGENIO</u>	<u>"A"</u>	<u>"B"</u>	<u>"C"</u>	<u>REF</u>
2500/250	La Joya	4HW 1WS		+5WS	1HW 2BW
4250/361	Quesería	2WS 3BW	+7WS		
6000/445 5000/600	Belisario Domínguez Pujilic	6TBS 3SMG 1BMA 4TBS	3TBS +4BW +7BMA	11TBS	5TBS
2500/300	Bellavista	3TBS 3BMA	+2BMA	+3BMA	
900/72 3500/300	Estipac José María Morelos	2TBS 4WS		+2BW +1BW +5BMA	
1200/120	La Purísima	1TBS 2BW		+1BW +2BMA	
3500/374	Melchor Ocampo	3TBS 2BW	+3FC	+3FC +1BW	
4800/500	San Francisco Ameca	5TBS	7TBS	5TBS +3S +2WS	
600/ 12000/1200 6000/600	Santiago José María Morelos Tamazula	3MW 8WS 6WS		2MW +12WS +3WS	7WS
1500/150	Lázaro Cárdenas	6AL 3TBS 1BMA	6AL	+2WS +3BMA	
1500/150	Pedernales	2BW		+1BW +4BMA	
1800/176	Puruarán	4BMA 1TBS		+2BMA +1WS +1BW	
3600/	San Sebastián		2WS 3TBS	4WS +2WS +4BW	
3600/	Santa Clara	4WS 1TBS		4WS +2S +2BW	
2500/240	Casasano	6HW		3HW	3HW
6250/	Emiliano Zapata	10TBS	5TBS +3WS	+1BMA +4S +3WS	7WS

Tons. Caña/ Azúcar por día	NOMBRE DEL INGENIO	"A"	"B"	"C"	REF
2200/200	Oacalco	6WS		+2WS 1BW	1WS 1BW 2TBS
4400/400 5500/500	El Molino Puga	5WS 6TBS		+5WS 4TBS 2BMA +3WS	
6000/600	Adolfo López Mateos	6TBS 4FC	+7WS	+6WS +4HL	
3800/	El Refugio	3WS		7WS +1WS	
5000/500	La Margarita	6WS		+6WS	
6000/600	P. José López Portillo	6TBS	3TBS	11TBS	5TBS
1200/120	Santo Domingo	4AT		+2WS	
4500	Atencingo	8AT 3WS 3TBS 8AT		6PC 2BMA +8BMA	8AT
2500/250	Calipam	2BMA 2TBS	+3BMA	+2BMA +2BW	
6000/	Alvaro Obregón	5TBS	4TBS	9TBS +4WS	5TBS
6000/600	Alianza Popular	4WS 2TBS		+3S +3K +2BW	
6000/600	Plan de Ayala	7WS	5WS	13GGH 3WS	
6000/600	Plan de San Luis	5TBS	4TBS	11TBS	5TBS
6000/600	Ponciano Arriaga	5WS 1TBS		+5WS +3BW	
3600/300	Eldorado	3BW		+3BMA +4S	
7500/650	La Primavera	6BW		8BW +? ?	
12000/900	Los Mochis		19WS	16WS	14WS
4500/450	Rosales		6 ?	7 ?	8 ?
800/80	Dos Patrias	2WS		+1BMA	
1850/150	Hermenegildo Galeana	4BW		7BW	
800/80	Nueva Zelandia		4HW	2BMA	
6000/600	P. Benito Juárez	9TBS		+12S	

<u>Tons. Caña/ Azúcar por día</u>	<u>NOMBRE DEL INGENIO</u>	<u>"A"</u>	<u>"B"</u>	<u>"C"</u>	<u>REF</u>
4500/	Santa Rosalía	5TBS		+11WS	
5000/	El Monte	7TBS	5TBS	8BW	7TBS
6000/600	Xicotencatl		10WS	6WS +2 ?	6WS
4500/500	Central Progreso		4SMG 2WS	+2WS	
4000/450	Constancia	5WS		+2WS +6S	
4500/400	Cuatotolapam		6WS	7WS 1TBS	4WS
4000/375	El Carmen	4WS	2WS	+6WS	5WS
3500/280	El Higo	4BW		+2BW +2S +2BMA	
5000/500	El Modelo	6WS		8WS +1FC	
11000/1400	El Potrero	13WS	7WS	14WS	18WS
5000/400	Independencia	5WS	2WS	+4WS +4FC	3WS
1700/170	La Concepción	6WS		3WS +2HL +1BMA	
2800/280	La Gloria	5TBS		3TBS +2WS	
5000/600	La Providencia	8 ?	+4 ?	+6 ?	5 ?
2400/240	Libertad	4WS		6WS +4WS +1HL	
2200/200	Mahuixtlán	3TBS	3BMA	3TBS +2BMA	
7500/810	Motzocongo	9WS		+9WS +2S	
2000/1833	San Cristóbal	12WS 20BW 5TBS	4WS 9BW	+6WS +2BW +4AC	14WS
5277/600	San Fco. El Naranjal		5WS 1TBS	+10WS	

<u>Tons. Café/ Azúcar por día</u>	<u>NOMBRE DEL INGENIO</u>	<u>"A"</u>	<u>"B"</u>	<u>"C"</u>	<u>REF</u>
3000/240	San Gabriel	4HW 2TBS		+1WS +4BMA	
3200/320	San José de Abajo	6HW	+3AC	+4WS	
3500/400	San Miguelito	6WS		+2WS +2S	
2500/300	San Nicolás	4WS 2TBS	1WS +1TBS	+1WS +1S	
12000/1000	San Pedro	4WS	5WS 2BW	+6WS +9BW 3BW 2WS	
6000/600	Tres Valles	5CV	4CV	11TBS +2BW	6TBS
5500/600	Zapoapita	4BMA 4TBS		+3BMA +4BW +2WS	

S = Silver  
 FC = Fives Lille Cail  
 MW = Mirrlees Watson  
 HL = Hein Lehmann  
 CV = Cinchilla Varona  
 AC = Allis Chalmers  
 AL = Asea Landswerk  
 HW = Hepworth  
 AT = American Tool  
 SMG = SMG Slatzinger  
 + = Centrifuga Continua



No obstante, es clara una preferencia (en cualquier tipo de centrífuga, ya sea intermitente o continua) para las máquinas WS respecto a las otras dos y entre éstas últimas la diferencia no es tan grande, pero la máquina TBS es más popular que la BW. Afortunadamente todo esto está cambiando debido a un repunte de la industria azucarera y a las exigencias de una mayor eficiencia en la misma, provocando una renovación del equipo hecha a conciencia.

Para el caso del mercado mexicano, donde muchas veces no se tienen los medios adecuados para tener las máquinas en su óptimo funcionamiento, ya sea por la variación en las mieles (densidad, humedad, etc.), la falta de herramienta necesaria, el personal debidamente preparado y otras deficiencias, se necesita una máquina que sea lo más sencillo de reparar y adaptable a las distintas condiciones de operación. El diseño TBS, sin decir que es el mejor en general, considero que lo es para las condiciones de operación en la industria azucarera nacional. Por no presentar sofisticaciones que en un momento dado van a tener a la máquina parada por la falta de un técnico preparado, el mantenimiento es muy accesible y es semiautomática, por lo cual el operario puede variar las condiciones de proceso durante el proceso. Tiene la posibilidad de adaptarse a refacciones que no sean las del equipo original, por ejemplo los amortiguadores, que por ser exteriores, puede variar su tamaño y rigidez.

Respecto a la vida útil de las máquinas, hay una razón de peso para confirmar la elección del diseño TBS. Es difícil hablar de la vida útil de las centrífugas, ya que son máquinas que sus piezas se van reemplazando cuando ya no es posible repararlas y la máquina se reemplaza completamente sólo cuando ya no hay otra salida. En cualquier centrífuga encontramos que la canasta es una pieza muy delicada para el buen funcionamiento de la misma y contribuye con la mayor parte a su costo inicial. Entonces, como TBS es el único que tiene una canasta que no se corroe, resulta ser la de mayor vida útil, si es que se puede hablar de este término en centrífugas.

CAPITULO TERCERO  
DESCRIPCION, ANALISIS Y MODIFICACIONES AL DISEÑO  
DE LA CENTRIFUGA CONTINUA MARCA  
THOMAS BROADBENT & SONS

---

La integración nacional de cualquier diseño en cualquier tipo de maquinaria no se puede realizar en corto tiempo únicamente, debemos antes considerar aspectos que hemos encontrado particulares en la industria nacional y peticiones del usuario u observaciones en el funcionamiento de maquinaria semejante. Es evidente que esto constituye un gran paso en el comienzo para lograr una total integración adecuada; sin embargo, se debe dejar las puertas abiertas a la detección de mejoras que a lo largo del tiempo se van adaptando, concretando la integración nacional.

Tal es el caso de la centrífuga continua TBS que tiene poco tiempo de estar en el mercado internacional, pero ya presupone poder mejorar algunos detalles que aportan modificaciones en la fabricación nacional.

En base a tratar de integrar la fabricación nacional de la máquina en cuestión, a continuación se detallan los componentes de la centrífuga con objeto de analizar las justificaciones de diseño y en su caso efectuar mejoras para lograr integrar una fabricación con ventajas adicionales al modelo elegido.

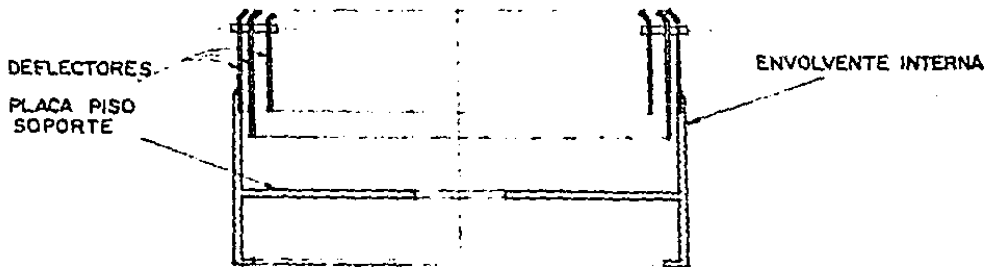
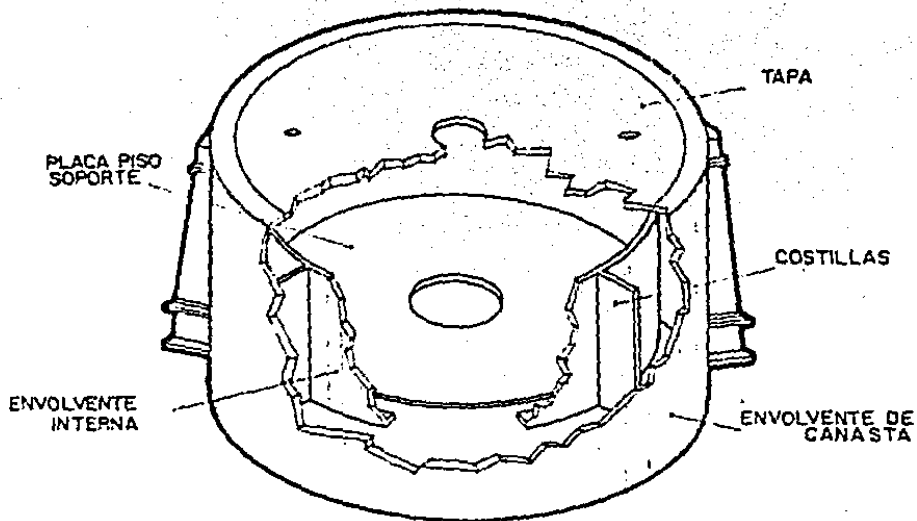
Descripción de los Componentes de la Centrífuga,  
Diseño Original

Envoltente de Canasta (Ver Figura 3.1) - Aloja en su interior al ensamble rotativo que consiste de la caja de baleros y canasta principalmente. Este diseño tiene la particularidad, como

ya se mencionó antes, de no tener amortiguadores internos entre la caja de baleros y el fondo de la envolvente de canasta (los amortiguadores se encuentran fuera de la carcasa envolvente), así que los movimientos y las vibraciones de la canasta son en armonía con la caja de baleros y la envolvente, garantizando con ésto no tener rozamientos entre la canasta y los deflectores de la envolvente. Internamente también tiene tres costillas en las cuales se apoya una envolvente interna que forma parte de la envolvente de la canasta, misma que soporta a la placa piso soporte de la caja de baleros, formando un recipiente y proporcionando un drenaje de mieles procesadas. En el espacio entre estas dos envolventes se canaliza el grano extraído de las mieles durante la centrifugación.

Soportados en la envolvente interna están los deflectores que sirven para recuperar las últimas mieles de extracción que se van resbalando, debido a la fuerza centrífuga, por las ranuras en forma de arco que se encuentran en la parte inferior de la pestaña en la parte más ancha de la canasta, para ser recuperadas por dichos deflectores y depositadas con el resto de las mieles; también estos deflectores sirven para frenar las turbulencias internas de las mieles procesadas.

En la parte superior, la envolvente tiene una tapa que junto con el resto del cuerpo de la misma funciona como protección de



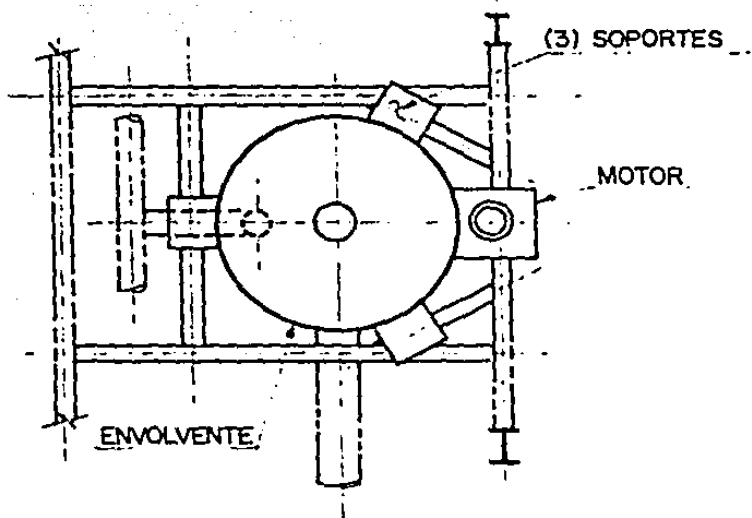
CARCASA ENVOLVENTE DE CANASTA  
Figura 3.1

cualquier falla interna, canalización del grano de azúcar extraído y también como soporte para las tuberías de lavado y tubo de alimentación de masa.

Columnas de Soporte y Amortiguadores (Ver Figura 3.2) - Son tres las columnas que soportan a la envolvente que van fijas y niveladas sobre la estructura base. Sobre éstas descansan los amortiguadores, que pueden ser de cualquier tamaño y capacidad por estar fuera de la envolvente; a su vez, sobre los amortiguadores descansa la envolvente de la canasta, de tal forma que queda soportada únicamente por estos tres puntos a través de los amortiguadores y los soportes.

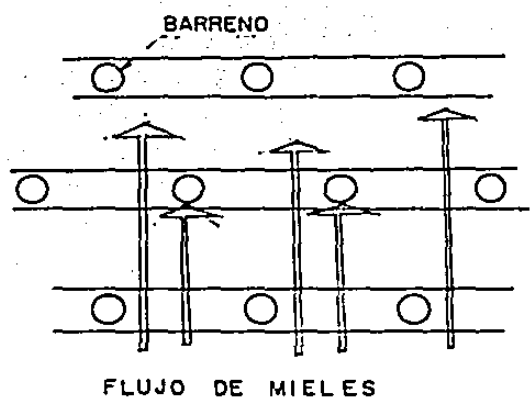
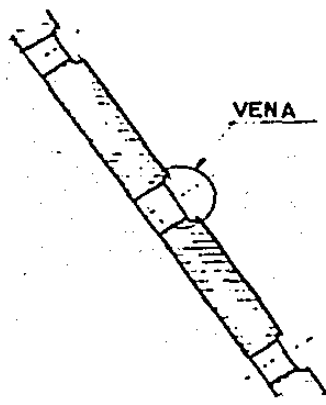
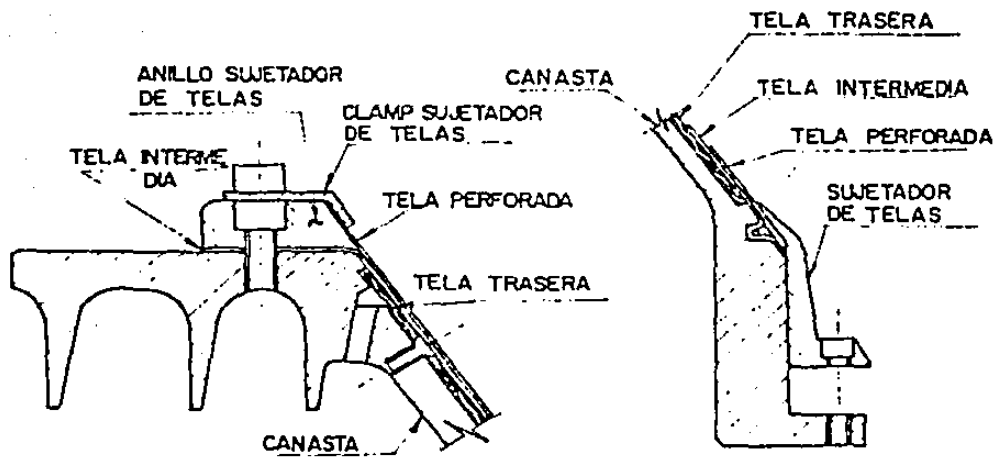
La Canasta (Ver Figura 3.3) - Es fabricada según lo convenido con el cliente en acero al carbono o acero inoxidable especial. La canasta en acero inoxidable especial tiene la particularidad de tener mucho mejores propiedades de robustez además de las mencionadas anteriormente, especialmente la resistencia a la ruptura, en comparación con la canasta fabricada en acero inoxidable 316.

La separación de las mieles y los cristales de azúcar contenidos en la masa se efectúa por fuerza centrífuga. La masa entra a la canasta, vía conducto de alimentación, la cual aloja una tela finamente perforada; ésta, en el proceso, retiene los cristales dejando pasar las mieles. Los cristales continúan su viaje hacia



**CENTRIFUGA PLANTA**  
Figura 32





**CANASTA**

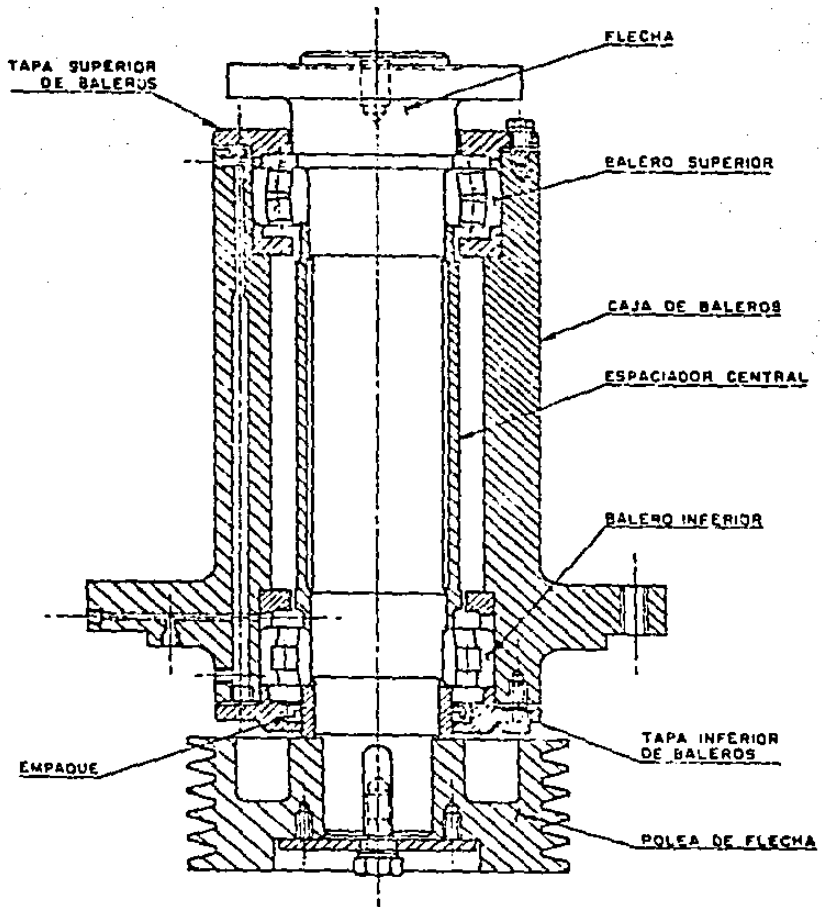
**ORIGINAL**

Figura 3.3

el diámetro mayor de la canasta, terminando en desbordarse por la parte superior de la misma.

En la pared interna de la canasta se maquinan unas venas, mismas que son cubiertas por la contratela y que juntas forman un colchón donde se lleva a cabo la canalización de las mieles cuyo grano ya ha sido separado por la tela. De no existir estos conductos se llevaría a cabo una separación de mieles únicamente de las que pasaran cerca o sobre los barrenos intercalados que tiene la canasta; además, la miel se escaparía con el grano por los bordes de la canasta. Sin embargo, lo que sucede es que esta miel se retiene en las venas y allí se lleva a cabo la conducción de las mieles en una forma exhaustiva hacia los barrenos de la canasta. Así se asegura que todo el grano de suficiente tamaño sea extraído y conducido sobre el borde de la canasta y toda la miel procesada desechada a través de los barrenos de la canasta.

Sistema de Giro (Ver Figura 3.4) - Se trata de un sistema integrado por una flecha alojada en una caja de baleros, con baleros lubricados por grasa. Este sistema va fijo a la envolvente y es accionado por transmisión de bandas a través de un motor vertical eléctrico, que va sujeto a la carcasa envolvente. Tanto el balero inferior como el balero superior están diseñados para carga pesada; el inferior, sin embargo, tiene la particularidad de permitir un desalineamiento vertical entre sus anillos. El propósito

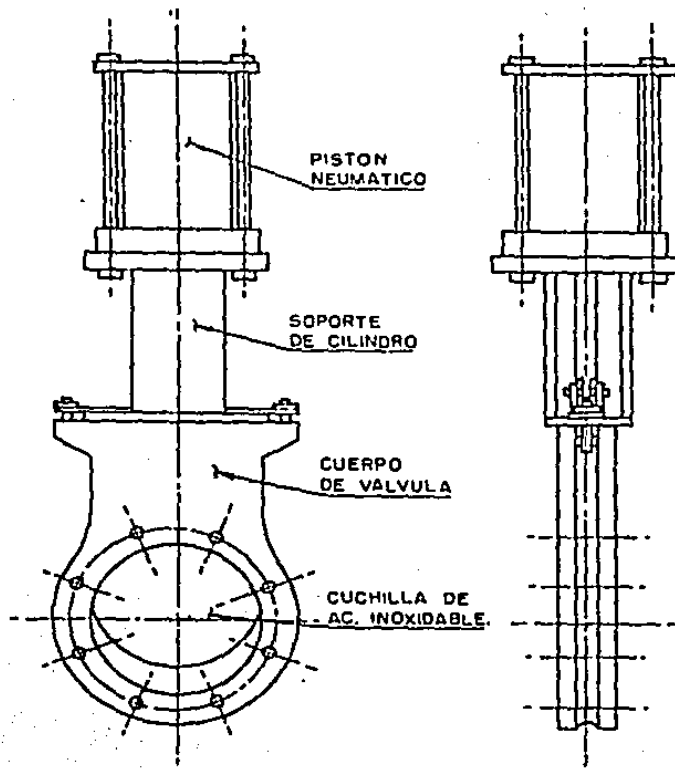


ENSAMBLE CAJA DE BALEROS  
Figura 3.4

de este desalineamiento es permitir que se manifieste el crecimiento de la flecha por el aumento de temperatura que presenta durante el proceso normal de operación. El crecimiento de la flecha se impide que sea hacia arriba por medio del balero superior, que es rígido, y por medio de la tapa superior de baleros que fija al balero superior; por otro lado, se canaliza el crecimiento hacia abajo por el espaciador central que se apoya por un lado al anillo interno del balero superior y por otro al anillo interno del balero inferior, el cual se va a desplazar junto con la flecha hasta empujar la polea de la flecha.

Como ya se mencionó antes, este sistema se mueve en conjunto con la canasta, el motor y la envolvente, por lo que se minimizan los esfuerzos en el motor, en los baleros y en las bandas, gracias al movimiento en conjunto que realizan.

Motor - Se utiliza un motor comercial de inducción, con jaula de ardilla, 75 HP (56 KW), 4 polos, 3 fases, 60 Hz, 1800 RPM para trabajo en posición vertical, sujetado a la carcasa envolvente, el cual incluye un arrancador electromagnético para protección del mismo. Este arrancador comprende una estación de arranque y paro del motor. El motor tiene también como protección un interruptor termomagnético que puede ser instalado en el cuarto de control. El control del motor puede efectuarse desde el tablero de control de la centrífuga, el cual está integrado por un botón de arranque,



VALVULA DE ALIMENTACION

Figura 3.5

un botón de paro, una lámpara de giro, un transformador de corriente y un amperímetro.

Sistema de Alimentación (Ver Figura 3.5) - Se encuentra integrado por una válvula de cuchilla accionada por un pistón y sistema neumático y controlados por una estación de botones ubicados en el tablero de control para su facilidad de apertura y/o cierre de la válvula. El cuerpo de dicha válvula está fabricado con acero al carbono y la cuchilla de la misma, que es lo que está en contacto con las mieles, de acero inoxidable. Además, el sistema neumático tiene un circuito de seguridad, que opera cuando se desenergiza el motor de la centrífuga, cerrando automáticamente la alimentación de la masa cocida a la centrífuga, evitando así posibles derramamientos de masa.

Un punto crítico en la eficiencia de la centrífuga se encuentra en hacer que la capacidad del motor se aproveche al máximo; para esto se cuenta con un amperímetro que indica la corriente que el motor está tomando durante la operación de la máquina. Para efectos de un motor de 75 HP, el amperaje máximo de trabajo es de 100 A, para lo cual, la centrífuga, en su punto de mayor eficiencia, trabajará el motor a 90 A como máximo y 80 A como mínimo. Arriba del amperaje máximo, el motor se estará forzando, mientras que abajo del mínimo se estará desaprovechando su capacidad. El amperímetro cuenta con señalizaciones de dichos límites, con los cuales el ope-

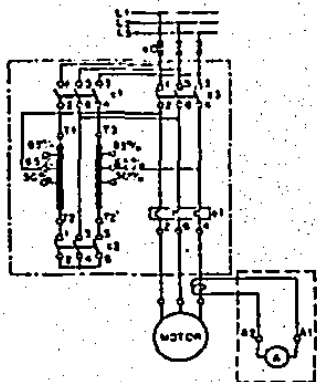
rador debe vigilar abriendo o cerrando la válvula en caso de bajo o alto amperaje respectivamente.

Sistema de Lavado - El sistema de lavado está integrado por dos alternativas: vapor y agua. La opción por agua maneja una presión de entrada de  $3.2 \text{ Kg/cm}^2$  y una temperatura entre 50 y 90 grados celsius; incluye una válvula general de alimentación al principio del tubo múltiple y existen dos válvulas de paso rápido para el lavado de la canasta y para la lubricación de la masa, conectados a la tubería de lavado de la canasta y a la boquilla de alimentación respectivamente.

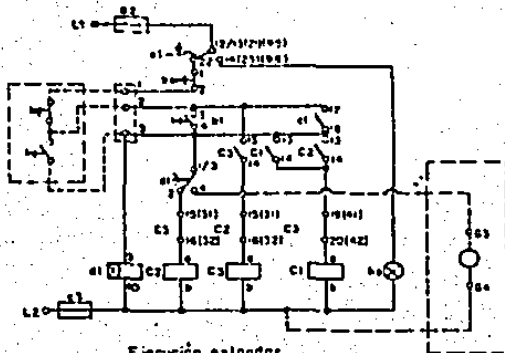
El sistema de lavado por vapor recibe éste a una presión entre  $1.1$  y  $4.2 \text{ Kg/cm}^2$ , que se controla por un manómetro ubicado al frente del tablero de control. Similarmente existen dos válvulas para el lavado de la canasta y para el calentamiento de la chaqueta de la boquilla de alimentación conectados a la tubería de lavado de la canasta y a la boquilla de alimentación respectivamente.

Se suministrará agua caliente al tubo de alimentación para poder variar la densidad de la masa, que en casi todas las descargas se encuentra muy espesa y no se puede llevar a cabo una centrifugación eficiente bajo esas condiciones. El vapor en la camisa al final del tubo de alimentación tiene por función calentar dicho tubo y ayudar así a que fluya más fácilmente la masa, introduciéndose

### Circuito principal

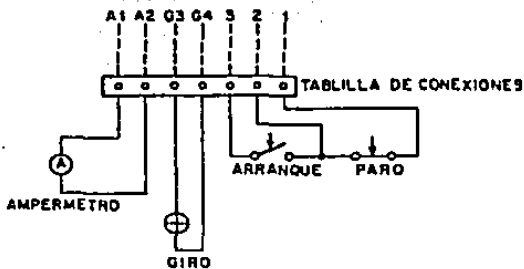


### Circuitos de control



Ejecución estándar  
Con accionamiento por pulsadores  
(Contacto de corta duración)

### Tablero de control



- C1 Contactor a tensión reducida (arranque).
- C2 Contactor punto estrella
- C3 Contactor a plena tensión (marcha).
- b Interruptor (contacto permanente).
- b1 Pulsador "arrancar".
- b0 Pulsador "parar".
- d1 Relé de tiempo.
- e1 Relé de sobrecarga. Protección contra cortocircuito (fusibles a disjuntor).
- e2/e3 Fusibles de protección para el circuito de control.
- HO Lámpara indicadora de sobrecarga.

Para operación a control remoto, conectar la estación de botones como se indica con línea punteada, suprimiendo el puente entre las clemas 1 y 2.

## DIAGRAMA DE CONEXIONES ELECTRICAS

Figura 3.6



a la centrífuga a una temperatura de 50 grados celsius aproximadamente. Por otro lado, los suministros de vapor y agua que van directamente a la canasta, sirven para el lavado de la misma en cuanto se ha acabado de procesar la masa y todavía sigue girando la canasta; también, durante el procesamiento de la masa, se deja salir vapor momentáneamente por el conducto de la canasta, para mejorar la fluidez de la masa que ya está empezando el proceso.

Tablero de Control (Ver Figura 3.6) - El tablero de control contiene tres secciones:

1. Control del motor - Consistente en una estación de botones para arranque y paro del motor, una lámpara indicadora de giro de la canasta y un amperímetro que indica la intensidad de corriente que está tomando el motor.
2. Control de válvula de alimentación - Cuenta con un sistema neumático operado por dos botones, uno para apertura y otro para cierre de la válvula de alimentación.
3. Control del sistema de vapor y agua - Se compone de dos tubos múltiples, uno de vapor y otro de agua. Para el vapor incluye un manómetro, válvula general y válvulas de lavado de canasta y boquilla de alimentación.

En el caso del suministro de agua, tiene una válvula general y válvulas de lavado de canasta y lubricación de alimentación.

### Problemas Detectados en el Diseño Original

En base a lo expuesto anteriormente y a consultas realizadas con especialistas en los distintos ramos que abarca la centrifuga, se ha llegado a la detección de algunos detalles factibles de ser mejorados en la misma.

A. Ya en la comparación de las tres principales marcas de centrifugas del capítulo segundo se dió a conocer una deficiencia que el diseño de la máquina TBS tiene respecto de las otras dos, esto es, la falta de robustez de la tapa de la envolvente de la canasta. La consecuencia de esta falta de robustez es una vibración excesiva y progresiva de la máquina.

B. La tela intermedia Mesh 14 de la canasta, que funciona como protección de la tela perforada, tiene un entretejido muy chico que en no largo tiempo va a presentar obturaciones por residuos de cal contenidos en las mieles. Es necesario un flujo libre de las mieles hacia el colchón formado por la tela trasera y las venas, pues de lo contrario ésta fluiría hasta el borde de la canasta, mezclándose con el grano recién extraído. Por otro lado, no es conveniente un lavado exhaustivo frecuente de las telas de la canasta por medio de los suministros de agua y vapor, ya que por su

temperatura terminará afectando la tela perforada, que es de muy alto costo.

C. El balero superior cuenta con un recipiente interno para la acumulación de grasa quemada suficientemente grande como para no tener problemas durante toda la zafra, pero el del balero inferior no tiene desahogo de grasa. A la larga esto hará que ya no sea posible introducir más grasa nueva a la caja de baleros por los conductos que para ello se proveen. Será necesario desmontar la canasta y abrir la caja de baleros para poder vaciar la grasa quemada y después poder re-montar y volver a operar normalmente.

Muy posiblemente antes de que esto suceda, ocurrirá que al haber un exceso de fluido (grasa quemada y grasa nueva) en la caja de baleros, la temperatura en el área circundante a los baleros va a aumentar considerablemente por la presión que ejerce dicho fluido. Bajo estas condiciones la grasa pierde sus propiedades de lubricación, ya que disminuye su viscosidad; los baleros comenzarán a tener rozamientos excesivos que más tarde afectarán el giro de la canasta y el funcionamiento de la centrífuga. Un desmontaje periódico de la canasta para el cambio de lubricante no es una solución admisible bajo las condiciones de operación de cualquier ingenio, razón por la cual esto deberá ser corregido antes de proceder a cualquier otra cosa.

### Modificaciones Sugeridas al Diseño Original

Finalmente, abarcando los problemas arriba mencionados y considerando los recursos con los que se cuenta a nivel nacional, desarrollé un estudio en cada ensamblaje, tratando de mejorar el diseño original, encontrando los siguientes aspectos que pueden mejorar la máquina. Dichos aspectos no solo son considerados con respecto a los problemas detectados, se toma en cuenta además, aquello que pueda facilitar la fabricación de la máquina, hacerla más competitiva o bien que proporcione un mejor servicio.

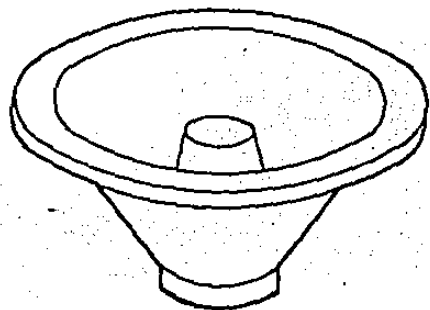
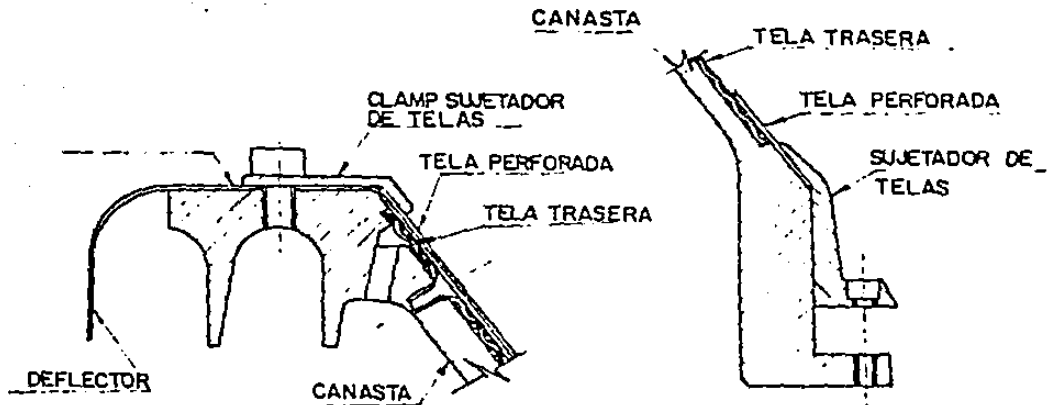
A. La solución al problema de la falta de robustez de la tapa de la envolvente es aumentar el grosor de la lámina que está hecha de acero al carbono 1018. También suavizar los vértices en el diámetro superior externo de la envolvente de canasta, para proporcionar una mejor distribución de los esfuerzos concentrados en dichos vértices, relajando así las vibraciones en toda la carcasa envolvente.

B. La única función que tiene la tela intermedia Mesh 14 es la de proteger a la tela perforada de la tela trasera Mesh 4 que, por su calibre de 0.063 pulg. y el entretejido que tiene, en contacto con la tela perforada, a lo largo del tiempo la deforma y hasta llega a romperla. La forma de evitar esta deformación y, en ocasiones ruptura, y al mismo tiempo no tener los problemas de ob-

turación de la tela intermedia, es fabricar la tela trasera con el mismo espaciamiento en el entretejido, pero con un calibre menor (unos 0.047 pulg.); además así, ya no hay necesidad de una tela intermedia. Esto implica hacer unos cambios en la pestaña que se encuentra sobre el diámetro mayor en la parte superior de la canasta. Como ya no se necesita la tela intermedia, el anillo sujetador de telas pierde toda su funcionalidad si simplemente se baja el clamp sujetador de telas hasta el borde de la canasta y la tela perforada se continúa para tomar el lugar de la tela intermedia (ver figura 3.7).

C. En el estudio de la pestaña de la canasta por la eliminación de la tela intermedia surgió otro cambio en la misma, que trae consigo grandes ventajas en la fabricación de la canasta. Se trata de la mitad del segundo y último arco de la pestaña que no se elabora y se substituye por un deflector que se sujeta desde donde termina ahora la tela perforada y se continúa hasta formar el arco requerido.

Los ahorros en estos cambios son considerables por la eliminación de piezas a fabricar, mantener y reemplazar. También la última modificación facilita el proceso de función de la canasta y el posterior maquinado de la misma. Hay ahorros en material fundido, aproximadamente 170 Kg.

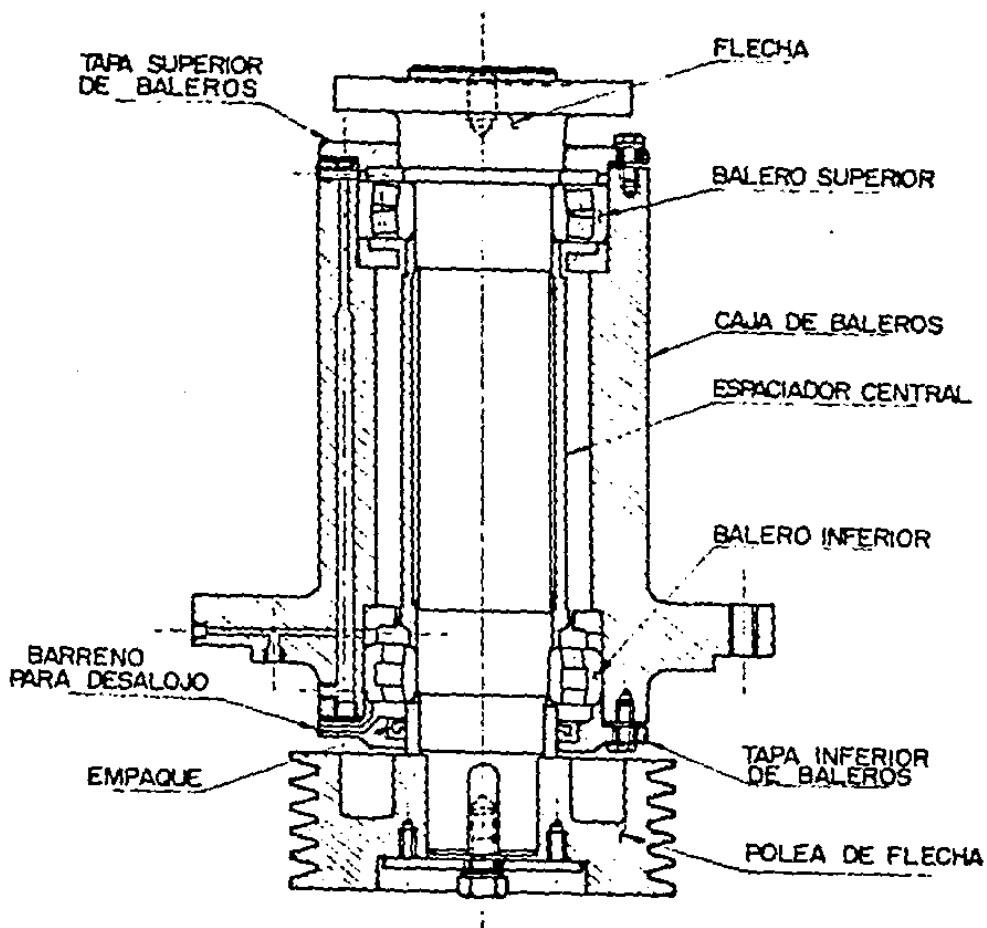


**CANASTA MODIFICADA**

**Figura 3.7**

D. Por medio de una consulta con especialistas de SKF se detectó la ausencia de un desahogo de grasa en el balero inferior. Por tanto se recomienda hacer un barreno en la caja que sirva para desalojar la grasa quemada durante el proceso de operación normal de la máquina. Este barreno se puede situar debajo del tablero inferior a un lado del empaque (ver figura 3.8). Es también factible la posibilidad de poner más de un barreno alrededor de la caja.

E. Originalmente, el tubo que conduce las masas a ser procesadas, desemboca en un embudo de alimentación central, con el argumento de que proporciona una distribución más uniforme de las mieles que la alimentación lateral de los diseños convencionales. Es posible que de hecho sí sea el caso, pero en la práctica, la diferencia que se obtiene por dicho sistema no se llega a percibir en la calidad de grano, ni en su tamaño. Por tanto, el prescindir del sistema de alimentación central no tiene consecuencias graves ni leves y sin embargo representa una considerable disminución en los costos de fabricación. Las únicas modificaciones en la fabricación son la reubicación del orificio de alimentación en la tapa del envoltente y la supresión del distribuidor central de masa y el cono acelerador de masa.



**CAJA DE BALEROS MODIFICADA**

Figura 3.8



**CAPITULO CUARTO**  
**ADQUISICION DE TECNOLOGIA,**  
**PROCESO Y SEGUIMIENTO DE FABRICACION**

---

Una vez que se ha llegado a seleccionar la tecnología que resulta más adecuada al mercado nacional, basado en el análisis funcional de cada uno de sus componentes desarrollado en el capítulo tres, se deberá proceder a la tramitación de tecnología con la firma cuya máquina hemos elegido, en este caso se trata de Thomas Broadbent & Sons. Como se trata de una firma inglesa, tanto planos como normas están basados en normas británicas (British Standard); para este caso es necesario hacer un análisis comparativo de cada una de las piezas, considerando todos sus diferentes parámetros (materiales, dimensiones, aleaciones. . .), con objeto de encontrar equivalentes con las normas estadounidenses (AISI, SAE y ASTM), que son aquellas que existen y se manejan comúnmente en México. Se selecciona aquellos que más se acerquen a las normas de la pieza original y se procede a realizar los cambios requeridos en las especificaciones de la máquina. Una vez que se han encontrado las equivalencias es necesario la aprobación de la firma en todas las modificaciones sugeridas, por lo que se establece un intercambio de proposiciones y aprobaciones o rechazos, hasta que hay un total acuerdo en las modificaciones necesarias.

Con el pleno consentimiento de la firma se elaboran planos con normas estadounidenses, para posteriormente clasificar a las piezas en distintas áreas de fabricación según se requiera; se seleccionan proveedores, se elaboran hojas de proceso y de inspección, ensambles, pruebas, etc. Para la elaboración de este proceso

de adaptación y posterior fabricación de la centrífuga, propongo los siguientes pasos concretos:

1. Adaptación de los planos: el objetivo de este punto es elaborar planos cambiando las especificaciones inglesas a las estadounidenses, para no equivocar los parámetros requeridos en tubería, cuerdas, medidas, dimensiones, aleaciones. . . Será necesario hacer lo mismo para los procesos de fabricación de los distintos componentes.

2. Análisis de las normas: con el propósito de conocer las propiedades mecánicas, eléctricas o químicas que se requieren en los distintos materiales de las piezas, es necesario un estudio profundo de las normas inglesas para las piezas que integran la centrífuga.

3. Cambios provocados por las especificaciones: para poder emitir un reporte completo de las modificaciones efectuadas al diseño original, es necesario llegar hasta las últimas consecuencias que pueda provocar un cambio en dimensiones, aleaciones, etc.

4. Tramitación y autorización de tecnología: se establece un diálogo con los expertos de TBS con proposiciones obtenidas de los cambios en las especificaciones, hasta que sea totalmente aprobada la máquina y los procesos de fabricación modificados; es-

to en virtud de que el tecnólogo es responsable de su marca.

5. Modificación y elaboración de planos: con la aprobación anterior se elaboran planos de toda pieza de la máquina, para su posterior fabricación.

6. Separación de los distintos tipos de proceso: para facilitar la fabricación de las piezas se necesita definir qué procesos (fundición, maquinado, pailería, etc.) son los que se requiere para su elaboración; esto se logra mediante un análisis individual por pieza.

7. Elaboración de hojas de proceso: con el fin de llevar a cabo un seguimiento confiable de los procesos de fabricación es conveniente la elaboración de hojas de proceso en una forma detallada e individual.

8. Selección de proveedores y cotizaciones: por un pequeño análisis de costos es fácil llegar a la conclusión de que no es costoso el montar una planta para la fabricación integral de centrifugas, ya sea aquí en México o en cualquier otra parte del mundo, por el pequeño número de unidades requeridas. La fabricación se propone por medio de maquiladoras. El análisis por el cual se llega a esta decisión se expone a continuación, de una manera genérica.

ESTADISTICA DE VENTAS

	<u>1984</u>	<u>1985</u>	<u>1986</u>	<u>1987</u>
Centrifugas continuas adquiridas en México	4	6	6	5
Importe = \$ 58,200 Dls.	233	349	349	291
		(miles de dólares)		

INVERSION NECESARIA PARA UNA PLANTA DE FABRICACION DE CENTRIFUGAS

- a) Maquinaria (necesaria para fabricar los componentes en cuestión)

	<u>(Miles de Dólares)</u>
Torno vertical	87
Torno Paralelo	35
Balanceadora	70
Roladora	26
Soldadoras (3)	8
Taladro radial	30
Taladro columna	7
Mandriladora	<u>57</u>
Total	320

- b) Edificios

1,000 m<sup>2</sup> de terreno con 600 m<sup>2</sup> techados

Costo de terreno en zona industrial a 6.5 dls/m<sup>2</sup>, por los 1,000 m<sup>2</sup> que se requieren 6.5

Costo de construcción industrial \$ 187 dls/m<sup>2</sup>, por los 600 m<sup>2</sup> que se requieren

112.2  
118.7

Inversión aproximada de activos fijos 438.7

Si consideramos que esta última suma puesta a réditos bancarios a una tasa del 10% anual recibiría más de cuarenta mil dólares al año, se concluye que hasta este punto del análisis, que es sin considerar la disminución de las utilidades por el costo de las máquinas por mano de obra, manejo y costo de activos variables y otros, hay una inversión demasiado grande para el reducido número de ventas al año.

Es muy importante garantizar la calidad requerida y lograr el menor costo posible. Para esto se deberá efectuar una calificación a proveedores considerando la maquinaria, personal, medidas de control de calidad con las que trabaja cada proveedor, así como el tiempo requerido para la elaboración de las piezas.

9. Ruta crítica: tomando en cuenta el tiempo de fabricación en los diferentes tipos de procesos junto con el punto anterior, es plausible obtener una ruta crítica del proyecto de fabricación que resulta indispensable, si consideramos la forma de fabricación por maquiladoras, para una planeación elemental del proyecto. Cabe hacer notar que, en este punto, se debe considerar en qué momentos es más conveniente hacer inspecciones, con lo cual es posible desarrollar el punto que sigue.

10. Elaboración de hojas de inspección: se deben elaborar lo más claro posible, para que la inspección sea realizada

con la mayor facilidad posible y poder tener archivos históricos de la fabricación.

11. Contratación y fabricación: hasta este punto se cuenta con todo lo necesario para comenzar la fabricación de los componentes de la centrífuga, pero es necesario elaborar las cláusulas del contrato para prevenir posibles problemas.

12. Aprobación de piezas: lo mejor será tener un estricto método de aprobación en diferentes partes del proceso mediante pruebas no destructivas, para asegurar que una última inspección resulte casi innecesaria.

13. Ensamble: esta fase se deberá desarrollar una vez terminadas las piezas, para lo cual también se requiere de hojas de proceso y de inspección de calidad.

14. Pruebas: una vez ensamblada la máquina, se deberá probar en vacío (sin carga), debiendo cubrir los requisitos técnicos especificados por el método de prueba.

Para ejemplificar lo anterior, he seleccionado un componente, el cual es el más significativo e importante de la centrífuga, con objeto de detallar los pasos a seguir indicados arriba; se debe, claro está, efectuar el mismo procedimiento a todos y cada uno

de los componentes que integran la centrífuga. La pieza elegida es la canasta.

EJEMPLIFICACION DE LA INTEGRACION NACIONAL DE LA FABRICACION DE UNA CANASTA PARA CENTRIFUGA CONTINUA BROADBENT

1. Adaptación de los planos:

a) Análisis de las dimensiones:

Las medidas indicadas en los planos ingleses vienen unos con acotaciones en milímetros y otros en pulgadas.

b) Análisis de las cuerdas:

Los planos originales indican cuerdas de acuerdo a la norma B. S. (British Standard).

c) Análisis de materiales:

Se trata de una pieza fundida con especificaciones BS, las cuales no defino en este estudio por ser secreto de fabricación.

2. Análisis de las normas:

a) Dimensional:

Por tratarse de una pieza fundida no existe



problema en respetar y cumplir con las medidas indicadas en el plano, lo único que es necesario hacer es acotar el plano en milímetros y en pulgadas, ya que en México existe diversidad en la familiarización en los talleres.

b) Cuerdas:

El plano indica bajo la especificación BS (150) las cuerdas M-16 y M-8; para las cuales lo equivalente en American Standard son 5/8 de pulg. de diámetro NF y 3/8 de pulg. de diámetro NF, respectivamente.

c) Materiales:

En cuanto a las indicaciones de aleaciones, únicamente está la de la canasta en norma BS, bajo la especificación indicada, para la cual se encontró en American Standard una aleación (no se indica por ser secreto de fabricación) que se encuentra dentro de los rangos permitidos en la composición química y supera las propiedades mecánicas requeridas.

3. Cambios provocados en las especificaciones:

En el reporte requerido es necesario incluir las modificaciones al diseño original propuestas en el capítulo anterior. Esto es la supresión de la tela intermedia y el anillo suje-

tador, los cambios en las sujeciones de las telas en las partes superior e inferior, el cambio en el calibre del alambre del entretejido de la tela trasera y la supresión de la mitad del último arco de la pestaña de la canasta y su substitución con los defletores.

Asimismo, los cambios en las aleaciones y cuerdas antes mencionadas.

#### 4. Tramitación y autorización de tecnología:

Con el reporte del punto anterior - el cual incluye los planos de fabricación sugeridos - y un diálogo con los diseñadores originales de la máquina se llega a un acuerdo en los cambios y el método de fabricación de la canasta. Esta es la pieza más delicada, por lo que los expertos de TBS realizan pruebas especialmente estrictas antes de dar su autorización.

#### 5. Modificación y elaboración de los planos:

Ahora, con la debida autorización, es necesario hacer los planos definitivos de fabricación de la canasta. Se muestran dibujos con los cambios hechos a la canasta en la figura 3.7.

#### 6. Separación de los distintos tipos de proceso:

Para el caso de la canasta, ya que se trata de una

pieza fundida, el proceso es el siguiente:

- Elaboración del plano del modelo de fundición.

Para este plano se consideran nuevas dimensiones por contracciones, maquinado, rechupes y ángulos de extracción del modelo.

- Elaboración del modelo de fundición.

Se elige también el material del modelo; para este caso, por ser pocas las piezas requeridas, se debe manejar madera.

- Fundición.

El tipo de fundición también es importante definirlo, y por la misma razón de pocas piezas, lo mejor será utilizar arena.

- Análisis químico y mecánico de la fundición.

Mediante métodos convencionales de análisis (microscopio, metalúrgico, pruebas de dureza Brinell, etc.) se cerciora que cumpla con lo especificado en los requisitos de la canasta.

- Selección de maquinaria para maquinado.

Debido a las dimensiones de la pieza, lo más conveniente es utilizar un torno vertical con un volteo de 1.5 m para todo el maquinado de la canasta.

- Diseño y elaboración de dispositivos de maquinado.

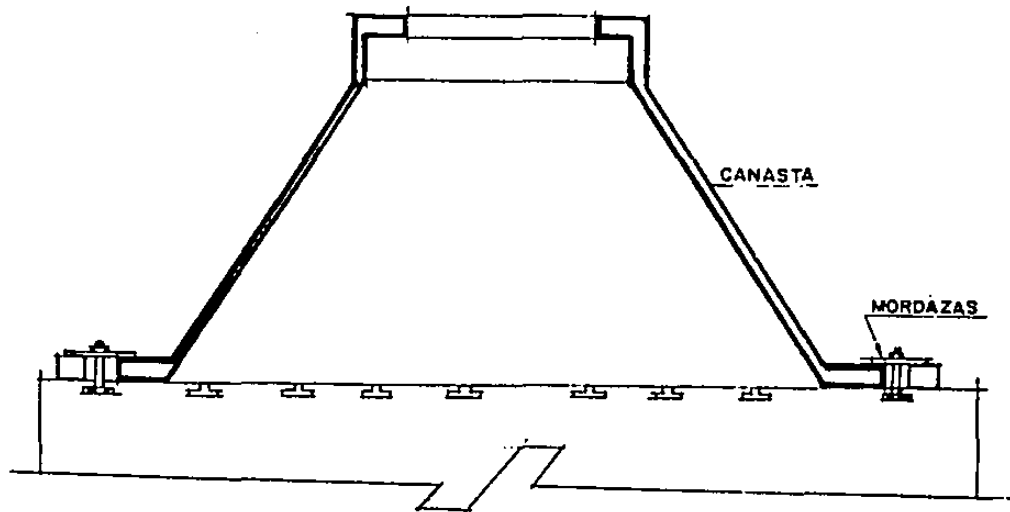
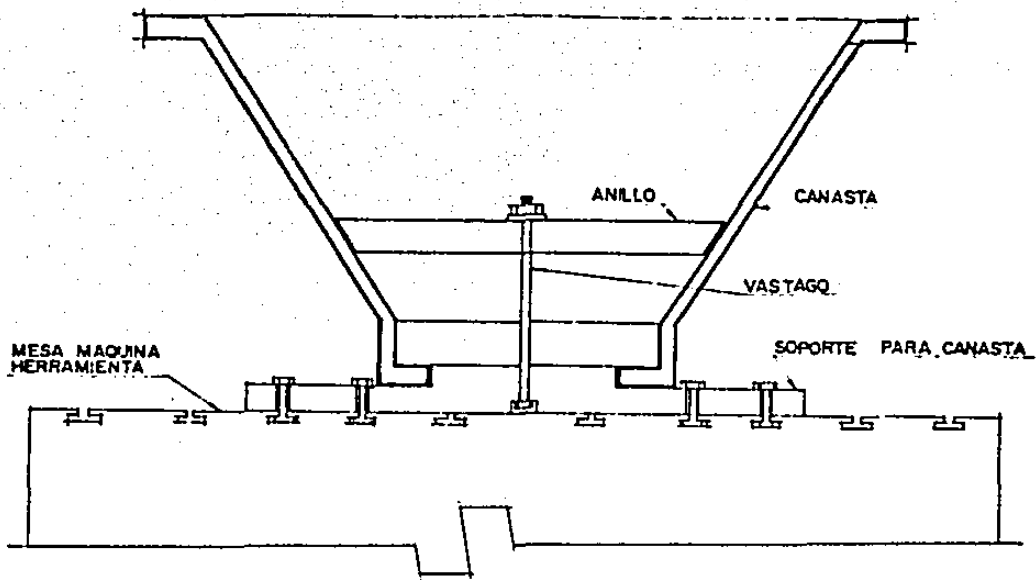
Unicamente en el caso de la canasta es necesario este paso. Son dos las maneras en las que hay que sujetar la canasta a las mesas de las máquinas herramienta, esto es, sobre su diámetro mayor y sobre su diámetro menor. Para el caso en el que se reposa sobre su diámetro mayor, la sujeción es con mordazas comunes y ocrrientes; cuando se sujeta sobre su diámetro menor, es necesario un dispositivo particular de la canasta. Se sugiere un soporte con el diámetro menor de la canasta resaltado para centrarla, además, este soporte tiene un barrenado en el centro resaltado, para hacer pasar un tornillo que al apretarlo presiona hacia abajo un anillo con diámetro mayor al anterior (ver figura 4.1).

- Maquinado.

Habrà que definir cómo va a ser la sujeción de acuerdo con los dispositivos con los que se cuente en el taller que va a realizar el trabajo de maquinado.

- Barrenado.

También en este trabajo hay algunos dispositivos que deben quedar definidos, como son las plantillas de maquinado de acuerdo al plano y a lo existente en el taller.



DISPOSITIVOS DE MAQUINADO Figura 4.1

- Inspección de control de calidad.

Es importante que quede definido el nivel de calidad que se requiere para la elaboración de cada pieza. En este caso, por ser una pieza de alto riesgo de operación, se recomienda el nivel N°. 1, soportado con el auxilio de una firma internacional de control de calidad, como es Lloyd's.

7. Elaboración de hojas de proceso.

Existen tan variadas hojas de proceso como procesos y fábricas hay; dadas las condiciones de fabricación, propongo el siguiente esquema:

HOJA DE PROCESO Y DE INSPECCION

Fecha \_\_\_\_\_ N° de hoja \_\_\_\_\_  
 N° pedido \_\_\_\_\_ N° orden \_\_\_\_\_  
 Proyecto \_\_\_\_\_  
 Proveedor \_\_\_\_\_ Responsable \_\_\_\_\_  
 Dirección \_\_\_\_\_ Tel. \_\_\_\_\_  
 Cía. Inspección \_\_\_\_\_ Responsable \_\_\_\_\_  
 Dirección \_\_\_\_\_ Tel. \_\_\_\_\_  
 Cliente \_\_\_\_\_ Responsable \_\_\_\_\_  
 Dirección \_\_\_\_\_ Tel. \_\_\_\_\_

APROBACION DE DOCUMENTO

Responsables proveedor (1) \_\_\_\_\_ (2) \_\_\_\_\_  
 Responsables cía. inspección (1) \_\_\_\_\_ (2) \_\_\_\_\_  
 Responsables cliente (1) \_\_\_\_\_ (2) \_\_\_\_\_

VERIFICACION DEL PROCESO

Nº. PASO      PASO EN REVISION      PROV.      CIA. INSPIC.      CLIENTE      FECHA

Para representar el caso de la canasta, a continuación se listan los pasos de los dos procesos que lleva la elaboración de ésta y a un lado se marca con una cruz aquellos (ya sea el proveedor, la compañía de inspección y/o el cliente) que deben verificar el cumplimiento adecuado del proceso.

Modelo y Fundición

	<u>PASO</u>	<u>P</u>	<u>I</u>	<u>C</u>
1.	Elaboración plano modelo			X
2.	Aprobación plano modelo	X	X	X
3.	Fabricación modelo	X		
4.	Aprobación modelo	X	X	X
5.	Fundición	X		
6.	Inspección ultrasónica fundición	X	X	
7.	Inspección radiográfica fundición	X	X	
8.	Inspección análisis químico	X	X	
9.	Inspección propiedades mecánicas	X	X	
10.	Reparación	X	X	X
11.	Inspección reparaciones	X	X	X
12.	Aprobación final	X	X	X
13.	Recepción certificados de calidad			X

Maquinado

	<u>PASO</u>	<u>P</u>	<u>I</u>	<u>C</u>
1.	Diseño dispositivos de maquinado y barrenado			X
2.	Aprobación diseños	X	X	X
3.	Fabricación dispositivos	X		
4.	Aprobación dispositivos	X	X	X
5.	Inspección fundición	X	X	X
6.	Pre-maquinado	X		
7.	Inspección pre-maquinado	X	X	
8.	Maquinado final	X		
9.	Inspección maquinado final	X	X	
10.	Barrenado	X		
11.	Inspección final	X	X	X

## 8. Selección de proveedores y cotizaciones:

La elección de los proveedores para maquinado está reducida a tres talleres ("A", "B", "C") para la fabricación de la canasta, los cuales han sido evaluados bajo los siguientes puntos:

## - Equipo.

Se deberá evaluar qué equipo tiene el proveedor y cuál de éste cuenta con las capacidades que se requieren para la fabricación de la pieza. Con este dato también se podrá saber con qué producción cuenta el taller para el trabajo deseado.

## - Vida del equipo.

Es igualmente importante considerar las condiciones del equipo que va a ser utilizado en cuanto a la vida que tiene y al estado en que se encuentra.



- Capacidad de producción.

Los tres talleres en consideración manejan dos turnos, multiplicados por 24 días hábiles al mes y por el número de máquinas con las capacidades requeridas da la capacidad real de producción. A esto debemos restarle las horas que normalmente tiene en uso el taller, para así obtener una aproximación de horas disponibles que puede ofrecer.

- Cantidad de personal (obrero).

La cantidad y calidad de personal obrero calificado para el propósito específico da una idea del tipo de taller, esto es, en cuanto a su composición y organización.

- Referencias comerciales.

En lo que respecta al tipo de trabajo y la seriedad en las entregas del taller, sólo es posible basarse en las referencias que se puedan obtener de "oído", ya que no hay nada escrito sobre esto. No por esto deja de ser importante este aspecto, ya que un mal trabajo o demora en la entrega podrían significar muchas pérdidas.

- Instrumentos de medición.

Al igual que el equipo de máquinas herramientas, el equipo de medición debe ser evaluado en cuanto a su vida y, muy importante, el estado en que se encuentra. También se debe verificar que cuentan con los elementos necesarios para comprobar el cumplimiento de las especificaciones.

- Sistema de control de calidad.

Este sistema, que puede variar de un sencillo grupo de inspectores hasta un departamento de control de calidad, proporciona una garantía sobre la pieza final.

- Tipo de piezas que se fabrican.

Para evaluar la experiencia del taller en el área de la canasta es necesario saber qué tipo de piezas manejan usualmente.

- Costo hora por máquina.

Para efectos de comparar costos es evidente que este dato es necesario, aunque no determinante, para la decisión final.

- Costo de cotización.

También, para la consideración del costo total, se sugiere tomar en cuenta el precio de cotización.

Con el fin de poder hacer una decisión sobre los tres talleres mencionados anteriormente, se presenta una tabla a continuación tomando en cuenta los aspectos descritos para cada taller.

	<u>"A"</u>	<u>"B"</u>	<u>"C"</u>
Equipo	6 tornos vert. 5 con capacidad	6 tornos vert. 4 con capacidad	1 torno vertical 1 con capacidad
	4 taladros rad. 3 con capacidad	3 taladros rad. 3 con capacidad	1 taladro radial 1 con capacidad
	E L E C C I O N : "A", "B", "C"		
Vida	10-18 años	14-18 años	17-20 años
	E L E C C I O N : "A", "B", "C"		
Producción (horas)	3072 reales <u>2000</u> útiles 1072 disp.	2688 reales <u>1800</u> útiles 888 disp.	768 reales <u>400</u> útiles 368 disp.
	E L E C C I O N : "A", "B", "C"		
Personal	20 obreros	18 obreros	8 obreros
	E L E C C I O N : "A", "B", "C"		
Referencias	Acabados buenos Incumplidos	Acabados finos Incumplidos	Acabados buenos Cumplidos
	E L E C C I O N : "C", "B", "A"		
Inst. med.	Bueno	Bueno pero antiguo	Incompleto
	E L E C C I O N : "A", "B", "C"		
Sistema C. C.	Supervisores e inspectores	Únicamente inspectores	Departamento de Control de C.
	E L E C C I O N : "C", "A", "B"		
Piezas	Todo tipo de piezas	Todo tipo de piezas	Principalmente pailería

## E L E C C I O N : "B" o "A", "C"

Costo Hr/Maq. (Torno)	\$ 130,000	\$ 120,000	\$ 110,000
--------------------------	------------	------------	------------

## E L E C C I O N : "C", "B", "A"

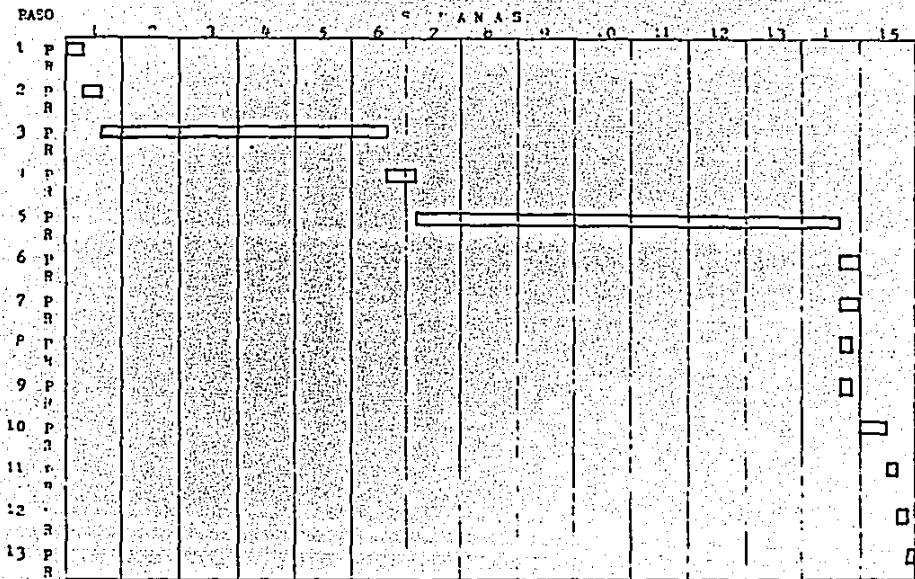
Cotización (Por pieza)	\$ 7,500,000	\$ 6,500,000	\$ 8,000,000
---------------------------	--------------	--------------	--------------

La elección final se reduce a los talleres "A" y "B", ya que "C" está muy justo en lo que respecta a capacidad de producción, equipo herramental y de medición; una falla en alguno de estos aspectos puede ocasionar una demora muy costosa, inclusive la pérdida de clientes. Entre los dos restantes se puede resumir que "A" tiene a su favor calidad y confiabilidad, aunque "B" tiene mejor precio; es preferible por el tipo de pieza en cuestión, sacrificar economía y asegurar la calidad.

## 9. Ruta crítica.

Para encontrar la ruta crítica de la fabricación de la canasta, es preciso tener diagramas de barras de la elaboración de cada componente. Estos diagramas se desarrollan siguiendo los pasos propuestos en las hojas de proceso e inspección; para el caso de la canasta se muestran los correspondientes en las figuras 4.2 y 4.3, también se deja un espacio en cada paso para hacer un seguimiento real de la fabricación y así poder hacer ajustes a las desviaciones que se presentan.

DIAGRAMA DE BARRAS MODELO Y FUNDICION



# D I A G R A M A D E B A R R A S M A Q U I N A D O

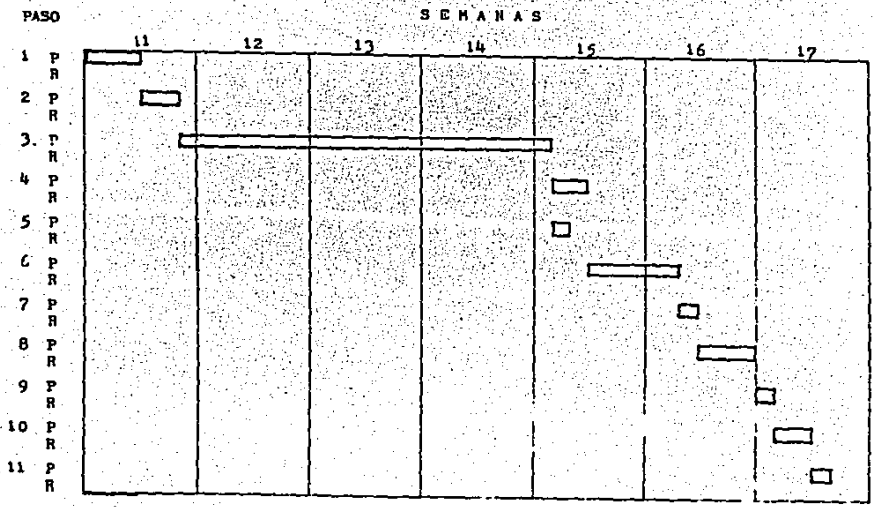
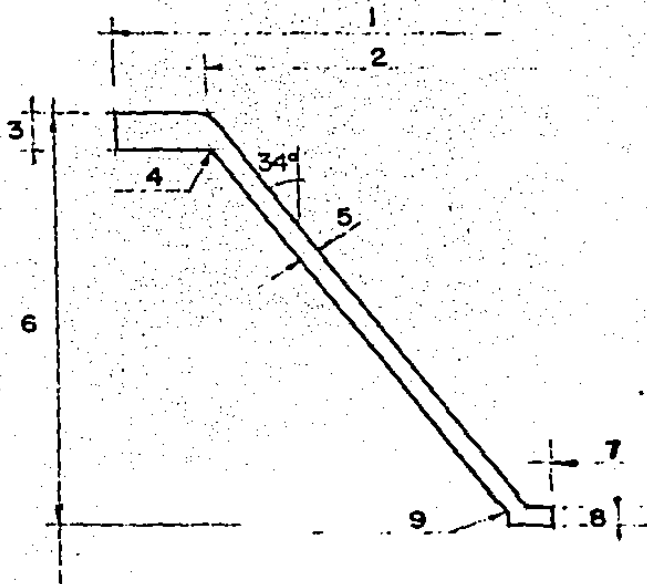


Figura 4.3

HOJA DE INSPECCION COMO MODELO		FECHA
N.º DE PLANO		FABRICO
DIMENSION ESPECIFICADA	DIMENSION REAL	OBS.
1 $\emptyset$ 1451.		
2 $\emptyset$ 1182.		
3 57.4		
4 r= 25.		
5 256		
6 671.		
7 $\emptyset$ 481.		
8 26.6		
9 r= 50.		

MATERIAL



NOTA:

TODAS LAS MEDIDAS DEBERAN SER MAYORES QUE LAS DE FUNDICION Y MAQUINADO FINAL

Figura 4.4

HOJA DE INSPECCION		FUNDICION	FECHA
N.º DE PLANO		FABRICO	
DIMENSION ESPECIFICADA	DIMENSION REAL	OBS.	
1 Ø 1439.			
2 Ø 1194.			
3 53.			
4 r= 25.			
5 19.			
6 656.			
7 Ø 493.			
8 23.			
9 r= 50			

MATERIAL

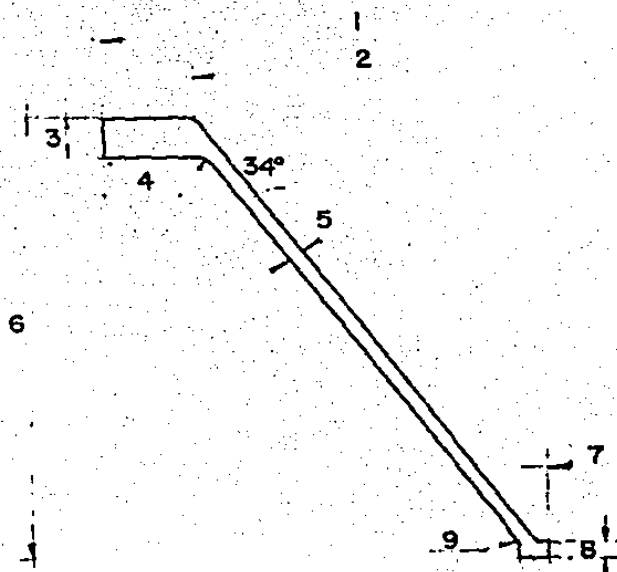


Figura 4.5



HOJA DE INSPECCION MAQUINADO FINAL

FECHA

N.º DE PLANO

FABRICO

DIMENSION  
ESPECIFICADA

DIMENSION  
REAL

OBS.

1  $\varnothing$  1409.

2  $\varnothing$  1219.

3 50.

4 r= 25.

5 10.

6 649.

7 420.

8 20.

9 r= 50.

MATERIAL

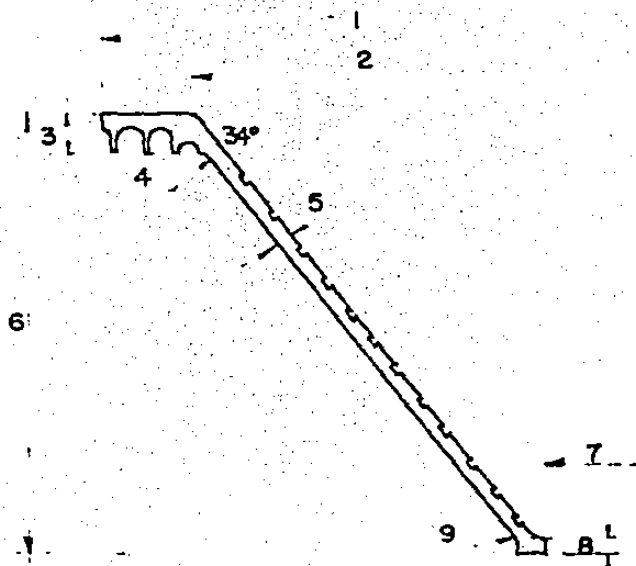


Figura 46

10. Elaboración de hojas de inspección.

La forma propuesta de las hojas de inspección para fundición y maquinado de la canasta se muestran en las figuras 4.4, 4.5 y 4.6; los ejemplos son del cono modelo, la fundición terminada y el maquinado final, respectivamente.

11. Contratación y fabricación.

Para evitar cualquier problema que se pudiera presentar durante la fabricación o después de ésta, es necesario esclarecer unas cláusulas al pedido de cualquier pieza y en especial en el caso de la canasta, por su alta precisión y costo. Además, por el tipo de fabricación por maquiladores, es particularmente importante elaborar dichas cláusulas.

C L A U S U L A S

1. Talleres "A" deberá proporcionar una fianza del 10% del total del pedido, con el objeto de garantizar el cumplimiento del mismo.

2. Todas las piezas indicadas en este pedido deberán de fabricarse fielmente de acuerdo a las especificaciones indicadas en los planos de referencia.

NOTA: Cualquier cambio deberá ser aprobado por escrito por el contratante.

3. Talleres "A" dará todas las facilidades para que personal del contratante, así como de la compañía de inspección que contrate el contratante, puedan efectuar las inspecciones necesarias a los materiales y piezas objeto de este pedido.

4. Talleres "A" deberá sujetarse a los planes de calidad de cada pieza de acuerdo a formatos anexos, debiendo respetar las autorizaciones necesarias indicadas en los mismos, antes de realizar las siguientes operaciones.

5. Todo plano deberá tener firma original de autorización del contratante antes de iniciar la fabricación, así mismo, Talleres "A" deberá guardar confidencialmente toda la información técnica recibida, no debiendo proporcionar detalles a ninguna persona y/o empresa.

6. Cualquier pieza que se encuentre fuera de las especificaciones indicadas no podrá ser aceptada, y Talleres "A" tendrá que reponerla sin costo alguno para el contratante.

Si ésta pudiera ser reparable quedará a juicio del contratante, junto con la compañía de inspección, el aceptar la reparación o exigir la reposición.

#### 12. Aprobación de piezas.

La aprobación, en este caso de una sola pieza, se va llevando a cabo durante las inspecciones ya indicadas en las hojas de proceso. La culminación de esto será al recibir los certificados de la compañía de inspección y por supuesto con el visto bueno propio.

#### 13. Ensamble.

Para que este paso se lleve a cabo con la mayor prontitud, es necesario coordinar las rutas críticas de todas las piezas en una sola. El ensamble de la canasta es ya en la parte final de esta ruta crítica general y muy próxima a las pruebas finales de la centrífuga; la canasta deberá balancearse dinámicamente antes del ensamble.

#### 14. Pruebas.

La canasta es probada cuando la centrífuga en general es probada y ésto se hace poniéndola a funcionar sin carga a una velocidad ligeramente mayor (2,200 RPM) a la de operación (1,800 RPM) durante 48 horas. Se observa cualquier tipo de anomalías tanto durante el funcionamiento como en una inspección con la canasta en reposo, lo que permite el detallar la máquina minuciosamente.

## CONCLUSIONES

Antes de poder cerrar el trabajo presentado he quedado a deber el resultado del rendimiento de la inversión de este proyecto. Ya que, como se mostró en el capítulo cuarto, la fabricación es conveniente hacerla por medio de maquiladores y no montando una planta; el análisis de costos resulta muy sencillo, tal como se muestra en el apéndice. Es también posible extender el desglose en el análisis con la lista de piezas que requiere cada componente mostrado de la canasta, pero, esto no es hacer un mayor análisis, sino como ya dije, extender el desglose únicamente y por lo mismo sin ninguna trascendencia para los fines de este trabajo.

Simplemente entonces, se toma el costo de fabricación de la centrífuga del resultado del apéndice y el precio de venta de la misma, que también ya se mencionó en el capítulo cuarto en la estadística de ventas presentada, para decidir el tipo de fabricación más conveniente. El precio de venta es de \$ 126,500,000 y el porcentaje de utilidades es de 17%. Un porcentaje que coloca a la inversión no solo en un plano redituable para el país, la coloca en un plano de competencia a nivel internacional. Las posibilidades de exportación se dejan para algún otro estudio.

Los resultados obtenidos rebasaron las expectativas planteadas en el aspecto económico; respecto a las dificultades técnicas

ESTA TESIS  
SALIR DE LA NO DEBE  
BIBLIOTECA

esperadas todo fue superado, es decir, que el total de los componentes de la centrífuga son fabricables en México. Esto dice mucho sobre las posibilidades de integración nacional, en la fabricación de bienes de capital, que ofrece la industria mexicana y desmisticifica la idea de considerar la importación como el único camino posible en muchos casos, en especial en el área técnica. Creo que aún en el caso de no lograr una integración nacional de todos los componentes de cierta maquinaria no se puede hablar de un fracaso de ella, por el contrario, la integración de cualquier componente es ya una ganancia y además abre las posibilidades para una mayor integración en el futuro.

Para el caso de la industria azucarera, las posibilidades se amplían mucho hacia la integración nacional de la demás maquinaria, ya que el ejemplo de este trabajo es la maquinaria más sofisticada tecnológicamente. También económicamente esta industria parece estar recobrándose, lo cual impulsaría a la renovación de la planta productiva de dicha industria.

Considerando el tipo de trabajo que fomentan estas representaciones de firmas extranjeras, desde el contacto con los expertos y diseñadores hasta la fabricación de las piezas más elementales, es claro que se cimentan bases firmes para la industrialización, la cual se nos presenta ineludible en el futuro del país. Por otro lado, a veces este paso es esperado con imágenes falsas de países ya industrializados y, como se vió en los cambios realizados a la cen-

trífuga, resulta muchas veces que el trabajo es más complicado porque debemos no sólo imitar, sino tomar en cuenta nuestras particularidades.

A P E N D I C E

Los costos de la centrífuga fabricada por maquiladoras se reducen a la siguiente tabla; los gastos indirectos representan aquellos por regalías y por gastos de ventas y administración.

RESUMEN COSTO CENTRIFUGA CONTINUA TBS

<u>Subensamble</u>	<u>Cantidad</u>	<u>Costo Unitario</u> <u>(Miles de Dls.)</u>
Sistema de giro	1	9,250
Sistema de transmisión	1	4,100
Envolvente canasta	1	12,170
Canasta	1	13,480
Tablero	1	1,370
Equipo auxiliar	1	<u>2,108</u>
Total costo directo		42,478
Gastos indirectos		<u>4,529</u>
T O T A L		47,007



B I B L I O G R A F I A

1. CC-6 CONTINUOUS CENTRIFUGAL INSTALLATION,  
OPERATION AND SPARE PARTS MANUAL  
The Western States Machine Company
  
2. CANE SUGAR HANDBOOK  
George P. Meade  
Ninth Edition  
John Wiley & Sons, Inc., 1964
  
3. ELECTRICAL MACHINES  
Charles S. Siskind  
Segunda edición  
McGraw Hill, 1959
  
4. ELECTRICIDAD UNO-SIETE  
Harry Mileaf  
Limusa, 1979
  
5. ESTUDIO Y MODIFICACIONES EN EL DEPARTAMENTO  
DE CALENTAMIENTO Y EVAPORACION DEL INGENIO  
DE MAHUIXTLAN  
Rafael Dondé Escalante  
Tesis Profesional, 1963
  
6. INTRODUCCION A LA METALURGIA FISICA  
Sydney H. Avner  
Segunda edición  
McGraw Hill, 1979

7. MANUAL Y OPERACION CENTRIFUGA TBS.
  8. MANUAL Y OPERACION CENTRIFUGA BW.
  9. MANUAL AZUCARERO MEXICANO 1986  
Vigésimanovena edición  
Cía. Editora del Manual Azucarero, S. A.
  10. MANUAL UNIVERSAL DE LA TECNICA MECANICA  
Erik Oberg, Franklin D. Jones, Holbrook L. Horton  
Trad. a vigésimaprimer edición  
Labor, S. A.
  11. MATERIALES PARA INGENIERIA  
Lawrence H. Van Vlack  
C.E.C.S.A., 1980
  12. PRODUCTION HANDBOOK  
L. P. Alford  
John R. Bangs
- . . . -