



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica

**GUÍA DEL MONTAJE Y MANTENIMIENTO DE LOS MOLINOS TANDEM C,
INGENIO MAGDALENA, S. A.**

Jecer Jehu García Ramírez
Asesorado por el Ing. Edwin Estuardo Sarceño Zepeda

Guatemala, noviembre de 2009

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**GUÍA DEL MONTAJE Y MANTENIMIENTO DE LOS MOLINOS TANDEM C,
INGENIO MAGDALENA, S. A.**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

JECER JEHU GARCIA RAMIREZ

ASESORADO POR EL ING. EDWIN ESTUARDO SARCEÑO CEPEDA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE
INGENIERO MECÁNICO

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2009

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Inga. Glenda Patricia García Soria
VOCAL II	Inga. Alba Maritza Guerrero de López
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Milton De León Bran
VOCAL V	Br. Isaac Sultan Mejía
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Fredy Mauricio Monroy Peralta
EXAMINADOR	Ing. Carlos Anibal Chicojay Coloma
EXAMINADOR	Ing. Edwin Estuardo Sarceño Zepeda
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**GUÍA DEL MONTAJE Y MANTENIMIENTO DE LOS MOLINOS TANDEM C,
INGENIO MAGDALENA, S. A.,**

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica, en marzo de 2005.

Jecer Jenu García Ramírez

A handwritten signature in black ink, consisting of several overlapping loops and a long horizontal stroke that extends to the right. The signature is positioned above the printed name.



UNIDAD DE E.P.S.

Guatemala, 29 de septiembre de 2009
REF.EPS.DOC.617.09.09.

Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña de Serrano
Directora Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimada Ingeniera Sarmiento Zeceña.

Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **Jecer Jehú García Ramírez** de la Carrera de Ingeniería Mecánica, con carné No. **200112865**, procedí a revisar el informe final, cuyo título es **“GUIA DEL MONTAJE Y MANTENIMIENTO DE LOS MOLINOS TANDEM C, INGENIO MAGDALENA S.A.”**.

En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

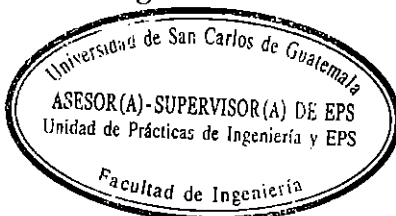
Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

“Id y Enseñad a Todos”

Ing. Edwin Estuardo Zepeda
Asesor-Supervisor de EPS
Área de Ingeniería Mecánica

c.c. Archivo
EESZ/ra





UNIDAD DE E.P.S.

Guatemala, 29 de septiembre de 2009
REF.EPS.D.1373.09.09

Ing. Julio César Campos Paiz
Director Escuela de Ingeniería Mecánica
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ingeniero Campos Paiz:

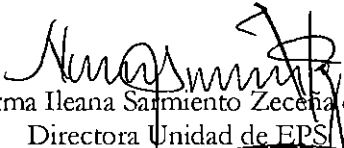
Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **"GUIA DEL MONTAJE Y MANTENIMIENTO DE LOS MOLINOS TANDEM C, INGENIO MAGDALENA S.A."** que fue desarrollado por el estudiante universitario, **Jecer Jehú García Ramírez** quien fue debidamente asesorado y supervisado por el Ing. Edwin Estuardo Sarceño Zepeda.

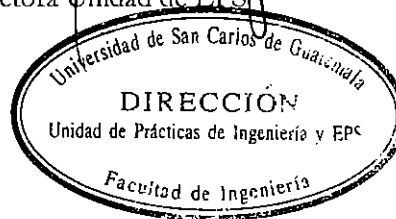
Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación del mismo por parte del Asesor-Supervisor de EPS, en mi calidad de Directora apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"


Inga. Norma Ileana Sarmiento Zecena de Serrano
Directora Unidad de EPS



NISZ/ra



El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, después de conocer el dictamen del asesor, con la aprobación de la directora del Ejercicio Profesional Supervisado, E.P.S., al Trabajo de Graduación GUÍA DEL MONTAJE Y MANTENIMIENTO DE LOS MOLINOS TANDEN C, INGENIO MAGDALENA S.A., del estudiante **Jecer Jehu García Ramírez**, procede a la autorización del mismo.

ID Y ENSEÑAD A TODOS


Ing. Julio César Campos Paiz
DIRECTOR

Guatemala, octubre de 2009

JCCP/behdei



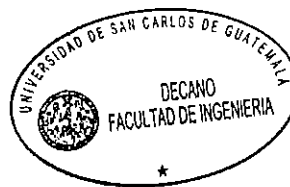
El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica, al trabajo de graduación titulado: **GUÍA DEL MONTAJE Y MANTENIMIENTO DE LOS MOLINOS TANDEM C, INGENIO MAGDALENA, S.A.**, presentado por el estudiante universitario **Jecer Jehu García Ramírez**, procede a la autorización para la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

A large, handwritten signature in black ink, appearing to be 'Murphy Olympo Paiz Recinos', written over a large, empty oval shape.

Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
DECANO

Guatemala, noviembre de 2009



/gdech

ACTO QUE DEDICO A:

- DIOS** Por darme la vida y todo lo que con sus bendiciones y oportunidades he logrado, así como realizar una de las metas más importantes de mi vida.
- MI ESPOSA** Johana Lissette Gutiérrez Méndez, por su comprensión y apoyo en todo momento.
- MIS PADRES** Rigoberto García y Carlota Ramírez, como una pequeña recompensa a todos sus esfuerzos, sacrificios, dedicación, guía y ejemplo para llevarme hasta donde he llegado Dios los bendiga hoy y siempre.
- MI HERMANOS** Angélica, Amado, Emma, Bersabè, Audilia, Dorcas, Gedalías, Nory y Sarvia García Ramírez. Por su apoyo incondicional que me brindaron.
A mis cuñados y sobrinos, por su gran cariño
- MIS ABUELOS** Teresa Orozco (D.E.P), Joaquina Maldonado (D.E.P) y Domingo Ramírez (D.E.P).

MIS AMIGOS

Josué Castañeda **(D.E.P)**, Ernesto Flores, Estid Eduardo García, Rolando García, Manuel Comparini, Pablo Méndez, Marlon Beteta, Víctor Vicente, Edgar Pérez, Donald Ruano, Alexander Mendoza, Francisco González Herrera, Juan Carlos González, Gary Orellana, Ashley García, Leonel Ruiz.

Gracias por su apoyo en todo momento y por las anécdotas que hemos compartimos juntos y que siempre llevaré en mi corazón.

MI ASESOR

Ingeniero Edwin Estuardo Sarceño Zepeda, por los consejos, apoyo y tiempo brindado para la realización de este proyecto.

**INGENIO
MAGDALENA, S.A.**

Como agradecimiento a la oportunidad y la experiencia profesional que se me proporcionó, A Ingenio Magdalena, especialmente a Ing. Jorge Flores, ing. Luís Nájera, Ing. Julio Morales, Ing. Carlos Concuà, por su amistad y la oportunidad de realizar este trabajo.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE ABREVIATURAS.....	VII
GLOSARIO.....	IX
RESUMEN.....	XIII
OBJETIVOS.....	XV
INTRODUCCIÓN.....	XVII

1. DESCRIPCIÓN DE LOS MOLINOS

1.1 Descripción de los molinos de caña.....	1
1.2 Funciones de los molinos de caña.....	1
1.3 ¿Qué es un Tándem de molinos?.....	3
1.4 Tipos de molinos.....	4
1.5 Principales componentes de los molinos de caña de azúcar....	7
1.5.1 Bancazo.....	7
1.5.2 Virgen.....	7
1.5.3 Chumacera plana.....	9
1.5.4 Mazas.....	10
1.5.5 Superior.....	12
1.5.6 Cañera.....	13
1.5.7 Bagacera.....	13
1.5.8 4ta. Maza.....	14
1.5.9 Bisagra.....	15
1.5.10 Acumulador de presión.....	15
1.5.11 Bomba de presión hidráulica.....	16
1.5.12 Cabezote hidráulico.....	16
1.5.13 Cuchilla central.....	19

1.5.14 Peine.....	20
1.6 Maquinaria de transmisión de fuerza a los molinos.....	21
1.6.1 Motor eléctrico.....	21
1.6.2 Reductor de alta velocidad.....	23
1.6.3 Reductor de baja velocidad.....	25
2. PROCEDIMIENTO DEL MONTAJE DE LOS MOLINOS DE CAÑA DE AZÚCAR.....	29
2.1 Introducción al montaje de maquinaria y equipo.....	29
2.2 Características de la cimentación de maquinaria.....	30
2.3 Procedimiento del montaje de los molinos de caña de azúcar.....	31
2.4 Estructura de los cimientos de los molinos.....	32
2.5 Nivelación de platinas.....	33
2.6 Nivelación, alineación y escuadración de vírgenes.....	35
2.7 Ajuste de las chumaceras a muñones de las mazas.....	35
2.8 Instalación de maza cañera.....	37
2.9 Instalación de maza bagacera.....	37
2.10 Instalación de la cuchilla central.....	37
2.11 Instalación de la maza superior.....	38
2.12 Calibración del setting de las mazas superior, bagacera, 4 ^{ta} maza y cuchilla central.....	39
2.13 Instalación del peine de la maza superior y maza bagacera.....	40
2.14 Instalación de la 4 ^{ta} maza.....	41
2.15 Montaje del sistema de enfriamiento.....	42
2.16 Instalación del cabezote hidráulico.....	43
2.17 Instalación del acumulador de presión a base de nitrógeno.....	43
2.18 Instalación del sistema de lubricación a chumaceras.....	43
2.19 Instalación de las coronas a las mazas.....	45
2.20 Instalación del motor eléctrico.....	47

2.21	Instalación del reductor de alta velocidad.....	48
2.22	Instalación del reductor de baja velocidad.....	48
2.23	Instalación del entre dos.....	49
2.24	Mantenimiento de los molinos.....	50
	2.24.1 Concepto general de mantenimiento.....	50
	2.24.2 Funciones específicas del Mantenimiento de molinos de caña de azúcar.....	50
	2.24.3 Mantenimiento preventivo.....	51
	2.24.4 Mantenimiento correctivo.....	52
	2.24.5 Mantenimiento en época de reparación.....	53
	2.24.6 Mantenimiento en época de zafra.....	53
	CONCLUSIONES.....	55
	RECOMENDACIONES.....	57
	BIBLIOGRAFÍA.....	59
	ANEXOS.....	61

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Figuras

1. Vista del molino en corte.....	2
2. Vista frontal del Tándem C.....	3
3. Virgen con pernos reales y pernos horizontales.....	4
4. Virgen tipo Squier.....	5
5. Virgen Fives, Modelo C-46.....	6
6. Virgen Cail.....	6
7. Vista del bancazo dentro del cimiento.....	7
8. Vista lateral de las vírgenes.....	8
9. Vista de las chumaceras utilizadas en los muñones de las mazas....	9
10. Vista de las partes de la maza.....	11
11. Vista de una Virgen con su bisagra.....	15
12. Acumulador de presión.....	16
13. Vista de los cabezotes hidráulicos y sus conexiones por medio de mangueras.....	18
14. Peine bagacero.....	21
15. Vista frontal de los motores eléctricos.....	22
16. Reductor de alta velocidad.....	26
17. Reductor de baja velocidad.....	27
18. Estructura de la cimentación de los molinos.....	31
19. Estructura de los cimientos de los molinos.....	33
20. Platinas de vírgenes ya alineadas.....	34
21. Esquema de una platina dentro de la cimentación.....	34
22. Vista de los muñones de las mazas antes de su instalación.....	36
23. Maza preparada para su instalación, por medio de una grúa viajera de 50 ton.....	38
24. Esquema de cada uno de los peines y cuchilla central	

ya instalados.....	41
25. Registro del sistema de enfriamiento.....	42
26. Válvulas reguladoras de lubricante.....	43
27. Bombas Farval.....	44
28. Corona preparada para su instalación.....	46
29. Vista de las coronas acopladas al molino.....	46
30. Motor acoplado al reductor de alta y baja velocidad.....	48
31. Vista del entre dos.....	49
32. Manómetros de los cabezotes hidráulicos.....	54
33. Diagrama grafico de nivelación, alineación y escuadración de las vírgenes del molino.....	63
34. Diagrama de instalación de los peines, cuchilla central y cuchilla de la 4ta. maza.....	64

LISTA DE ABREVIATURAS

PSI	Libras por pulgada cuadrada
RPM	Revoluciones por minuto
HP	Potencia
Lbs	Libras
Ton	Tonelada
T	Temperatura
°C	Grados celsius
°F	Grados Farenheit
Gls	Galones
m²	Metros cuadrados
“	Pulgadas
m.	Metros
%	Porcentaje
L	Longitud
P	Presión

GLOSARIO

Agua de alimentación	Mezcla de agua fresca y condensado que posteriormente se convertirá en vapor.
Acumulador de presión	Es un dispositivo capaz de mantener la presión hidráulica y permitir que la maza superior flote por la acción que ejerce la fibra de caña al pasar por el proceso de compresión.
Bagazo	Es el residuo de la caña molida en un molino o de un Tándem, que sirve como combustible para alimentar las calderas.
Bancazo	Es una estructura de metal, en la cual va anclada cualquier maquinaria para su operación de trabajo.
Bisagra	Es un cierre metálico, encargado de alojar los muñones de la maza cañera y bagacera, la cual va pivoteada en su parte inferior y sujeta por la parte superior.
Cabezote hidráulico	Es un sistema hidráulico, encargado de mantener la presión sobre las chumaceras de la maza superior.
Camisa	Es un cilindro de hierro fundido, esta camisa se usa en los ingenios para formar el rayado en la maza. Es el proceso por el cual se deposita soldadura no

Chorreado	homogénea al rayado de cada una de las mazas.
Chumacera plana	Es una pieza semicilíndrica de bronce fosforado por donde va a girar el eje de las mazas.
Corona	Es un engrane de acero fundido encargado de transmitir el movimiento de la maza superior hacia las otras.
Cuchilla Central	Es una pieza de hierro fundido que va alojada entre la maza cañera y bagacera y así realizar limpieza del rayado de dichas mazas.
Fibra	Es la materia seca e insoluble en agua que queda después de la extracción del jugo a la caña de azúcar.
Flote	Es el movimiento que tiene la maza superior por el efecto de bagazo.
Imbibición	Es el proceso por el cual se le aplica agua caliente (aproximadamente 45°C a 55°C) al bagazo para mejorar la extracción en el molino siguiente.
Jugo primario	Todo el jugo extraído sin diluir, en la mayoría de los molinos, este es el jugo que se extrae del primer molino.
Jugo secundario	Es el jugo recolectado de los demás molinos, exceptuando el primero.
Maceración	Es una forma de imbibición en la que el Bagazo se

sumerge en una mezcla de jugo y agua, a partir del segundo molino de un Tándem para mejorar la extracción.

- Maza Chevron** Son mazas con ranuras longitudinales en forma de V, generalmente las mazas que poseen este tipo de rayado son las superiores, su finalidad es mejorar la tracción de la maza.
- Maza Lotus** Es una maza que tiene una serie de agujeros para desalojar con mayor rapidez el jugo de la caña.
- Maza** Es un rodillo de hierro fundido especialmente para hacer el proceso de compresión de la caña.
- Molino de caña** Es la unidad estándar de molienda en la industria azucarera. O la combinación clásica de tres a cuatro rodillos o mazas dispuestos en forma triangular.
- Muñón** Es el extremo de un eje, pulido de tal forma, para que gire la chumacera.
- Peine** Es una pieza de hierro fundido que en uno de sus lados tiene los dientes, destinada a limpiar el rayado de las mazas.
- Pernos de anclaje** Son unos espárragos utilizados para sujetar la maquinaria al cimiento.

Platina

Es una plancha de hierro negro o de cualquier otro material, la cual tiene agujeros en sus extremos para sujetarla al cimiento y se utiliza para la nivelación de maquinaria.

Sacarosa

Glúcidos del grupo de los ósidos que, por hidrólisis se desdobra en glucosa y en fructosa, los cuales constituyen el azúcar de caña y el de remolacha.

Setting

Es el espacio que existe en cada una de las mazas los cuales permiten el paso de la caña y la compresión de la misma.

Tensor

Es una unidad de metal encargada de mantener al peine o raspador de tal modo que encaje sobre el rayado de las mazas.

Vejiga

Es una bolsa de caucho que contiene el gas nitrógeno el cual forma parte del acumulador de presión de los Cabezotes hidráulicos.

Virgen

Es la armazón robusta donde van instalados los rodillos o mazas de cada uno de los molinos, son de acero fundido.

Zafra

El tiempo de cosecha de la caña de azúcar y luego es transportada hacia el ingenio para donde se realiza el proceso de fabricación del azúcar.

RESUMEN

En la actualidad, el uso de los molinos de caña de azúcar para un ingenio azucarero es más importante porque ellos son los encargados de extraer la mayor cantidad de jugo a la caña que luego se transformará en azúcar, tomando en cuenta que para obtener una extracción más completa del jugo de caña, los molinos deben de tener un ajuste uniforme en cada uno de ellos, estos ajustes reciben el nombre de setting, los cuales van en disminución en relación del primer molino con el último, ya que en el primer molino tenemos una caña completamente llena de jugo, mientras que en el último únicamente tenemos bagazo, que debe de salir completamente seco, ya que este es el combustible necesario para generar el vapor en las calderas, este último se utiliza para la generación de potencia y para los procesos industriales dentro de la fábrica.

El eje principal en que se basa este trabajo de graduación gira entorno al montaje y mantenimiento del Tándem de molinos de dicho ingenio, los cuales comienzan con el diseño de la cimentación para fijar cada una de las vírgenes que conforman cada uno de los molinos, tomando en cuenta la alineación de cada una de ellas. Los cinco molinos de los cuales está conformado el Tándem de molinos están instalados de tal forma que la caña ingrese al primer molino, luego al segundo y así sucesivamente hasta llegar al último molino para obtener una mejor extracción.

El sistema de lubricación utilizado en las chumaceras de los molinos es a partir de grasa, este es un equipo la cual incluye una bomba que es la encargada de mantener la presión del sistema, un timer (eléctrico) para controlar el tiempo de inyección de la grasa, tubería, y válvulas reguladoras que

son las encargadas de dosificar la cantidad de grasa a cada una de las chumaceras.

Con este sistema de lubricación y un enfriamiento óptimo para los molinos el ingenio Magdalena estará garantizando el funcionamiento de cada uno de ellos y así podrá obtener una producción continua durante el tiempo que dure la zafra, aumentando así la eficiencia de los mismos a un bajo costo de operación.

OBJETIVOS

GENERAL

Documentar el proceso de montaje de los molinos, desarrollar capacitación de procedimiento para la operación y el mantenimiento de los molinos.

ESPECÍFICOS:

1. Tener una guía del montaje y así poder proporcionar esta información a futuras generaciones.
2. Proporcionar ayuda a la implementación del mantenimiento de dichos molinos.
3. Implementar el mantenimiento de los molinos, basada en el montaje de los mismos.

INTRODUCCIÓN

Durante años la industria azucarera ha ido mejorando el proceso de extracción del jugo, con el único objetivo de aumentar las toneladas de molienda por día, la zafra es una época donde la caña de azúcar esta preparada para extraer la mayor cantidad de jugo, es decir, es la época de la cosecha de la caña, esta época esta ligada aproximadamente de cinco a seis meses.

La molienda es el proceso por el cual se extrae la mayor cantidad de jugo a la caña, por medio de los molinos o Tándem de molinos. Estos molinos como su nombre lo dicen son los encargados de extraerle la mayor cantidad de jugo a la caña. Los molinos constan de cuatro masas (4ta masa, superior, cañera y bagacera), cada una de estas masas están calibradas por medio de un Setting, estos son las distancias que existen entre los dientes de las masas y es por esta distancia (Setting) y las rpm de salida del motor eléctrico o la turbina de vapor por las cuales se determina la velocidad de molienda.

El objetivo primordial del montaje de un nuevo Tándem de molinos en el Ingenio Magdalena es únicamente para aumentar el ritmo de molienda, este Tándem consta de cinco molinos en serie accionados por medio de motor eléctrico. En el primer capítulo se describen los molinos de caña. En el segundo capítulo se describe en proceso del montaje de los molinos.

1. DESCRIPCIÓN DE LOS MOLINOS

1.1 Descripción de los molinos de caña

La combinación clásica de tres a cuatro rodillos o mazas dispuestos en forma triangular es la unidad estándar de molienda en la industria azucarera.

Los rodillos se conocen respectivamente como maza superior o mayor, maza cañera (por donde entra la caña) o de alimentación y maza bagacera o de descarga, **Fig. 1**, los dos rodillos inferiores tienen una posición fija; el rodillo superior, controlado por un émbolo hidráulico, puede subir, bajar (flotar), según sean las variaciones en la alimentación de la caña. La caña triturada, llamada ahora bagazo, es conducida desde la abertura entre la maza superior y la maza cañera por medio de una lámina o placa curva que se le conoce con el nombre de cuchilla central soportada por una maciza barra de acero. Piezas macizas de fundición, llamadas vírgenes soportan las mazas o rodillos. La unidad motriz está conectada con la maza superior por medio de acoplamientos y engranes, y las mazas cañera y bagacera son activadas desde la maza superior por medio de engranes de corona.

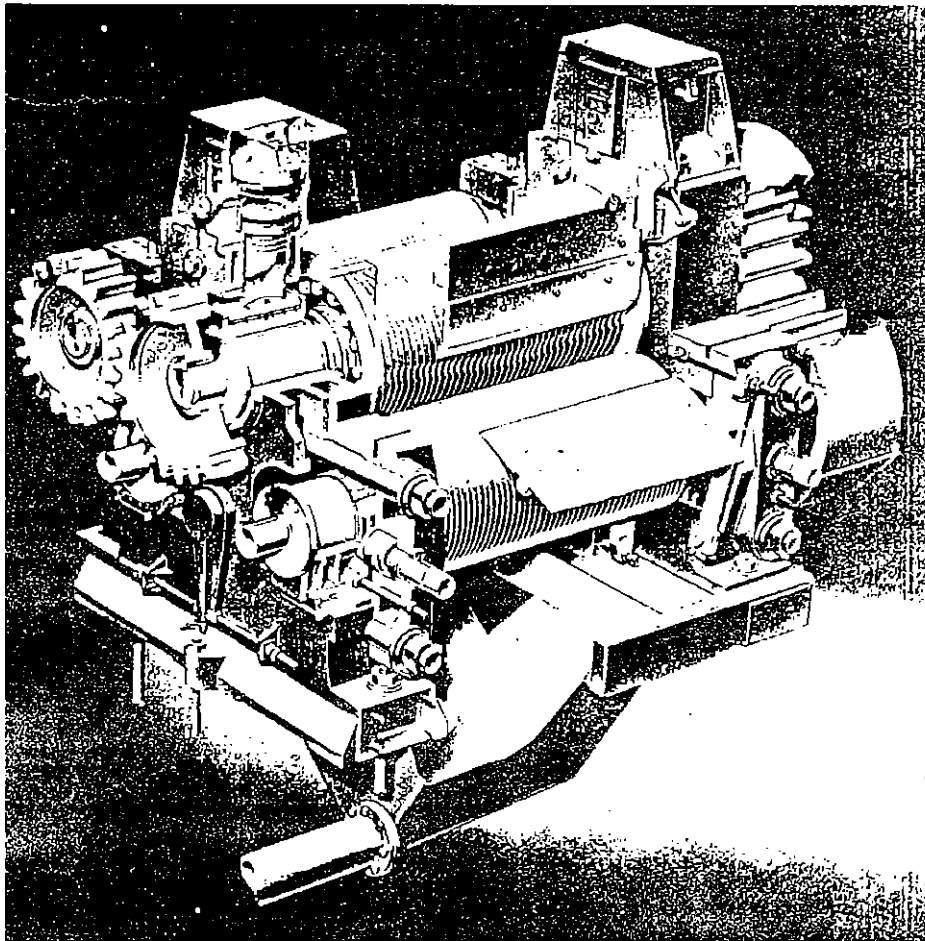
1.2 Funciones de los molinos de caña

Los molinos son maquinaria destinadas a comprimir la caña de azúcar por medio de una fuerza hidráulica, haciendo pasar el bagazo de la caña a través de unos rodillos llamados mazas **Fig. 1**, y así poder extraer la mayor cantidad de sacarosa por medio de compresión hidráulica, estas mazas son de hierro

fundido las cuales tienen un rayado a un ángulo de 45°. Los molinos constan de 4 mazas, las cuales son:

1. Cañera
2. Bagacera
3. Superior
4. 4ta maza

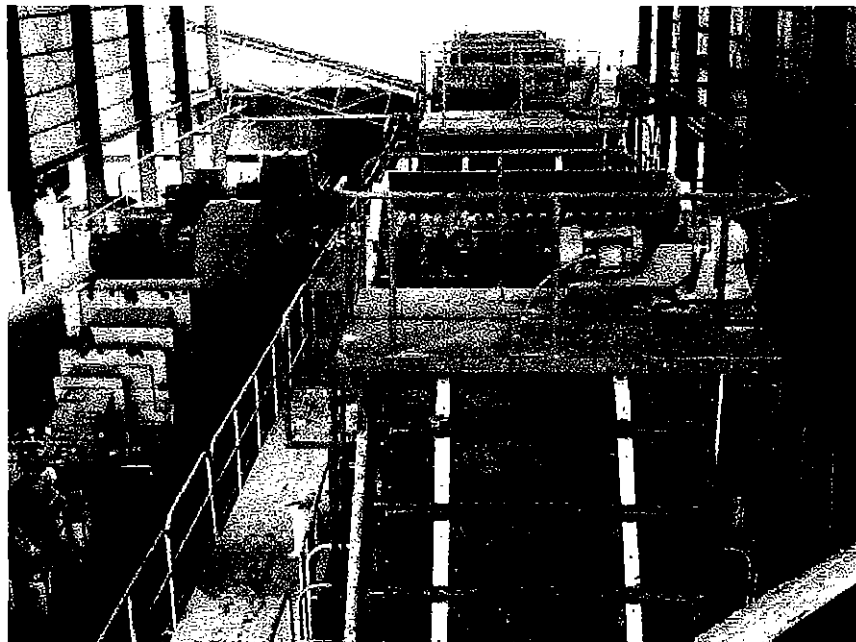
Figura 1. Vista del molino en corte.



1.3 ¿Qué es un Tándem de molinos?

Un Tándem es la configuración de un conjunto de molinos destinados a extraer la mayor cantidad de jugo a la fibra de caña, normalmente constan de cinco a seis molinos en serie y cada molino consta de tres a cuatro rodillos o mazas **Fig. 2**, cuando la fibra de caña entra al primer molinos de un Tándem a dicho jugo se le llama Jugo Cristal por ser de mayor pureza, luego al jugo que se obtiene a partir del segundo molino en adelante se le llama Jugo Crudo por tener un porcentaje más de agua y para extraer de una mejor manera la cantidad de jugo a la fibra de caña a partir del segundo molino se le agrega una mezcla de jugo y agua a esta mezcla se le llama de Maceración a una temperatura de aproximadamente 53°C (127.4°F). Para extraer de una mejor manera el jugo en el último molino y así reducir el % de Pol en el bagazo se le agrega una mezcla de agua fría y agua caliente a esta mezcla se le llama agua de Imbibición, la temperatura en la que oscila esta clase de agua es de 45°C a 55°C (113°F a 131°F) y depende del ritmo de la molienda.

Figura 2. Vista del frontal del Tándem C.



1.4 Tipos de molinos

En el mundo se fabrican diversos tipos de molinos, pero solamente se estudiarán los tipos may principales.

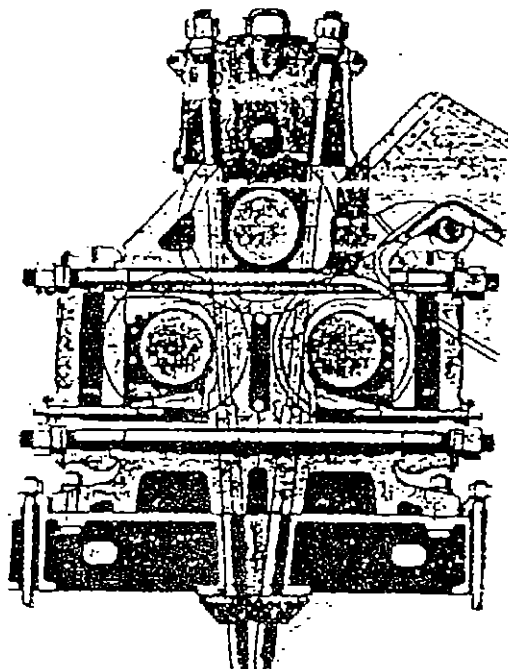
Estos molinos se clasifican por sus vírgenes:

Virgen con pernos reales y horizontales.

Las armaduras laterales de los molinos se designan con el nombre de Vírgenes, el modelo clásico de estas vírgenes se puede observar en la Fig. 3.

Tiene dos pernos largos más o menos verticales, denominados "pernos Reales", que soportan el esfuerzo del levantamiento del cilindro superior transmitido a los cabezotes por la cámara de aceite del pistón hidráulico.

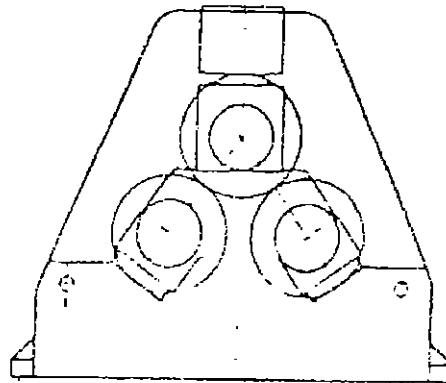
Figura 3. Virgen con pernos reales y pernos horizontales.



Virgen Squier

Recientemente se ha logrado construir molinos sin pernos reales, el diseño may característico y mejor es el tipo Squier, en el cual, el esfuerzo se recibe enteramente en los dos pasadores que fijan las piezas laterales de las vírgenes. **Fig. 4.**

Figura 4. Virgen tipo Squier.



Así como se han suprimido los pernos reales se han podido reducir y después suprimir lo largos pernos horizontales, estos atravesaban la virgen de un cabezote lateral al otro.

La virgen clásica es simétrica, si se rompe lo hace, generalmente del lado de la salida. Algunos constructores toman en cuenta la reacción de salida y la reacción de entrada, es por tal motivo que construyen vírgenes con cabezotes inclinados tipo Five y Cail. **Fig. 5 y 6.**

Figura 5. Virgen Fives, Modelo C-46.

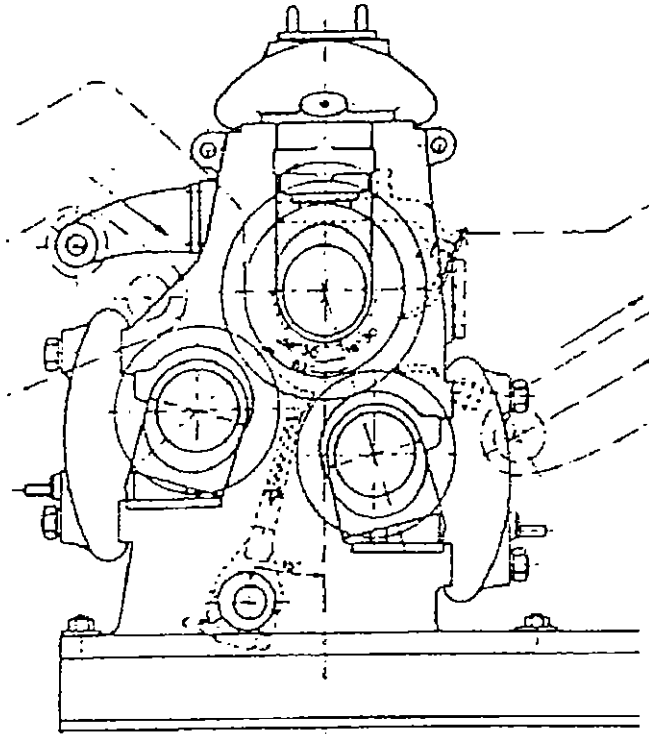
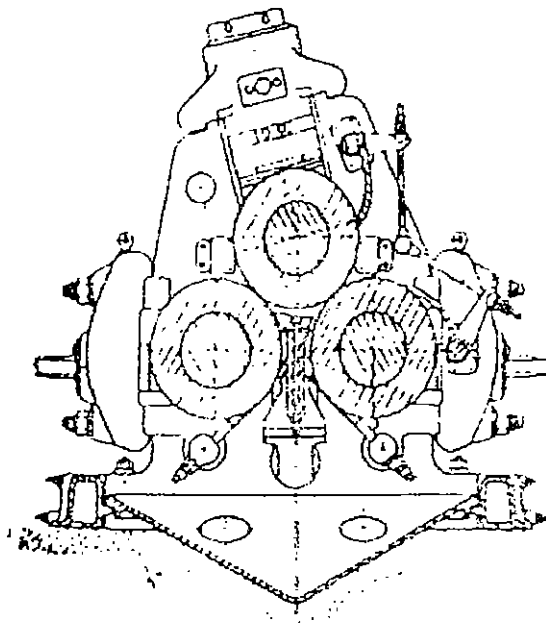


Figura 6. Virgen Cail.

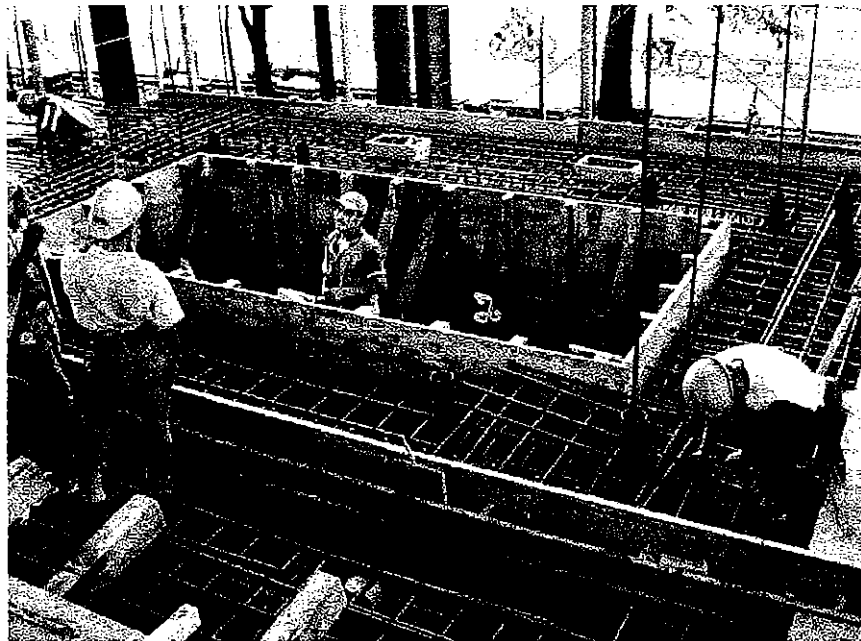


1.5 Principales componentes de los molinos de caña de azúcar

1.5.1 Bancazo

Es la base principal de las vírgenes las cuales las mantienen paralelas, estos son de acero fundido sobre la cual va colocada la estructura del molino y todos los demás accesorios que forman la estructura del molino, **Fig. 7**, este Bancazo va fijo al cimiento a través de pernos y así evitar el movimiento axial de las vírgenes.

Figura 7. Vista del bancazo dentro del cimiento.



1.5.2 Virgen

Es una estructura robusta de acero fundido. En la virgen van soportadas todas las piezas que conforman el molino, esta va anclada a la cimentación

por medio de pernos de anclaje. Las dimensiones de la virgen dependen exclusivamente de caña a moler en toneladas y la compresión necesaria en la misma. **Fig. 8.**

Figura 8. Vista lateral de las vírgenes.



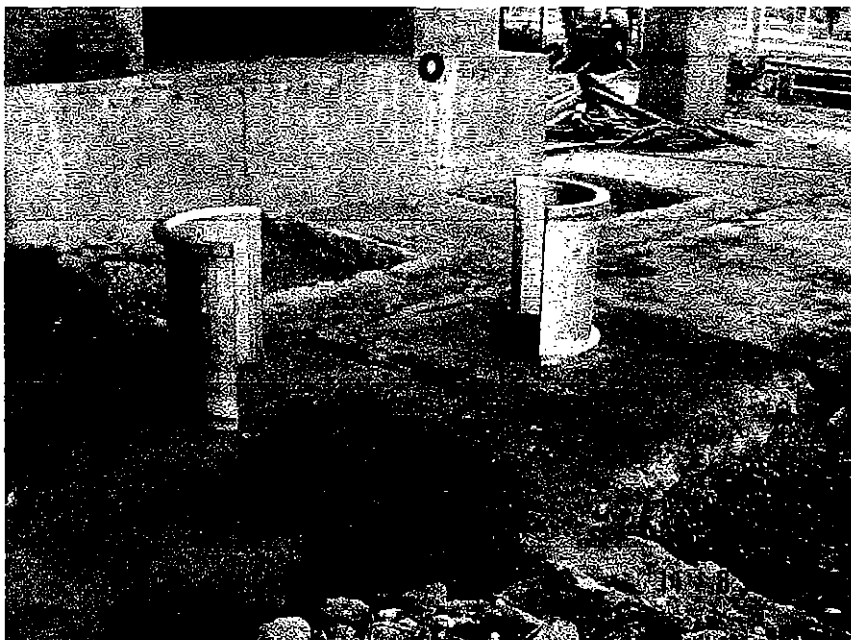
El tipo de virgen utilizado en estos molinos es recta, antiguamente estas vírgenes venían para alojar únicamente tres mazas, ahora están diseñadas para alojar cuatro mazas, superior, cañera, bagacera y 4^{ta} maza, para aumentar la efectividad de los molinos.

1.5.3 Chumacera Plana

Son piezas semicilíndricas en forma de tejas fabricadas de una aleación de bronce, **Fig. 9**, estas chumaceras cubren la mitad del muñón, es decir, que cada muñón lleva dos tejas de bronce y cada maza lleva cuatro tejas, vienen provistas de un conducto interno para el enfriamiento y otro conducto para la lubricación.

La lubricación para estas chumaceras se debe hacer por medio de una ranura la cual tiene cuatro agujeros y termina en bisel en sentido del movimiento, esto con la finalidad de que cuando la maza este girando pase arrastrando el lubricante y se impregné alrededor del muñón.

Figura 9. Vista de las chumaceras utilizadas en los muñones de las mazas.



1.5.4 Mazas

Las mazas son cilindros fabricadas de hierro fundido y están formadas por las

Siguientes partes:

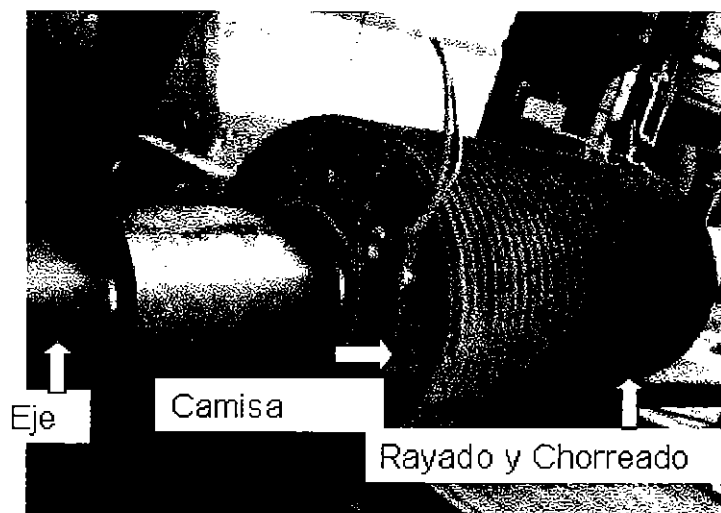
- a) Eje
- b) Camisa
- c) Rayado
- d) Chorreado

a) El eje consiste en un cilindro macizo de acero 4045 y su longitud depende de la distancia entre las vírgenes, esta distancia es aproximadamente de 126", a este eje se le fabrican en cada uno de los extremos los muñones donde van alojadas las chumaceras, este eje tiene un extremo llamado lado corona y otro llamado lado libre, en el lado corona se fabrica un cuadrado donde va ensamblada una corona, con esta corona cada una de las mazas se transmiten entre si el movimiento.

b) La camisa es un cilindro fabricado por una fundidora de hierro fundido el cual va acoplado con el eje, la longitud de la camisa depende de la longitud de la maza ya que sobre esta camisa se fabrica el rayado, la longitud de para las mazas es de 84 pulgadas, el diámetro interno de la camisa es menor en milésimas de pulgadas al diámetro del eje y el diámetro externo de la camisa depende del Setting de cada molino y la posición que ocupe, es decir, que mientras el Setting sea menor el diámetro de la maza va a ser mayor.

- c) El rayado es la configuración que se le da a cada maza para fabricar los diente, estos dientes constan con las siguientes características ángulo de rayado, rayado en pulgadas, punta de diente, fondo del diente y profundidad del diente, cada una de las mazas posee diferente tipo de diente, entonces, cada una de estas características se describen más adelante para cada maza. Y se fabrican en el torno del Ingenio.
- d) El chorreado o granulación es como se le conoce comúnmente al método o práctica para agregarle soldadura al rayado de las mazas, es decir, al diente de las mazas de una forma no homogénea con un electrodo azúcar 80, esto se hace con el fin de evitar el patinaje de las mazas y proporcionarle una mejor tracción. **Fig. 10.**

Figura 10. Vista de las partes de las maza.



1.5.5 Superior

Esta es la maza del molino que posee el eje más largo y en cada extremo del eje lleva una corona, también es la maza que le proporciona transmisión a las demás, en cada extremo posee un flange el cual evita que el jugo no se derrame hacia los extremos, y es la que va acoplada al reductor de alta por medio de un entre dos.

Normalmente la maza superior del primer molino es tipo Lotus, esto quiere decir, que posee un agujero longitudinalmente a través del eje y agujeros en medio del rayado, el objetivo de este tipo de maza es, que cuando la maza este en el proceso de compresión de la fibra, no exista una columna de jugo por encima de la maza y hace proporciona un drenado más rápido. Las características de esta maza para esta zafra (2005-2006) son las siguientes:

Diámetro	43-5/16 pulgadas
Ancho de la maza	84 pulgadas
Rayado	2 pulgadas
Ángulo de rayado	40°
Punta de diente	3/16 pulgadas
Fondo del diente	1/8 pulgadas
Profundidad del diente	2-5/16 pulgadas

A esta maza también se le llama macho al centro porque al centro de dicha maza queda exactamente un diente ya sea de la maza cañera o bagacera.

1.5.6 Cañera

Esta maza recibe su movimiento por medio de la maza superior a través de una corona, posee la misma velocidad que la maza superior, ya que la corona que usan ambas mazas tiene exactamente los mismos dientes. Es donde se realiza la primera extracción, es de ahí donde se deriva su nombre hembra al centro, ya que al centro de dicha maza queda acoplado el diente de la maza superior. Las características de esta maza para esta zafra (2005-2006) son las siguientes:

Diámetro	40 pulgadas
Ancho de la maza	84 pulgadas
Rayado	2 pulgadas
Ángulo de rayado	40°
Punta de diente	3/16 pulgadas
Fondo del diente	1/8 pulgadas
Profundidad del diente	2-5/16 pulgada

1.5.7 Bagacera

Esta maza tiene las mismas características que la maza cañera, su movimiento lo recibe por medio de la maza superior y se encuentra en la salida del bagazo, esta es del tipo hembra al centro, el Setting de la maza bagacera con la maza superior es más cerrado y tiene las siguientes características.

Diámetro	41-3/8 pulgadas
Ancho de la maza	84 pulgadas
Rayado	2 pulgadas

Ángulo de rayado	40°
Punta de diente	3/16 pulgadas
Fondo del diente	1/8 pulgadas
Profundidad del diente	2-5/16 pulgadas

1.5.8 4ta Maza

En los molinos de caña más antiguos esta maza no existe, se han ido adaptando conforme, ya que su función es de introducir y darle dirección a la caña a pasar por medio de la maza superior y la maza cañera. Esta maza va colocada encima de la maza cañera y a la par de la maza superior, las revoluciones a las que gira es mayor que las otras mazas, recibe su movimiento por medio de la maza superior, la cual va acoplada por medio de coronas que se instalan en el lado opuesto del lado motriz, la corona que va acoplada al eje de la maza superior tienen mayor número de dientes y la corona que va acoplada al eje de la 4ta maza tiene un menor número de dientes para proporcionarla mayor velocidad.

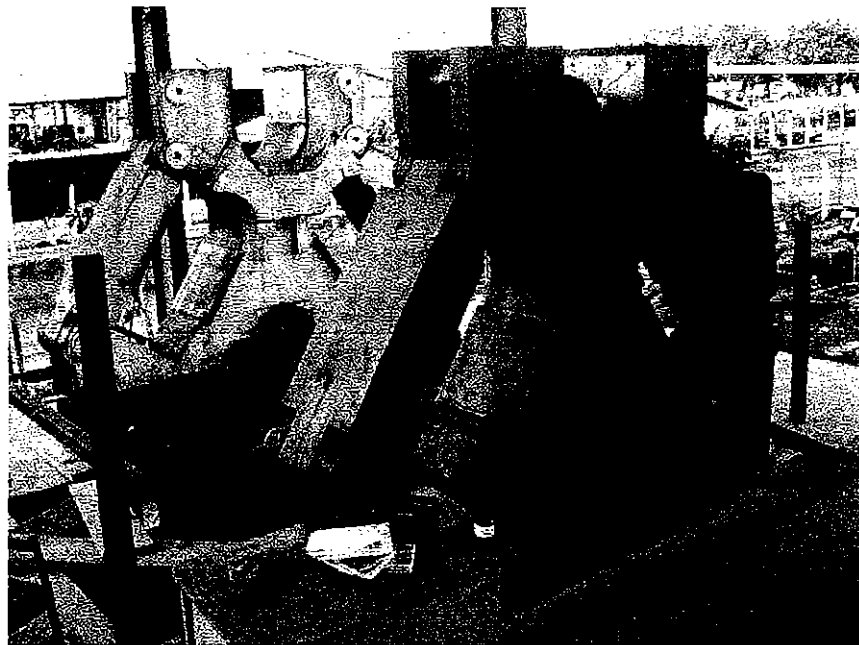
Las características de la 4ta maza son las siguientes.

Diámetro	40 pulgadas
Ancho de la maza	84 pulgadas
Rayado	2 pulgadas
Ángulo de rayado	40°
Punta de diente	3/16 pulgadas
Fondo del diente	1/8 pulgadas
Profundidad del diente	2-5/16 pulgadas
Número de dientes de la corona del eje superior	23
Número de dientes de la corona del eje <u>4ta</u> maza	19

1.5.9 Bisagra

Es un cierre en el que va colocada la chumacera de la maza y en el centro lleva un tornillo, que empuja la maza hacia el centro del molino para calibrar el Setting. **Fig. 11.**

Figura 11. Vista de una virgen con su bisagra.



1.5.10 Acumulador de presión

Es un cilindro y encierran un globo inflado con nitrógeno que se comprime y se dilata cuando la masa superior se levanta y descende, de modo de que balancea y proporciona, en cada extremo, el grueso del bagazo que pasa por ella. **Fig. 12.**

Figura 12. Acumulador de presión.



1.5.11 Bomba de presión hidráulica

Entre el acumulador y los molinos, muy cerca del primero, se instala una bomba que tiene por objeto introducir el aceite dentro de la tubería, ponerlo bajo presión y levantar el acumulador a su posición inicial de trabajo. Dentro de las presiones de trabajo manejadas en el acumulador se puede ver de 2000 PSI A 3000 PSI.

1.5.12 Cabezote hidráulico

Es un cilindro que contiene en su interior un pistón y entre el pistón y el cilindro unos sellos que son utilizados para evitar fuga de fluido hidráulico, este pistón se mantiene a una presión de aproximadamente 2000 PSI a 2500PSI. Con este tipo de presión las chumaceras de la maza superior pueden moverse dentro de las cavidades de las virgen, la presión hidráulica llega al pistón por

medio de una tubería de aceite a presión, la que se obtiene a través del acumulador de presión. .

La presión hidráulica que los cabezotes hidráulicos ejerce sobre la maza superior se regula casi siempre por medio de presas hidráulicas. La razón más evidente para regular la presión es compensar las variaciones de volumen de caña que pasa a través de los molinos. El procedimiento más moderno para este fin es el uso de nitrógeno en un cilindro que actúa como acumulador de presión, en la cual se maneja una vejiga que se puede comprimir para compensar la flotación de la maza superior.

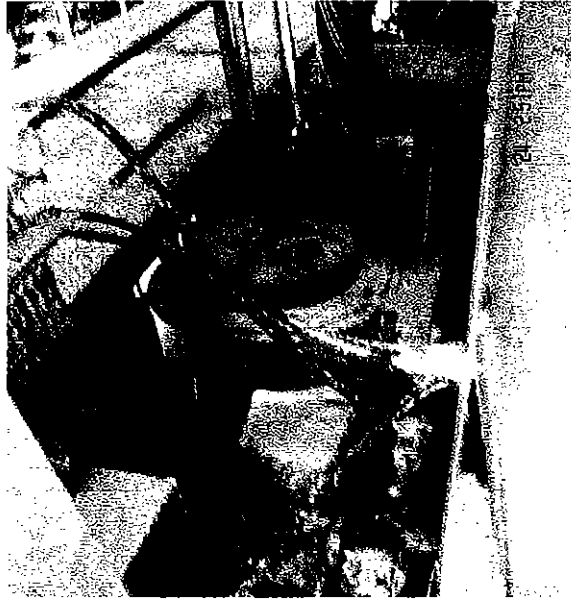
La presión aplicada varía de acuerdo a la cantidad de caña molida, su contenido de fibra, el ancho y largo de la maza, así como también, la cantidad de agua de imbibición agregada a la entrada del último molino y otros factores. La presión hidráulica del molino debe estar relacionada con la carga sobre el colchón de bagazo en un área específica de las mazas. Según Hugot, el cálculo de esta porción de área está dada por la siguiente fórmula $0.1 DL$, de donde;

D = Diámetro nominal de las mazas.

L = Longitud de la maza.

De donde se puede deducir que la presión hidráulica específica es la presión ejercida sobre la maza bagacera en un área específica. La cifra que indica la fuerza total aplicada sobre el cilindro superior no indica la presión correspondiente que recibe el bagazo. En efecto, si se aplica 300 toneladas de F.H.T., a un molino que tenga una maza de 84" por 36", y lo comparamos con otro molino que tenga mazas de 27" por 56", es evidente que la resultante en el bagazo no será la misma en cada una de estas mazas ya que en el molino más grande la presión hidráulica total se repartirá en una superficie mayor. **Fig. 13.**

Figura 13. Vista del cabezote hidráulico y sus conexiones por medio de mangueras.



Y es aquí donde se genera la presión de trabajo de cada molino, estas presiones son las siguientes:

Presiones en los molinos

MOLINO	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5
Diámetro del Pistón Hidráulico (pulg)	14	14	16	14	14
Presión Hidráulica Recomendada (PSIG)	2600	2600	2000	2600	2600

1.5.13 Cuchilla central

Es una pieza maciza de hierro fundido, su función es transferir el bagazo desde la maza cañera hasta la bagacera, logrando que este (bagazo) pasa a través de la maza superior y la maza bagacera.

Actúa en combinación con la maza superior en forma tal que el contorno inferior de esta maza en movimiento con la superficie cóncava de la cuchilla que esta totalmente fija genera un pasaje o espacio por el cual se fuerza la caña a pasar. La otra función de la cuchilla central es actuar como raspador de la maza cañera y bagacera, ya que esta cuchilla tiene en su entorno una dentadura la cual engrana con la maza cañera y la bagacera esta cuchilla debe trazarse dependiendo de:

- a. El ajuste de cada molino
- b. La flotación de la maza superior
- c. El rayado de las mazas
- d. La secuencia de cada uno de los molinos del Tándem

Se tiene que tomar en cuenta el comportamiento del bagazo durante su proceso de compresión no olvidando todas sus etapas. Hay varios métodos para determinar su altura y su trazado en los molinos. Según experiencia unos consideran un volumen de entrada igual al del molino, otros que el volumen sea un 40 ó 50% mayor que el de la entrada del molino pero esto se hace a basa del colchón del bagazo a utilizar.

La forma, colocación así como el ajuste de la cuchilla central queda determinada por la cantidad de fibra que es preciso pasar por unidad de tiempo, ya que a mayor % de fibra se requiere un mayor espacio para su paso por una

parte, y por otra una elevación de la presión para reducir su volumen. Mientras mayor sea el contenido de fibra en caña, menor será la cantidad de jugo extraído y por consiguiente mayor será el bagazo disponible. Sin embargo lo importante para el proceso es el jugo, lo cual depende de las variedades de caña.

El paso del bagazo a través de este espacio formado por una superficie en movimiento genera una fricción considerable con lo que se absorbe una determinada cantidad de energía. Para disminuir la fricción y por lo tanto, la absorción de energía manteniendo presiones elevadas sin disminuir la extracción, han surgido varios diseños en los que se reduce en ángulo superior del triángulo que forman los centros de las mazas, lo que permite la utilización de una cuchilla más estrecha y por tanto, de menor área.

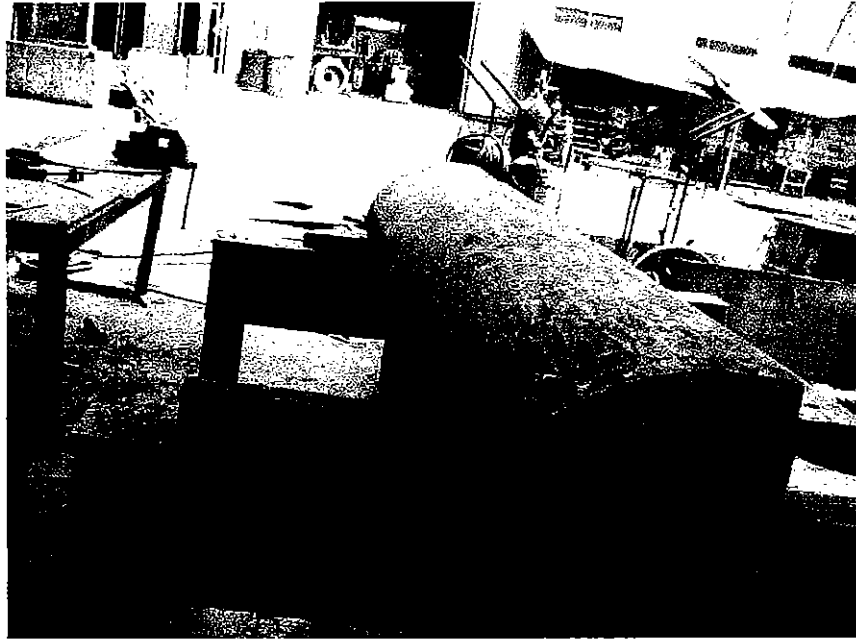
La abertura entre la maza superior y la cuchilla central no es susceptible de una solución matemática lógica, ya que existen demasiadas variedades de caña las cuales hacen que haya un colchón diferente; hay que tomar en cuenta la capacidad de las mazas y el estado de los molinos, esta abertura se ajustará en el momento de la instalación y debe ser revisada semanalmente.

1.5.14 Peine

Es una pieza de hierro fundido la cual es maquinada en el Ingenio, los dientes los llevan en lado de la curvatura, es el encargado de limpiar el rayado de la maza y así evitar que se embagazen.

Para su instalación se fabrica un eje el cual va acoplado al pivote que trae la virgen colocándole unos tensores los cuales mantienen al peine presionado y así realizar la función de limpiar los dientes. **Fig. 14.**

Figura 14. Peine bagacero.



1.6 Maquinaria de transmisión de potencia a los molinos.

1.6.1 Motor eléctrico

Durante mucho tiempo y en casi la mayoría de los ingenios azucareros del mudo se utilizan las turbinas de vapor, pero alrededor de 1923 se comenzó a utilizar el motor eléctrico para el movimiento de los molinos, sin embargo, estos presentan ventajas y desventajas. Muchos creían que las ventajas del mejor control de los molinos, la facilidad de arranque y paradas, las reducciones en los costos de operación y mantenimiento y la mayor higiene y limpieza en los molinos quedaban neutralizados por los mayores costos de instalación, la necesidad de montar una planta generadora separada de electricidad para los molinos y la necesidad de personal más especializados. La impulsión mediante turbinas de vapor, introducidas en 1,947, combina las mejores características

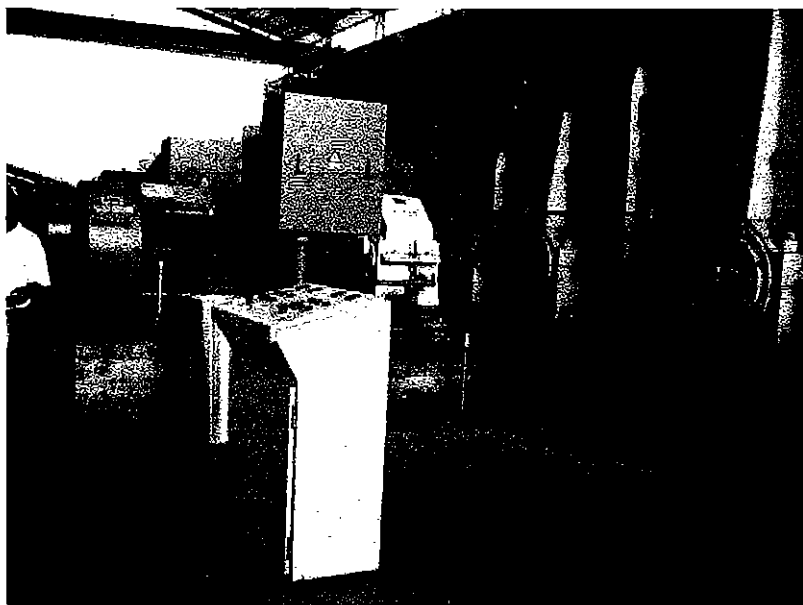
de la máquina de vapor y las de los motores eléctricos, el vapor se utiliza directamente en vez de ser transformado en energía eléctrica, la turbina posee la flexibilidad y las características de control del motor eléctrico, así también como la limpieza y ausencia de aceite en el vapor de escape propios de los motores eléctricos.

La finalidad de utilizar motor eléctrico para el movimiento de estos molinos dentro del Ingenio es únicamente para aprovechar de una mejor manera el vapor generado por el bagazo en las calderas, ya que este vapor se utiliza para la generación de energía eléctrica. **Fig. 15.**

Los motores utilizados en los molinos 1, 2, 3, 4 y 5 del Tándem C tienen las siguientes características:

Marca:	ABB
HP:	1,200
RPM:	1,750

Figura 15. Vista frontal de los motores eléctricos.



1.6.2 Reductor de alta velocidad

Un reductor es un conjunto de engranajes acoplados entre sí, su finalidad es disminuir gradualmente las revoluciones de entrada del motor y aumentar el torque hacia el eje de salida del reductor, consta de tres ejes, va colocado sobre cojinetes, dispuestos dentro de una carcasa en la cual están alojados los engranajes y el lubricante, además, una bomba de lubricación, esta bomba es capaz de lubricar a los engrane por medio de una flauta con cuatro boquillas aspersores. **Fig. 16.** El lubricante es enfriado por medio de un intercambiador de calor por el cual circula agua y este se encuentra en la parte inferior del reductor.

Este intercambiador de calor es del tipo concha y tubo de dos pasos, utiliza tubos de latón con un diámetro de 3/8", esta agua de enfriamiento es capaz de mantener la temperatura del lubricante de 45°C a 60°C que es la temperatura de operación de trabajo del reductor.

Las características para los reductores de alta de los molinos 1, 2, 4 y 5 son las siguientes:

Marca:	Merguer
HP de placa:	1000
Ratio:	13.87
RPM de placa:	1,750
F.S:	1.75
HP en servicio:	938
RPM en servicio:	1600
F.S en servicio:	1.71
Dientes en reducciones:	(20/66 – 23/94)

Tipo de dientes:	Helicoidales
No. de ejes:	3
Capacidad de aceite	
Molinos 1, 2, 4 y 5	35 Galones

Para el reductor de alta del molino número 3 tiene las siguientes características:

Marca:	Philadelphia
HP de placa:	1200
Ratio:	1.9618
RPM de placa:	1,750
F.S:	1.75
HP en servicio:	938
RPM en servicio:	1600
F.S en servicio:	2.05
Dientes en reducciones:	()
Tipo de dientes.	Doble Helicoidal
No. de ejes:	3
Capacidad de aceite	
Molino 3	35 Galones

El tipo de acoplamiento utilizado entre el motor y el reductor de alta velocidad es tipo rejilla marca Falk.

1.6.3 Reductor de baja velocidad

La finalidad de este reductor es de disminuir gradualmente las revoluciones por minuto de la salida del reductor de alta y por lo tanto, aumentar el torqué.

El eje de salida de dicho reductor va acoplado por medio de un eje macizo de hierro fundido llamado entre dos con la maza superior del molino **Fig. 17**, es decir, que las revoluciones de salida del reductor son las mismas revoluciones a las que gira la maza superior de los molinos, y por ende, las mazas cañera, bagacera y 4^{ta} maza tienen las mismas velocidades, ya que la maza superior transmite dicha revolución a estas mazas por medio de una corona.

Marca:	Walkers
HP de placa:	800
Ratio:	19.9720
RPM de placa:	120
F.S:	1.75
HP en servicio:	938
RPM en servicio:	118.6
F.S en servicio:	1.48
Dientes en Reducciones:	(29/135 - 31/133)
Tipo de dientes:	Helicoidales
No. de ejes:	3
Capacidad de aceite	
Molinos 1, 2, 4 y 5	330 Galones

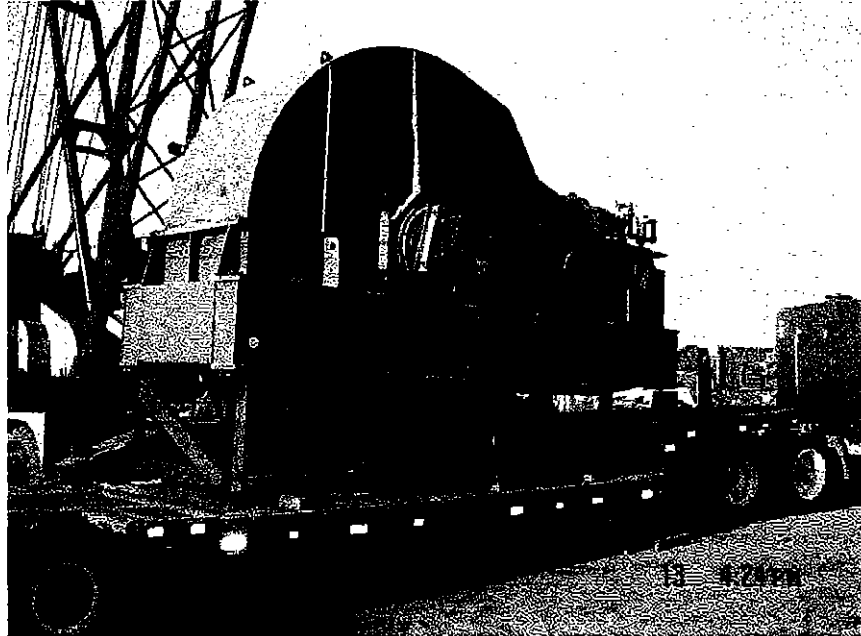
Para el reductor de alta del molino número 3 tiene las siguientes características:

Marca:	Philadelphia 18smd-2m
HP de placa:	700
Ratio:	136.26
RPM de placa:	600
F.S:	1.75
HP en servicio:	938
RPM en servicio:	815.6
F.S en servicio:	1.78
Dientes en reducciones:	(24/143 - 24/113 – 21/102)
Tipo de dientes.	Helicoidal
No. de ejes:	4
Capacidad de aceite	
Molino 3	385 Galones

Figura 16. Reductor de alta velocidad.



Figura 17. Reductor de baja velocidad.



2. PROCEDIMIENTO DEL MONTAJE DE LOS MOLINOS DE CAÑA DE AZÚCAR

2.1 Introducción al montaje de maquinaria y equipo

Para llevar a cabo un montaje eficiente de cualquier maquinaria es necesario utilizar personal especializado, ya que de este personal y del ingeniero supervisor depende el funcionamiento de cualquier maquinaria, para ello se presentará la siguiente información, de acuerdo a la guía del montaje. Hay consideraciones que deben tenerse presentes, pero se adquiere mucha más información por la experiencia. En realidad, la escuela de la experiencia es excelente y su enseñanza es muy importante.

La cimentación de máquinas se prepara generalmente antes que se pueda colocar, en fecha posterior, el equipo sobre ellas. Estas cimentaciones deben proyectarse de modo que se puedan montar las máquinas y nivelarlas y poner en condiciones de funcionamiento todo el equipo con motores y elementos auxiliares. Debe disponerse en tal forma que se pueda desmontar para su reparación y luego montarla.

Como las cimentaciones de maquinaria están hechas generalmente de hormigón, no puede esperarse que se construya con tanta exactitud, que se pueda montar el equipo directamente sobre ellas. Hay que hacer provisiones para los ajustes embebiendo anclajes a los que se dará algún juego a través de pernos con tuercas, las cuales van a variar la altura de los cimientos de la maquinaria.

2.2 Características de la cimentación de maquinaria

La cimentación es la subestructura destinada a soportar el peso de la construcción que gravitará sobre ella, la cual transmitirá sobre el terreno las cargas correspondientes de una forma estable y segura. **Fig. 18.**

Las características que debe de tener dicha cimentación para obtener un buen montaje, son las siguientes:

Protección a la oxidación, es decir que, conforme transcurre el tiempo el material del cual están contruidos los bastidores y pernos de anclajes tienden a deteriorarse a causa de la corrosión, es por tal motivo que la cimentación de maquinaria se realiza de tal manera que se pueda proteger de este problema.

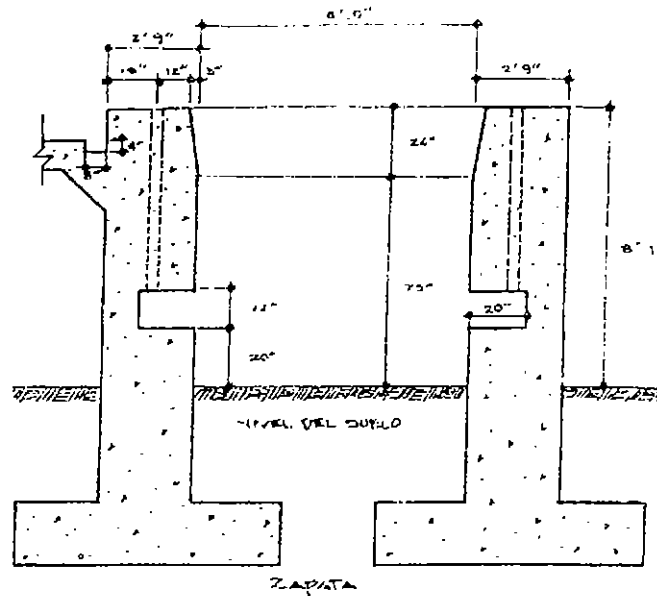
Las vibraciones, este problema puede llegar a agrietar la cimentación pero para ello existen amortiguadores elaborados por los fabricantes de maquinaria. Estos normalmente pueden ser de caucho e incluso de algún tipo de polímero, de tal manera que se puedan reducir en gran medida las vibraciones.

Mientras un equipo o maquinaria esta en operación normal este puede llegar a producir torsión en un plano horizontal de tal modo que puede llegar a retorcer la cimentación, las consideraciones que debemos tomar en cuenta son las siguientes una alineación correcta y un diseño mejor de la estructura de las zapatas.

La dilatación es producida por el calor del medio ambiente y la temperatura de operación de la maquinaria, si esta temperatura llega a afectar directamente el bastidor o la estructura de la zapata es necesario, en algunos casos, monitorear estas temperatura.

Las cimentaciones deben de tener provisiones para alojar o permitir el paso de tuberías de enfriamiento, lubricación y hasta tuberías para drenajes de la maquinaria, así como, ganchos, escalones y muchos otros elementos que de uno u otro forma formen parte del buen funcionamiento de la maquinaria.

Figura 18. Estructura de la cimentación de los molinos.



2.3 Procedimiento del montaje de los molinos de caña de azúcar

Las cimentaciones destinadas para maquinaria son hechas generalmente de hormigón, las cuales deben de estar previstas, de tal modo que tengamos facilidad de ajustar los pernos de anclajes, los cuales permiten variar la altura de los cimientos de la maquinaria.

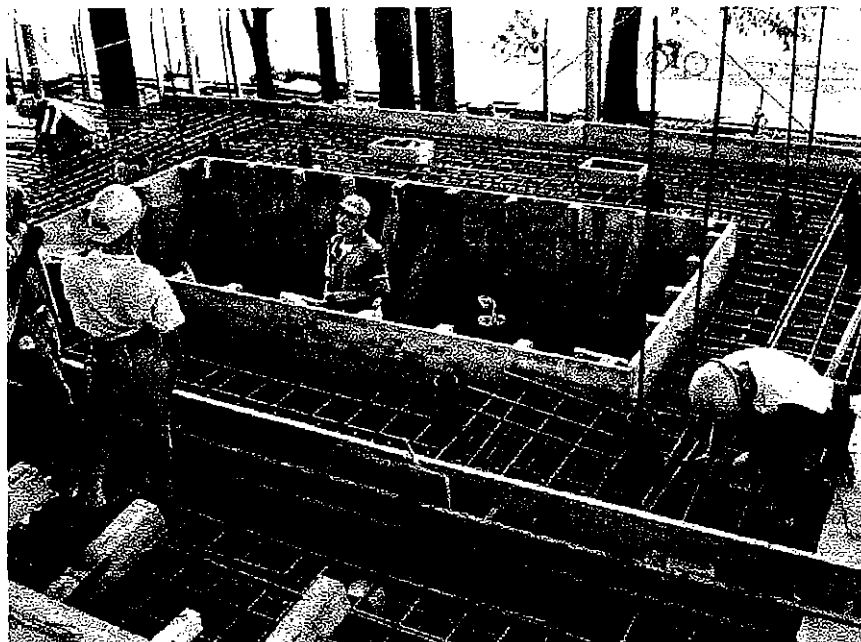
Es evidente, que las cimentaciones raramente descansan encima del terreno, sino que tienen un empotramiento suficiente para desarrollar una buena estabilidad vertical y lateral. Una de los principales problemas en las cimentaciones de hormigón para maquinaria es el de usar pedestales estrechos elevados individuales para motores, y luego otros separados por la maquinaria, esta disposición puede ser causa de alineación y de alta vibración que originan las roturas de los ejes, fallas en acoplamiento y un desequilibrio de los apoyos. En general, es aconsejable aislar las cimentaciones de hormigón para maquinaria de las losas de piso de hormigón continuas por medio de rellenos premoldeados, que evitan que las vibraciones sean transferidas a través del piso a otras partes del edificio. Se evitará así también el trastorno de las cimentaciones y el agrietado de la losa a causa de la dilatación o la consolidación del piso. En el hormigón del piso se colocarán juntas para evitar tal agrietamiento.

2.4 Estructura de los cimientos de los molinos

Antes de llevara cabo el montaje de cualquier maquinaria, es necesario, tomar en cuenta las condiciones en las que se encuentra el suelo, es decir, hacer un estudio al suelo para determinar la capacidad de carga, determinar la profundidad a la cual van los apoyos del suelo y el tipo de estructura que puede llegar a soportar.

La estructura de las vírgenes de los molinos viene provista para ser fijadas por medio de tres pernos. **Fig. 19.**

Figura 19. Estructura de los cimientos de los molinos.



2.5 Nivelación de platinas

Este procedimiento consiste en la nivelación de las platinas, estas platinas son unas planchas de acero, en las cuales van anclados los pernos de cada una de las vírgenes, para brindar una mejor protección a los pernos de anclajes de las vírgenes. **Fig. 20 y Fig. 21.**

Figura 20. Platinas de vírgenes ya alineadas.

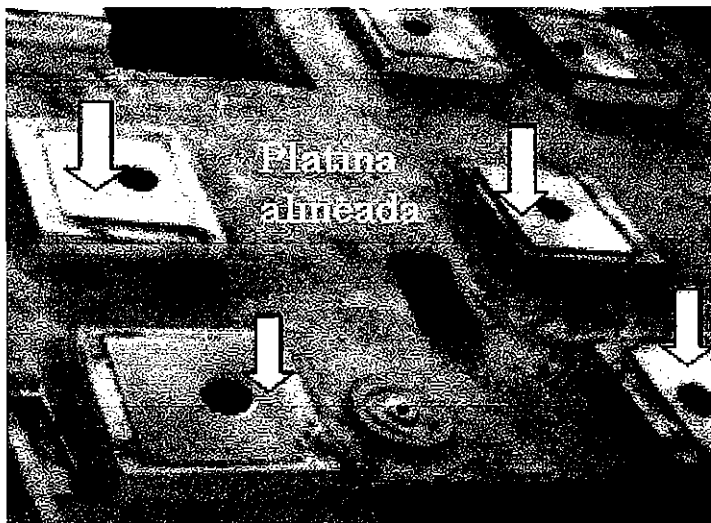
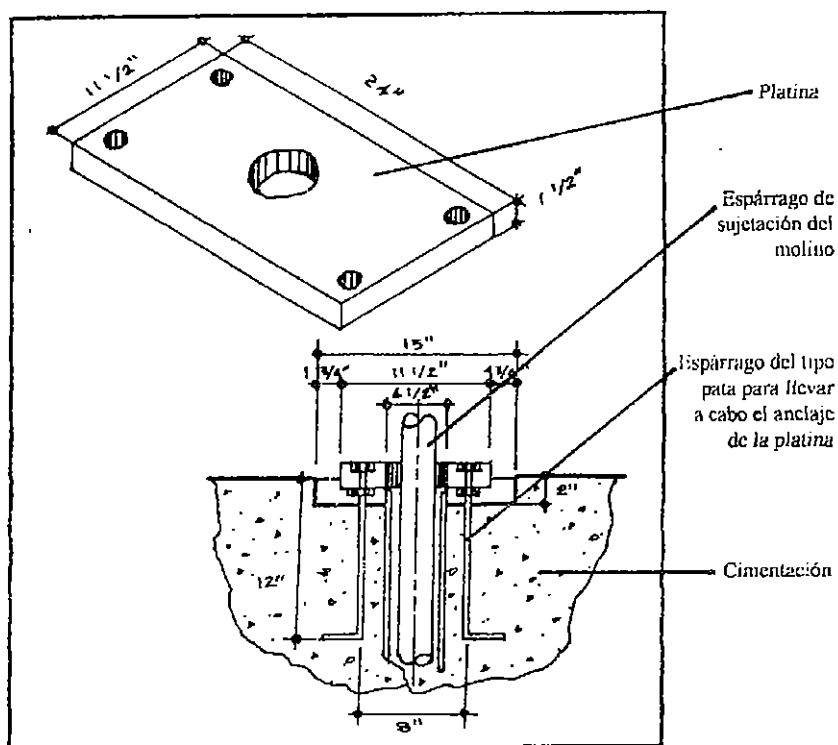


Figura 21. Esquema de una platina dentro de la cimentación.



2.6 Nivelación, alineación y escuadración de vírgenes

Nivelación: Es dejar a la misma altura y horizontalmente la basa de las vírgenes respecto a la superficie del terreno, esto se lleva a cabo a través de cuatro pernos con roscas que están fundidos a la cimentación, el perno utilizado es el tipo pata ya que este mejora el anclaje y evita el giro del perno, sobre cada espárrago se coloca una tuerca y sobre estas la platina, ya que a través de la tuerca se puede corregir fácilmente la altura de la platina para llevar a cabo la nivelación con un nivel basculante colocado en un mismo punto y colocándolo alternativamente sobre cada platina se logra nivelar cada una, a una misma altura y después con un nivel de mano se nivela solamente la platina a lo ancho y a lo largo.

Alineación: Es hacer que coincida el centro del eje de la maza superior exactamente con el centro del eje del reductor de baja velocidad, esto se lleva a cabo colocando sobre el eje del gramil un hilo de referencia, de este modo del hilo se dejan caer otros hilos haciéndolos que pasen exactamente a rostro del eje de la maza superior como del rostro del eje del reductor de baja velocidad, la alineación se efectúa desde el molino hacia el motor eléctrico y/o turbina.

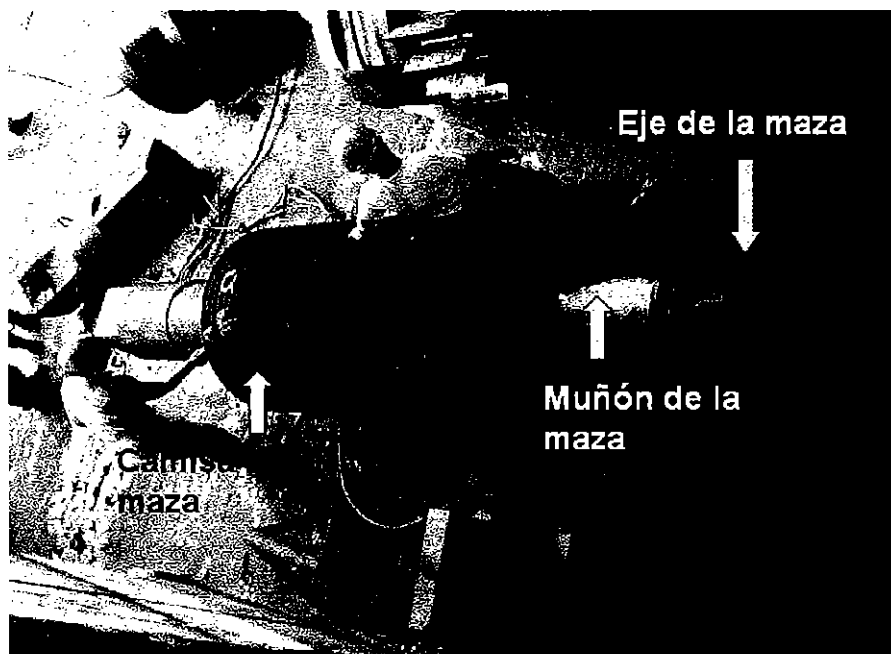
Escuadración: Es la distancia existente entre los molinos de manera que ambos ejes de las mazas superiores se mantengan paralelos.

2.7 Ajuste de las chumaceras a muñones de mazas

El ajuste de las chumaceras en los muñones de las mazas se realiza con la única finalidad de proporcionar una película de aceite uniforme alrededor del muñón.

El ajuste que se le realiza a la teja de bronce, es de tal modo que tenga un contacto uniforme la teja de bronce con el muñón de la maza, este ajuste se puede observar con el siguiente procedimiento; se le coloca azul de Prusia a la parte interna de la chumacera o teja, luego se instala sobre el muñón y se le proporciona un movimiento semicircular a la chumacera durante un tiempo determinado aproximadamente de 2 minutos, después se retira la chumacera del muñón y se observa con cuidado la parte en el que la chumacera o teja esta teniendo contacto con el eje, de no ser uniforme se le aplica un pulido para luego dejarla por lo menos con 75% de contacto entre el muñón y la chumacera, con ello logramos la uniformidad de la grasa lubricante sobre el muñón y así evitar la fricción. **Fig. 22.**

Figura 22. Vista de los muñones de la maza antes de su instalación.



2.8 Instalación de la maza cañera

La instalación de la maza cañera se realiza después de tener un perfecto contacto entre la chumacera y el muñón. Es instalada con sus respectivas chumaceras. Es transportada por una grúa viajera de 30 toneladas y colocada dentro de su posición de trabajo, luego se cierra la bisagra. **Fig. 23.**

2.9 Instalación de la maza bagacera

Al igual que la maza cañera, la maza bagacera se instala de la misma forma y con el mismo procedimiento. **Fig. 23.**

2.10 Instalación de la cuchilla central

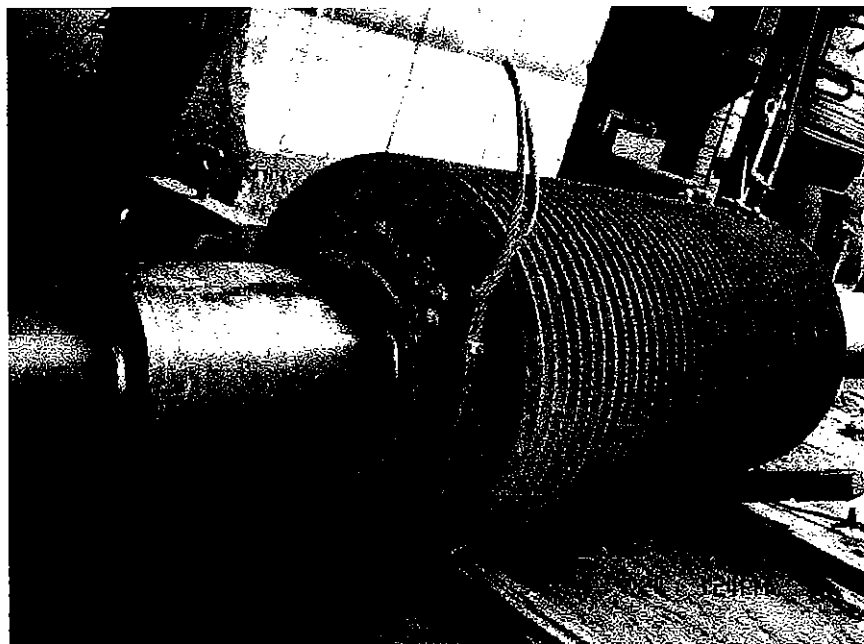
La cuchilla central es una pieza de hierro fundido, en ambos lados posee dientes los cuales van acoplados exactamente entre los dientes de la maza cañera y maza bagacera a fin de proporcionar la dirección de salida de la fibra a través de la maza superior y bagacera, también le sirve como raspador para limpieza de dichos dientes. **Fig. 23.**

La instalación de la cuchilla central se realiza a través de una grúa viajera de 30 toneladas, luego se coloca en su posición de trabajo. Va sujeta al puente por tornillos los cuales atraviesan el puente, las cabezas de los tornillos van en unas cavidades de la cuchilla central que luego son selladas con un pegamento especial resistente al desgaste y a la corrosión del jugo de la caña.

2.11 Instalación de la maza superior

Esta es una de las mazas de las cuales su montaje se efectúa sin chumaceras puestas, por medio de una grúa viajera y con el mismo procedimiento de las anteriores. **Fig. 23.** Después de colocarla sobre su posición de trabajo se instalan las chumaceras y luego los cabezotes hidráulicos.

Figura 23. Maza preparada para su instalación, por medio de una grúa viajera de 50 ton.



2.12 Calibración del Setting de las mazas superior, bagacera, 4ta maza y cuchilla central.

La abertura entre las diversas mazas y la relación entre la cuchilla central y las mismas, generalmente es denominada el ajuste (setting) del molino, varían mucho con los diferentes equipos y condiciones de operación, y es de esta calibración por el cual se determina la velocidad y capacidad de molienda de los molinos.

El ajuste de los molinos consiste en determinar las posiciones relativas más favorables que deben darse a las mazas del molino y a la cuchilla central con el fin de obtener las mejores condiciones para la alimentación y los mejores resultados en la extracción. El ajuste es una operación delicada e importante para obtener en funcionamiento correcto del molino, es decir, una marcha regular sin atascamientos y con una extracción conveniente.

Así mismo la calidad de caña, la cantidad molida por hora, el estriado o ranurado de las mazas, las presiones y sobre todo las velocidades de los molinos influyen sobre la calibración de las aberturas de las mazas.

Enseguida se presentan algunas generalidades para la calibración del Setting de las mazas:

1. La abertura de alimentación (esto es entre la maza superior y cañera) siempre es mayor que entre la maza superior y bagacera, aproximadamente el doble en el primer molino.

La maza de entrada (cañera) es un órgano de alimentación, el de salida de presión. La abertura de entrada debe ser evidentemente más grande que la abertura de salida; sí se les da el mismo valor el paso de la caña por el molino será muy pequeño. Si tenemos

una presión demasiado baja, entonces, tendríamos abertura grande.

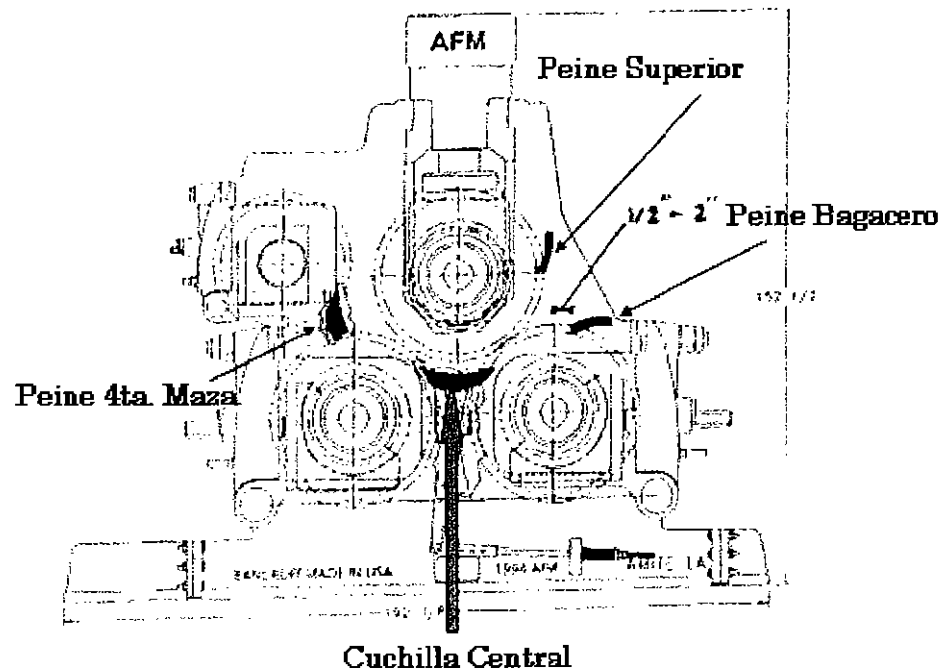
2. La calibración del Setting se hacen progresivamente menores en cada molino subsiguiente.

3. La abertura de la cuchilla central es aproximadamente el doble que la abertura de la caña y disminuye de un molino a otro, al igual que el ajuste de las mazas.

2.13 Instalación del peine de la maza superior y maza bagacera

Este procedimiento se realiza una vez instalada cada una de la maza superior y bagacera, para obtener un mejor ajuste y así de este modo calibrar de una mejor manera el Setting. **Fig. 24.**

Figura 24. Esquema de cada una de los peines y cuchilla central ya instalados.



2.14 Instalación de la 4ta. maza

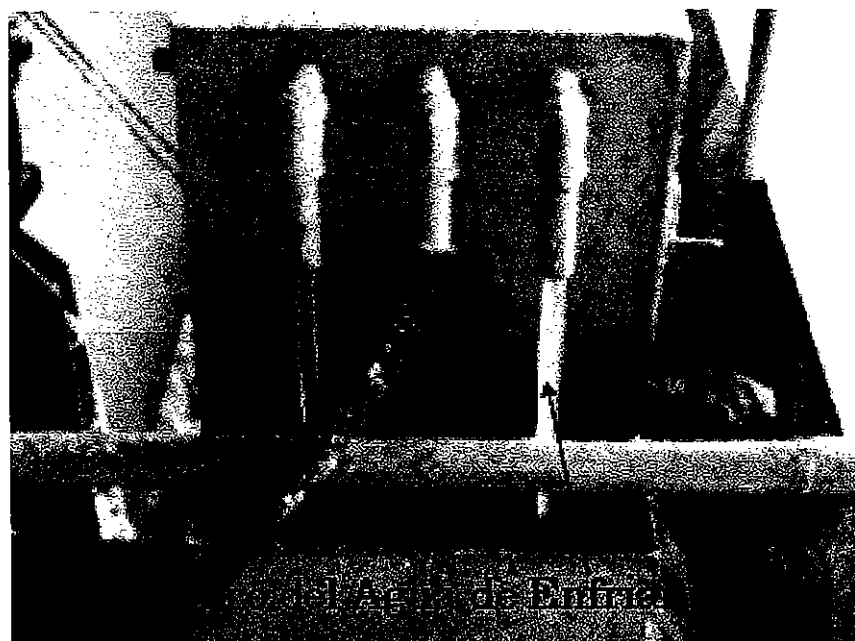
Su instalación se realiza de la misma forma, a la que se instalaron las mazas cañera y bagacera. **Fig. 23.**

2.15 Montaje del sistema de enfriamiento

El sistema de enfriamiento utilizado en los molinos tiene como objetivo primordial mantener la temperatura de operación de las chumaceras de cada una de las mazas, el agua que se utiliza para este uso proviene de una pileta de enfriamiento. **Fig. 25.**

Para la implementación del sistema de enfriamiento de los molinos se colocan unos registros en ambos lados de la parte superior de cada virgen, esto con el fin de poder detectar la temperatura del agua por medio del tacto que es una forma muy sencilla dentro de un ingenio y además poder observar el flujo del agua, el registro consta de una caja rectangular en la cual van alojados tres tuberías provenientes de cada una de las chumaceras de la maza cañera, maza bagacera y maza superior.

Figura 25. Registro del sistema de enfriamiento.



2.16 Instalación del cabezote hidráulico

El montaje del cabezote hidráulico se realiza a través de una grúa viajera, este va colocado exactamente encima de cada una de las chumaceras de la maza superior.

2.17 Instalación del acumulador de presión a base de nitrógeno

El acumulador de presión va colocado encima del cabezote hidráulico el cual lleva conexiones con manguera de alta presión del cabezote para lograr tener paso de aceite hacia la bolsa de nitrógeno y así poder balancear las presiones.

2.18 Instalación del sistema de lubricación a chumaceras

El sistema de lubricación utilizado en las chumaceras de los molinos es a partir de grasa, este sistema consta de un depósito, bomba que es la encargada de mantener la presión del sistema, timer (eléctrico) para controlar el tiempo de inyección de la grasa, tuberías y válvulas reguladoras que son las encargadas de dosificar la cantidad de grasa a cada una de las chumaceras. **Fig. 26.**

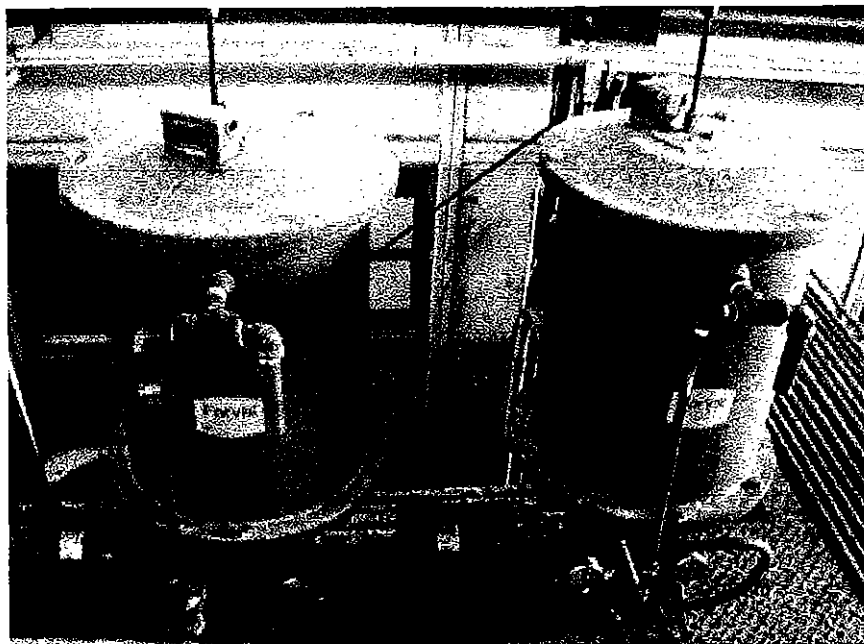
Figura 26. Válvulas reguladoras de lubricante.



El depósito tiene capacidad para alojar un tonel de grasa (54 GAL.), la cuál es bombeada con una presión de aproximadamente 350 PSI, a través de una tubería de $\frac{3}{4}$ " , esta bomba es gobernada electrónicamente por un timer, este está programado para mantener la bomba energizada durante 2 a 3 minutos, y luego esta se des-energiza durante 10 a 15 minutos, que es el tiempo necesario para mantener lubricada cada una de las chumaceras.

El sistema de bombeo del lubricación utilizado en las chumaceras de los molinos es del tipo Farval, este sistema de bombeo consta de dos bombas, una se mantiene para utilizarla en cualquier momento que se arruinara la que este trabajando, mantiene una presión en la tubería de 350 PSI. **Fig. 27.**

Figura 27. Bombas Farval.



2.19 Instalación de las coronas de las mazas

Las velocidades respectivas de cada una de las mazas dependen de las revoluciones que es proporcionada por el motor eléctrico, esta a su vez es transferida a los reductores de alta y baja respectivamente, y luego hacia la maza superior, para poder transmitir las revoluciones a las demás mazas es necesario instalar una corona a cada maza.

Las coronas de la maza superior, maza cañera y maza bagacera tienen los mismos números de dientes (19 dientes), las revoluciones a las que gira la 4ta maza depende del número de dientes que posee la corona de la maza superior instalada en el lado opuesto del lado motriz de la maza superior, el número de dientes para estas dos coronas son las respectivas, corona maza superior 23 dientes corona 4ta maza 19, esto quiere decir que la cuarta maza tiene una mayor velocidad esto con la finalidad de proporcionar una mayor velocidad a la entrada de la caña entre la maza superior y maza cañera. **Fig. 28 y 29.**

Para efectuar la instalación respectiva de cada corona se envía a maquinar el diámetro interno de las coronas igual al diámetro del eje de la maza y se fabrica una muesca para poder alojar el cuñero, con el único objetivo de evitar que la corona tenga movimiento axial.

Figura 28. Corona preparada para su instalación.

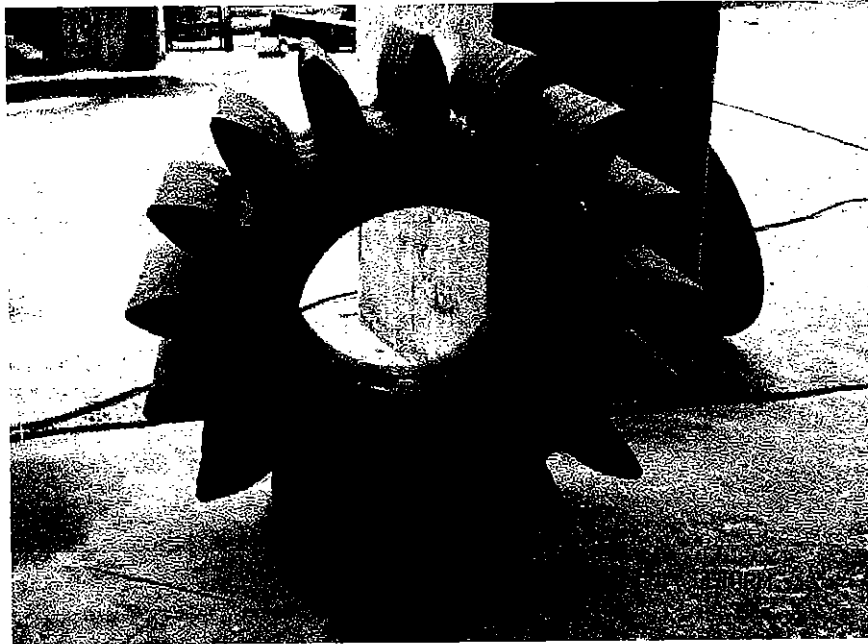


Figura 29. Vista de las coronas acopladas al molino.



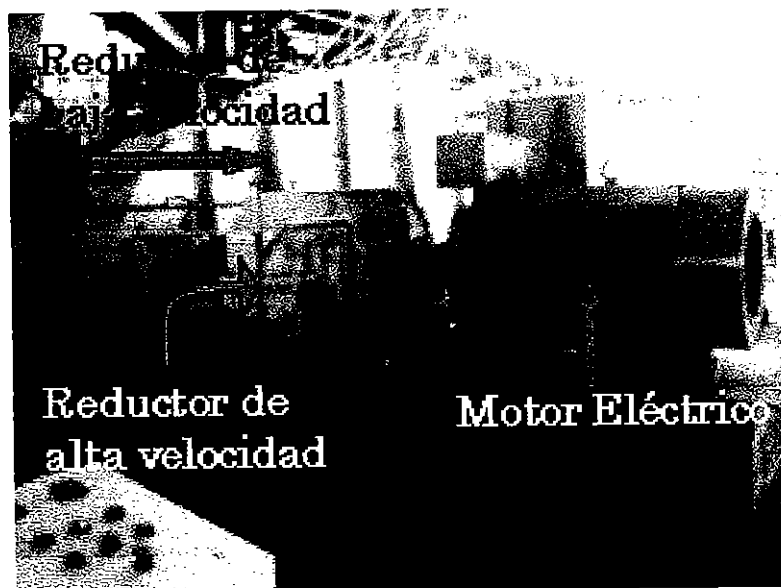
2.20 Instalación del motor eléctrico

Estos motores son los que proporcionan la velocidad a la que va a estar trabajando cada uno de los molinos, las revoluciones que el motor proporciona es transmitida y reducida por dos reductores (de alta velocidad y de baja velocidad) y luego transferida a la maza superior por medio de un acoplamiento rígido. **Fig. 30.**

La instalación del motor eléctrico se realiza de la siguiente manera: se prepara la cimentación, esta cimentación tiene unos pernos de anclaje de 8 pulgadas de largo por 1 ½ pulgada de diámetro, estos pernos de anclaje nos sirve para sujetar a la platina, en la cual va sujetado el motor, el Tándem de molinos está equipado con cinco motores que poseen las siguientes características:

Marca:	ABB
HP:	1200
RPM:	1790
Voltaje:	4000V
F.S.	1
Temp:	90 °C
Phases:	3

Figura 30. Motor acoplado al reductor de alta y baja velocidad.



2.21 Instalación del reductor de alta velocidad

El procedimiento del montaje del reductor de alta velocidad es similar al montaje de las vírgenes, ya que tenemos que alinear y nivelar las platinas, y así evitar los problemas que se generan al momento de instalar los reductores. **Fig. 30.**

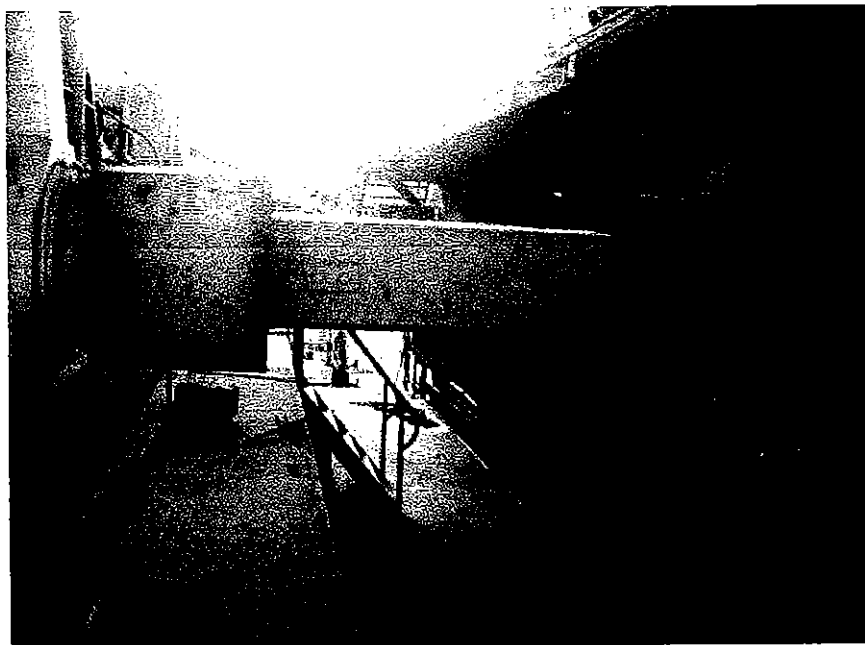
2.22 Instalación del reductor de baja velocidad

El procedimiento del montaje es igual al procedimiento del montaje del reductor de alta velocidad. **Fig. 30.**

2.23 Instalación del entre dos

El entre dos es un eje macizo de acero que va acoplado al eje de salida del reductor de baja velocidad con el eje de la maza superior, el propósito principal es únicamente para transmitir el movimiento del reductor hacia la maza superior, va acoplado por medio de dos acoplamientos de hierro fundido, la finalidad del material por el cual están fabricados estos acoplamientos se debe a que cuando exista una mayor fuerza de tracción por la maza superior y se genere mayor torque, entonces, el daño no repercutiría hacia el eje del reductor, es decir, que la falla quedaría absorbida por estos acoplamientos ya que son muy frágiles por el alto contenido de carbono. **Fig. 31.**

Figura 31. Vista del entre dos.



2.24 Mantenimiento de los molinos

2.24.1 Concepto general de mantenimiento

Mantenimiento es la serie de trabajos que hay que ejecutar en algún equipo, planta o método, a fin de conservarlo y proporcionar el servicio para el que fue diseñado.

La creación de un programa equilibrado y flexible en el cual las operaciones a realizarse en los planos de uso, tengan presente la atención y el cuidado del equipo y maquinaria, así, como las instalaciones sean las más adecuadas, estos forman el programa básico de mantenimiento. Las personas a cargo de esta área deben de hacer que el mantenimiento del mismo sea un factor principal para el cumplimiento del trabajo asignado.

2.24.2 Funciones específicas del mantenimiento de molinos de caña de azúcar

Las funciones del mantenimiento se deben considerar como parte integral e importante de una organización, el mantenimiento dentro de un ingenio azucarero, se clasifica de la siguiente manera:

Mantenimiento preventivo

Mantenimiento correctivo

Mantenimiento en época de reparación

Mantenimiento en época de zafra

2.24.3 Mantenimiento preventivo

Es la ejecución planificada de un sistema de inspecciones periódicas y programadas y de trabajos de mantenimientos previstos o detectados como necesarios. Es la inspección periódica de los activos y del equipo de la planta, para descubrir las condiciones que conducen a paros imprevistos de producción o depreciación perjudicial. El mantenimiento preventivo ha sido ampliamente reconocido como de extrema importancia en la reducción de los costos de mantenimiento y en mejoramiento de la confiabilidad del equipo.

Su objetivo es la detección de condiciones de trabajos anormales de la maquinaria y de solicitar la ejecución oportuna para realizar el mantenimiento correctivo, para que los problemas dentro de la planta sean solucionados en su fase inicial. El mantenimiento preventivo se realiza en la época de zafra.

Dentro de las tareas realizadas durante el mantenimiento preventivo se enumeran las siguientes:

- ✓ Verificar la lubricación de chumaceras
- ✓ Temperatura del agua de enfriamiento
- ✓ Estado de las mazas, en cuanto al granulado que se le aplica con electrodo azúcar 80
- ✓ Estado de los peines y cuchilla central
- ✓ Revisar las rpm y amperajes de los motores
- ✓ Lubricación de los reductores de alta y baja de cada molino
- ✓ Presión hidráulica de los cabezotes
- ✓ Nivel del lubricante hidráulico
- ✓ Flotación de la maza superior del lado corona y lado libre
- ✓ Revisión de los sistemas de bombeo tipo Farval
- ✓ Temperatura del agua de imbibición

- ✓ El estado de las coronas

Todas estas actividades se realizan mediante visitas periódicas, revisión periódica y limpiezas constantes.

En cuanto a las visitas periódicas, estas son, inspecciones que se ejecutan diariamente de acuerdo con un plan de mantenimiento asignado por el ingeniero y la revisión es realizada por un supervisor de turno. Las revisiones periódicas son intervenciones por el supervisor de turno y los mecánicos de planta, la limpieza constante se realizan a causa del bagacillo que se suelta en el ambiente, como por ejemplo, manómetros, aceite que escurre de las chumaceras y la caña que se aloja el peine superior.

2.24.4 Mantenimiento correctivo

El mantenimiento correctivo comprende reparaciones de componentes o piezas de cualquier maquinaria, y estos servicios no dependen de una programación, una vez ocurrida la falla la misma debe ser corregida en el menor tiempo posible.

La función más importante del mantenimiento correctivo es:

- ✓ Corregir averías sistemáticas de la maquinaria y equipo aunque sea necesario para ello realizar cambios en el diseño de las mismas, es decir, en cuanto a forma y método de montaje de cualquier pieza.

2.24.5 Mantenimiento en época de reparación

En la época de reparación el mantenimiento es más complejo ya que se desarman por completo los molinos, esta operación incluye desmontar las mazas sin desmontar las vírgenes esto con el fin de verificar el alineamiento de cada una de las vírgenes y la escuadración de las mismas, a las mazas se les elimina el chorreado, las cuales se envían de nuevo al torno para realizarle un nuevo rayado y rectificación de muñones, se maquinan nuevas chumaceras, se fabrican nuevos peines y cuchilla central, se aplica de nuevo el chorreado de cada maza y se reemplazan piezas de bajo costo.

Luego que ya se haya terminado de verificar todos los componentes del molino se procede a su montaje de una manera muy cuidadosa ya cada molino tendrá una nueva abertura entre cada maza, es decir un nuevo Setting.

2.24.6 Mantenimiento en época de zafra

El mantenimiento que se realiza en los molinos en época de zafra, es únicamente un mantenimiento correctivo, ya que en la época de zafra, es decir en la producción del azúcar, el mantenimiento se realiza por medio de una programación, que son hojas con tareas más específicas para llevar acabo la revisión de determinadas partes de la maquinaria.

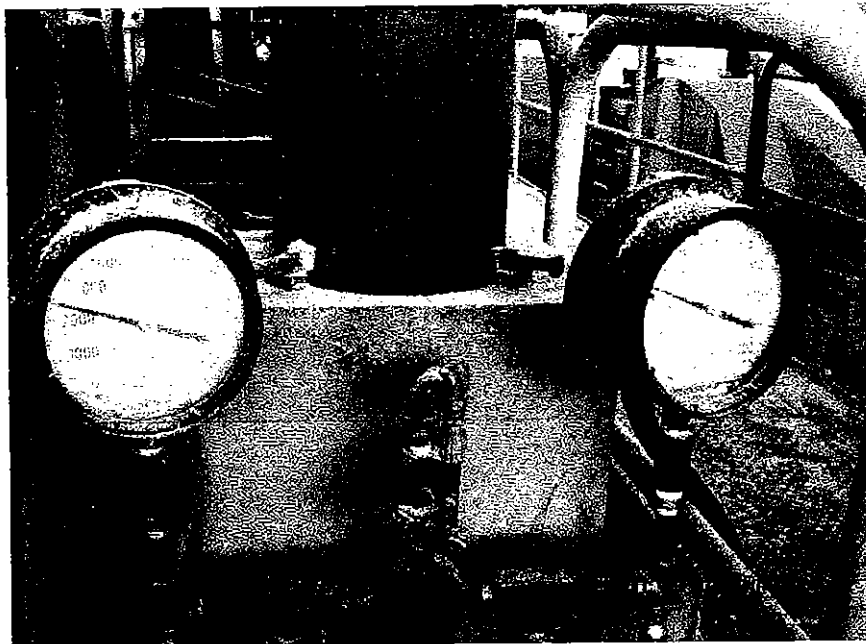
Dentro de los principales parámetros que hay que revisar, están los siguientes:

Verificación de los registros del agua de enfriamiento; esto se realiza con el fin de verificar la circulación del agua hacia las chumaceras, a fin de detectar la temperatura de las chumaceras. **Fig. 25.**

Verificación cada cierto tiempo de la temperatura de las chumaceras, esta revisión se realiza por medio de un aparato llamado infrarrojo, que es capaz de detectar la temperatura a través de un rayo láser.

Revisión continua de los manómetros de presión hidráulica de los cabezotes, esta revisión se realiza con única finalidad de mantener la presión hidráulica dentro de los cabezotes, y así evitar fugas o un mal funcionamiento del sistema de presión. **Fig. 32.** Aquí se puede observar que la presión para cada uno de los cabezotes hidráulicos es de 2,500 PSI.

Figura 32. Manómetros de los cabezotes hidráulicos.



- Durante la revisión periódica realizada a los molinos, se toman los datos cada cierto tiempo, y plasmadas en la hoja de mantenimiento.

CONCLUSIONES

1. Con la adquisición de este nuevo Tándem de molinos el Ingenio Magdalena, S.A. tendrá una mayor producción de azúcar en un tiempo más corto de zafra y mayor cantidad de bagazo, el cual se utilizará para el combustible de las calderas y aumentar la producción de vapor para el área de cogeneración.
2. Con el plan de mantenimiento y la puesta en práctica del mismo, se logró mejor planificación de la supervisión que se llevó a cabo por el personal de mantenimiento y con una secuencia ordenada se obtuvo mayor rapidez en el desarrollo del mismo y por consiguiente menor pérdida de tiempo.
3. Tomando en cuenta el montaje de cada uno de los molinos que conforman el nuevo Tándem, se logró determinar el plan de mantenimiento preventivo con una secuencia de revisión diaria, tomando en cuenta el historial de cada una de las incidencias ocurridas.

RECOMENDACIONES

En esta sección se presenta una serie de recomendaciones que se deben tener en cuenta para un correcto funcionamiento de los molinos de caña y así obtener una eficiencia más alta de lo esperado.

Al Gerente de Mantenimiento

1. Realizar un monitoreo más exhaustivo para la temperatura de operación de cada una de las mazas que conforman los molinos, para evitar arrastres y/o problemas por falta de lubricación en los muñones de las mazas.
2. Que la lubricación de las coronas que conforman el movimiento sincronizado de las mazas sea por medio de un depósito totalmente hermético, con el fin de evitar que el jugo de la caña se contamine con aceite o viceversa.

Al Supervisor de Mantenimiento

1. Tomar en cuenta los costos de insumos, materiales y mano de obra en el período de reparación de los molinos para optimizar los recursos.
2. Asignar la persona idónea a cada uno de los trabajos a ejecutar durante el mantenimiento correctivo de los molinos, para garantizar la operación del mismo.

A los Operadores

- 1 Respetar las normas de seguridad impuestas por la empresa antes de ingresar al área de trabajo, para evitar accidentes.
- 2 Contar con el equipo necesario de trabajo en la cabina de control de mandos durante la operación de los molinos, para garantizar el buen funcionamiento de cada uno de los equipos.

BIBLIOGRAFÍA

1. CHEN, James C. **Manual del Azúcar de Caña.**
México: Editorial Limusa, S.A. de C.V., 1991.
2. HUGOT, E. **Manual para Ingenios Azucareros.**
7ª. Impresión. México: editorial Continental, S.A. de C.V.,
1984.
3. Marks Theodore, Baumeister. **Manual del Ingeniero Mecánico.**
México: Editorial Mc Graw-Hill, 1992.
4. Monroy, Fredy. **GUÍA PARA LOS CURSOS DE MONTAJE Y
MANTENIMIENTO DE EQUIPO Y VIBRACIONES MECÀNICAS,**
Guatemala, Octubre de 2003.

ANEXOS

DIAGRAMA DE OPERACIONES PROGRAMA MONTAJE MOLINO

1. Montaje de la virgen.
2. Nivelación, alineación y escuadración
3. Instalación de la maza cañera
4. Instalación de la maza bagacera
5. Setting de la maza cañera, bagacera y cuchilla central
6. Instalación del peine de la 4ta. maza
7. Setting del. peine de la 4ta. maza

FIGURA 33. Diagrama gráfico de nivelación, alineación y escuadración de las vírgenes del molino.

1

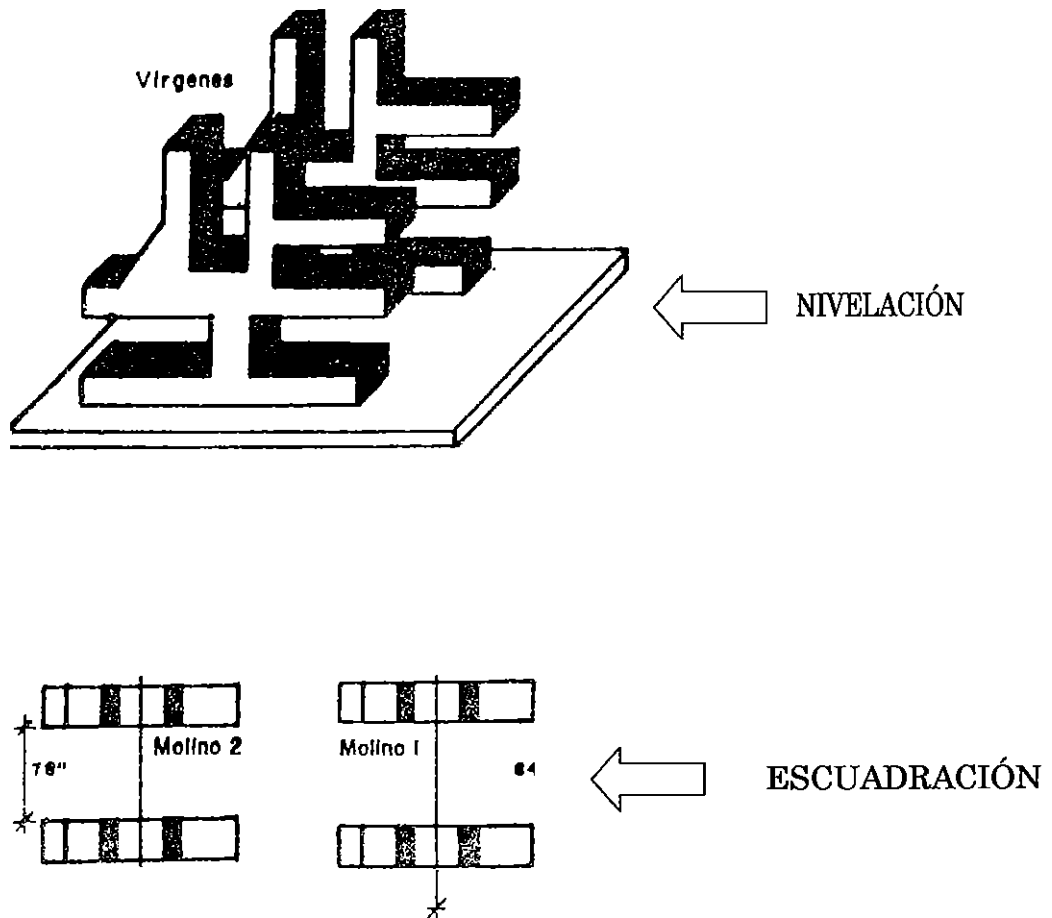


FIGURA 34. Diagrama de instalación de los peines, cuchilla central y cuchilla de la 4ta. maza.

