



**Universidad de San Carlos de Guatemala**

**Facultad de Ingeniería**

**Escuela de Ingeniería Mecánica**

**DISEÑO DE LA CUARTA MAZA PARA MOLINOS EN EL  
PROCESO DE FABRICACIÓN DE AZÚCAR DEL INGENIO EL  
BAÚL**

**Carlos Humberto Mckay Rivera**

**Asesorado por el Ing. Romeo Arnulfo Gómez Barrios**

Guatemala, mayo de 2006

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE LA CUARTA MAZA PARA MOLINOS EN EL  
PROCESO DE FABRICACIÓN DE AZÚCAR DEL INGENIO EL  
BAÚL**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**CARLOS HUMBERTO Mc KAY RIVERA**

ASESORADO POR EL ING. ROMEO ARNULFO GÓMEZ BARRIOS

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO MECÁNICO**

GUATEMALA, MAYO DE 2006

# UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

## FACULTAD DE INGENIERÍA



### NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	
VOCAL II	Lic. Amahán Sanchez Álvarez
VOCAL III	Ing. Julio David Galicia Celada
VOCAL IV	Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz
VOCAL V	Br. Elisa Yazminda Vides Leiva
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas

### TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

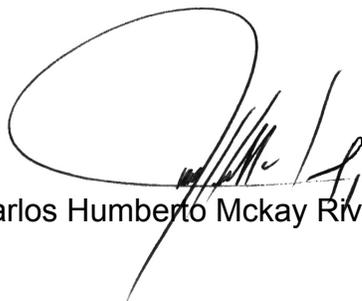
DECANO	Ing. Julio Ismael González Podszueck.
EXAMINADOR	Ing. Víctor Eduardo Izquierdo Palacios.
EXAMINADOR	Ing. Oscar Eduardo Maldonado de la Roca.
EXAMINADOR	Ing. Maurice Bernard Mulet Lesieur.
SECRETARIO	Francisco Javier González López.

**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:

**DISEÑO DE LA CUARTA MAZA PARA MOLINOS DEN EL PROCESO DE  
FABRICACIÓN DE AZÚCAR DEL INGENIO EL BAÚL,**

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica, con fecha Enero 1997.



Carlos Humberto McKay Rivera

Guatemala, 29 de Octubre de 1997

Ingeniero  
Carlos Pérez  
Director  
Escuela de Ingeniería Mecánica,  
Presente.

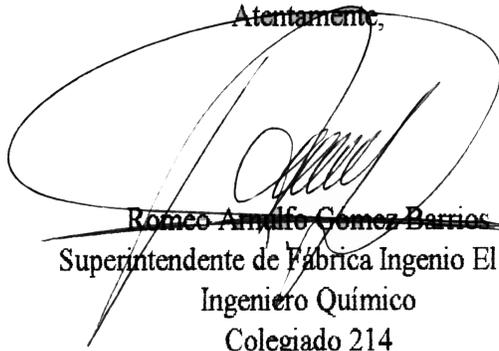
Estimado Ingeniero:

Por este medio, me permito informar a Ud. como asesor del trabajo de E.P.S. titulado "Diseño de la cuarta maza para molinos en el proceso de fabricación de Azúcar del Ingenio "El Baúl" del estudiante, Carlos Humberto Mckay Rivera que después de realizar las correcciones necesarias, doy mi aprobación al mismo por cumplir los objetivos previamente trazados.

Hago constar que los conceptos vertidos en este trabajo de E.P.S. son responsabilidad del autor y del suscrito.

Agradeciéndolo su atención a la presente, me suscribo.

Atentamente,



~~Romeo Arnulfo Gómez Barrios~~  
Superintendente de Fábrica Ingenio El Baúl  
Ingeniero Químico  
Colegiado 214  
Asesor

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA**



**FACULTAD DE INGENIERIA**

Guatemala, 20 de abril de 2006  
Ref. EPS. C. 173.04.06

Ing. Angel Roberto Sic García  
Coordinador Unidad de EPS  
Facultad de Ingeniería  
Presente

Estimado Ing. Sic García.

Por este medio atentamente le informo que como Asesor y Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) del estudiante universitario de la Carrera de Ingeniería Mecánica, **CARLOS HUMBERTO MCKAY RIVERA**, procedí a revisar el informe final de la práctica de EPS, cuyo título es **“DISEÑO DE LA CUARTA MAZA PARA MOLINOS EN EL PROCESO DE FABRICACIÓN DE AZÚCAR DEL INGENIO EL BAÚL”**.

Cabe mencionar que las soluciones planteadas en este trabajo, constituyen un valioso aporte de nuestra Universidad a uno de los muchos problemas que padece el país.

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

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,  
“*Da y Enseñad a Todos*”

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



cc. Archivo  
EESZ/jm

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA**



**FACULTAD DE INGENIERIA**

Guatemala, 20 de abril de 2006  
Ref. EPS. C. 173.04.06

Ing. Fredy Monroy  
Director Escuela de Ingeniería Mecánica  
Facultad de Ingeniería  
Presente

Estimado Ing. Monroy.

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **“DISEÑO DE LA CUARTA MAZA PARA MOLINOS EN EL PROCESO DE FABRICACIÓN DE AZÚCAR DEL INGENIO EL BAÚL”**.

Este trabajo lo desarrolló el estudiante universitario de la Carrera de Ingeniería Mecánica **CARLOS HUMBERTO MCKAY RIVERA**, quien fue debidamente asesorado por el **Ing. Romeo Arnulfo Gómez Barrios** 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 **APROBACION DEL MISMO** por parte de asesor y supervisor, **ESTA COORDINACION TAMBIEN APRUEBA SU CONTENIDO**; solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

“Id y Enseñad a Todos”

Ing. Angel Roberto Sic Garcia  
Coordinador Unidad de EPS



cc. Archivo  
ARSG/jm

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

*"Todo por ti Carolingia mía"*  
*Dr. Carlos Martínez Durán*  
*2006: Centenario de su Nacimiento*

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 el visto bueno del Coordinador del área de Materiales, al trabajo de graduación DISEÑO DE LA CUARTA MAZA PARA MOLINOS EN EL PROCESO DE FABRICACIÓN DE AZÚCAR DEL INGENIO EL BAÚL, del estudiante **Carlos Humberto Mc Kay Rivera**, procede a la autorización del mismo.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. Fredy Mauricio Monroy Peralta  
**DIRECTOR**



Guatemala, mayo de 2006

/behdei.

Universidad de San Carlos  
de Guatemala



Facultad de Ingeniería  
Decanato

Ref. DTG. 155-2006.

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: **DISEÑO DE LA CUARTA MAZA PARA MOLINOS EN EL PROCESO DE FABRICACIÓN DE AZÚCAR DEL INGENIO EL BAÚL**, presentado por el estudiante universitario **Carlos Humberto McKay Rivera**, procede a la autorización para la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Murphy Olimpo Paiz Recio  
DECANO



Guatemala, mayo 16 de 2,006

/gdech

*Todo por ti, Carolingia Mía*  
Dr. Carlos Martínez Durán  
2006: Centenario de su Nacimiento

## **ACTO QUE DEDICO A:**

**DIOS:** Por ser mi faro en la oscuridad y bendecirme cada día

**Mis Abuelos:** Carlos Humberto Mckay Herrera +  
Concepción Cermeño de Mckay +  
con amor y gratitud a sus sacrificios, esfuerzos  
y enseñanzas formando la base de mi éxito.

**Mis Padres:** Jorge Orlando Mckay Cermeño.  
Olivia Rivera Quiroa.  
con amor y cariño por todos sus esfuerzos,  
cuidados, sacrificios y apoyo.

**Mis Hermanos:** Erick, Vinicio, Luis, Lesly, Erwin, George  
Eimy.  
con cariño

**Mi esposa:** Olga Beatriz Vela de Mckay.  
Por su amor, apoyo, paciencia y comprensión.

**Mis hijas:** Stacy Lee y Kathie Ann Mckay Vela,  
con todo mi amor

**Mi patria:** Guatemala

**La Facultad de Ingeniería**

**La Universidad de San Carlos**

## **AGRADECIMIENTO ESPECIAL**

**Al Ingenio el Baúl**

por permitirme desarrollar mi trabajo de graduación y adquirir conocimientos, para mí desarrollo en la industria azucarera en Guatemala.

**A el Ing. Arnulfo Gómez,  
y a Arnoldo Berger**

por su apoyo en la realización de este trabajo de graduación.

A todas aquellas personas que de una u otra forma colaboraron para la realización de este trabajo de graduación.

:

**Juan Monte Alegre L.<sup>+</sup>,**

**Cristóbal Montiel<sup>+</sup>,**

por todos los conocimientos, experiencias, amistad que compartimos siempre, y a Quienes dedico este trabajo.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SÍMBOLOS	XV
GLOSARIO	XVII
OBJETIVOS	XVI
INTRODUCCIÒN	XIX

### 1. TEORÍA DE LOS MOLINOS PARA FABRICACIÓN DE AZUCAR

1.1	Descripción de los molinos	1
1.1.1	Maquinaria de molienda	1
1.1.2	Impulsores de los molinos	4
1.2	Forma de fabricación de las mazas o cilindros rasurados de las mazas	16
1.2.1	Tipo de rasurado de las mazas ranuras circulares	16
1.2.1.1	Dimensiones de las ranuras	20
1.2.1.2	Cilindros universales	23
1.2.1.3	Ángulos de las ranuras	24
1.2.2	Mechartes	24
1.2.2.1	Peines	26
1.2.2.2	Desgaste	27
1.2.2.3	Ventajas e inconvenientes	28
1.2.2.4	Empleo de los mechartes	29
1.2.3	Chevrones	29
1.2.3.1	Influencia sobre la cuchilla central	31
1.2.4	Desgaste de los cilindros o mazas	31
1.2.4.1	Importancia del desgaste	32
1.2.4.2	Renovación de las mazas	32
1.2.4.3	Coefficiente de fricción de la caña y el bagazo	35
1.3	Capacidad de los molinos	35

1.3.1	Capacidad de molienda	37
1.3.1.1	Capacidad de los molinos	40
1.3.1.2	Factores que determinan la capacidad	40
1.3.1.3	Fórmulas de la capacidad propuesta	41
1.3.1.4	Fórmula de la capacidad	43
1.3.2	Influencia del largo de la batería	44
1.3.2.1	Fórmula completa	46
1.3.2.2	La carga fibrosa	49
1.3.2.3	Carga fibrosa específica	49
1.3.2.4	Valores normales de la carga fibrosa específica	50
1.4	Cálculo en los molinos	52
1.4.1	Ajuste de las aberturas de entrada y salida	52
1.4.1.2	Medidas de la abertura	53
1.4.2	Capacidad del tandem ajuste y presiones en los molinos	54
1.4.2.1	Fórmulas de capacidad	55
1.4.2.2	Análisis de la capacidad y trabajo del tandem	57
1.4.2.3	Ajuste en los molinos	58
1.4.2.4	Ajuste o setting de salida	59
1.4.2.5	Ajuste o setting de entrada	60
1.4.2.6	Ajuste de las cuchillas centrales	63

## 2. REDISEÑO DE LOS MOLINOS

2.1	Situación inicial de los molinos uno, dos y tres de 3 mazas para modificarlos a 4 mazas	67
2.1.1	Situación inicial de los molinos	67
2.1.1.1	Características iniciales de los molinos modificados	72
2.1.1.2	Descripción del 3er molino "Farrel" (o fajardo)	73
2.1.1.3	Características del molino dos (Luisiana)	80
2.1.1.4	Características del molino tres (Duncan & Stewart)	85
2.1.1.5	Características de los molinos cuatro y cinco Fletcher	87

<b>2.2</b>	<b>Rediseño de los molinos a 4 mazas</b>	<b>89</b>
2.2.1	Modificaciones hechas a los molinos	90
2.2.2	Conversión de un molino de 3 a 4 mazas en forma teórica	100
2.2.2.1	Modificación de un molino convencional	102
2.2.2.2	Calculo del setting de la cuarta maza	104
2.2.2.3	Conductor Donelly	105
2.2.2.4	Ventajas de un molino de 4 mazas	106
2.2.3	Características del rediseño en cada molino ingenio el Baúl	
	modificaciones en el molino uno.	108
2.2.3.1	Cuchillas para la cuarta maza	117
2.2.3.2	Modificaciones en le molino dos (Luisiana)	127
2.2.3.3	Modificaciones en el molino tres (Stewart)	134
2.2.3.4	Movimiento de la cuarta maza	139
2.2.3.5	Calculo de la velocidad lineal de la cuarta maza	141
2.2.3.6	Implementación del conductor intermedio tipo Donelly	144
2.2.3.7	Partes del conductor intermedio Donelly	146
2.2.3.8	Compuertas de bypass	149
2.2.3.9	Peinetas conductoras de bagazo	154
<b>2.3</b>	<b>Costos de materiales</b>	<b>157</b>
<b>3.</b>	<b>EJECUCIÓN DEL REDISEÑO</b>	
3.1	Fabricación de las piezas	161
3.2	Inspección de piezas	162
3.2.1	Rectificación de las medidas según el rediseño de los planos realizados	162
3.2.2	Revisión de cortes y biseles en las piezas	162
3.2.3	Características en las piezas	163
3.2.4	Revisión de ensamble antes de soldar las piezas	164
3.2.5	Inspección de las piezas no fabricadas en el ingenio	164
3.2.6	Otras piezas que se revisaran	165

<b>3.3 Colocación de las piezas</b>	<b>165</b>
<b>3.3.1 Solución para la colocación de piezas en la virgen de hierro en el molino Farrel</b>	<b>166</b>
<b>3.3.2 Características de la soldadura utilizada</b>	<b>171</b>
<b>3.4 Inspección del ensamblado</b>	<b>173</b>
<b>3.4.1 Inspección visual del ensamblado</b>	<b>173</b>
<b>3.4.2 Rectificación de parámetros específicos</b>	<b>174</b>
<b>3.4.3 Inspección de cuchilla y chumaceras</b>	<b>174</b>
<b>3.4.4 Donellys</b>	<b>174</b>
<b>3.3 Pruebas Iniciales</b>	<b>176</b>
<b>3.5.1 Comprobación de la tracción en la cuarta maza</b>	<b>177</b>
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>179</b>
<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>181</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>183</b>
<b>ANEXO</b>	<b>185</b>

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1	<b>Molino triturador más grande del mundo</b>	2
2	<b>Armazón normal</b>	4
3	<b>Armazón squier</b>	4
4	<b>Armazón de ajuste de los molinos fives-cails</b>	5
5	<b>Armazón de auto ajuste de los molinos fives-cails</b>	5
6	<b>Virgen Cail</b>	6
7	<b>Virgen fives modelo C-4</b>	6
8	<b>Partes de un molino</b>	7
9	<b>Partes de un molino</b>	7
10	<b>La corona reguladora Hidráulica</b>	8
11	<b>Sección de un cabezote hidráulico</b>	8
12	<b>Cabezote tipo bayoneta</b>	9
13	<b>Forma del peine superior o bagacero</b>	9
14	<b>Cuchilla central de un molino</b>	10
15	<b>Forma del pico de una cuchilla central</b>	10
16	<b>Posición de las mazas y alimentación de un molino de 3 mazas</b>	11
17	<b>Virgen con pernos reales y pernos horizontales</b>	11
18	<b>Barra de acoplamientos o entre dos y coplas</b>	12
19	<b>Forma de acoplamiento para la tracción de un molino</b>	12
20	<b>Vista de la posición del eje “entre dos “ entre la maza superior y el reductor de velocidad</b>	13

21	<b>Proyección de una corona y perfil de uno de sus dientes utilizadas para el movimiento de las mazas</b>	13
22	<b>Eje entre dos, usado para propulsión entre los reductores de Velocidad y la maza superior</b>	14
23	<b>Dado utilizado para sujetar el eje entre dos con catarina y maza superior</b>	14
24	<b>proyección y detalles de una corona que se usa para la tracción de los molinos</b>	15
25	<b>Proyección de una corona</b>	15
26	<b>Dibujo de una camisa de hierro fundido separada de su eje de acero para una mejor</b>	17
27	<b>Detalle del rayado de una maza en su camisa de hierro fundido</b>	17
28	<b>Detalle de las ranuras y ángulo de los dientes de una maza</b>	18
29	<b>Ranurado circular</b>	19
30	<b>Plano medio</b>	19
31	<b>Plano medio</b>	19
32	<b>Ranurado</b>	19
33	<b>Ranurado</b>	19
34	<b>Cilindros universales</b>	19
35	<b>Combinación posible de los cilindros de alimentación</b>	19
36	<b>Efecto del desgaste en los dientes con diferentes dimensiones de rasurado</b>	20
37	<b>Ranurado hind renton</b>	20
38	<b>Ranurado hind renton</b>	20
39	<b>Acción de las messchartes</b>	20
40	<b>Formación de las ranuras messchartes por eliminación</b>	26
41	<b>Formación de la messchartes sin eliminación de un diente</b>	26

42	<b>Dimensiones de la ranura messchartes</b>	26
43	<b>Raspadores messchartes</b>	28
44	<b>Jinetes</b>	28
45	<b>Raspadores messchartes en el cilindro de salida</b>	28
46	<b>Chevrones, molino con piñones alternados</b>	30
47	<b>Efecto de corte de los chevrones en el bagazo</b>	31
48	<b>Ranurado Kay</b>	34
49	<b>Sección transversal de un cilindro con ranurado Kay</b>	34
50	<b>Hechura de un cilindro, de un cilindro mayor</b>	36
51	<b>Corte de una maza superior con su respectiva camisa hierro fundido</b>	36
52	<b>Aspecto de una maza superior con camisa de hierro fundido sin ranurar</b>	37
53	<b>Medios para ajustar los molinos</b>	51
54	<b>Medida de las aberturas ranurado igual</b>	54
55	<b>Medida de las aberturas. Ranurado diferente</b>	54
56	<b>Triangulación vírgenes verticales</b>	65
57	<b>Triangulación vírgenes inclinadas</b>	65
58	<b>Dibujo del tandem antes y después de la colocación de curta maza</b>	66
59	<b>Vista de la virgen del antiguo molino número dos</b>	68
60	<b>Aspecto de las vírgenes del antiguo molino número dos</b>	68
61	<b>Vista de las mazas del antiguo molino número dos</b>	69
62	<b>Secuencia del proceso de molienda de la caña de azúcar Y aprovechamiento del bagazo</b>	71

63	<b>Bronce del cilindro inferior(ligeramente desplazado para mostrar los canales de circulación del agua)</b>	75
64	<b>Chumacera de una maza inferior con cojinete de bronce</b>	75
65	<b>Bronces superiores. La mitad del bronce superior esta colocada Junto a la mitad del bronce inferior</b>	76
66	<b>Cotas de virgen molino farrel</b>	76
67	<b>Cotas virgen molino farrel</b>	77
68	<b>Cotas virgen molino farrel</b>	77
69	<b>Forma en que obtiene tracción en las mazas a través de las coronas en el extremo del eje</b>	78
70	<b>Molino número uno Farrel con su cuarta maza colocada</b>	78
71	<b>Proyección de las vírgenes del molino uno con la cuarta maza colocada</b>	79
72	<b>Proyección de la base que sostiene la 4ta. Maza en el molino número uno se aprecia su chumacera circular sobre la base.</b>	79
73	<b>Aspecto de una sección de la base del molino número dos</b>	81
74	<b>Proyección de la base con sus respectivas vírgenes del molino dos</b>	81
75	<b>Cotas de virgen molino número dos</b>	82
76	<b>Dibujo del molino número dos con sus tres mazas en proyección</b>	83
77	<b>Aspecto de la virgen del molino número tres y del corte realizado, para la colocación de la base para curta maza</b>	85
78	<b>Vista del molino número dos son su respectivo Donelly alimentador</b>	83
79	<b>Cotas de la virgen del molino número tres Duncan &amp; Stewart</b>	85
80	<b>Cotas de la virgen del molino número tres Duncan &amp; Stewart</b>	86
81	<b>Dibujo de la virgen de los molinos cuatro y cinco Fletcher</b>	88
82	<b>Cotas de vírgenes de los molinos cuatro y cinco Fletcher</b>	89

83	<b>Planta en proyección de la base de molino dos con las vírgenes colocadas, se puede apreciar el pasillo entre ellas.</b>	91
84	<b>Proyección de la base y vírgenes del molino dos se aprecia el pasillo entre ellas.</b>	92
85	<b>Nicho en la parte interior de la base del molino dos para cada uno de los pernos que sujetan las vírgenes</b>	93
86	<b>Vista del cabezal del conductor sobre el molino uno</b>	94
87	<b>Idea inicial de alimentación del molino uno a – forma tradicional de alimentación al molino uno con tres mazas</b>	95
88	<b>Idea final de la forma de alimentación al molino uno con 4 mazas</b>	95
89	<b>Forma de alimentación del molino uno adaptado al conductor de caña haciendo la función del conductor Donelly con su b-pass</b>	96
90	<b>Trabajos de ajuste sobre el conductor que alimentara el molino uno realizados por el señor Cristóbal Montiel+</b>	96
91	<b>Ajustes finales en conductor sobre el molino uno</b>	97
92	<b>Ajustes del conductor sobre el molino uno</b>	97
93	<b>Conductor sobre el molino uno en fase final</b>	98
94	<b>Conductor sobre el molino uno terminado</b>	98
95	<b>Prueba del ángulo del by-pass, conductor sobre molino uno</b>	99
96	<b>Aspecto del conductor sobre el molino uno finalizado</b>	99
97	<b>Cuarta maza de 34 pulgadas por 60 pulgadas</b>	101
98	<b>Sistema de molinos de 4 mazas con conductor tipo Donelly</b>	102
99	<b>Molino de 36 x 60 pulgadas</b>	103
100	<b>Conductor Donelly y chute de by-pass</b>	106
101	<b>Forma en que trabaja un molino de 4 mazas</b>	107
102	<b>Transportador intermedio tipo Donelly ventajas y desventajas</b>	108
103	<b>Forma en que se mide el setting entre las mazas</b>	109

104	Forma de medir el setting	110
105	Proyección de mono o tapadera lateral de la 4ta. Maza sin el tornillo de graduación del setting	110
106	Conjunto de las piezas que sostienen la 4ta. Maza en el molino uno Farrel	111
107	Distancia ente ejes para la posición de la 4ta. Maza	111
108	Vista de la base que sostiene la 4ta. Maza en el molino uno, se aprecia su chumacera circular sobre la base, antes y después	112
109	Trabajos de colocación de la base de la 4ta maza al molino uno	112
110	Molino uno, con adaptador de 4ta maza ya instalada	113
111	Molino uno, con el apoyo de su cuarta maza terminado	114
112	Detalle de la tapadera de la 4ta maza con el perno en la parte central	114
113	Elevación y sección de la tapadera o mono de la cuarta maza	115
114	Chumacera de la cuarta maza	115
115	Proyección de piezas de apoyo de la cuarta maza que irán sobre los cartagones	117
116	Colocación de los cartagones de apoyo en la virgen	117
117	Proyección del armado de piezas de apoyo de la cuarta maza	118
118	Conjunto de las piezas que forman uno de los apoyos de la cuarta maza molino uno	119
119	Elevación frontal asiento de chumacera	119
120	Planta : asiento para chumacera	119
121	Elevación lateral asiento de chumacera	120
122	Proyección: parte trasera de asiento para chumacera	120
123	Soporte tornillos para barra cuadrada	121
124	Tapas laterales para virgen	121

125	<b>Pieza número siete</b>	122
126	<b>Detalle extremo barra cuadrada de 3" x 3"</b>	122
127	<b>Sección de elevación posterior de barra cuadrada 3" x 3"</b>	123
128	<b>Detalle del cabezal</b>	123
129	<b>Detalle tornillo vertical</b>	124
130	<b>Detalle tornillo horizontal</b>	124
131	<b>Cuchilla sección A-A</b>	124
132	<b>Elevación de la cuchilla de cuarta maza</b>	125
133	<b>Elevación de la cuchilla para cuarta maza</b>	125
134	<b>Proyección de la cuchilla de la cuarta maza</b>	126
135	<b>Tapas laterales de asiento para chumacera</b>	126
136	<b>Vista del corte en la virgen del molino dos</b>	128
137	<b>Proyección del soporte de tornillo para la barra cuadrada chumacera, mono de la cuarta maza y cartagones sobre la virgen del molino dos.</b>	129
138	<b>Vista del corte, base chumacera y cartagones para el apoyo de la cuarta maza en la virgen del molino dos.</b>	111
139	<b>Molino dos luisiana armado con su cuarta maza</b>	130
140	<b>Armado de la base para la cuarta maza molino dos.</b>	131
141	<b>Corte de la virgen molino dos, con cartabones colocados</b>	131
142	<b>Colocación de la virgen del molino dos en su lugar con su base terminada</b>	132
143	<b>Apoyo de la cuarta maza en el molino dos, terminado</b>	132
144	<b>Vista lateral del movimiento de la cuarta maza por medio de cadena molino dos</b>	133

145	<b>Tipo de cadena utilizada para el movimiento de la cuarta maza en los molinos modificados</b>	133
146	<b>Muestra en la figura en el corte realizado a la virgen molino tres</b>	135
147	<b>La proyección de la sección del molino tres muestra la distancia de centros entre los ejes de la 4ta. Maza y la maza superior</b>	136
148	<b>Se aprecian los cartagones que sostienen la base de la chumacera de la 4ta. Maza molino tres.</b>	136
149	<b>Muestra los aspectos de armado de las base para 4ta. Maza del molino tres.</b>	137
150	<b>Muestra el aspecto final del molino tres con su 4ta, maza montada</b>	138
151	<b>Se aprecia la parte superior de la base que soporta la cuarta maza del molino tres Steward</b>	138
152	<b>Molino tres con su cuarta maza y su sprocket listo para colocar la cadena la cual le transmitirá la potencia de la maza cañera</b>	139
153	<b>Movimiento de 4ta. Maza de la forma tradicional con sprocket y de la nueva forma con cadena</b>	140
154	<b>En esta figura del movimiento de la 4ta. Maza con cadena se aprecia otro elemento que es un tensor de la cadena que ayudo a que ayudo a que esta no se aflojara</b>	140
155	<b>Muestra la estructura de un conductor Donelly en su fase de construcción</b>	145
156	<b>Partes del cuerpo del conductor Donelly</b>	145
157	<b>Vista superior de un conductor Donelly</b>	146
158	<b>Corte de un conductor se observa como se desliza el peine en el fondo del mismo e indicación de sus elementos</b>	147
159	<b>Parte del conductor Donelly</b>	147
160	<b>Comportamiento de una cadena en un conductor Donelly</b>	148
161	<b>Sección del conductor parte trasera</b>	148
162	<b>Vista de cómo se desliza la cadena por el riel de arguto</b>	149

163	<b>Forma antigua de alimentación del molino por el conductor Donelly, compuerta arrastrada por sprocket</b>	150
164	<b>Conductor Donelly modificado y sus generalidades</b>	151
165	<b>Muestra el comportamiento normal de alimentación de un molino a través del embudo de alimentación del conductor Donelly</b>	152
166	<b>Usando la compuerta de bypass cerrado por alguna reparación</b>	153
167	<b>Compuerta de bypass cerrada alimentando por bypass</b>	153
168	<b>Alimentador principal del molino, compuerta de bypass cerrada y holeman abierta</b>	154
169	<b>Proyección del peine de conductor Donelly</b>	155
170	<b>Parte de un peine del conductor Donelly</b>	155
171	<b>Aspecto del molino dos, con su conductor intermedio Donelly</b>	156
172	<b>Aspecto del molino tres con su conductor intermedio Donelly</b>	156
173	<b>Vista del torno para mazas utilizado en el ingenio el Baúl</b>	164
174	<b>Aspecto del perno que sujeto la plancha de acero a la virgen del</b>	167
175	<b>Detalle de ubicación de soldadura</b>	168
176	<b>Detalle de ubicación de soldadura</b>	172
177	<b>Detalle de construcción del conductor intermedio</b>	175
178	<b>Diagrama de la operación de un ingenio azucarero</b>	185

#### TABLAS

I	<b>Extracción con diferentes tipos de desmenuzadora</b>	2
II	<b>Coefficientes de fricción de la caña</b>	35
III	<b>Capacidad de los tandem de molinos</b>	38
IV	<b>Promedio de baterías en Java</b>	45
V	<b>Capacidad de los molinos en TCH</b>	48

<b>VI</b>	<b>Variación de la carga fibrosa específica en función de la Longitud de la batería</b>	<b>51</b>
<b>VII</b>	<b>Volumen unitario de bagazo a la salida del molino</b>	<b>62</b>
<b>VIII</b>	<b>Relación de volúmenes en operación</b>	<b>63</b>
<b>IX</b>	<b>Características para escoger la cadena para movimiento De la cuarta maza.</b>	<b>141</b>
<b>X</b>	<b>Relación de la posición de la masa y su velocidad lineal En cada molino Ingenio el Baúl.</b>	<b>142</b>
<b>XI</b>	<b>Datos Zafra 96-97</b>	<b>142</b>
<b>XII</b>	<b>Costo de Mano de Obra Construcción cuarta maza y Donellys Molinos uno, dos y tres.</b>	<b>157</b>
<b>XIII</b>	<b>Costo de Mano de Obra Estructura Cuarta Maza y Donellys y Molinos uno, dos y tres</b>	<b>158</b>
<b>XIV</b>	<b>Presupuesto de materiales y equipo utilizado para la construcción De la cuarta maza y conductores Donellys.</b>	<b>159</b>
<b>XV</b>	<b>Resumen de gastos.</b>	<b>160</b>
<b>XVI</b>	<b>Esfuerzos en materiales usados.</b>	<b>167</b>
<b>XVII</b>	<b>Relación de carga real y carga admisible por número de pernos por fila.</b>	<b>170</b>
<b>XVIII</b>	<b>Características de los electrodos utilizados en la fabricación de Las bases de la cuarta maza, proveedor o fabricante.</b>	<b>172</b>
<b>XIX</b>	<b>Características de los electrodos utilizados.</b>	<b>173</b>

## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>cms:</b>	Símbolo de centímetros
<b>Fig. :</b>	Símbolo de figura
<b>Kg. :</b>	Símbolo de kilogramo
<b>Lb.</b>	Símbolo de libra
<b>Lb/plg<sup>2</sup> :</b>	Símbolo de libra por pulgada cuadrada
<b>m :</b>	Símbolo de metro
<b>mm :</b>	Símbolo de milímetro
<b>m<sup>2</sup> :</b>	Símbolo de metro cuadrado
<b>No:</b>	Símbolo de Número
<b>P<sup>3</sup> :</b>	Símbolo de pie cúbico
<b>psi :</b>	Símbolo de libras por pulgada cuadrada (pound square inch)
<b>pulg:</b>	Símbolo de pulgada
<b>rpm :</b>	Símbolo de revoluciones por minuto
<b>T.C.H :</b>	Símbolo de toneladas de caña por hora
<b>T.C.D :</b>	Símbolo de toneladas de caña por día
<b>" :</b>	Símbolo de pulgadas
<b>' :</b>	Símbolo de pies
<b>Ø :</b>	Símbolo de diámetro

## **OBJETIVOS**

### **General**

Implementar a los molinos uno, dos y tres una cuarta maza con sus respectivos Conductores Intermedios tipo Donelly provistos de su bypass, para lograr una mejor extracción del jugo de caña obteniendo mejor rendimiento de la tonelada de caña molida, además mejorando la perdida de tiempo en paradas por descomposturas en tiempos de molienda.

### **Específico**

1. Medir y levantar planos de los molinos a modificar especificando los materiales a utilizar.
2. Diseñar la base y piezas que sostendrán la cuarta maza de cada molino .
3. Trasladar los datos y medidas correspondientes para construir las piezas de la base para la cuarta maza
4. Inspeccionar y lograr a cabalidad la colocación de las piezas de que sostendrán la cuarta maza.
5. Hacer pruebas para verificar el correcto funcionamiento de las cuartas mazas como de los conductores intermedios Donelly.
6. Mejorar las ideas existentes en las cuartas mazas y conductores intermedios Donelly, según experiencias anteriores.

## GLOSARIO

- Bagazo:** Subproducto o residuo de la molienda o difusión de la caña, la fibra leñosa de la caña, en el que permanecen el jugo residual y la humedad provenientes del proceso de extracción o molienda.
- Batería o tandem:** Es el conjunto de molinos y conductores Donelly, en el área de molienda de un ingenio.
- Brix:** Porcentaje de sólidos en una solución o sea en este caso el jugo de la caña, el grado brix de una solución de sacarosa es el porcentaje por peso de azúcar puro disuelto en la misma, pero es común en la industria azucarera considerarlo como el porcentaje por peso de la materia sólida, ya sea esta sustancia azúcar o algún otro material presente en la solución.
- Cartagon:** Nombre dado a la pieza en forma de paleta lateral de una repisa, hecha de lámina de acero de una pulgada de espesor, que soldada a la virgen será el sostén en conjunto con otras cuatro de la base para la chumacera de la cuarta maza.
- Catarina:** Engranaje de gran tamaño con dientes rectos, o doble helicoidal que sirve para transmitir potencia y reducir las revoluciones por minuto que transmite una turbina a el molino o sea de 3600 rpm a 6 o 7 rpm.

- Cilindro o camisa:** Término para describir el cuerpo cilíndrico, de hierro fundido liso en molde de arena, de gran peso y tamaño, con un diámetro interno con milésimas menos que el diámetro del eje de acero que entrara para luego formar lo que se conoce como maza
- Conductor:** Transportador que conduce caña picada a los molinos o bagazo a las calderas.
- Guarapo:** Término que se le da al jugo extraído a la caña en los molinos y que constituye la materia prima para la fabricación de la azúcar.
- Maza:** Conjunto de camisa de hierro fundido ranurada a todo su largo y un eje de acero, con topes en sus extremos.
- Virgen:** Nombre que se le da a la base de acero, que sostiene las cuatro mazas y forma el molino, en algunos modelos parece una silueta de una virgen, de allí su nombre.

## INTRODUCCIÓN

En toda la industria azucarera guatemalteca el uso de los equipos de molienda, son unas de las principales herramientas para la transformación de la azúcar. La búsqueda de una mejor alimentación, reducción de humedad del bagazo, el pol, la mejora del material entregado a fábrica y menor pérdida de tiempo en las descomposturas en el tandem de molinos, en los ingenios azucareros se ha ido implementando a los molinos de tres mazas una cuarta maza, modificando también el conductor intermedio tradicional por el conductor tipo Donelly.

En el presente trabajo de gradación se describirá las modificaciones realizadas en el ingenio el Baúl a los molinos uno, dos y tres del tandem de 5 al implementarles una cuarta maza, complementándose a estos los conductores intermedios tipo Donelly , ya que los antiguos conductores no permitían que se realizara un sistema de bypass con lo cual se tenía pérdida de tiempo excesivo en las descomposturas , adicionalmente se modifico la caída de alimentación del molino uno, con su respectivo bypass.

En el capítulo uno se mostrara la parte teórica en la que se describe el funcionamiento de los molinos y de los accesorios que con los que cuentan para funcionar eficientemente, y algunos consejos que se deben de tomar en cuenta.

En el capítulo dos se describirá con detalle los trabajos de modificación a cada uno de los molinos, mostrando en cada uno los trabajos logrados desde el inicio hasta su puesta en marcha en zafra.

En el capítulo tres se indican algunos de los métodos que se utilizaron para llevar un control de la ejecución de los trabajos en cada molino y la observación de alguno materiales

# 1. TEORÍA DE LOS MOLINOS PARA FABRICACIÓN DE AZÚCAR

## 1.1 Descripción de los molinos

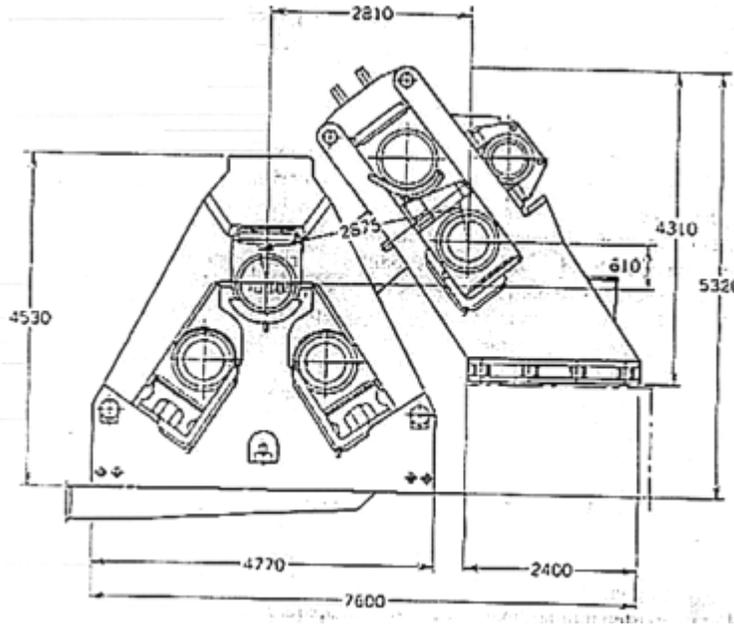
### 1.1.1 Maquinaria de molienda

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

En la actualidad, se usan de tres a siete juegos de dichas unidades, llamados respectivamente molinos de nueve y veintiún rodillos, si bien los molinos de nueve rodillos no se ven más que en ingenios pequeños y antiguos. (Fig. 178 anexo).

Las combinaciones de 15 a 18 rodillos son los que predominan mundialmente en la actualidad. Los rodillos tienen de 24 a 36 pulgadas (60.96 a 91.44 cm.) de diámetro y de 48 a 84 pulgadas (121.92 a 213.36 cm.) de largo. Las dimensiones estándar son incrementos de 6 pulgadas (15.24 cm.) en la longitud y 2 pulgadas (5.08 cm.) en diámetro. Las dimensiones habituales se muestran en la **Tabla I**. Sin embargo, existen molinos más grandes que no aparecen en la tabla. Australia tenía instalado un molino de 98 pulgadas (248.92 cm.) que operó exitosamente antes de la instalación del molino actual, con un tamaño sin precedentes de 108 pulg. (274.32 cm.) por 54 pulg. (137.16 cm.) y que es hasta ahora el más grande del mundo. Cada uno de los rodillos o mazas pesa 42 toneladas (vea Figura. 1).

**Figura 1. El molino triturador más grande del mundo (2.75m 108pulg.)**



Normalmente, cada unidad de molino es movida por una unidad motriz individual que puede ser una máquina de vapor, un motor eléctrico, o una turbina de vapor. Un tándem de molinos de servicio pesado, con su maquinaria motriz, bancadas o bases, (figuras 8 y 9) mecanismos de impulsión, engranajes y otros accesorios constituyen una de las combinaciones de maquinaria más pesadas y grandes utilizadas en la industria. No es raro que los grandes ingenios posean tres tandem de molinos.

**Tabla I. Extracción con diferentes tipos de desmenuzadora**

Desmenuzadora	Jugo absoluto de extracción (%)
Krajewski (2 rodillos)	40 – 50
Fulton (2 rodillos)	45 – 55
Doble desmenuzadora (4 rodillos)	60 –70
Molino desmenuzador (3 rodillos)	60 – 75
Desmenuzadora Fulton seguida por un molino (5 rodillos)	70 –83

Los tres rodillos o mazas se conocen respectivamente como rodillo superior o mayor, rodillo cañero (por donde entra la caña al molino) o de alimentación y rodillo bagacero o de descarga (Figuras 8,9 y 16).

Los dos rodillos inferiores tienen una posición fija; el rodillo superior, controlado por un émbolo hidráulico, (Figuras 10,11 y 12) puede subir, bajar o flotar, según sean las variaciones en la alimentación de la caña. En la tapa del rodillo superior se muestra en corte transversal un émbolo hidráulico (Figura 11) La caña triturada, llamada ahora bagazo (o megazo), es conducida desde la abertura entre el rodillo superior y el rodillo de alimentación hasta la abertura que se encuentra entre el rodillo superior y el rodillo de descarga por medio de una lámina o placa curva que se le conoce con varios nombres; cuchilla central, puente recogedor con cuchilla, torna bagazo o parihuela, (Figuras 14 y 15) soportada por una maciza barra de acero. Y para que el bagazo no caiga en la bandeja recolectora o llamada también canoa, (Figura 8) con el jugo o guarapo se cuentan también con otras piezas llamadas peines que son raspadores o limpiadores de las ranuras de las mazas superior y bagacera, debido a esto son llamados peine superior y peine bagacero y su función es la de mantener las ranuras de dichas mazas, despejadas evitando con esto que se embagacen, esto quiere decir que las ranuras se saturan de bagazo y por su consistencia fibrosa las mazas se tornan lisas evitando así la conducción del bagazo al siguiente molino.(Figura 13). Las piezas macizas de fundición, llamadas “vírgenes” o armazón de trapiche soportan las mazas o rodillos (Figuras 1 a 8). Por medio de pernos de gran tamaño para sujetarse desde su parte superior hasta la base debajo del bancazo, llamados pernos reales o verticales, los llamados pernos horizontales son los que cruzan la virgen para sujetar los monos o tapas laterales (Figura 17) La unidad motriz está conectada con el rodillo superior por medio de acoplamientos flexibles y engranajes, los rodillos inferiores son activados desde el rodillo superior por medio de engranajes de corona. (figuras 18 a 25, y figuras 69,70,89 y 112).

Figura 2 Armazón normal

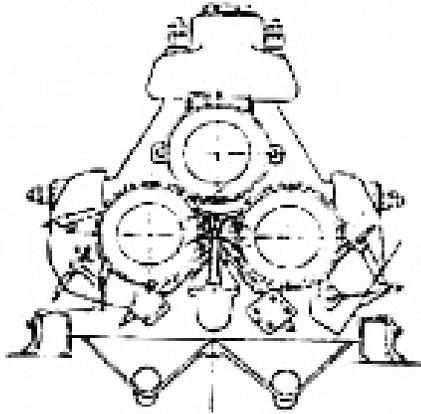
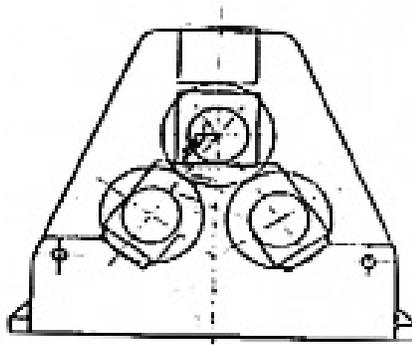


Figura 3 Armazon Squier.



### 1.1.2 Impulsores de los molinos

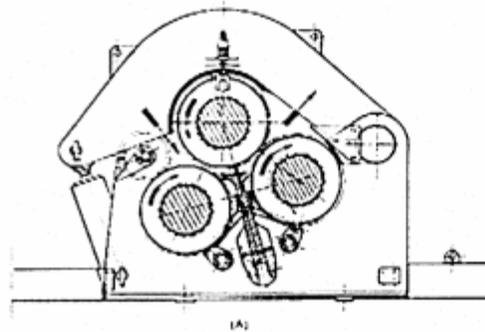
Durante más de 150 años se han utilizado máquinas de vapor del tipo Corliss, pero en la actualidad son obsoletas.

Alrededor de 1923 se comenzó a utilizar motores eléctricos para este servicio; sin embargo, éstos presentan ventajas y desventajas. Muchos creían que las ventajas del mejor control de los molinos, la facilidad de arranque y parada, las reducciones en los costos de operación y mantenimiento y la mayor higiene y limpieza en la nave de 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 especializado.

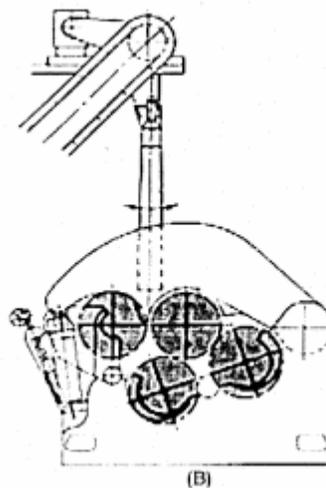
La impulsión mediante turbinas de vapor, introducidas en 1947, combina las mejores características de las máquinas de vapor y las de motores eléctricos, y casi todos los trapiches más nuevos son movidos con esta clase de equipo. El vapor se utiliza directamente en vez de ser transformado en energía eléctrica. La turbina posee la flexibilidad y las características de control del motor eléctrico, así como también la limpieza y ausencia de aceite en el vapor de escape propias de los motores eléctricos.

Asimismo, la turbina permite la alta gama de variaciones de velocidad para cada molino individual que se obtiene con las máquinas de vapor y exige menos vigilancia y mantenimiento. Muchas de las instalaciones más antiguas movidas por vapor han sido modernizadas mediante la instalación de turbinas de vapor. El regulador de velocidad de las turbinas, especialmente el que se utiliza para el primer molino, debe ser altamente sensible.

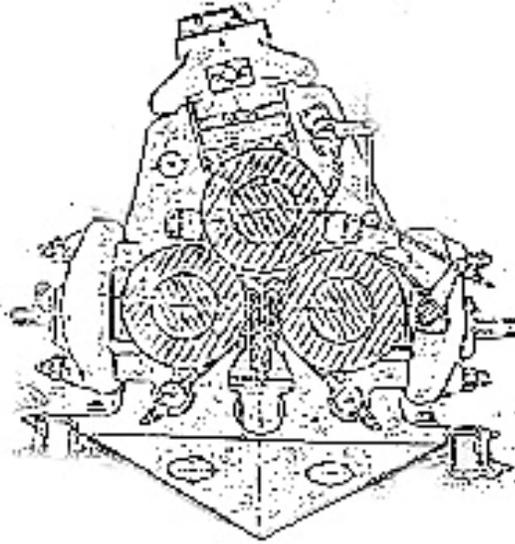
**Figura 4. Armazón de auto ajuste de los molinos Fives –Cail Babcock(unidad de tres rodillos)**



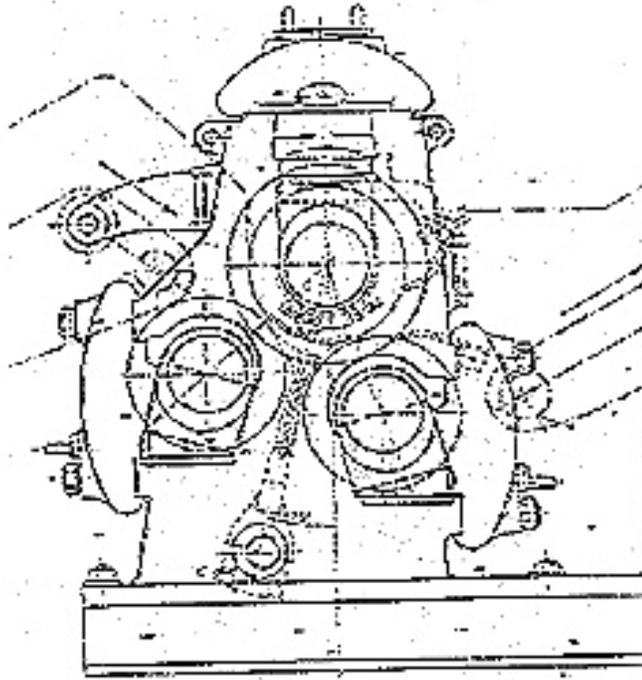
**Figura 5. Armazón de auto ajuste de los molinos Fives-Cail Babcock (Unidad de cuatro rodillos)**



**Figura 6**  
**Virgen Cail**

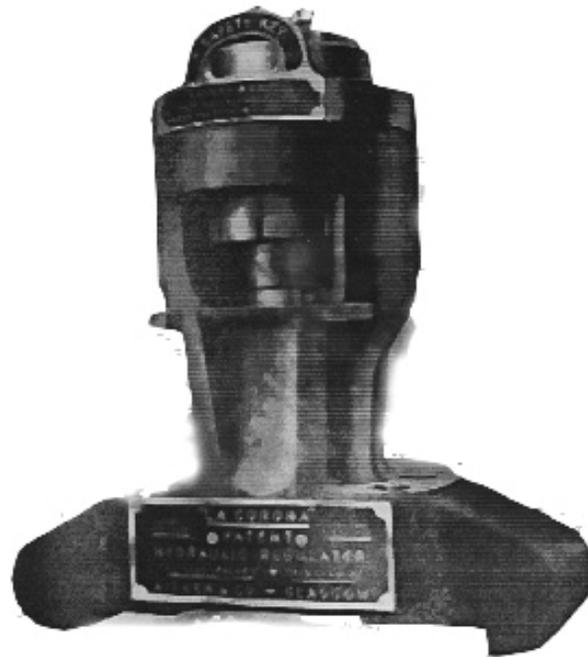


**Figura No7**  
**Virgen Fives, modelo C - 46**





**Figura 10. “La corona” regulador Hidráulico para molinos de 30” por 60”  
(cabezote antiguo)**



**Figura 11 Sección de un cabezote hidráulico**

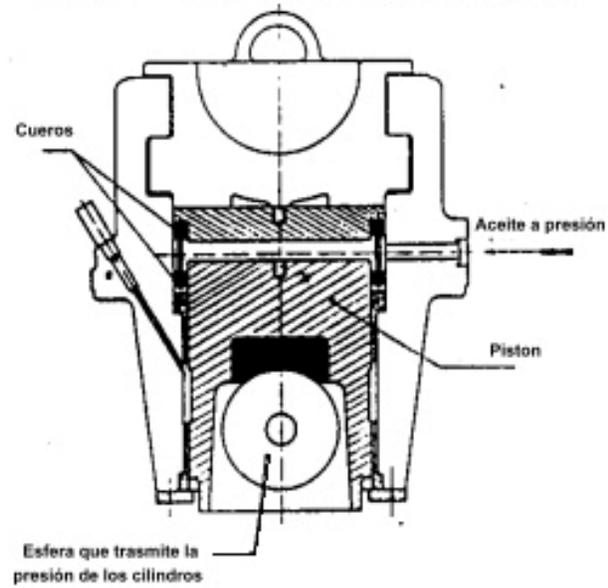


Figura 12 Cabezote tipo bayoneta (Fives-Lille)

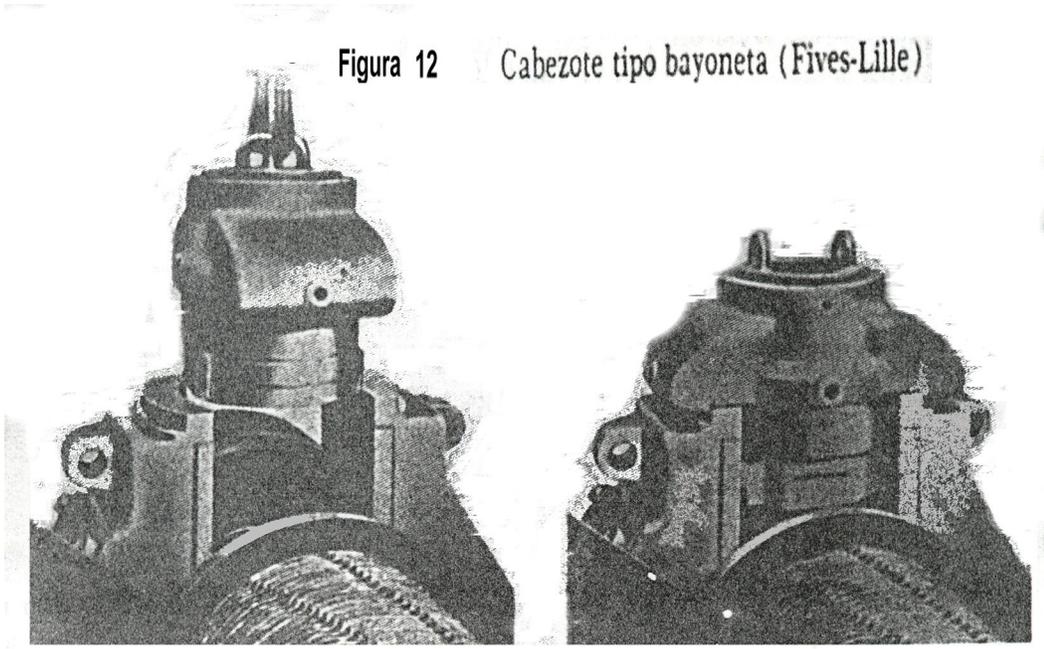
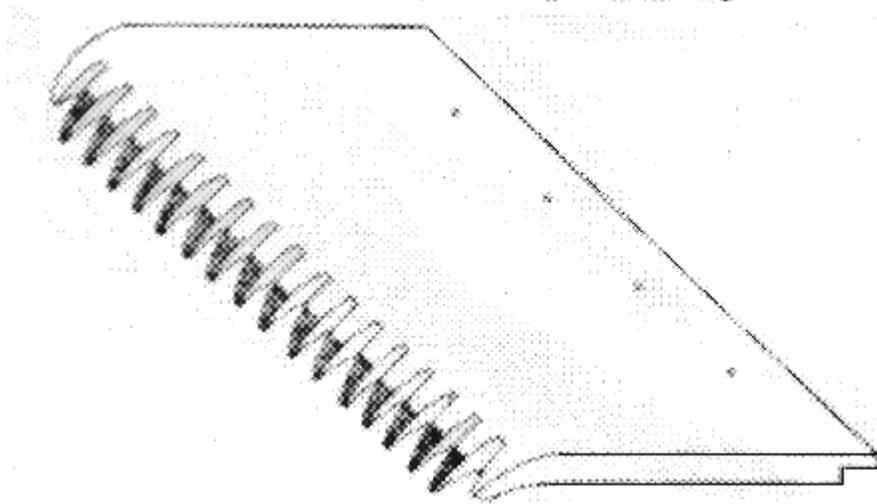
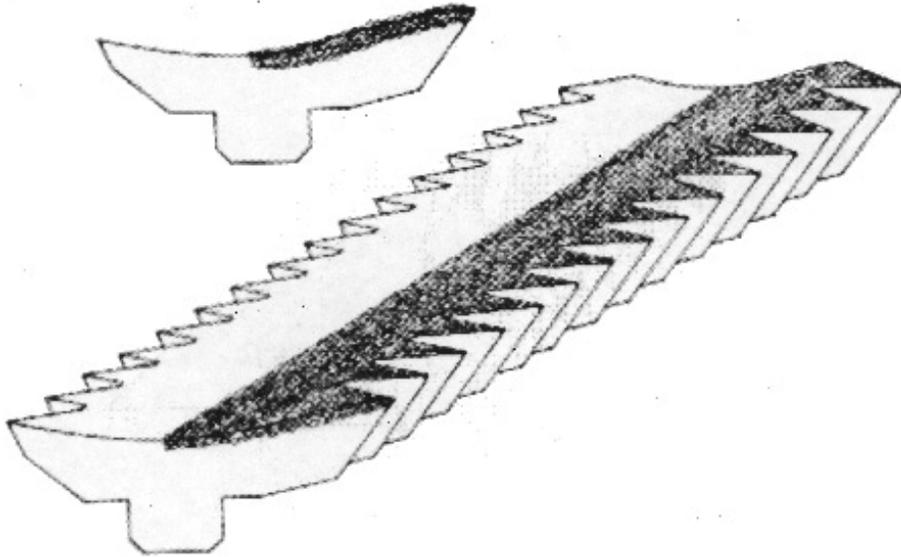


Figura 13  
Forma del peine superior o bagacero



Cuchilla central de un molino

Figura 14



Forma del pico de la cuchilla central

Figura 15

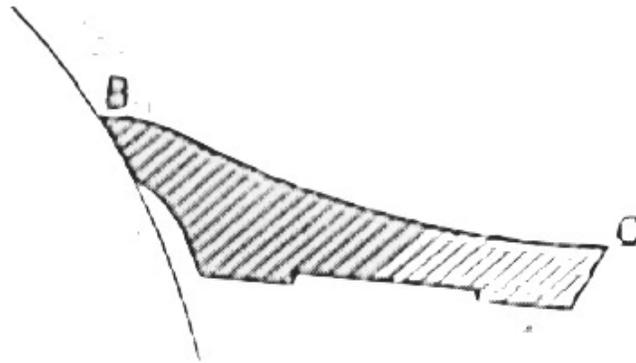


Figura 16 Posición de las mazas y alimentación de un molino de tres mazas

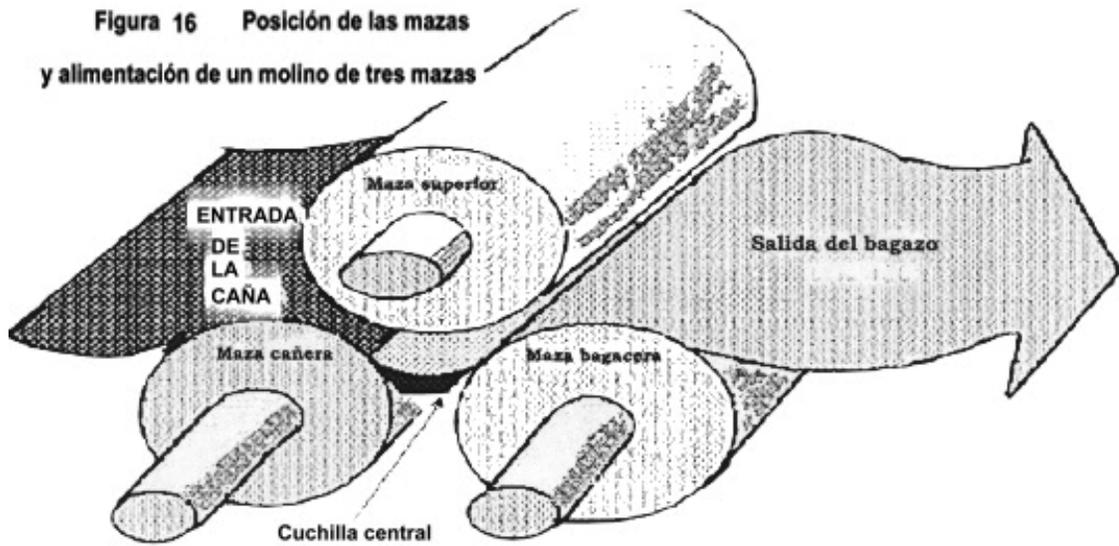


Figura 17. Virgen con pernos reales y pernos horizontales

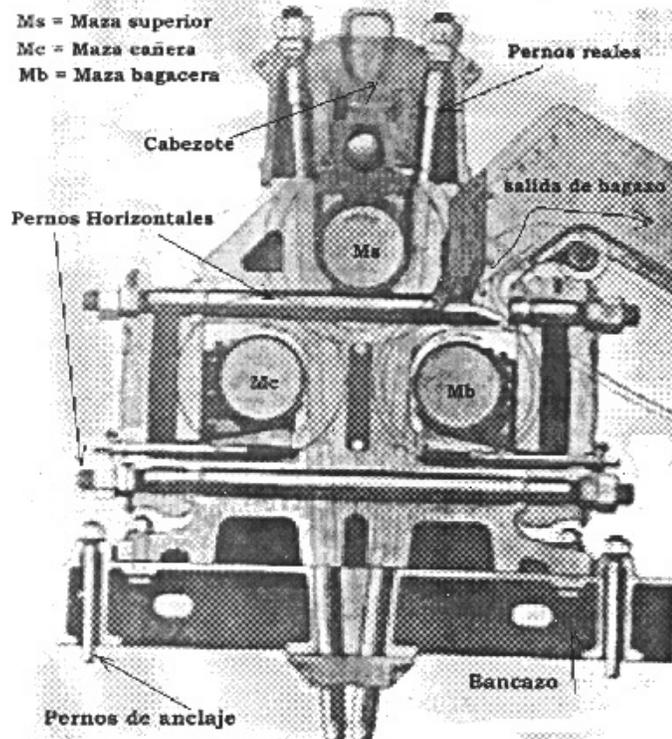


Figura 18 Barra de acoplamientos o entre dos y coples

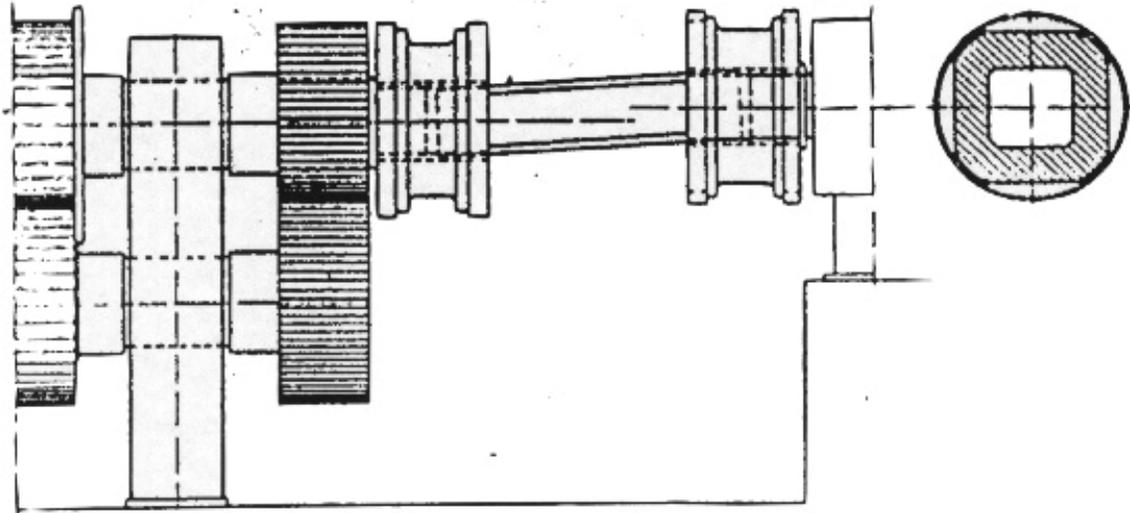


Figura 19 Vista lateral

Forma de acoplamiento para la tracción de un molino

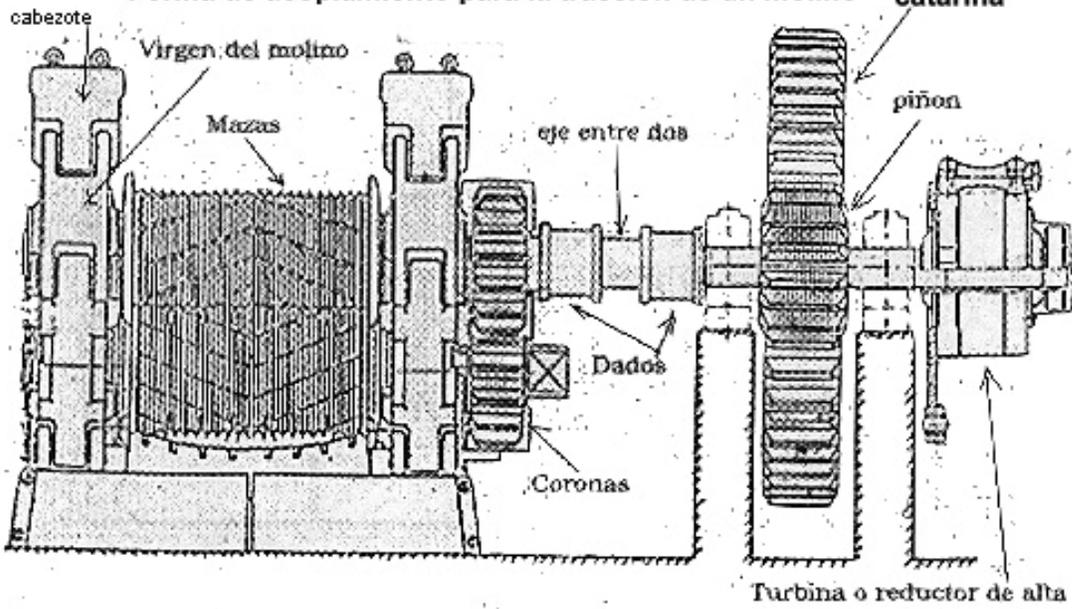


Figura No 20

Vista de la posición del eje "Entre Dos" , entre la maza superior y el reductor de velocidad

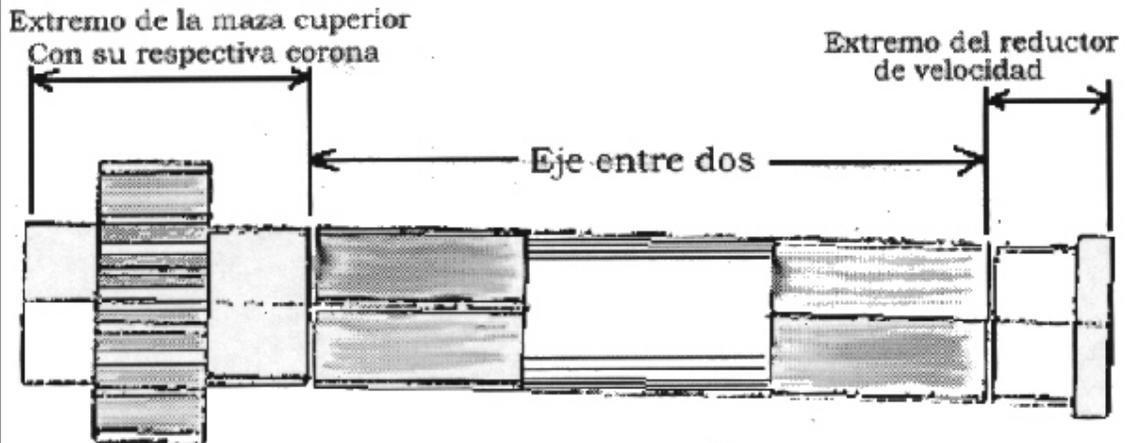
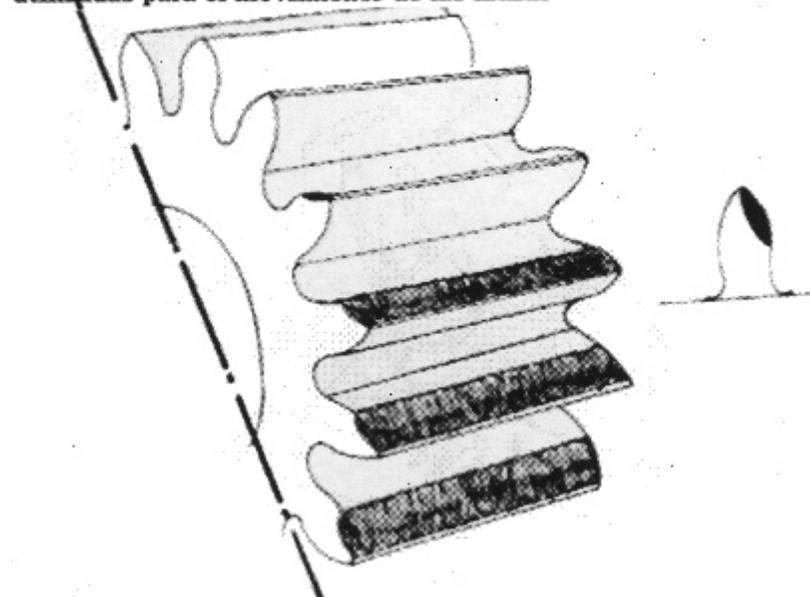


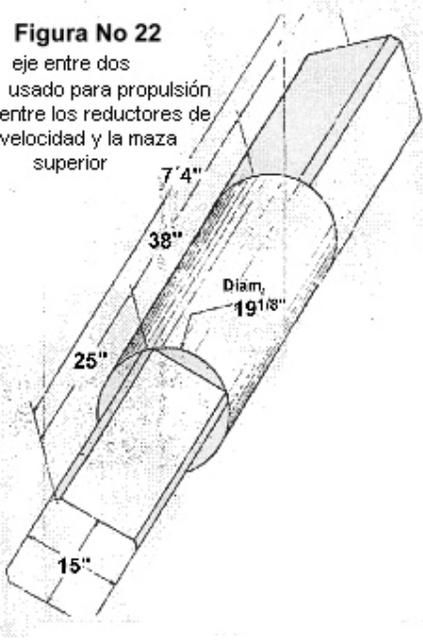
Figura No 21

Proyección de una corona  
y perfil de uno de sus dientes  
utilizadas para el movimiento de las mazas



**Figura No 22**

eje entre dos  
usado para propulsión  
entre los reductores de  
velocidad y la maza  
superior

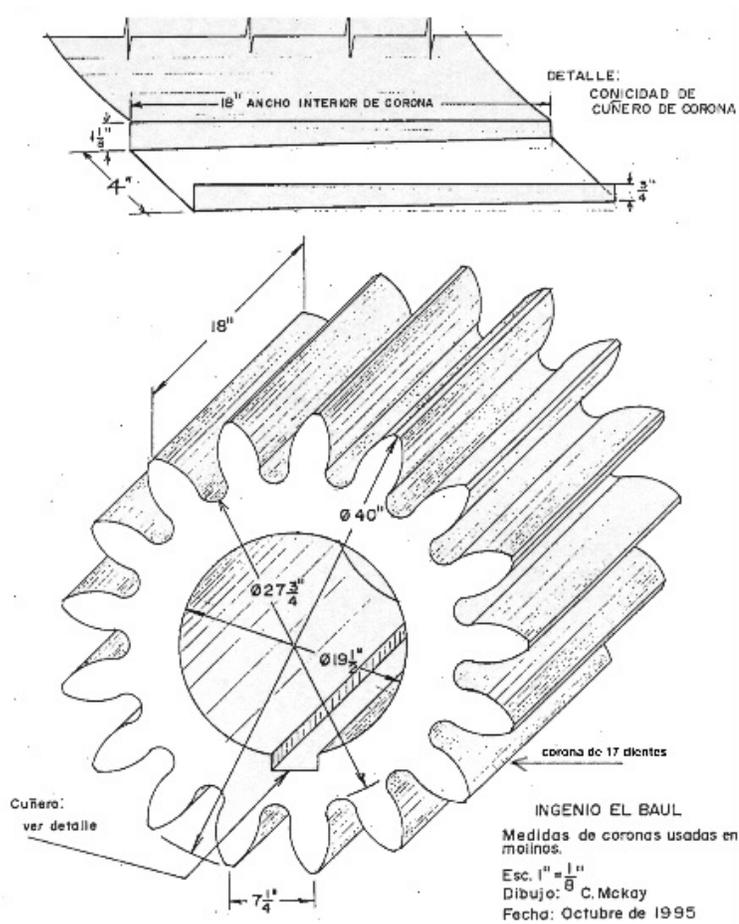


**Figura No 23**

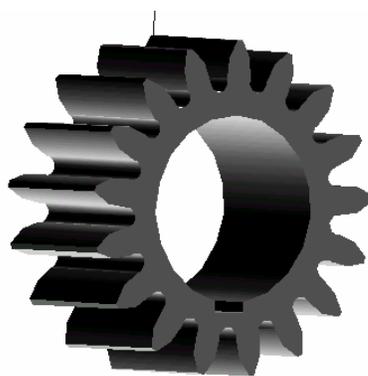
Dado utilizado para sujetar  
el eje entre dos con catarina y maza superior



**Figura 24. Proyección y detalles de una corona que se usa para la tracción de los molinos**



**Figura 25. Proyección de una corona**



## **1.2 Forma de fabricación de las mazas o cilindros**

### **Ranurado de las mazas**

#### **Objeto**

En un principio los cilindros eran lisos. Se desgastaban menos, y si el grano de la fundición era bueno, tomaban fácilmente el bagazo.

Sin embargo, la capacidad de un molino de cilindros lisos es sensiblemente inferior a la de un molino de las mismas dimensiones y de la misma velocidad, cuyos cilindros están ranurados. Además, los cilindros ranurados dividen el bagazo de manera mas completa facilitando la extracción del jugo en los molinos que siguen.

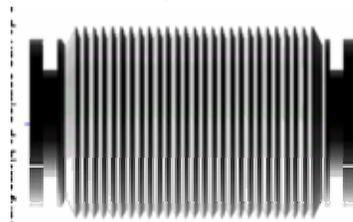
#### **1.2.1 Tipos de ranurado en las mazas**

##### **Ranuras circulares**

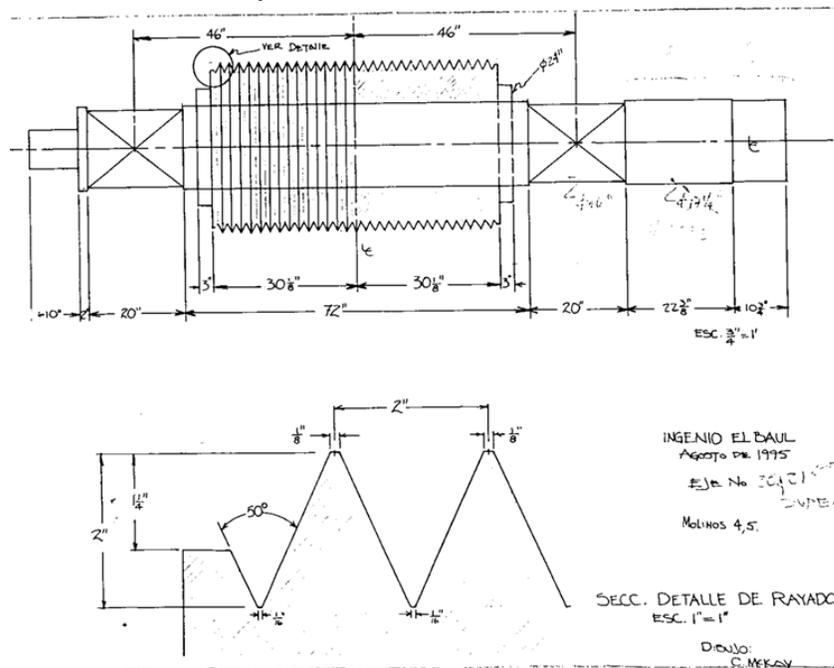
El tipo de ranuras más común es el circular. Para hacerlas se tallan en los cilindros describiendo círculos completos en un plano perpendicular al eje y regularmente distribuida en la periferia (Figuras 27 y 29) Normalmente en nuestro medio, se cuenta con los ejes de acero con diámetros que varían según la capacidad del molino y el largo, por la abertura del mismo, luego se encamisan con cilindros de hierro fundido o fundición gris, (Figura 26) para posteriormente cilindrarlos en tornos de gran capacidad en las mismas fundidoras o en talleres especializados, dejándolo al diámetro calculado según la posición que ocupará dentro del molino.

La sección de la ranura es un triángulo isósceles cuyo ángulo superior mide de 55 a 60° aproximadamente.(ver sección 1.2.1.3) Para no dejar aristas vivas y frágiles se corta la punta exterior de los triángulos, de tal manera que forman un plano de 1 a 2 mm. de ancho. El mismo plano se deja, con las mismas dimensiones, en el fondo de la ranura (ver Figuras 27 y 28, del detalle de la ranura)

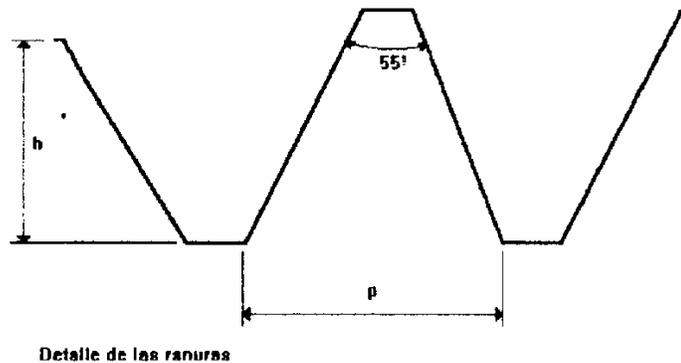
**Figura 26. Dibujo de una camisa de hierro fundido separada de su eje de acero para una mejor visualización.**



**Figura 27. Detalle del rayado de una maza en su camisa de hierro fundido.**



**Figura 28. Detalle de las ranuras y ángulo de los dientes de una maza**



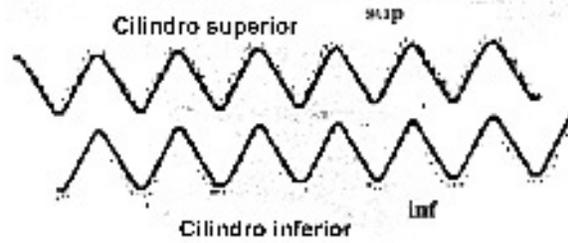
Las ranuras se caracterizan por su altura  $h$  y su paso  $p$ . Se les designa por estos dos números citándolos en el orden indicado: “ranuras de 10 x 13”, por ejemplo, lo que significa: ranuras de 10 mm. de alto por 13 mm. de paso. (Figura 28).

El paso es la distancia que separa a los ejes de 2 dientes sucesivos. La altura o profundidad es la distancia que separa el plano de la punta del plano del fondo de los dientes, medida perpendicularmente al eje.

El ranurado de los 3 cilindros del molino se hace de manera que los dientes del cilindro superior engranen con las ranuras de los cilindros inferiores.

## ASPECTOS DE LOS DIFERENTES RANURADOS

**Figura 29** Ranurado circular



**Figura 30**

Plano medio



**Figura 31**

Plano medio



**Figura 32**

Plano medio

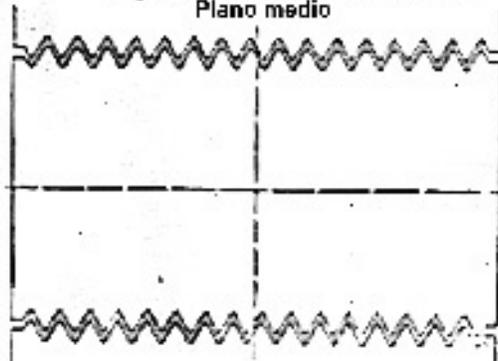


**Figura 33**

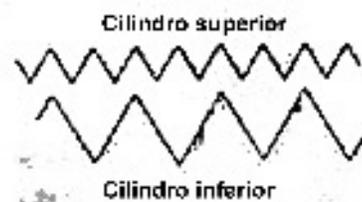
Plano medio

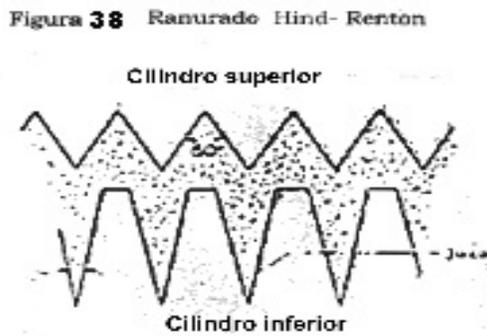
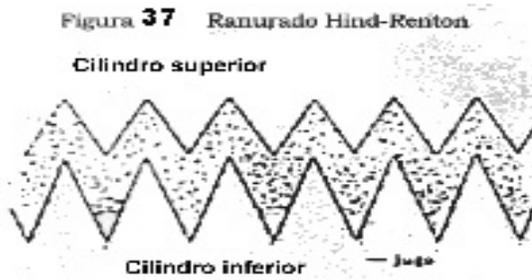


**Figura 34** Cilindros Universales  
Plano medio

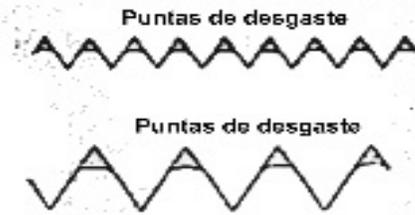


**Figura 35** Combinación posible de los  
cilindros de alimentación

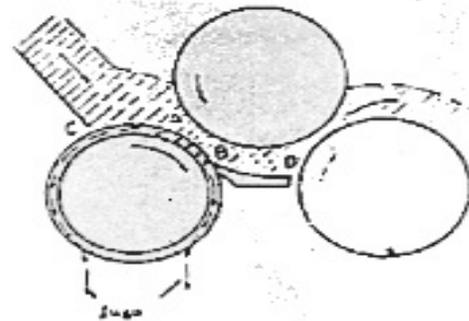




**Figura 36** Efecto del desgaste en los dientes con diferentes dimensiones de ranurado



**Figura 39** Acción de las Messchaerts (Cilindro de alimentación)



### 1.2.1.1 Dimensiones de las ranuras

Los constructores franceses adoptan generalmente un ángulo de 55°. Estas medidas conducen, comprendiendo los planos, a una proporción de 13 de paso por 10 de altura.

Las dimensiones más frecuentes son:

Ranuras de 10 x 13 mm. ( $\frac{3}{8}$ " x  $\frac{1}{2}$ "")

Ranuras de 20 x 16 mm. (1" x  $\frac{3}{4}$ "")

Ranuras de 40 x 52 mm. ( $1\frac{1}{2}$ " x 2"")

Las dimensiones se escogen de tal manera que sean múltiplos unas de las otras para permitir el engranaje de los cilindros de un ranurado con los de otros, lo que a veces es conveniente.

Engranaje de cilindros con ranuras de dimensiones múltiples. Desgraciadamente el engrane de un cilindro con ranuras de un cierto paso con otro cilindro ranurado un paso doble no es tan simple como se podría imaginar.

Por ejemplo, sean 2 ranurados, 1 grande (20 x 26 mm.) y 1 pequeño (10 x 13 mm.)

1. Si en el cilindro inferior  $I_G$ , con un ranurado grande, uno de sus dientes se encuentra en el plano medio del propio cilindro, será necesario que a este diente corresponda en el cilindro superior  $S_p$  de ranurado pequeño, un canal que se encuentre en el mismo plano (Figura 30) El cilindro  $S_p$  deberá entonces tener un número de dientes de una parte como de otra, del plano medio o de simetría. Por otro lado, un cilindro inferior  $I_p$  de ranurado pequeño, capaz de engranar con el cilindro  $S_p$  no puede engranar con un cilindro superior  $S_G$  correspondientemente a  $I_G$  (Figura 31), ya que los dientes caen exactamente al revés de punta a punta.
2. Si en el cilindro inferior  $I_G$  de ranurado grande uno de sus canales se encuentra en el plano medio, se ve (Figura 32) que debe ser también un canal el que deberá estar en el plano medio de  $S_p$  y que los cilindros  $I_p$  y  $S_G$  correspondiendo respectivamente a  $S_p$  e  $I_G$  no engranan (Figura 33 y 35).

De lo anterior se obtienen las siguientes reglas:

- *Regla 1.* Para que cualquier cilindro superior de ranurado pequeño engrane con un cilindro inferior de doble paso, es necesario que el cilindro superior de pequeño ranurado tenga un canal en su mitad y por consecuencia un número de dientes par. (Inversamente, es necesario para que cualquier cilindro superior de ranurado grande engrane con cilindros inferiores con un ranurado de un paso de la mitad, el cilindro superior de ranurado pequeño corresponda a éste y tenga un diente en la mitad y por consecuencia un número de dientes impar).
- *Regla 2.* En el engranaje de cilindros de paso doble, unos con otros, es necesario escoger entre 2 soluciones que son incompatibles entre sí:
  - (a) O bien  $S_P$  engrana con  $I_G$  (y entonces  $S_G$  no engrana con  $I_P$ ).
  - (b) O  $S_G$  engrana con  $I_P$  (entonces  $S_P$  no engrana con  $I_G$ ).

Las ventajas y los inconvenientes son rigurosamente simétricos. Desde el punto de vista de los cilindros de refacción, por ejemplo, si se utilizan normalmente cilindros con el mismo ranurado y en el mismo molino:

(a) si  $S_P$  engrana con  $I_G$ :

$S_G$  puede reemplazarse por  $S_P$

$I_G$  no puede reemplazarse por  $I_P$

$S_P$  no puede reemplazarse por  $S_G$

$I_P$  puede reemplazarse por  $I_G$

(b) si  $S_G$  engrana con  $I_P$ :

$S_G$  no puede reemplazarse por  $S_P$

$I_G$  puede reemplazarse por  $I_P$

$S_P$  puede reemplazarse por  $S_G$

$I_P$  no puede reemplazarse por  $I_G$ .

Así pues, es más interesante poder realizar las combinaciones de las (Figuras 30 y 35) como se verán más adelante. De donde, el engranaje preferible es el de  $S_P$  con  $I_G$ .

Dicho de otra manera siempre deberán exigirse ranurados tales que los cilindros superiores tengan su canal en su parte media, es decir un número de dientes par.

En rigor los juegos de cilindros que llevan el ranurado más grueso de la batería podrán exceptuarse (ya que no existiría un juego con un doble paso con el cual pudieran engranar); pero ante la ignorancia de lo que pueda ocurrir en el futuro es siempre mejor aplicar la regla que acaba de indicarse, a todos los ranurados de la batería.

### **1.2.1.2 Cilindros universales**

Se fabrican cilindros llamados “universales” que pueden emplearse bien como cilindros superiores o como cilindros inferiores (Figura 34).

Su ranurado se hace de tal manera que siempre la mitad del flanco de un diente cae en el plano mediano del cilindro. Así, un cilindro superior puede convertirse en un cilindro inferior o viceversa, simplemente poniéndolos en forma inversa.

Para no romper la homogeneidad de los cilindros de la batería (misma cantidad de cilindros y ranurado por molino y en el mejor caso el mismo modelo de vírgenes), ciertas fábricas de Cuba y Egipto han adoptado el ranurado grueso de los primeros molinos, de estos al último. Solo el motivo 3 indicado arriba se opondría a este razonamiento, y no estando demostrado completamente que ese razonamiento este completamente fundamentado, no puede pensarse que la solución enunciada sea formalmente errónea. Tiene esta además, la ventaja de hacer desaparecer una de las

causas de los atascamientos en los últimos molinos (pequeña capacidad de absorción en los ranurados pequeños).

### **1.2.1.3 Angulo de las ranuras**

El desgaste y la fragilidad de las ranuras crecen a medida que la abertura de sus dientes disminuye. Entre 30° a 40° el desgaste es muy notable. Los constructores franceses se mantienen prudentemente entre los 55° y 60°: los americanos descienden a veces hasta 45° y 50° (Figuras. No 27 y 28) siendo estos valores los que parecen dar una mejor solución. Abajo de 45° los inconvenientes son mucho mayores que las ventajas. Pueden aconsejarse ranuras con ángulos de 50° a 55°.

### **1.2.2 Mechartes**

Las ranuras messchaerts o, simplemente, las “Messchaerts”, a veces escritas con la ortografía de “mechartes”, fueron inventadas también y ensayadas en el Hawai que decididamente es el origen de la mayor parte de los progresos realizados en los molinos.

Las mechartes no tienen más que un objeto: mejorar la extracción. Rinden indiscutiblemente un gran servicio desde este punto de vista y se han adoptado ya universalmente.

En la zona AB (Figura 39) del cilindro de entrada, es donde el bagazo sufre la presión máxima y en donde se extrae el jugo. Este jugo no tiene más que 2 salidas: hacia adelante, más allá de la cuchilla central o hacia atrás, en dirección del punto C. Tanto en uno como en otro caso encuentra un colchón muy grueso de bagazo ya comprimido que se mueve en el mismo sentido en BD y en sentido contrario en AC.

Messchaert tuvo la idea simple, pero fecunda, de ofrecer una salida al jugo tallando alrededor del cilindro de entrada canales circulares más o menos espaciados gracias a los cuales en todos los puntos de la zona AB el jugo puede encontrar una salida inmediata y escurrir sin obstáculo de uno y otro lado del cilindro.

El mismo problema se encuentra en el cilindro de salida pero aquí es menos grave porque su propio peso ayuda al jugo a salir de la zona de alta presión, mientras que en el caso anterior éste debe remontar el cilindro de entrada para franquear el colchón AC.

1. Ya sea eliminando un diente y colocando la mecharte en el eje del diente eliminado (Figura 40)
2. Ya sea dejando todos los dientes y tallando la mecharte entre 2 de ellos (Figura 41)

Este último sistema tiene la ventaja de no perder ningún diente y por consiguiente evita la creación, dentro del colchón de bagazo comprimido, de una zona sin presión. Sin embargo, el drenaje lateral es menos frágil y las ranuras vecinas mechartes tienen una mayor tendencia a quebrarse siguiendo la línea ab. Por esta razón se reserva el 2o. sistema a los ranurados gruesos en los cuales el ancho de los dientes compensa la proximidad de las mechartes (Figuras 40,41 y 42)

Figura 40 Formación de la ranura Messchaert por eliminación de un diente  
Cilindro superior

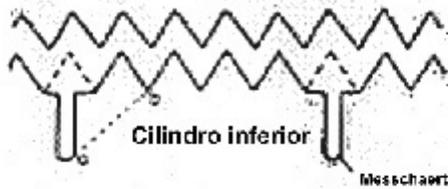


Figura 41 Formación de la Messchaert sin eliminación de un diente  
Cilindro superior

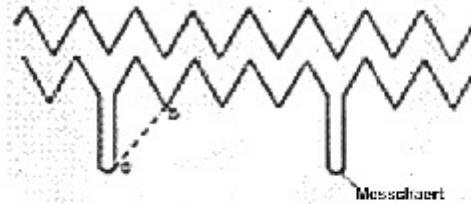
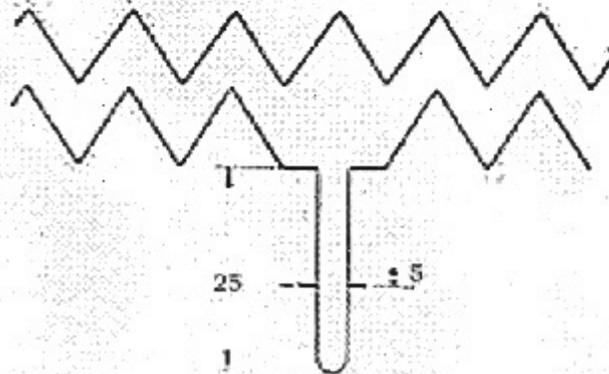


Figura 42 Dimensiones de la ranura Messchaert



### 1.2.2.1 Peines

PEINES. Si no se tomaran precauciones las mechartes se llenarían de bagazo y dejarían de ser útiles rápidamente. Por esta razón, se hace necesario instalar “peines” detrás de los cilindros. Consisten éstos de barras de acero que llevan frente a cada mechante una punta que se prolonga hasta el fondo de ella.

La longitud de estas puntas o “dedos”, se calcula de tal manera que la extremidad de ataque forme un ángulo de 30° con la superficie del cilindro.

Las puntas a veces se reemplazan por barras redondas terminadas en una lámina y fabricadas de acero especial, (acero inoxidable).

### **1.2.2.2 Desgaste**

Es importante que los dedos de limpieza estén firmemente sujetos a la barra y ajustados para que pasen precisamente en el centro de las mechartes. Si no, se rozarían contra las paredes desgastándose rápidamente y anchando las mechartes, lo que les quitaría toda su eficacia.

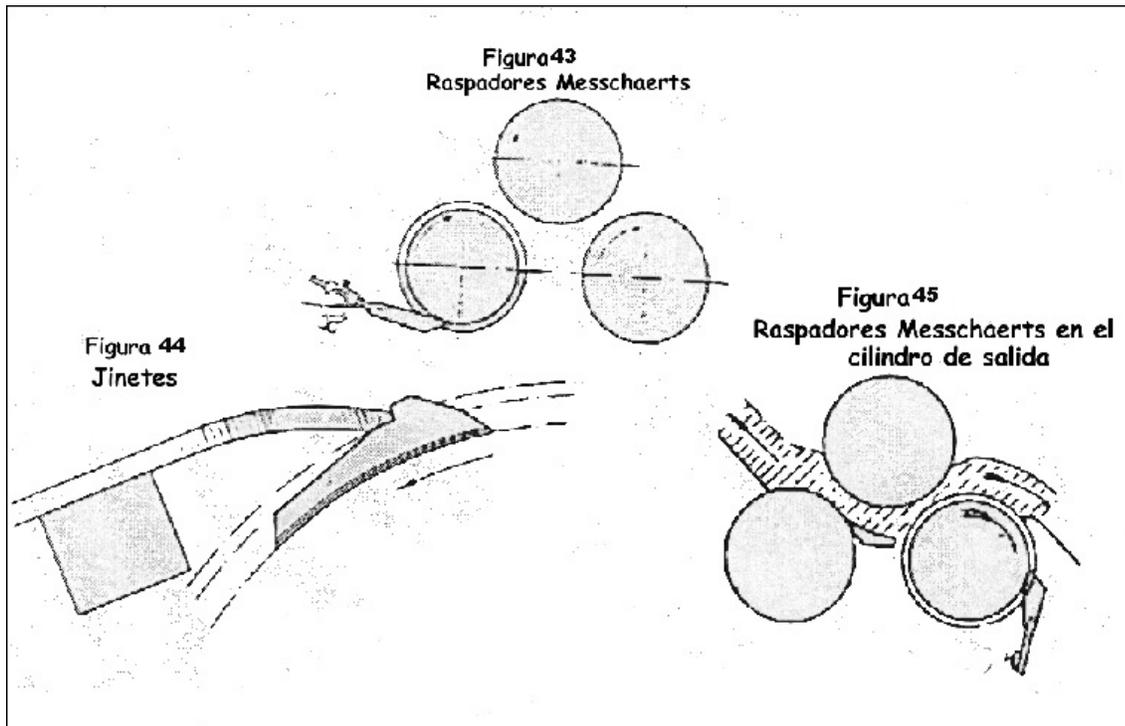
Cilindros de Salida (o maza bagacera).

Es más difícil instalar un peine en el cilindro de salida por el sentido de su rotación. Así se tiene la tendencia a reemplazar al peine por un juego de “jinetes” apoyados contra el raspador de salida (Figura 44).

Desgraciadamente los jinetes presentan 2 inconvenientes:

1. Cuando se hace girar al molino al revés, después de un atascamiento, son llevados por el movimiento del cilindro y se salen de sus ranuras.
2. Limpian perfectamente la mechante del bagazo que haya podido escurrirse por ella obstaculizando el paso y quitando a la mechante parte de su utilidad.

Sin embargo, es conveniente señalar que, en los últimos molinos sale muy poco jugo de las mechartes, en el lado de la salida de los cilindros; además el arreglo de la (Figura 45) tiene la desventaja de propiciar la acumulación de bagazo bajo el molino, que puede alcanzar proporciones peligrosas especialmente bajo el último.



### 1.2.2.3 Ventajas e inconvenientes

Los cilindros provistos de mechartes sufren más daños por los pedazos de hierro que pasan por el molino y se desgastan más rápidamente. Sin embargo rinden servicios considerables al cilindro de entrada:

1. Mejoran la capacidad del molino permitiéndole disponer de una cantidad de jugo que de otra manera provocaría un atascamiento. Cuando el molino no trabaja a su máxima capacidad hace posible imbibiciones muy altas que de otra manera serían prohibitivas.
2. Mejoran sobre todo la extracción, aumentando la proporción de jugo extraído por el cilindro de entrada, disminuyendo y facilitando así el trabajo del cilindro de salida.

Por el contrario, en el cilindro de salida la utilidad de las mechartes es discutible. Las ventajas son pocas, al hacer menos jugo y evacuarse éste más fácilmente. Los inconvenientes son más graves porque siendo la presión más fuerte, es muy difícil resolver con eficacia, el problema de su limpieza.

Por otro lado, cuando las mechartes se tallan en el lugar de un diente (Figura 40), el bagazo que les corresponde, no sale comprimido: su humedad y su riqueza son ciertamente superiores a las del bagazo que viene de las otras ranuras. En el último molino en particular, este inconveniente no tiene remedio.

#### **1.2.2.4 Empleo de las Mechartes**

Así como es unánime la opinión sobre la utilidad de las mechartes en la entrada, ésta dividida en lo concerniente a la salida. Por nuestra parte, estimamos que la solución depende de la relación entre el precio del kilogramo de azúcar y el precio del kilogramo del cilindro: si esta relación es elevada pueden ranurarse mechartes en el cilindro de salida.

#### **1.2.3 Chevrones**

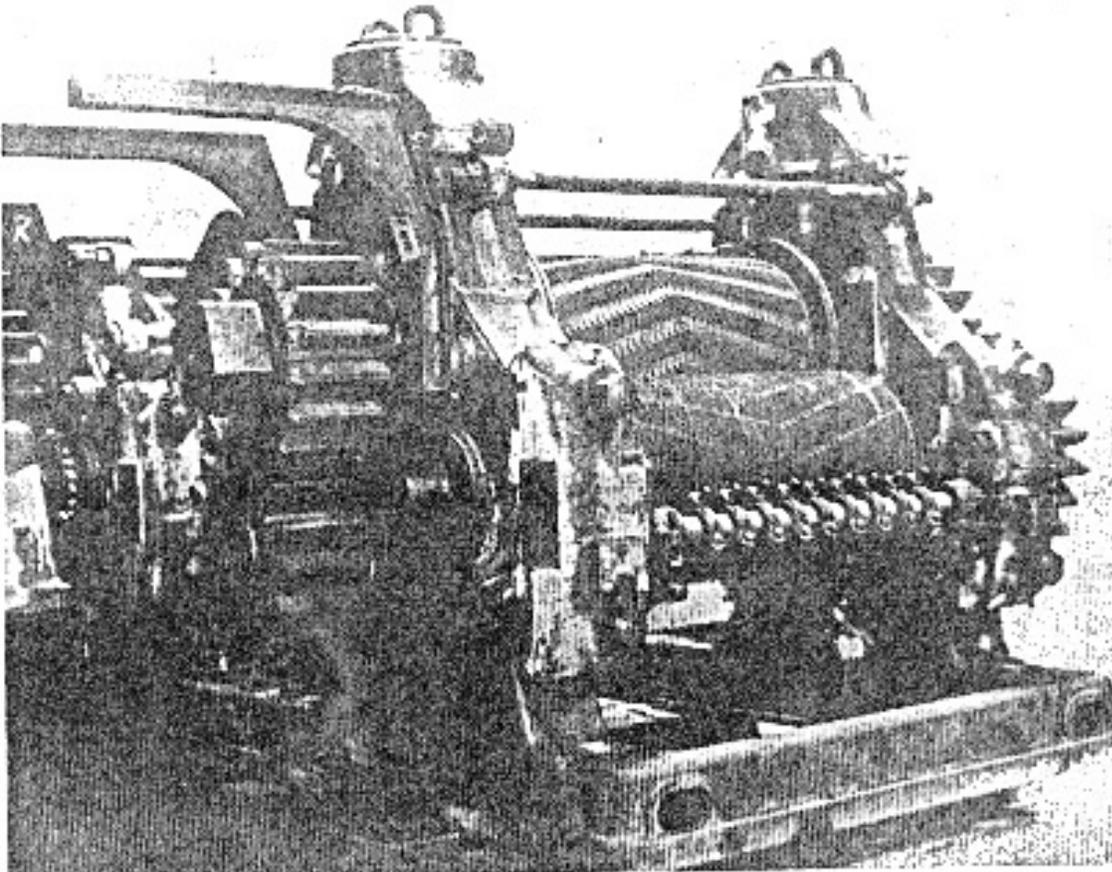
Al revés de las mechartes, cuyo objeto es sobre todo mejorar la extracción, los chevrones tienen por único fin facilitar la toma del bagazo.

Estos son muescas (figuras 46 y 47) talladas en los dientes y cuya sucesión describe una hélice simétrica de la primera con relación al plan mediano del cilindro. Tienen exactamente el mismo diseño que en las desmenuzadoras Fulton y la misma forma de muesca (Figura 37) En el caso de los molinos se aplican las mismas observaciones sobre su profundidad y su disposición.

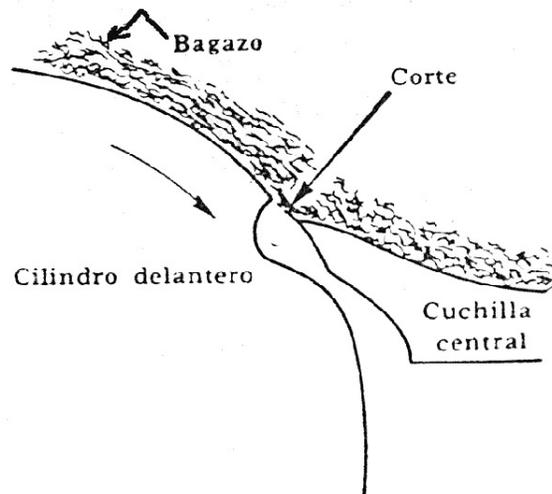
El ángulo de los chevrones con la generatriz del cilindro varía de  $10^{\circ}$  a  $20^{\circ}$ , en general 18. El paso es de unos 20 cm.

Sólo se tallan chevrones en los 2 cilindros de alimentación: el superior y el de entrada. Jamás en el de salida.

**Figura 46**  
Chevrones, molino con piñones alternados ( Fives - lille)



**Figura 47**  
Efecto de corte de los chevrones en el bagazo



### 1.2.3.1 Influencia sobre la chichilla central

Ciertas opiniones son temerosas del efecto de los chevrones en el cilindro de entrada por la posibilidad que presenta el bagazo de acuñarse entre el chevron y la cuchilla central. En realidad ciertamente se encuentran pedazos de bagazo prisioneros entre el flanco de ataque de las muescas y la punta de la cuchilla, pero se eliminan sin dificultad gracias al ángulo de ataque de las 2 superficies opuestas que produce un efecto de corte (Figura 47). Por otra parte, la cantidad de bagazo que lleva el jugo bajo el cilindro de entrada, es poco importante, como lo es el desgaste suplementario que sufren las dos superficies.

### 1.2.4 Desgaste de los cilindros o mazas

Origen del desgaste. El desgaste de los cilindros se debe a 4 causas:

1. Desgaste del metal originado por la acidez del jugo.
2. Rozamiento de los raspadores y la cuchilla central.
3. Paso de pedazos de hierro que rompen al metal y quiebran los dientes.

4. Necesidad de retornar al cilindro cada 2 ó 3 zafras para restablecer la regularidad de su forma.

En efecto, el desgaste es mayor al centro que en las extremidades. El torneado permite reducir al mismo tiempo las irregularidades debidas a los dientes rotos.

#### **1.2.4.1 Importancia del desgaste**

En los molinos de construcción clásica el desgaste máximo tolerable para un cilindro, es del 4 al 5%. Dicho de otra manera, un cilindro que cuando nuevo tenía un diámetro medio de un metro, debe desecharse cuando el diámetro ha bajado hasta 950 a 960 mm. En los molinos de construcción moderna puede tolerarse el desgaste un poco más abajo del 5 %.

#### **1.2.4.2 Renovación de las mazas**

Cuando un cilindro o maza se desgasta puede reencamisarse rompiendo la camisa de fundición y enviando la flecha o eje de acero a los fundidores, que lo regresan provisto de una camisa nueva.

Esta operación sólo puede efectuarse una o dos veces como máximo por el desgaste de los muñones que limita por su parte la vida de la flecha.

Para romper la camisa principalmente se emplean dos sistemas:

1. Se taladran cada 10 cm. agujeros de 20 mm. de largo, siguiendo una generatriz sobre los  $\frac{9}{10}$  pulg. (2.286 cm.) del grueso de la camisa. Se colocan en estos agujeros cartuchos de dinamita y se hacen estallar simultáneamente.
2. Se hace caer un peso grande (por ejemplo una biela vieja) sobre el cilindro, desde varios metros de altura, por medio de una grúa.

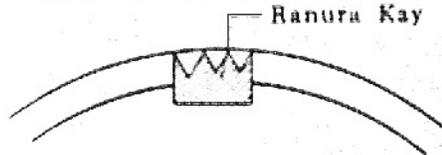
Debido a que los procedimientos anteriores podrían lisiar la flecha y disminuir la vida de la misma, en nuestro medio se hacen de la siguiente forma:

- Se monta la maza en el torno de mazas, (que es igual a los tornos para maquinar piezas pequeñas solo que con más capacidad de volteo y mayor su bancazo), luego se usan en lugar de buriles, trozos de metal (Hembras) de aproximadamente 3 pulg. x  $\frac{3}{8}$  de pulg. (7.62 cm. x .3175 cm.) ó  $\frac{1}{4}$  de pulg. (0.635 cm.) Aprox. por el largo que se necesite, con uno de sus extremos afilado de tal manera que se introduzca gradualmente, hasta la flecha cada 3 dientes aproximadamente, en una forma de rodajas a todo lo largo de la camisa.
- Terminado este trabajo de rodajeo de la camisa, a veces por el corte se van rompiendo estas secciones o rodajas, o provocando que aflojen dichas secciones y pierdan su ajuste original: se cuelga la maza de uno de sus extremos varios metros por una grúa y se deja caer en una base de concreto o plancha de acero y

las secciones se desprenden y/o utilizan varios métodos para fracturar estas secciones, para así facilitar su limpieza. Preservando más tiempo la flecha.



**Figura 49**  
Sección transversal de un cilindro con ranurado Kay



- Luego se realiza una fundición gris en arena, se cava un agujero en el suelo y se prepara con arena para verter una colada, en crisoles enormes para lograr una sola pieza, luego al enfriar y bajar a cierta cantidad su temperatura se introduce la flecha a su nueva camisa (sin ranurar maquinada después en el torno) y al enfriar totalmente se logra el apriete necesario para que trabaje nuevamente.

Cuando tanto la flecha como la camisa están desgastadas pueden todavía emplearse recortándolos para usarlos en un molino más pequeño (Figura 48) La condición necesaria es que el perfil del cilindro pequeño quede enteramente inscrito en el grande y que quede después del torneado, un espesor de la camisa suficiente para dar solidez al cilindro, de por lo menos 10% del diámetro mínimo en el fondo de las ranuras.

Los cilindros obtenidos de esa manera tienen una superficie tan dura como los cilindros nuevos y una resistencia al desgaste comparable.

El aspecto de los cilindros antes de colocarse la camisa de hierro fundido, sin importar su posición se puede observar en las Figuras 50,51 y 52, en donde se observa el eje de acero, una vista de un corte de la camisa con sus respectivas medidas y finalmente una vista de la maza lista para ser ranurada.

### 1.2.4.3 Coeficiente de fricción de la caña y el bagazo

Este coeficiente se determinó en Queensland Australia, por medio de pruebas y con los siguientes resultados (Tabla II):

**Tabla II. Coeficientes de fricción de la caña**

	<b>Superficies pulidas</b>	<b>Superficies rugosas</b>
Hierro forjado	0.40	0.44---0.50
Acero	0.38	0.40---0.50

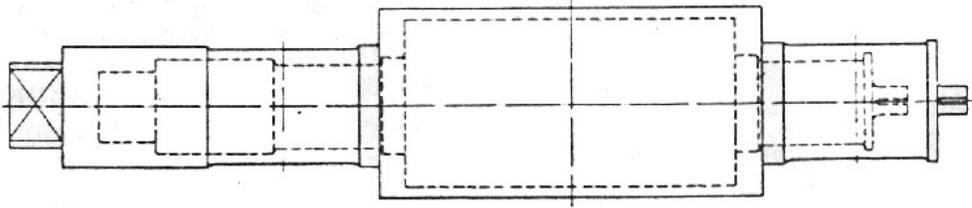
### 1.3 Capacidad de los molinos

La capacidad de una batería de molinos es la cantidad de caña que ésta es capaz de pasar por unidad de tiempo. Se expresa generalmente en ton de caña por hora (T.C.H.); en América se acostumbra a expresarla en t. de caña por día.

La equivalencia entre estas dos expresiones no es directa como se pudiera pensar. Propiamente, el tonelaje por hora significa que los molinos operan sin interrupción durante la hora que se considera. Este caso es general y la cifra se obtiene fácilmente al final de la zafra dividiendo el tonelaje molido por el número de horas de operación de los molinos; deben deducirse siempre las paradas y las interrupciones.

El tonelaje por día, por su parte, se obtiene dividiendo el tonelaje que se maneja durante la zafra entre el número de días de trabajo, sin deducir las pequeñas interrupciones. Sin embargo, mientras que las horas de molienda continuas son normales es raro que pase un día de trabajo sin paradas de 10 a 20 minutos.

**FIG. 50** Hechura de un cilindro, de un cilindro mayor



**FIG. 51**  
CORTE : DE UNA MAZA SUPERIOR CON SU RESPECTIVA CAMISA DE HIERRO FUNDIDO

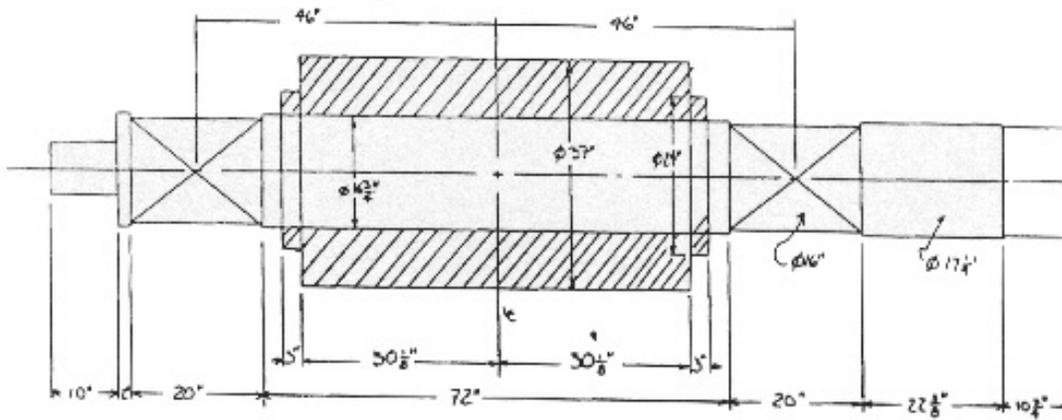
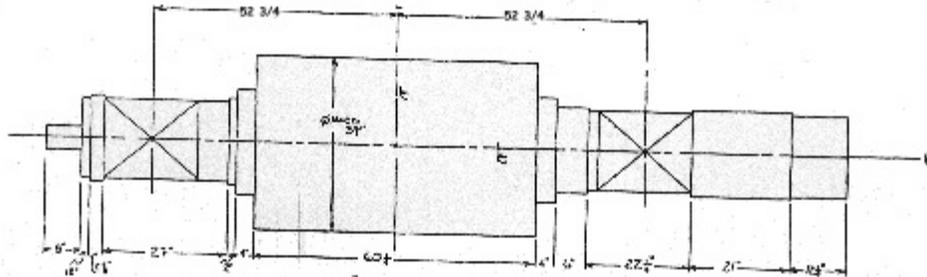


FIG. 52  
ASPECTO DE UNA MAZA SUPERIOR CON CAMISA DE HIERRO FUNDIDO SIN RANURAR



### 1.3.1 Capacidad de molienda

La capacidad de un tándem de molienda se expresa por lo general en toneladas de caña por hora (T.C.H.), o toneladas de caña por día (T.C.D.); T.C.H. es la expresión de la capacidad real, y T.C.D. da la capacidad global, incluyendo el tiempo perdido.

En todos los cálculos de capacidad se encuentran implicados en las ecuaciones los siguientes factores: 1) preparación de la caña, 2) fibra de la caña, 3) diámetro y longitud de los rodillos del molino, 4) número de rodillos, 5) velocidad de los rodillos, 6) ajuste del molino, 7) dispositivos de alimentación y 8) presión sobre los rodillos.

En la Tabla III se dan los valores hallados por Hugot (1972, págs. 189,190) para la capacidad de los tándems de molinos; los coeficientes determinados, para plantas de preparación son los siguientes:(Tabla III)

**Tabla III.. Capacidad de los tandem de molinos (Lt + h)**

Número de Rodillos, N		Composición de Tandem							
D x L (in)	D x L (mm)	Cr + 3M 11	4M 12	Cr + 4M 14	5M 15	Cr + 5M 17	5M 18	Cr + 6 M 20	7M 21
42 x 84	1060 x 213	214	224	242	250	266	274	289	296
40 x 84	1016 x 213	199	207	224	232	247	254	268	274
38 x 84	965 x 2134	183	191	206	206	227	234	247	253
36 x 84	915 x 3134	168	175	189	189	208	215	226	232
36 x 78	915 x 1980	156	163	176	176	194	199	210	215
34 x 78	864 x 1980	142	148	160	165	175	181	191	196
34 x 72	864 x 1830	131	137	148	153	163	167	176	181
32 x 72	813 x 1830	118	123	133	138	147	151	159	163
32 x 66	813 x 1675	109	113	122	127	135	139	146	150
30 x 66	760 x 1675	97	101	110	113	121	124	131	134
30 x 60	760 x 1525	88	92	100	103	110	113	119	122
28 x 60	710 x 1525	79	82	88	92	97	100	106	108
28 x 54	710 x 1370	71	74	80	82	88	90	95	98
26 x 54	660 x 1370	62	65	70	72	77	79	84	86
26 x 48	660 x 1220	55	58	62	64	69	71	74	76
24 x 42	610 x 1220	48	50	54	56	59	61	65	66
24 x 42	610 x 1065	42	44	47	49	52	54	56	58
22 x 42	560 x 1065	36	37	40	42	44	46	48	49
20 x 36	510 x 915	26	27	29	30	32	33	35	36

Para obtener toneladas métricas, multiplicar por 1.016. En este caso, el coeficiente de preparación de la caña  $c=1.25$ ; % de fibra de caña  $f=0.125$ ; revoluciones por minuto de rodillo=5rpm.

Para 1 juego de cuchillas:  $c = 1.10 - 1.20$ , promedio 1.15

Para 2 juegos de cuchillas:  $c = 1.15 - 1.25$ , promedio 1.20

Para 2 juegos de cuchillas seguidos de una desfibradora tipo Searby:  $c = 1.25$

Para 2 juegos de cuchillas seguidos de una desfibradora Maxwell:  $c = 1.22$

El ingenio azucarero más grande de la parte continental de Estados Unidos tiene una taza de molienda diaria de 20,334 toneladas de caña (Florida) Quizás, el ingenio azucarero más grande del mundo es el que tiene una tasa de 32,211 toneladas, ubicado en el Brasil.

### **1.3.1.1 Capacidad de los molinos**

Una fábrica bien operada no debe perder más del 1% del tiempo de operación. De esta cantidad media pueden convertirse las T.C.H. en toneladas de caña por día (T.C.D.) multiplicándolas por 23.75:

$$C = x \text{ T.C.H.} = 23.75 \times \text{T.C.D.} \quad (1)$$

### **1.3.1.2 Factores que determinan la capacidad**

Los factores que determinan la capacidad son numerosos. Y los más importantes son:

1. Contenido de fibra en la caña: Aunque el volumen que llega a la desmenuzadora no depende del contenido tenido de fibra, la resistencia de ésta a la acción de los cilindros es más o menos proporcional a ella. En los últimos molinos de la batería, la cantidad del material que se recibe es aproximadamente proporcional a la fibra y el grueso del colchón de bagazo comprimido a la salida es exactamente proporcional a la fibra, para la misma presión hidráulica resultante (P.H.R.)

2. Dimensiones y velocidad de los cilindros. La cantidad de bagazo es evidentemente proporcional al producto del grueso del colchón por el área descrita por un generatriz en la unidad de tiempo, es decir:  $H.L.nD$ . como el  $H$  debe ser proporcional a  $D$ , el tonelaje variará como  $L.nD$  al cuadrado, es decir es proporcional a la velocidad, a la longitud y al cuadrado del diámetro de los cilindros.
3. Número de cilindros: Un factor menos evidente pero muy importante, es el número de cilindros. A primera vista parece extraño que éstos tengan algún efecto: Si una cierta cantidad de bagazo pasa a través de un primer molino seguido de otros 5 ¿porqué no pasará la misma cantidad si esta seguido únicamente por 4, 3 ó 2? La respuesta la da la mínima extracción permisible: En una batería corta, el grueso del colchón de bagazo debe reducirse para obtener una extracción satisfactoria. En una batería larga, el grueso del colchón de bagazo puede aumentarse en proporción a lo largo de ella.
4. Preparación de la caña: Ya se ha visto cómo las cuchillas y la desmenuzadora aumentan la capacidad. Además de los factores enunciados, que son los más importantes, hay algunos otros que también integran la capacidad.
5. Imbibición: Cuanto mayor es la imbibición que se aplica, es más difícil alimentar los molinos, especialmente si se emplea agua caliente.
6. Ranurado: El grano del metal y la forma de profundidad de las ranuras facilitan la toma de la caña por los cilindros: las ranuras mechantes tienen un papel importante en su alimentación.
7. Presión Hidráulica: Los molinos se alimentan más fácilmente con cargas ligeras.

8. Diseño y condiciones de la batería: Los molinos modernos se construyen con diversos perfeccionamientos que mejoran su capacidad. Por otro lado, el desgaste de las superficies por la fricción, particularmente en el sistema hidráulica, impide una buena operación del molino.
9. Alimentadores forzados: Los cilindros alimentadores y los alimentadores alternativos permiten aumentar el tonelaje, algunas veces de manera sustancial.
10. Personal: Finalmente, la capacidad del personal responsable del ajuste y conservación de los molinos es un factor, que aunque imponderable es de importancia en la capacidad.

### 1.3.1.3 Fórmulas de capacidad propuesta

Supongamos:

C = capacidad de la batería en T.C.H.

f = contenido de la fibra en la caña por unidad

L = largo de los cilindros en m

D = diámetro de los cilindros, en m

n = velocidad de rotación de los cilindros, en rpm.

N = número de cilindros de la batería.

N<sub>1</sub> = número de molinos de la batería.

N<sub>2</sub> = número de compresiones aplicadas en la batería (un molino = 2 compresiones).

Nótese que:

Cf = capacidad de la batería en ton de fibra por hora (T.F.H.).

Noël Deerr (Pág. 219 Manual de azúcar) sugiere:

$$C = \frac{0.57N_1L^2D^2}{f} \quad (2)$$

Esta fórmula, antigua, da valores bajos y no integra la velocidad. Además es difícil imaginar por qué se incluye la longitud de los cilindros, al cuadrado. Mas lógicamente, en su primera edición (Pág. 200), Deerr dice que la capacidad es proporcional al volumen del cilindro (es decir, al  $LD^2$ ). Maxwell (Pág. 299 Manual ing. azucarero) sugiere:

$$C = \frac{0.54N_2LD}{f} \quad (3)$$

Fórmula que presupone un grueso del colchón de bagazo constante (en otras palabras independientemente del diámetro de los cilindros) sin integrar la velocidad.

En la India, Nayar y Pillay (ISJ, 1943, Pág. 190 Manual para el azúcar), una fórmula similar:

$$C = 2.6 NLD \quad (4)$$

Parr Propuso:

$$C = 13.7\sqrt{NDL^2} \quad (5)$$

Fórmula que constituye un mejoramiento notable pero en el cual no se integra ni la fibra ni la velocidad.

Tromp (Pág. 165 Manual del azúcar) da:

$$C = \frac{127 \text{ cLD}^2 \text{N}_2}{\text{B}}$$

Para una velocidad máxima que él estima en 5.73 rpm, lo que corresponde a:

$$C = \frac{22.2 \text{ cnN}_2 \text{LD}^2}{\text{B}} \quad (6)$$

c = coeficiente correspondiente al efecto de las cuchillas y la desmenuzadora = 1.25 – 1.1

B = peso del bagazo % de caña

Esta última fórmula es la más completa aunque presenta dos desventajas: (a) el número de compresiones tiene en la fórmula un gran efecto y hace que los valores obtenidos sean muy bajos en baterías cortas: (b) la proporción de bagazo % caña es un factor menos propio que la fibra, en ciertos casos particulares.

#### 1.3.1.4 Fórmula de la capacidad

Cuando todavía existen ciertas opiniones favorables a la fórmula tipo Maxwell en la que el diámetro está representado en su primera potencia es difícil eludir la lógica que conduce al uso del diámetro en su segunda potencia. Se llega al exponente 1 suponiendo que el colchón de bagazo es constante e independientemente del diámetro. Sin embargo, es lógico razonar tomando como base la hipótesis de que el diámetro y el grueso del colchón son proporcionales. Considérese esta hipótesis en términos de fibra. El peso de la fibra que pasa durante una hora por el molino es Cf. Este peso se distribuye en el área del cilindro como:

$$S = 60\pi \text{DnL}$$

de donde se obtiene:

$$\frac{Cf}{S} = \frac{Cf}{60\pi DnL} = \lambda_D$$

De ahí:

$$C = (\lambda') \frac{nLD^2}{f} \quad (7)$$

Fórmula en la cual se integró la fibra, la velocidad y las dimensiones del cilindro. Quedan únicamente por incluir dentro del coeficiente  $\lambda'$ , 2 factores fáciles de comprender:

1. El equipo de preparación de la caña
2. La influencia del largo de la barrera

### 1.3.2 Influencia del largo de la batería

Es el factor más difícil de evaluar porque actúa indirectamente. Considérese una batería de 11 cilindros; se selecciona esta porque es la más corta de las usuales y porque su capacidad máxima está bien definida. La capacidad de una batería de este tipo no puede aumentarse sin que la extracción disminuya notablemente. Agreguemos sucesivamente 1, 2, 3 y 4 molinos. Con cada adición se tendrán 2 alternativas:

- a. La ganancia que pueda obtenerse en la capacidad con la adición de un molino, conservando la misma extracción; o
- b. El mejoramiento de la extracción en lo posible, sin disminuir la capacidad.

Si se adopta el método (a) siguiendo la costumbre usual en Cuba, el aumento de capacidad de la batería será casi proporcional al número de molinos  $N_1$  o, lo que es lo mismo, casi proporcional al número de compresiones  $N_2$  o de cilindros  $N$ .

Si por el contrario se adopta el método (b), lo que es común en el Hawai, la capacidad aumentará muy poco en la relación con el número de cilindros que se agreguen.

En la práctica, con la probable excepción de Cuba, nadie se ajusta a estas dos soluciones extremas. Se adopta un compromiso en el cual se busca obtener del nuevo molino un aumento simultáneo de la capacidad y la extracción. Adoptando una actitud razonable que favorezca a la extracción un poco más que la capacidad, la influencia de la longitud de la batería será proporcional a  $\sqrt{N}$ .

**Tabla IV. Promedio de baterías en Java**

No. de fábricas	Baterías	No. De cilindros	Capacidad	Extracción	Jugo perdido
			T.C.H.		% fibra
3	3 mols.	9	29.5	91.3	55
3	1 desmen + 3 mols.	11	31	93.5	48
26	4 mols.	12	32.2	93.9	44
93	1 desmen + 4 mols.	14	41.7	94.6	39
15	5 mols.	15	34	95.4	34
21	1 desmen + 5 mols.	17	45.5	95.7	33
1	1 desmen + 6 mols.	20	48.1	96.7	27

### 1.3.2.1 Fórmula completa

En este momento puede darse ya la fórmula completa de la capacidad.

$$C = \frac{(0.55)cnLD^2\sqrt{N}}{f} \quad (141)$$

C = capacidad de la batería en T.C.H.

f = fibra de la caña con relación a la unidad.

c = coeficiente relativo a los aparatos de preparación.

n = velocidad de rotación de los cilindros en rpm.

L = longitud de los cilindros, en mts.

D = diámetro de los cilindros, en mts.

N = número de cilindros de la batería.

Analizando el gran volumen de datos publicados en Java y tomando el exponente de N como desconocido, los valores verdaderos que se encuentran son definitivamente menores que 1 pero ligeramente mayores que 0.5. La potencia de N que parecerá cercana al promedio de todas las cifras (aunque un poco más alta) será de 0.67, es decir,  $\sqrt[3]{N^2}$ ; este es un valor bastante difícil de calcular y que no puede ser estrictamente válido más que en Java. Pensamos que el valor más cercano a la verdad se obtiene adoptando  $\sqrt{N}$ .

Para consulta, se da a continuación la Tabla IV de los resultados obtenidos en Java en 1930 y reducidos a las cifras equivalentes para molinos de 760\*1520 mm.

Esta fórmula se aplica cuando las condiciones de trabajo son las siguientes:

- a. Cuando la desmenuzadora, se es de 2 cilindros, es del tipo ideal (Tabla de empleo V. De los dos tipos de desmenuzadora siguiente); y si es de 3 cilindros tiene una velocidad y un ranurado que dan realmente un efecto desmenuzador.
- b. Cuando la batería, se opera normalmente para obtener una buena extracción y buena capacidad.

Enseguida se da la tabla de capacidades de molinos de dimensiones estándar calculada para las siguientes condiciones:

1. Juego de cuchillas, con  $c = 1.15$
2. Sin desfibradora.
3. Fibra:  $f = 0.125$
4. Velocidad:  $n = 5$  rpm.

**Tabla V. Capacidad de los molinos en T.C.H.**

composición de la batería			D + 3M	4M	D + 5M	D + 6M	D+		
No de cilindros N $\sqrt{N}$			11 3.32	12 3.46	14 3.74	15 3.87	17 4.12	18 4.12	20 4.47
D''X L''	D.mm x L.mm	LD <sup>2</sup> (en m <sup>3</sup> )							
42x 84	1,065 x 2,134	2.420	204	212	230	238	253	260	274
36x 84	915 x 2,134	1.787	151	157	170	175	187	192	203
36x 78	915 x 1,980	1.658	139	145	157	162	173	178	188
34x 78	863 x 1,980	1.475	124	129	140	144	154	158	167
34x 72	863 x 1,830	1.363	114	119	129	133	142	146	154
32x 72	810 x 1,830	1.201	101	105	114	118	125	129	136
32x 66	810 x 1,675	1.099	92	96	104	108	115	118	124
30x 66	760 x 1,675	0.967	81	85	91	95	101	104	109
30x 60	760 x 1,530	0.884	74	77	84	87	92	95	100
28x 60	710 x 1,530	0.771	65	67	73	75	80	83	87
28x 54	710 x 1,370	0.691	58	60	65	68	72	74	78
26x 54	660 x 1,370	0.597	50	52	56	58	62	64	68
26x 48	660 x 1,220	0.531	45	46	50	52	55	57	60
24x 48	610 x 1,220	0.454	38	40	43	44	47	49	51
24x 42	610 x 1,070	0.398	33	35	38	39	41	43	45
22x 42	560 x 1,070	0.336	28	29	32	33	35	36	38
20x 36	510 x 915	0.238	20	21	23	23	25	26	27

Fibra = 0.125

n= 5rpm.

### 1.3.2.2 La carga fibrosa

La carga fibrosa que es el cociente del peso de la fibra que pasa en un tiempo dado por el molino entre la superficie descrita en el mismo tiempo por la generatriz de uno de sus cilindros. Se expresa en kilogramos por m<sup>2</sup>.

La carga fibrosa mide la importancia del colchón de caña o del bagazo que pasa por el molino y las características de su trabajo. Será particularmente útil en el ajuste de los molinos.

### 1.3.2.3 Carga fibrosa específica

El colchón de bagazo debe ser proporcional al diámetro D de los cilindros de manera que la carga fibrosa de un molino grande debe ser normalmente superior a la carga fibrosa de un molino pequeño. Sin embargo, si se considera el cociente:

$$\tau = \frac{v}{D} \quad (8)$$

Que se designará con el término de “carga fibrosa específica” este cociente deberá ser independiente de las dimensiones de los cilindros.

La carga fibrosa específica mide el porcentaje al que se trabaja un molino: A una carga fibrosa específica más alta corresponde un colchón de bagazo más grande en relación con el diámetro de los cilindros del molino.

### 1.3.2.4 Valores normales de la carga fibrosa específica

Si se expresa el trabajo de un molino en función de la carga fibrosa se tendrá evidentemente:

$$Cf = 60\pi Dn.L.q = 188.4 qnLD = 188.4\tau nLD^2 \quad (9)$$

C = trabajo de los molinos, en Kg. de caña por hora.

f = fibra de la caña en relación con la unidad

L = longitud de los cilindros, en m

D = diámetro de los cilindros, en m

n = velocidad de los cilindros, en rpm

q = carga fibrosa, en Kg. Por m<sup>2</sup>

$\tau$  = carga fibrosa específica, en Kg. por m<sup>2</sup>, por m.

Aproximando este valor a la expresión de la capacidad normal de la batería (Fórmula 5) se obtiene:

$$188.4\tau nLD^2 = 550 cnLD^2\sqrt{N}$$

De donde:

$$\tau = 2.92c\sqrt{N} \quad (10)$$

c = coeficiente de los aparatos de preparación

N = número de cilindros de la batería.

Esta expresión nos muestra los valores normales que pueden darse a  $\tau$  para trabajar al molino en condiciones normales.

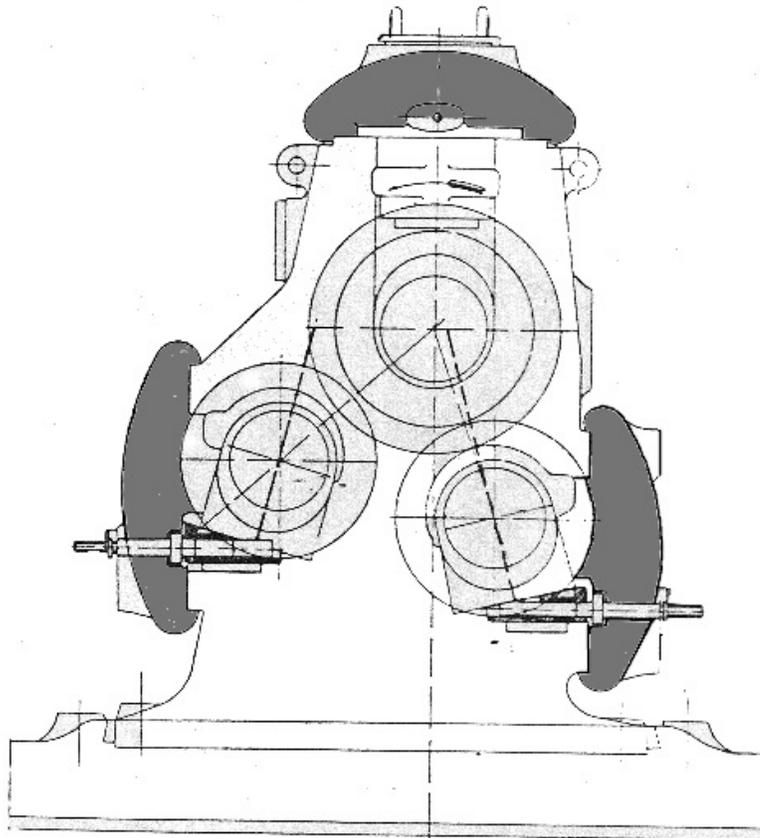
Tomando:  $c = 1.15$  se obtiene:

**Tabla VI. Variación de la carga fibrosa específica en función de la longitud de la batería**

N =	11	12	14	15	17	18	20	21	23	25
$\tau =$	11.2	11.6	12.6	13	13.8	14.2	15	15.4	16.1	16.8

En la tabla VI, que, aun tomando valores extremos como 11 y 25 cilindros, la carga fibrosa específica normal variará sólo en el 50%.

**Figura 53**  
**Medios para ajustar los molinos ( Fives - Lille )**



## **1.4 Cálculo en los molinos**

### **Ajuste de los molinos**

El ajuste de los molinos consiste en determinar las proporciones relativas más favorables que deben darse a los 3 cilindros y a la cuchilla central con el fin de obtener las mejores condiciones para la alimentación y los mejores resultados en la extracción.

Cada molino posee dispositivos (Figura 53) que permiten variar la posición en reposo de cada uno de los 2 cilindros inferiores con relación al cilindro superior. Cuando el cilindro superior se levanta contra la presión hidráulica por el empuje del bagazo.

El ajuste es una operación delicada e importante. Es indispensable un buen ajuste para obtener el funcionamiento correcto del molino, es decir, una marcha regular sin atascamiento y con una extracción conveniente.

El ajuste comprende 2 operaciones principales:

- I. El ajuste de las aberturas de entrada y de salida
- II. El ajuste de la cuchilla central.

#### **1.4.1 Ajuste de las aberturas de entrada y salida**

El cilindro de entrada es un órgano de alimentación: el de salida de presión. La abertura de entrada debe evidentemente ser más grande que la abertura de salida: Si se les da el mismo valor el paso de la caña por el molino será muy pequeño (aberturas pequeñas), o la presión muy mala (aberturas grandes)

Inversamente, si la abertura de entrada fuera muy grande, el bagazo llegaría al cilindro de salida demasiado húmedo y se atascaría o se trabajaría mal, existe entonces

bajo ciertas condiciones dadas, una relación óptima entre las dos aberturas. El problema consiste en determinar esta relación.

Este problema no tiene una solución matemática: el ajuste es en realidad un arte basado en comprobaciones empíricas. Sin embargo, si se desea llegar a una solución lógica y conveniente, son necesarios algunos cálculos, debe siempre calcularse primero la abertura trasera; con el valor de ella se calcula en seguida la abertura de entrada.

#### **1.4.1.2 Medidas de la abertura**

Las aberturas se miden por la distancia entre los diámetros medios de los cilindros considerados.

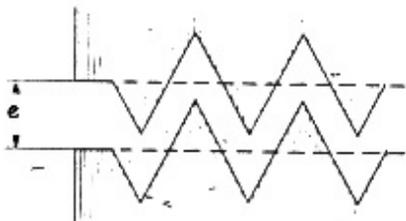
Cuando las ranuras son iguales en los dos cilindros la medida es fácil: la abertura es la distancia entre dos puntos cualesquiera de la superficie de los dos cilindros situados en su plano axial común y en el mismo plano perpendicular a los dos ejes (Figura 54).

Cuando las ranuras son diferentes debe tenerse cuidado en medir precisamente los diámetros medios, que están representados en cada cilindro por la media entre el diámetro en la punta de los dientes y el diámetro en el fondo de las ranuras (Figura 55).

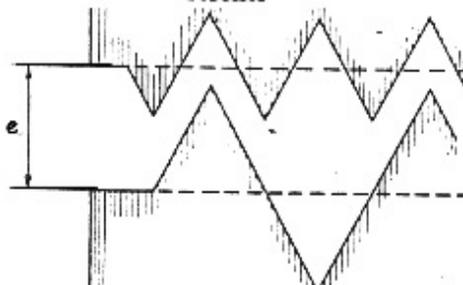
Cuando las ranuras son complejas debe calcularse el diámetro medio, que es la línea recta que sobre un corte longitudinal del cilindro intercepta igual cantidad de áreas llenas y vacías. Dicho de otra manera, el diámetro medio en este caso, es el diámetro de un cilindro geométrico que tenga la misma longitud y el mismo volumen que el cilindro del molino que se considera.

Al determinar el diámetro medio por medio de los cálculos o de dibujos, no deben considerarse las mechartes.

**Figura 54**  
Medida de las aberturas. Ranurado igual



**figura 55**  
Medida de las aberturas. Ranurado diferente



### 1.4.2 Capacidad del Tandem, ajustes y presiones en los molinos

La capacidad de digerir o procesar fibra del tandem esté relacionada con la preparación de caña, junto con el tamaño, velocidad y número de molinos instalados.

Hay otros factores a contemplar para su comportamiento en la extracción de sacarosa, como: contenido de fibra y pol en la caña, el agua de imbibición aplicada y el pol del bagazo. Todos estos factores serán presentados en una fórmula desarrollada con los años y experiencia de asesoría en distintos países.

Para obtener una extracción óptima de sacarosa hay que moler a la capacidad del tandem para procesar fibra, con los ajustes y presiones apropiados y aplicar una imbibición sencilla de 200% sobre fibra, con maceración compuesta y completa, todo el jugo del último molino al penúltimo y así sucesivamente hasta llegar delante del 2° molino.

La fórmula de carga específica (Hugot, edición 1986) para la capacidad de procesar fibra en libras / hora. También la fórmula para el comportamiento del tandem, con todos los factores relacionados anteriormente.

### 1.4.2.1 Fórmulas de capacidad

#### Carga de fibra

$$Cof = 18CNLD \sqrt{M} (1 - 0.0057N) \quad (12)$$

Col = Capacidad Nominal, Lb. Fibra/hora

C = Coeficiente preparación de la caña

N = Velocidad de las mazas, p.p.m

L = Longitud de las mazas, pies.

D = Diámetro de las mazas, pies.

M = Número de mazas en el tandem

FÓRMULA COMPLETA:

$$TCD = \frac{0.5f_p Pol_B T_c L N 12.5 / f_i \times 13.0 / Pol_C \times I_f}{200} \quad (13)$$

TCD = Toneladas cortas al día

$f_p$  = Factor de preparación, según el grado.

$Pol_B$  = % de pol en el bagazo

$T_c$  = Número de compresiones en el tandem

L = Longitud de las mazas, pies

N = Velocidad promedio del tandem, p.p.m.

$f_i$  = % fibra en la caña

$Pol_C$  = % pol en la caña

$I_f$  = % imbibición sobre fibra

Grado de prep.: 1=1.125 2=1.125 3=1.375

Nota: Esta fórmula reducida a toneladas métricas / hora

$$T.M.H. = \frac{1.536 f_p P o I_B T c L N}{(f_i)^2 P o l c} \quad \underline{lmb} \quad (14)$$

Donde lmb.= % de imbibición en caña  
L = Longitud de mazas, pies  
N = Velocidad tandem, p.p.m.

Con estas fórmulas se puede analizar la capacidad del tandem para procesar fibra y el comportamiento e Irregularidades que puedan existir en el trabajo y extracción del tandem. Como vemos, en la fórmula (13) además de la fibra y el pol en caña, contempla el pol del bagazo, relacionando directamente con la extracción del tandem.

Una vez establecida la razón de molida, los factores: tamaño, velocidad y número de molinos, así como la fibra y el pol de la caña, no podemos cambiarlos en plena zafra. En cambio, la preparación de la caña, el agua de imbibición y forma de aplicar la maceración, si están en nuestras manos.

Una buena preparación de la caña se consigue con aumentos uniformes en los conductores de caña, bien llenos y lentos. Buenos equipos de preparación, con suficientes machetes en las picadoras de caña y la velocidad en las cuchillas a 680 - 720 R.P.M., para conseguir 85 a 90% de fibra abierta con densidad de 15 a 20 lb. /pie<sup>3</sup>, dependiendo del contenido de fibra.

El bagazo, al salir de los molinos tiene mucha capacidad para absorber líquido y requiere gran cantidad para diluir el contenido de sacarosa y facilitar su extracción, al ser comprimido de nuevo.

Aquí esta la gran ventaja de los molinos Walkers de cinco mazas y las cuartas mazas instaladas sobre los molinos existentes. Por mucha imbibición y maceración que se aplique y por mucho que se quiera moler, estos molinos aceptan toda la imbibición y el 100% de jugo del molino anterior.

### 1.4.2.2 Análisis de la capacidad y trabajo del Tandem

Ejemplo: un ingenio tiene cinco molinos tamaño 36" x 78" y muele a 55 p.p.m. ¿Cuál es su capacidad nominal cuando la preparación de la calla tiene grado 2? ¿Cuál es el pol en Bagazo moliendo caña de 15% de fibra con 12.70 de pol, si se aplica 30% de imbibición?

1° La capacidad de procesar fibra usando la fórmula (12) es:

$$\begin{aligned}
 \text{Cof} &= 18\text{CNLD} \sqrt{M(1-0.0057 N)} \\
 &= 18 \times 1.25 \times 55 \times 6.5 \times 3 \times \sqrt{15} \times (1-0.0057 \times 55) \\
 &= 64,160 \text{ libras fibra/hora.} \\
 \text{T.F.H.} &= 64.160/2204 = 29.\text{tons.}
 \end{aligned}$$

En caña con 15% de fibra, representa 194 T.M.H. de calla.

2° Usando la fórmula (14) que relaciona todos los factores de la molienda, tenemos:

$$\text{T.M.H.} = 1.536 f_B \text{ Pol}_B \text{ Tc LN x lmb/fi}^2 \text{ Pol}_C$$

$$\text{Pol}_B = \frac{\text{T.M.H. (fi)}^2 \text{ Pol}_C}{1.536 f_p \text{ TcLNxlmb}}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Pol}_B &= \frac{194(15)^2 \times 12.70}{1.536 \times 1.25 \times 10 \times 6.5 \times 55 \times 30} \\
 &= 2.69 \text{ de pol en bagazo.}
 \end{aligned}$$

Al evaluar el comportamiento del tándem, si el Pol en bagazo difiere mucho del calculado, algo anormal existe: Imbibición mal aplicada, malos ajustes o poca presión en los molinos, controles deficientes en el laboratorio.

### 1.4.2.3 Ajustes en los molinos

Existen varios métodos para calcular los ajustes entre las mazas y la altura de la cuchilla central en los molinos del tandem. Todos los métodos prácticos tienen presente el volumen unitario de salida en cada molino.

El volumen unitario está afectado por el índice o grado de preparación de la caña. A mayor preparación de la caña, mayor densidad y por lo tanto, menor volumen unitario. Al pasar la caña de un molino a otro muele la fibra, aumenta la densidad bajo compresión y baja el volumen unitario. Por esto, los molinos se cierran en forma progresiva desde el primero al último.

La tabla adjunto muestra los volúmenes unitarios de salida en pies cúbicos por tonelada corta de fibra. La misma considera el grado de preparación de la caña y el tamaño del tandem, número de molinos. En la misma hoja se presenta la relación de volumen entre la entrada y la salida de los molinos cuando el molino está en operación flotando la maza superior.

Conociendo el comportamiento del bagazo a través del tandem y los volúmenes unitarios de cada molino, según el número de molinos Instalados y el grado de preparación, podemos calcular los ajustes necesarios de salida en los molinos del tandem.

#### 1.4.2.4 Ajuste o setting de salida

El volumen unitario de la tabla y las toneladas de fibra que se muelen determinan el volumen de trabajo necesario en la salida de los molinos. Conociendo este volumen así como la longitud de mazas y, la velocidad lineal de los molinos se determinan las aberturas de salida, entre la superior y la bagacera de cada molino, cuando está en operación el tandem.

$$VT = \frac{a}{12 LN} \quad (15)$$

$$VT = V_1 \times \text{toneladas fibra/min. C.F.M.}$$

$$V_1 = \text{Volumen unitario, tabla}$$

$$a = \text{Abertura trabajando pulgadas}$$

$$L = \text{Longitud de mazas pies.}$$

$$x = \text{Velocidad lineal, p.p.m.}$$

Para los ajustes o setting de salida en los molinos hay que tener presente lo que abre al flotar la maza superior, según el diseño de las vírgenes rectas o inclinadas.

Figuras 56 y 57 muestra los diagramas de setting.

En el ejemplo anterior, ver cuál es la abertura de salida en el primer molino, moliendo 194 tons/hora -

Según la tabla adjunta, cinco molinos y grado de preparación dos, tiene un volumen

unitario  $V_1$  de 72 pies<sup>3</sup>/ton. de fibra

El volumen de trabajo de salida es  $V T$ .

$$VT = \frac{72 \times 194 \times 2204 \times 15}{60 \times 2000 \times 100}$$
$$= 38.48 \text{ PIES}^3/\text{MIN de fibra}$$

Usando la fórmula (4) tenemos;

$$a = \frac{VT \times 12}{LT} = \frac{38.48 \times 12}{6.5 \times 55} = 1.292''$$

Para el ajuste o setting en reposo, hay que restar lo que cierra la superior al bajar a su posición de reposo. La flotación de la maza depende de la triangulación del molino diámetros de mazas y distancia vertical entre la maza superior e inferior. Al instalar los molinos, la línea de centro del eje de baja de la Catarina se instala más alto que el centro de la maza superior. Esta diferencia en altura depende del tamaño de los molinos y cuando se desea que la maza superior flote en operación.

Por facilidad y para no hacer cálculo para cada molino del tandem, todos los años se usan valores fijos para cada tipo de virgen. En el ejemplo, las vírgenes son rectas, la flotación es  $3/8''$  y lo que abre al flotar es .298. Por lo tanto, el ajuste o setting de salida del primer molino es  $1.292 - 0.298 = 0.994 \approx 1'' = 2.54 \text{ cms}$ .

#### **1.4.2.5 Ajustes o setting de entrada**

Las entradas de los molinos se determinan por una relación de volumen de trabajo en operación, entrada / salida. En las tablas VII y VIII se muestra una lista de relaciones

que empiezan con 2.0 en el primer molino, aumentan progresivamente y pueden llegar hasta 3.0 en el último molino del tandem.

Entre más baja se pueda usar esta relación, mejor se muele. La misma depende del rayado, agarre de las mazas, velocidades, % de imbibición, drenaje de las mazas caseras, tipo y calidad de fibra, alimentación y toneladas a moler por tamaño de mazas.

En el ejemplo visto, para un primer molino, se uso una relación de 2.00. En el molino, con el mismo largo y R.P.M. en las mazas, los volúmenes en operación de entrada y salida son directamente proporcionales. Como la abertura de salida flotando fue de 1.292", la de entrada es  $1.292 \times 2.0 = 2.584$ ". Por lo tanto, el ajuste o setting de entrada es,  $2.584 - 0.298 = 2.286$ ". = 5.806cms.

Los otros molinos se calculan de la misma forma, como los volúmenes unitarios de salida que les corresponda, de acuerdo al grado de preparación y número de molinos en el tandem. Está es la mecánica y el cálculo matemáticos que se usan para determinar los ajustes de entrada y salida del tandem.

Para rapidez, precisión y eliminar errores, estos cálculos se pueden desarrollar en computadoras, junto con otros datos e Información necesaria en los ajustes de mazas, cuchillas centrales calzos debajo de las chumaceras inferiores distancias entre mazas y otros.

**Tabla VII. VI = Volumen unitario de bagazo a la salida del molino  
(Pies cúbicos por tonelada corta de fibra)**

TAMAÑO ORADO

TANDEM	PREPAR	M-1	M-2	M-3	M-4	M-5	M-6	M-7	M-8
TRES	1	80	60	42					
	2	72	55	40					
	3	65	50	38					
CUATRO	1	80	62	50	40				
	2	72	54	43	38				
	3	85	54	41	37				
CINCO	1	80	63	53	43	39			
	2	72	56	45	41	37			
	3	SS	34	43	38	36			
SEIS	1	80	64	55	44	39	38		
	2	72	57	47	40	37	36		
	3	85	55	44	38	36	35		
SIETE	1	80	65	56	45	40	38	37	
	2	72	58	48	42	38	37	36	
	3	65	56	45	39	37	36	35	
OCHO	1	80	66	57	46	40	39	38	37
	2	72	59	49	43	39	38	37	36
	3	65	57	46	40	38	37	36	35

**Tabla VIII. Relación de volúmenes en operación (entrada y salida)**

Tamaño Del Tandem	MOLINOS							
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
3 mols.	2.00	2.30	2.50	-	-	-	-	-
4 mols.	2.00	2.30	2.45	2.80	-	-	-	-
5 mols.	2.00	2.30	2.45	2.60	2.75	-	-	-
8 mols.	2.00	2.30	2.45	2.60	2.75	2.85	-	-
7 mols.	2.00	2.30	2.45	2.60	2.75	2.85	2.95	-
8 mols.	2.00	2.30	2.45	2.60	2.75	2.85	2.95	3.00

#### **1.4.2.6 Ajuste de las cuchillas centrales**

Para las cuchillas centrales, al igual que en los ajustes de mazas, existen varios métodos para determinar su altura y el trazado. Unos hablan de un volumen de entrada igual a la del molino. Otros de un 40% O 50% mayor, otros 2 a 3 veces mayor. En algunos casos, menor entrada en la cuchilla que la del molino.

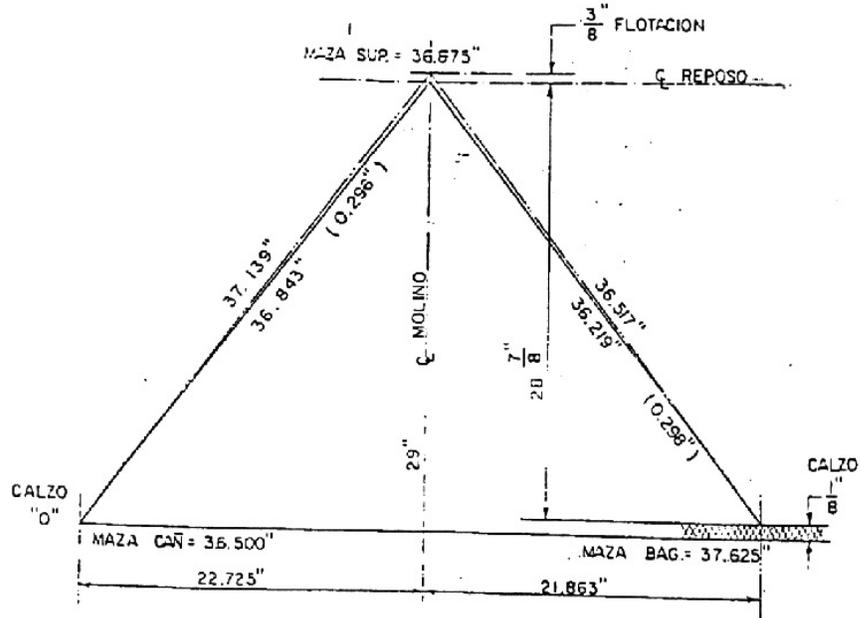
Una cuchilla muy baja ó alta ocasiona presiones excesivas y dificulta la alimentación del molino.

Una cuchilla muy baja como usar dos o más veces el volumen de entrada del molino puede ocasionar rollos en el colchón entre la maza superior y la cuchilla. Ambos extremos crean ruidos y vibraciones afectando el trabajo y la extracción del molino. En la práctica nunca hay que dar a la entrada de la cuchilla un setting menor que el de la entrada del molino, para no tener ningún punto en la cuchilla central con más presión que la existente entre la punta del rayado superior y el fondo del rayado de la maza cañera.

En los molinos con menor ajuste de entrada que el rayado de las mazas, debe dársele a la cuchilla el mismo ajuste de entrada del molino. Cuando el ajuste de entrada del molino coincide aproximadamente con el rayado de las mazas, para la cuchilla se le suma 1/4" al setting de entrada del molino. Cuando la entrada del molino es mayor que el rayado de las mazas, se le suman 1/2" al setting de entrada.

Con estas normas siempre se asegura instalar las cuchillas con un 50% a 75% de volumen adicional sobre el de entrada del molino. Se asegura no instalar las cuchillas centrales muy altas ni bajas con sus efectos negativos.

**figura 56**  
**Triangulación virgenes verticales**



**Figura 57**  
**Triangulación virgenes inclinadas**

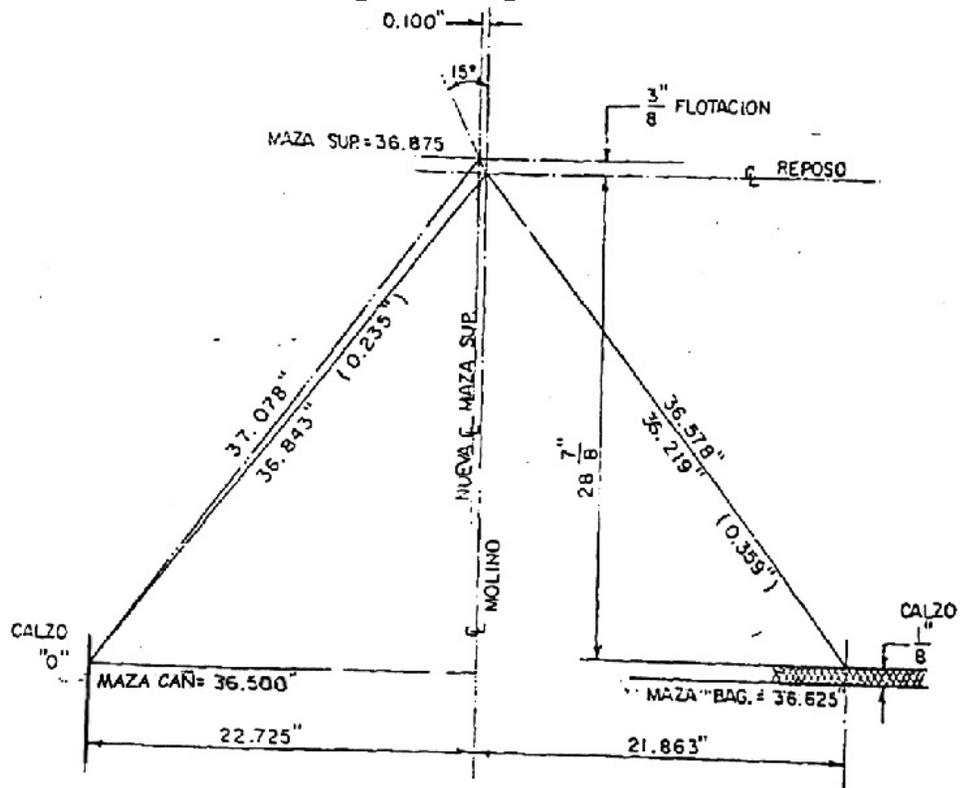
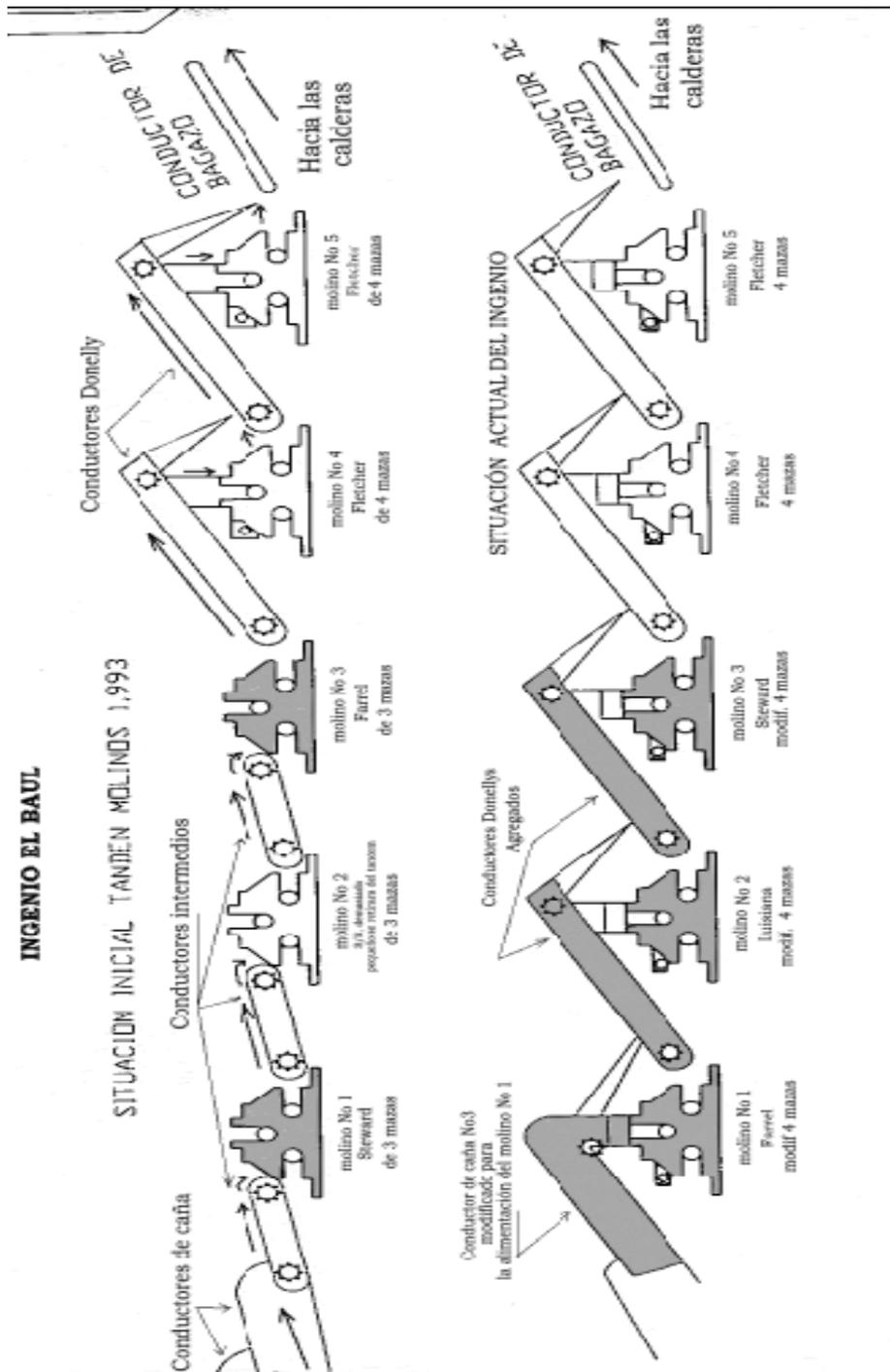


Figura 58. Dibujo del tandem antes y después de la colocación de la cuarta maza en los molinos 1,2 y 3 Ingenio el Baúl



## **2. REDISEÑO DE LOS MOLINOS**

### **2.1 Situación inicial de los molinos 1,2 y 3 de 3 mazas para modificarlos a 4 mazas**

#### **2.1.1 Situación inicial de los molinos en Ingenio El Baúl**

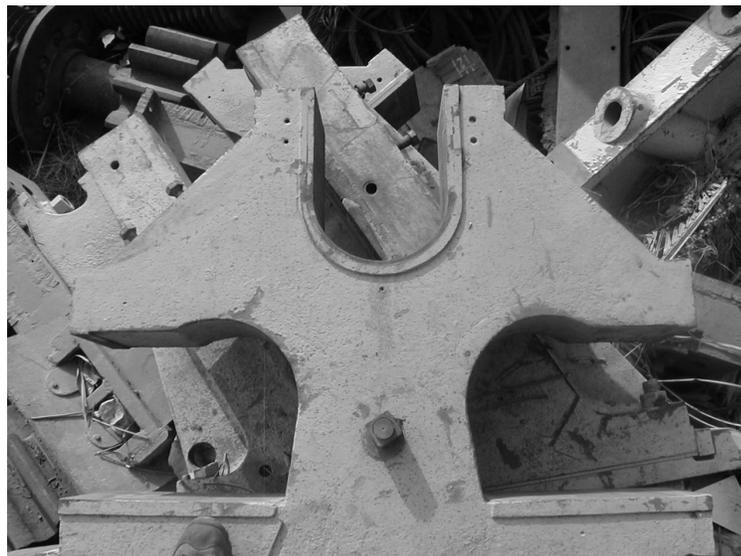
Durante los dos últimos meses de la zafra 92--93, en abril y mayo de 1993 se necesitó hacer modificaciones para el molino tres, de tres mazas a cuatro mazas en el Ingenio el Baúl, el cual estando en un constante cambio y expansión para mejorar su eficiencia y rendimiento, modificando o agregando piezas al equipo existente.

El ingenio cuenta con cinco molinos de vírgenes rectas, los cuales en esa época los primeros tres constaban con tres mazas c/u, y conductores intermedios de persiana, y los otros dos ya modificados con cuatro mazas y conductores intermedios tipo Donelly, bajo una nave que cubre tanto el tandem de molinos como sus reductores de velocidad con sus respectivas turbinas de vapor, además de cubrir dos conductores de caña (de un total de tres) y un torno de mazas.

**Figura 59. Vista de la virgen del antiguo Molino dos**



**Foto 60. Aspecto de las vírgenes del antiguo Molino dos**



**Foto 61. Vista de las mazas del antiguo Molino dos**



Uno de los problemas con los que tropezaba era que el 2do, molino (Figuras 59,60 y 61) era más pequeño que los otros(tamaño y capacidad de las vírgenes), y que los 3 primeros molinos no contaban con la 4ta maza, por lo que sus conductores intermedios no daban ninguna opción a sacar de línea uno de los molinos para una reparación sin tener que parar toda la operación de molienda, y perder demasiado tiempo de producción, los problemas más comunes que provocaban los paros de la molienda, eran que en la recolección de la caña en el campo (recolección de caña a granel) por lo general se introducían piedras de varios tamaños que a veces no eran detectadas en la descarga o a la salida de las mesas alimentadoras rumbo a los molinos, logrando pasar las 3 picadoras de caña llegando a el primer molino provocando que se atascara las maza superior y la cañera, además de que a veces cuando se descarga la caña a granel, maletado o tramado, se reventaban las cadenas que las sujetaban introduciéndose trozos de cadena en el molino atascándolo. Estos y los problemas a veces de las turbinas o los mismos conductores contribuían a tener paradas de tiempos largos. (Figura. 58)

Además que se buscaba mejorar la alimentación del molino y reducir la humedad del bagazo, reducción del pol y la eficiencia de las calderas que consumen esté bagazo. Y basándose en experiencias de sus dos últimos molinos y datos de algunos resultados en ingenios vecinos (Figura 58) muestra el orden que debe tener un tandem, y el ordenamiento de sus elementos a alcanzar, además como referencias teóricas de experiencias en ingenios en Brasil y Sur África de la implementación de la cuarta maza a sus molinos.

Se tenía contemplado el cambio de las vírgenes del segundo molino que vendría de Luisiana New Orleans, USA., al que posteriormente se le agregaría la cuarta maza teniendo mayor capacidad que el que estaba, con mazas listas de 36” de diámetro por 60” de largo.



### 2.1.1.1 Características iniciales en los molinos modificados

Los molinos 4to, y 5to, respectivamente ya modificados con la cuarta maza en años anteriores, con la asesoría de Consultores de Ingenios Azucareros, S.A. (CIASA), se contó con planos realizados por ellos para tal modificación. Los molinos de marca Fletcher de vírgenes rectas con mazas de promedio 35''(88.9 cms.) de diámetro por un largo de 60''(152.4 cms.) en las inferiores y 60<sup>1/4</sup>''(153.04 cms.) en las superiores con rayado de 2''(5.08 cms.) por un ángulo de 50° en las mazas superior y cañera además la bagacera con el mismo rayado solo que a 45°, con excepción de las 4tas, mazas con 28''(71.12 cms.), (dependiendo siempre del setting requerido, pero esté diámetro el más usual hasta cierto punto) de diámetro por 60''(152.4 cms.) de largo con rayado de 1<sup>1/2</sup>''(3.81 cms.). Los molinos cuatro Y cinco usan para el movimiento de sus cuartas mazas sprockets uno en la maza superior y otro en la cuarta maza con un diámetro de 34<sup>3/4</sup>''(88.27 cms.) para la superior y 28<sup>3/4</sup>''(73.03 cms.) para la cuarta maza, para cada molino respectivamente. Las medidas y detalle del rayado, además de la posición de la camisa de hierro fundido se pueden ver en las Figuras 26, 27 y 61 En los molinos restantes 1 y 3 los diámetros de sus mazas variarían desde 37''(93.98 cms.), 36''(91.44 cms.), 35<sup>11/16</sup>''(90.65 cms.), hasta 32''(81.28 cms.) por mencionar algunas, con un largo de 68''(172.72 cms.) y el número dos con diámetros similares a los anteriores por 72''(182.88 cms.) de largo. Todas las mazas deben ser torneadas con rayado diferencial, las superiores y bagaceras con 50° y las cañeras con 45°, eso permite un mejor drenaje de las mazas cañeras y por lo tanto mejor extracción. (CIASA), 10/8/95, Figura 27)

Todas las mazas están colocadas sobre chumaceras partidas de bronce, con entradas de aceite a presión (ver Figuras 63,64 y 65) como entradas y salidas de agua de enfriamiento.

### **2.1.1.2 Descripción del 3er. Molino “FARREL”(o Fajardo) antes de la modificación a cuatro mazas**

El molino Farrel o (fajardo) ocupaba en 1993 la posición tres, consta de dos vírgenes rectas una de acero y la otra de hierro fundido (lado opuesto al movimiento del molino, Figuras 66, 67 y 68), y cada una con una altura de  $80\frac{3}{4}$ ”(205.105cms.) por un ancho de 102”(259.08cms.) y un espesor de 18”(45.72cms.), provista de 2 cabezotes superiores y 4 tapaderas laterales,(monos superiores y monos laterales o inferiores) 1 superior y 2 laterales para cada virgen, como en todos los molinos de extracción de jugo de caña ó guarapo cuentan con las bases donde van colocadas las mazas mismas que para que mantengan una presión, de extracción máxima de jugo posible van colocados en las maza inferiores unas tapaderas laterales o monos inferiores, de forma rectangular con bordes redondeados sujetos por dos pernos, en cada extremo que mantendrán la maza inferior segura pero, un tercer perno central que podría ser un sistema hidráulico, es el que le dará el setting según se necesite. En el caso de las mazas superiores cuenta con un sistema diferente ya que interiormente cuenta con un cilindro o pistón que mantiene cierta presión sobre la maza superior para la mejor extracción del guarapo (Figuras. 9, 10,11, 12), contando esta maza con un movimiento de flote cuando pasa por debajo de ella el bagazo. La tracción del molino a través de coronas en los extremos de cada eje o flecha de la maza del lado derecho (ver Figura 69 con detalles de la corona y forma de los dientes) del tandem, el movimiento es transmitido desde una turbina de vapor Elliott -2DYR ser, de 400 hp, con una velocidad rotacional de 4000 rpm y 160 psi, luego le sigue un reductor de alta marca FARREL con un ratio igual a 11.129, luego continúa acoplándose a un reductor intermedio FARREL DR--65, con un ratio de 18.554, pasando a un reductor de baja formado por una Catarina y un piñón de 90 dientes y 32 dientes respectivamente, con un ratio de 2.8125 teniendo un ratio total de engranes de:

$$RT = 11.129 \times 18.554 \times 2.8125 = 580.746$$

La relación del ratio de la catalina y el piñón está simplemente dada por:

$$\text{Ratio} = \frac{90}{32} = 2.8125$$

Luego se acopla el otro extremo de la catalina ala maza superior del molino a través de un eje corto de acero llamado **entre dos** de 88” (223.52cms.) de largo con los extremos virados 45° como se observa en las Figuras 18, 19, 20 y 22 este a su vez en cada extremo, es acoplado con un dado de hierro fundido de forma cilíndrica con un agujero por en medio de forma cuadrada que une los extremos como se observa en la Figuras 18, 19 y 23 se hacen de este material por si hubiese algún trabón o atascamiento en las mazas, el esfuerzo entre los ejes barrería los dados de hierro fundido evitando que algún eje se rompa por el efecto de torsión.

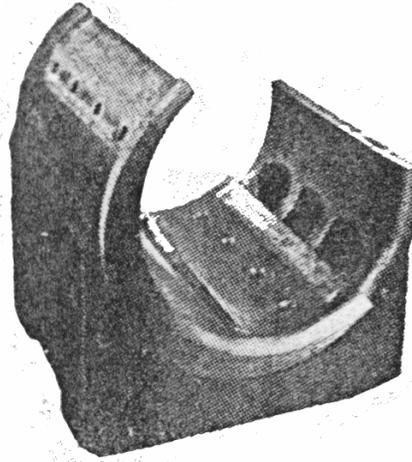
La velocidad de trabajo del molino finalmente se calcula de la siguiente manera, teniendo una velocidad de trabajo normal de la turbina de 3800 rpm. entonces:

$$\text{Velocidad rpm del molino} = \frac{3800 \text{ rpm}}{580.746} = 6.543 \text{ rpm}$$

Teniendo una velocidad final aproximada de **7 rpm**.

Este molino posteriormente se traslada ya con las modificaciones de la cuarta maza, a la posición del molino uno, (Figuras 70,71 y 72) modificando el bancazo de concreto existente, esto se realiza teniendo en cuenta que este molino tiene mayor capacidad que los demás.

**Figura 63. Chumacera de bronce de una maza inferior, ligeramente desplazada para mostrar los canales de circulación del agua**



**Figura 64. Chumacera de una maza inferior con cojinete de bronce**



Figura 65.

Bronces superiores. La mitad del bronce superior está colocada junto a la mitad del bronce inferior (Fives- Lille )

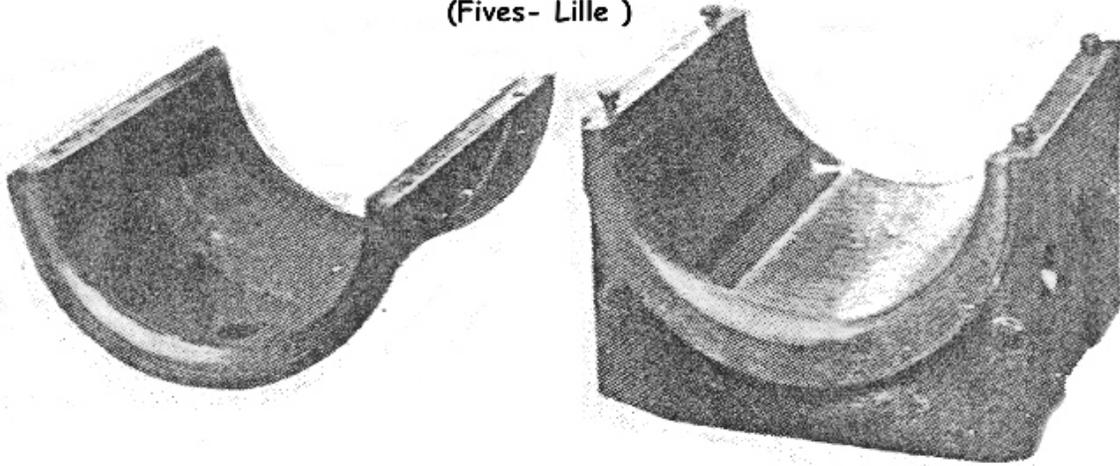


Figura 66. Cotas de virgen molino farrel

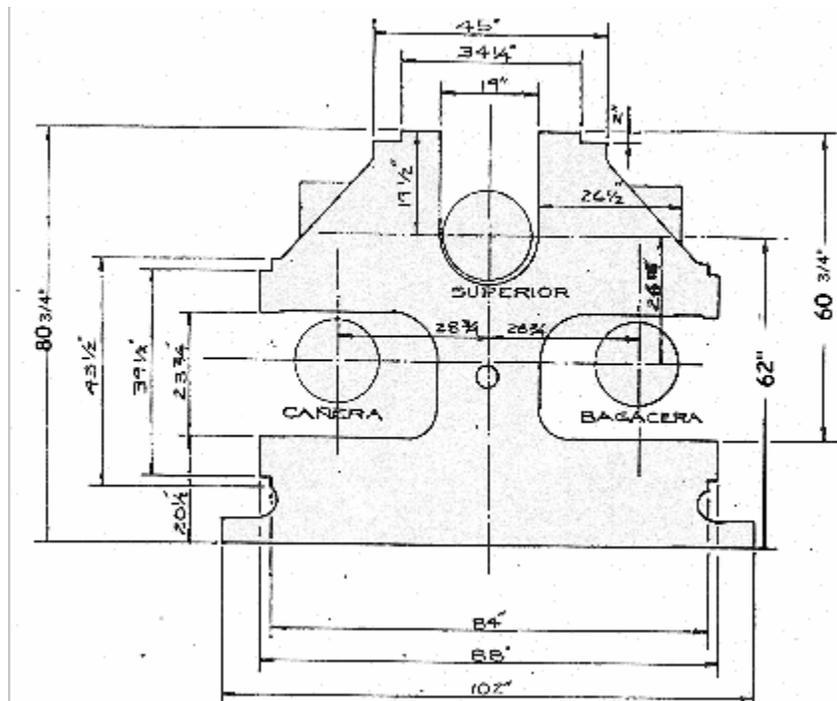


Figura 67. Cotas virgen molino farrel

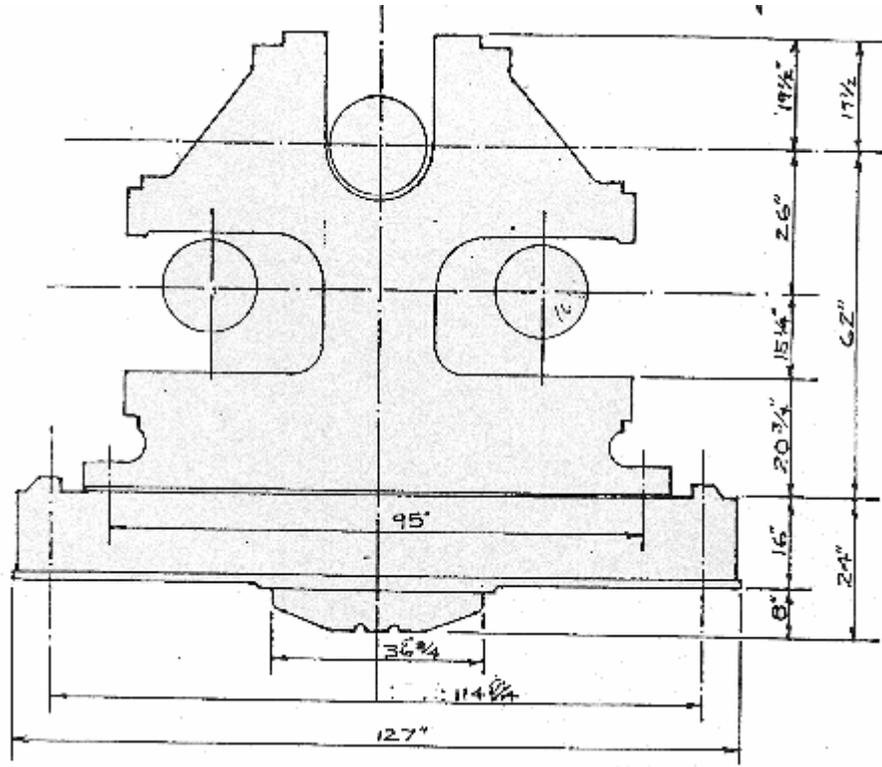
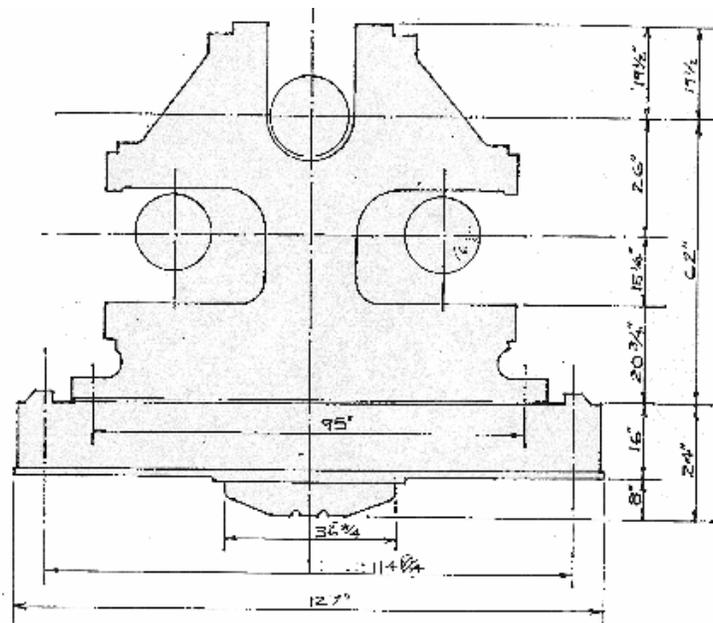
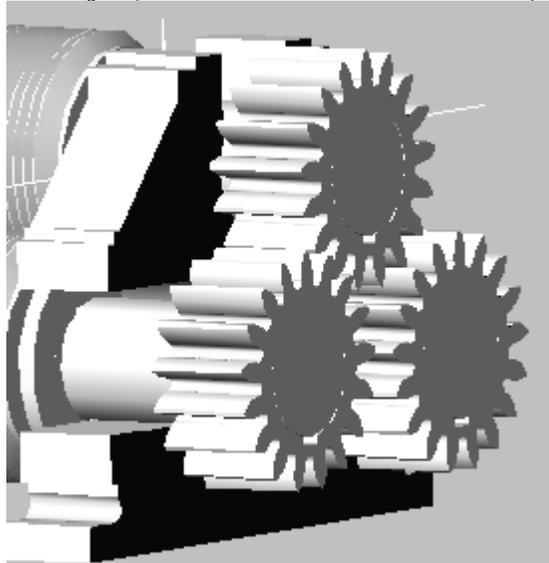


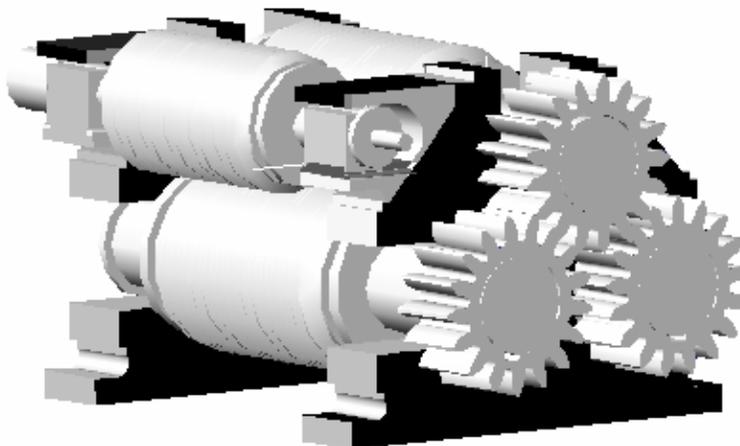
Figura 68. Cotas virgen molino farrel



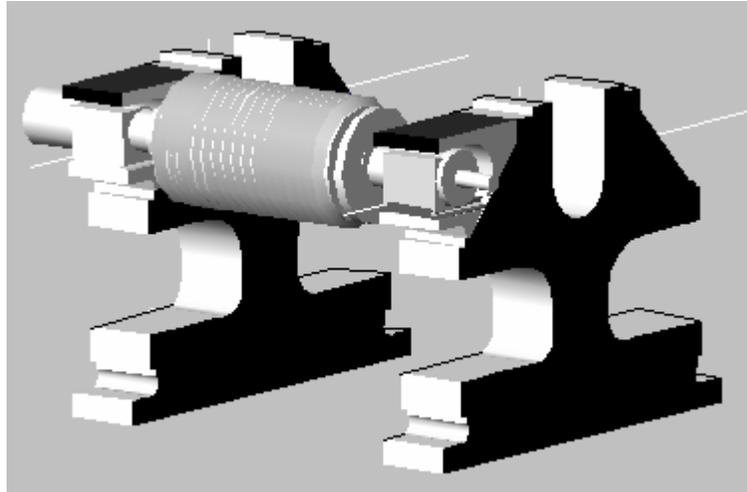
**Figura 69.**  
**Forma en que obtiene tracción en las mazas a través de las coronas en el extremo del eje. (Molino farrel con tres mazas)**



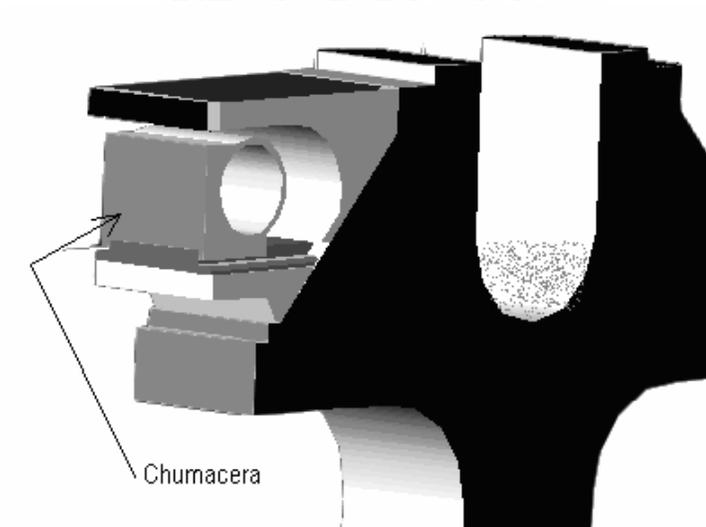
**Figura 70.**  
**Molino uno Farrel con su cuarta maza colocada**



**Figura 71. Proyección de las vírgenes del molino uno, con la cuarta maza colocada**



**Figura 72.**  
Proyección de la base que sostiene la 4ta. Maza en el molino uno, se aprecia su chumacera circular sobre la base



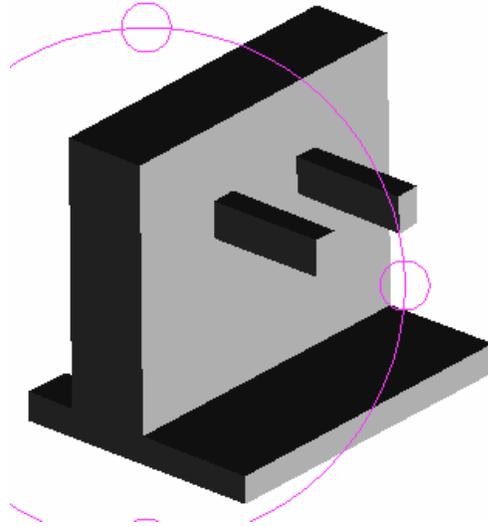
### 2.1.1.3 Características del molino 2 (Luisiana)

El molino “LUISIANA”, como se le llamo al principio por provenir del estado del mismo nombre en Estados Unidos, destinado a ocupar la posición del molino dos en el tandem existente, debido a que el que trabajaba en su lugar era ya muy pequeño para las exigencias de producción como lo era el diámetro de sus mazas que no se podían incrementar, por lo que se removió (Figuras 58,59,60 y 61 ) y se fundió una nueva base de concreto y bancazos de metal sobre los cuales descansaría, ( Figuras 73, 74, 83 y 84) además de las bases de concreto y bancazos para su turbina y reductores de velocidad.

El molino cuenta con dos vírgenes rectas de acero mismas que fueron modificadas con la cuarta maza antes de ser instaladas en sus respectivas bases, teniendo una altura de  $87\frac{1}{4}$ ”(221.62cms.), por un ancho de 80”(203.2cms.), y un espesor de 17”(43.18cms.), (ver Figura 75) provistas de los cabezotes superiores hidráulicos, y de los monos o tapaderas laterales, transmitiendo el movimiento desde una turbina de vapor WHITON--BRBCS, de 500 hpb, con rotación de 4200 rpm (velocidad del disparo) y 185 psi. Acoplada a un reductor de velocidad de alta (reductor de alta) marca MURRAY con capacidad de 840 hp y un ratio de 7.9687, con una reducción de 3600 rpm, además de un factor de servicio de 1.66, se acopla a otro reductor intermedio LUFKIN D912 SER.52 con capacidad de 450 hp y un ratio de 18.0, con una reducción de 1170 rpm y un factor de servicio de 1.74, acoplándose a la reducción de baja consistente en una Catarina de 97 dientes y un piñón de 24 dientes con un ratio de 4.042 ya que:  
$$\text{ratio} = (97 / 24) = 4.04166$$

También se verificó su velocidad de trabajo teniendo en cuenta, los datos anteriores se procedió a hacer un cálculo, para determinar si la velocidad requerida para el molino, estaría dentro del rango de lo requerido de 6 a 8 rpm con el equipo disponible,

**Figura 73. Aspecto de una sección de la base del molino dos**



**Figura 74. Proyección de la base con sus respectivas vírgenes del molino dos.**

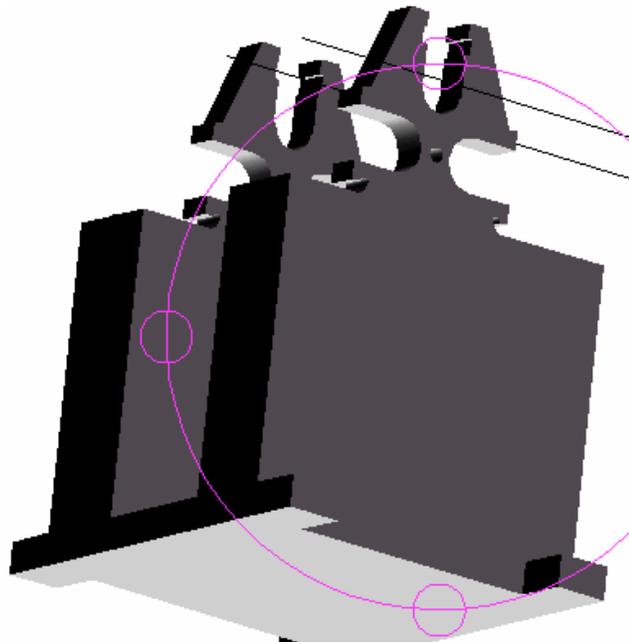
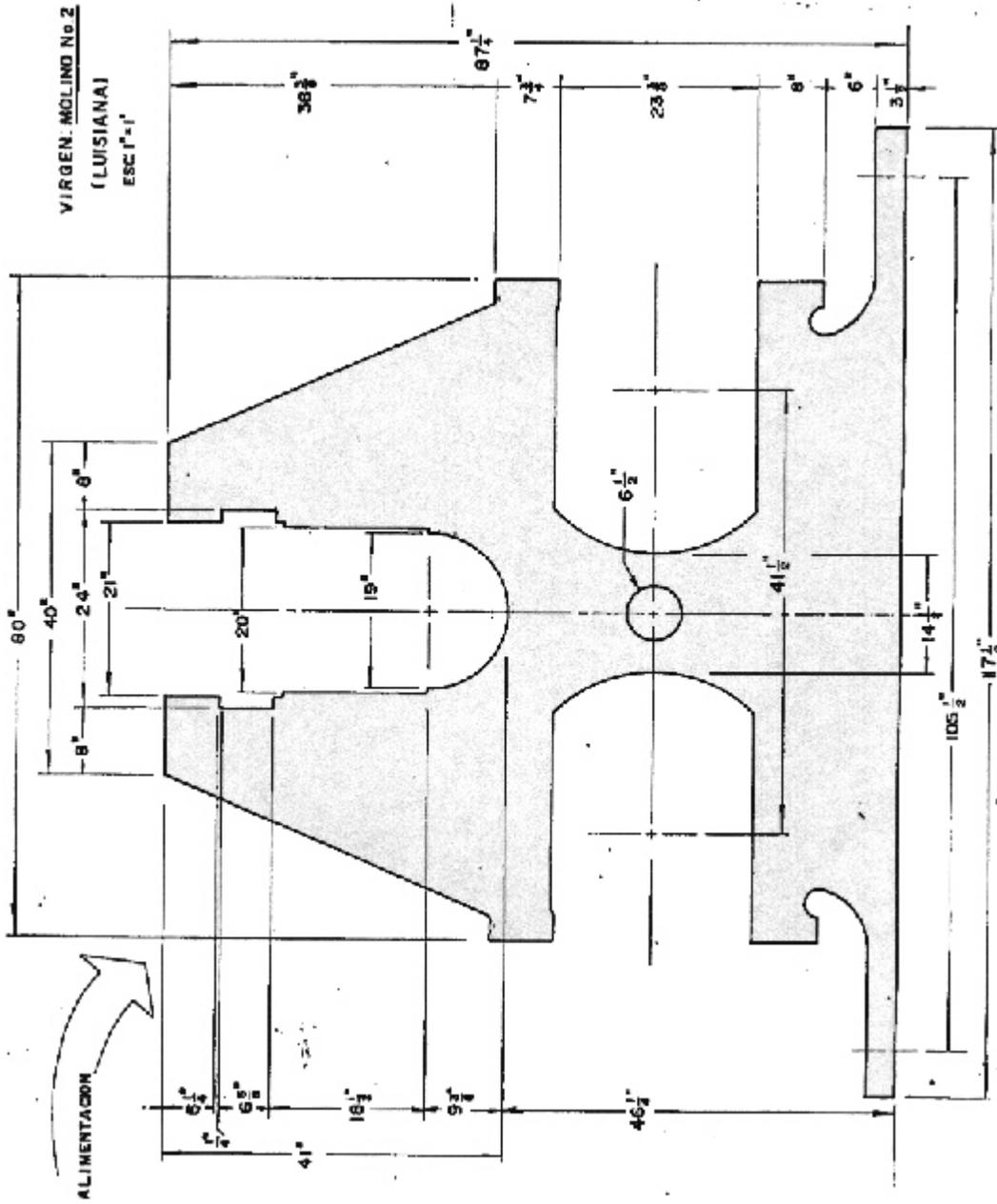
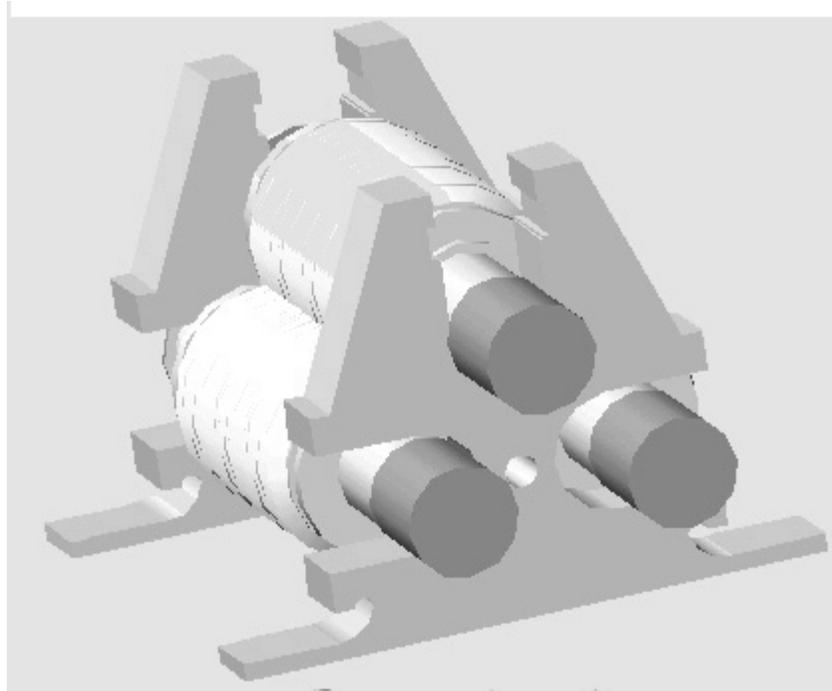


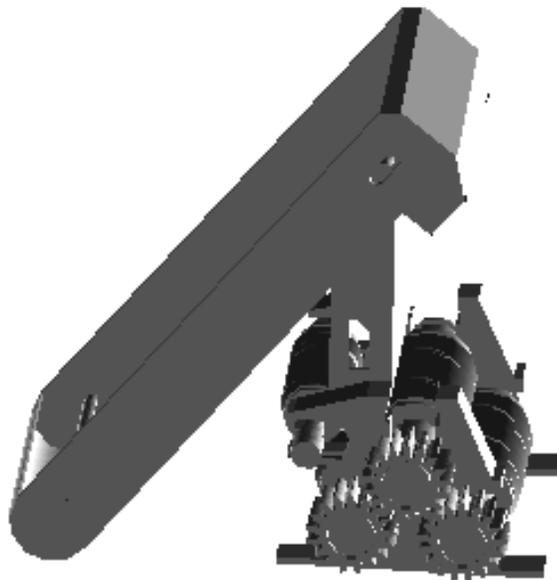
Figura 75. Cotas de virgen de molino dos



**Figura 76. Dibujo del molino dos con sus tres mazas en posición**



**Figura 77. Vista del molino dos con su respectivo donelly alimentador**



De lo contrario se tendría que modificar o cambiar algún elemento. Por lo que se procedió a determinar que:

Teniendo un ratio total de:

$$\text{De donde ratio} = \frac{\text{rpm conductor (driver)}}{\text{Rpm conducido (driven)}}$$

$$RT = 7.9687 \times 18.0 \times 4.4706 = 641.248$$

El ratio se puede tomar como una relación de las velocidades en los engranajes que están en contacto.

Por lo que con este dato podemos encontrar la velocidad del molino en r.p.m. teniendo la velocidad de la turbina de 4200 r.p.m., entonces se calcula:

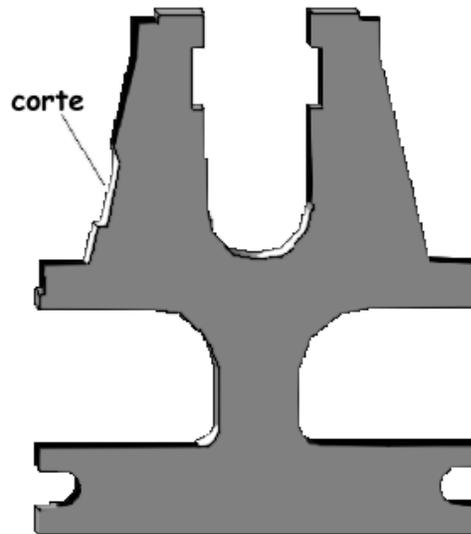
$$\text{Vel. del molino} = \frac{4200 \text{ rpm}}{641.248} = 6.55 \text{ rpm}$$

Por lo que la velocidad se aproxima a 7 rpm en el molino. Luego como en los otros molinos se quedara acoplado de la siguiente manera: el eje entre dos, al eje de la catalina con el eje de la maza superior del molino sujetado por las coplas o dados.

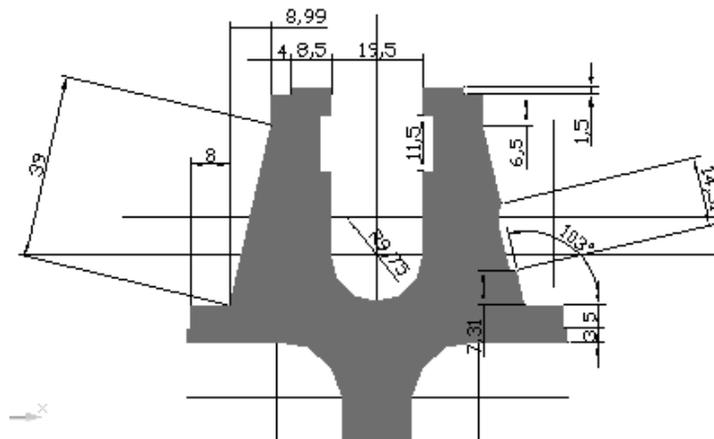
### 2.1.1.4 Características del molino tres (Duncan & Stewart o Concepción)

El molino STEWART o “CONCEPCIÓN” por haber sido del Ingenio Concepción, Escuintla lugar de donde se traslado al ingenio EL BAUL desde julio de 1989. (Sin modificación de la cuarta maza).

**Figura 78.** Aspecto de la virgen del molino tres y del corte realizado, para la colocación de la base para cuarta maza



**Figura 79.** Cotas de la virgen del molino tres Duncan & Stewart





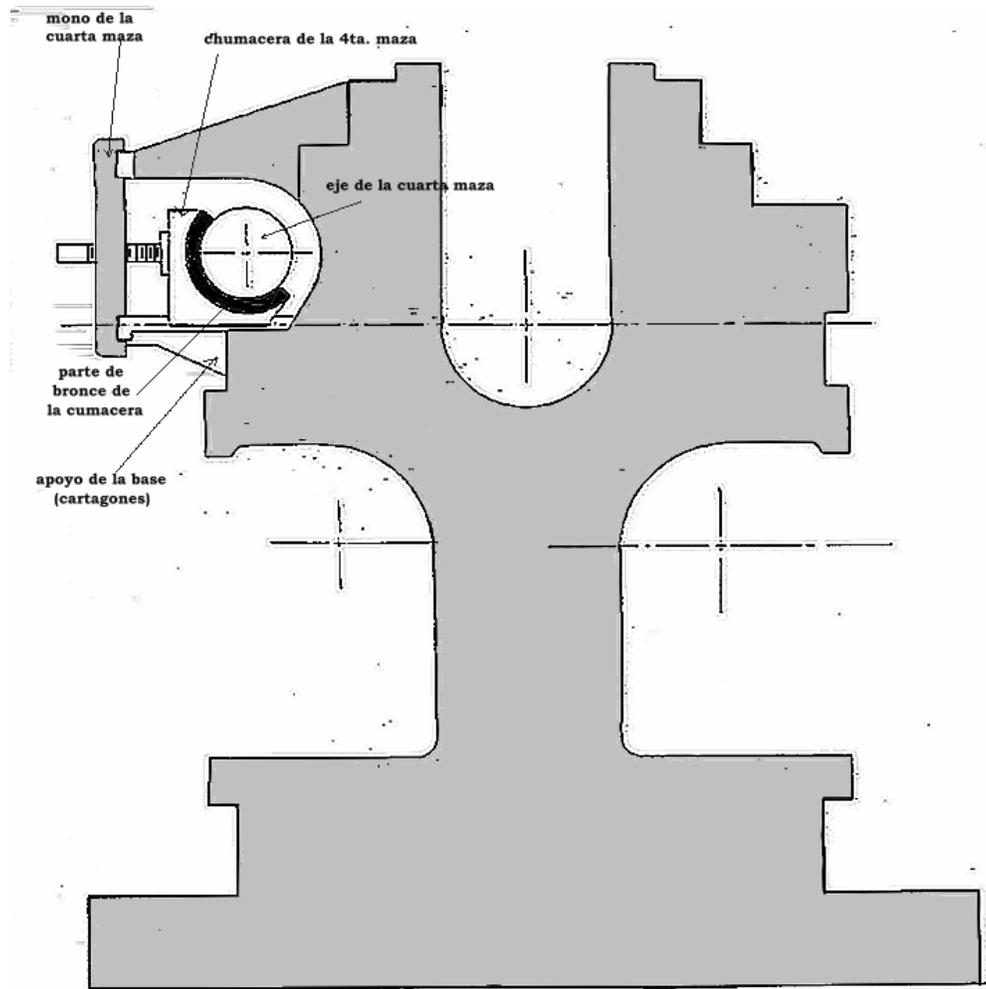
De donde la velocidad del molino es de 6 rpm, y como lo molinos anteriores se acopla el eje de la Catarina por medio del eje entre dos al extremo del eje de la maza superior asegurado por las coplas o dados, como se ve en la Figuras 18 y 19 este molino cuenta también con sus cabezotes superiores hidráulicos que como los otros molinos están conectados a unos cilindros que contienen el aceite hidráulico que rodean una vejiga de caucho (part # 702998 kit rpr 10 gal, si os--IBA, marca Greer, modelo 702-998). Con presiones hidráulicas de trabajo de 2000 psig o 125 ton/ ft<sup>2</sup>, la carga del botellón o cilindro de 1800 psig. Además de sus monos o tapaderas laterales mecánicas.

Este molino se cambio luego a la posición tres, modificando su bancazo tanto en la parte de las vírgenes como en la parte de la turbina, reductor y Catarina.

#### **2.1.1.5 Características de los molinos cuatro y cinco, Fletcher**

Estos molinos de iguales características de vírgenes rectas marca FLETCHER, ya modificados con la cuarta maza por lo que también usaban los conductores intermedios DONALLY. Usando mazas de 60”(152.4cms.) de ancho aunque posteriormente en la reparación de 1996 se modificaron a 72”(182.88cms.),(también la abertura de las vírgenes), contando con turbinas de vapor PETER BROTHER HOOPETER, de 355 bhp, con 4000 rpm y 160 psi, acopladas a reductores de alta ANGUS con capacidad de 355 hp y con un ratio de 40, no utilizando reductores intermedios pero si reductores de baja ANGUS Box número uno de 355 hp de capacidad con un ratio de 18.9753 de 100 rpm. (Figuras 81 y 82)

Figura 81. Dibujo de la virgen de los molinos cuatro y cinco Fletcher



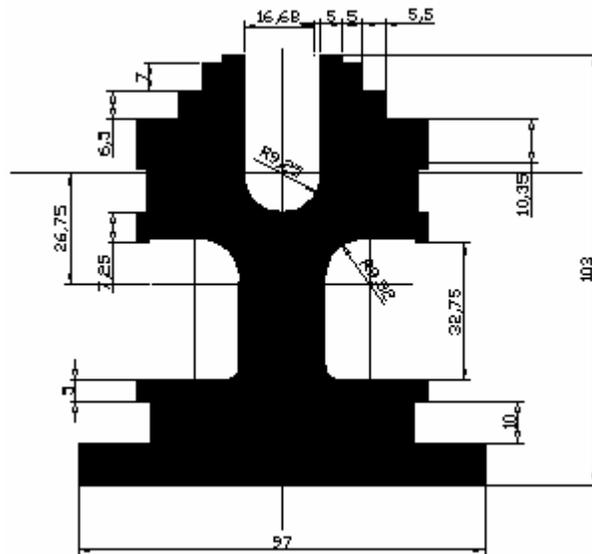
Teniendo un ratio total de engranes de  $RT = 40 \times 18.9753 = 759.01$

De donde al calcular la velocidad del molino teniendo la velocidad de la turbina de 4000 rpm nos da 5.27 rpm por lo que subimos a 4200 rpm la velocidad de la turbina sin llegar al desboque para luego calcular la nueva velocidad del molino, siendo esta:

$$\text{Velocidad del molino} = \frac{4200 \text{ rpm}}{759.01} = 5.53 \text{ rpm}$$

Con lo que se aproxima la velocidad de 6 rpm. Estos molinos como los otros se acoplan por el eje entre dos a la maza superior de cada uno, además de contar con sus cabezotes hidráulicos superiores y sus tapaderas laterales o monos.

**Figura 82. Cotas de vírgenes de los molinos cuatro y cinco Fletcher**



## 2.2 Rediseño de los molinos a cuatro mazas

Al inicio de los trabajos se contó primero con analizar algunos documentos relacionados con las modificaciones a realizar, así como también los planos de la cuarta

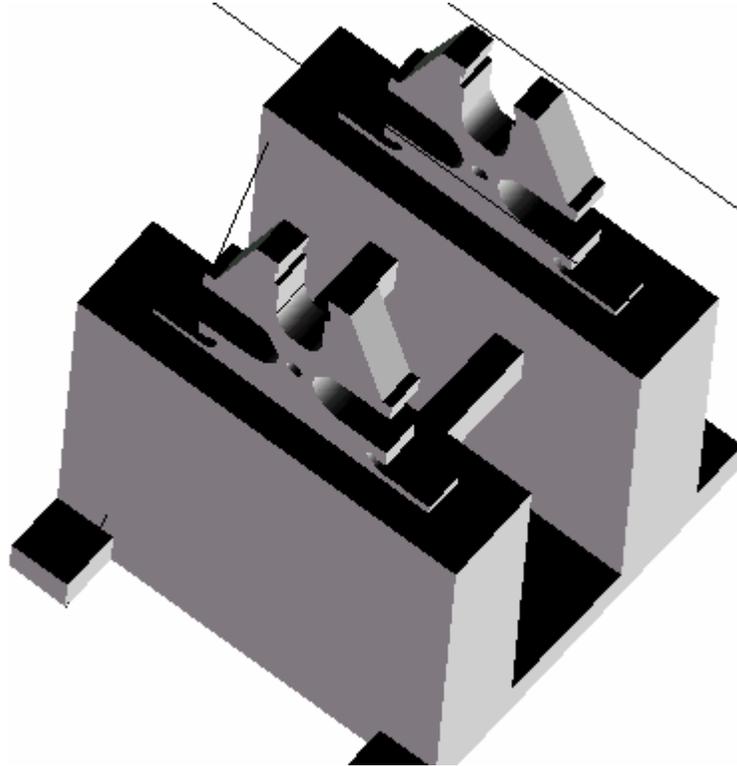
maza hechas a los molinos cuatro y cinco, para iniciar se toma como referencia la línea horizontal del centro de las cuartas mazas de los molinos cuatro y cinco para así estandarizar los centros de las cuartas mazas y superiores de los molinos uno, dos y tres esto conforme se iban modificando.

### **2.2.1 Modificaciones hechas a los molinos**

Se inicio con el molino tres, el cual se traslado hacia la posición del molino uno, por tener más capacidad para colocar mazas de mayor diámetro las vírgenes de este molino se colocaron en esta posición, luego al molino dos, se modifico el bancazo del molino ya que el existente en ese momento tenia vírgenes pequeñas y estaba más cerrado con mazas de 30" (pulg.)(76.2 cms.) de diámetro por 56" (pulg.)(142.24 cms.) Ver Figuras 59,60 y 61 de largo y el cimiento de concreto muy pequeño para el molino a instalar, por lo que se demolió la antigua base y este nuevo cimiento se hizo con un volumen aproximado de  $2,741.1826 \text{ mt}^3 = 96,840.498 \text{ pie}^3$  de concreto, la forma y medidas se observan en la Figuras 73 y 74 se hizo un sobre diseño a nivel estructural debido a que no se contaba con datos técnicos de los molinos, como peso de las vírgenes, esfuerzo, torsión, factores de vibración, peso del bagazo en la molienda y sobre todo el tiempo, ya que no hay una sola actividad a realizar ni tiempo que perder en pruebas ya que todo debe estar listo en 6 meses, solo quedo hacerlo con un calculo simple de emparrillado y zapatas y con la experiencia de construcciones anteriores.

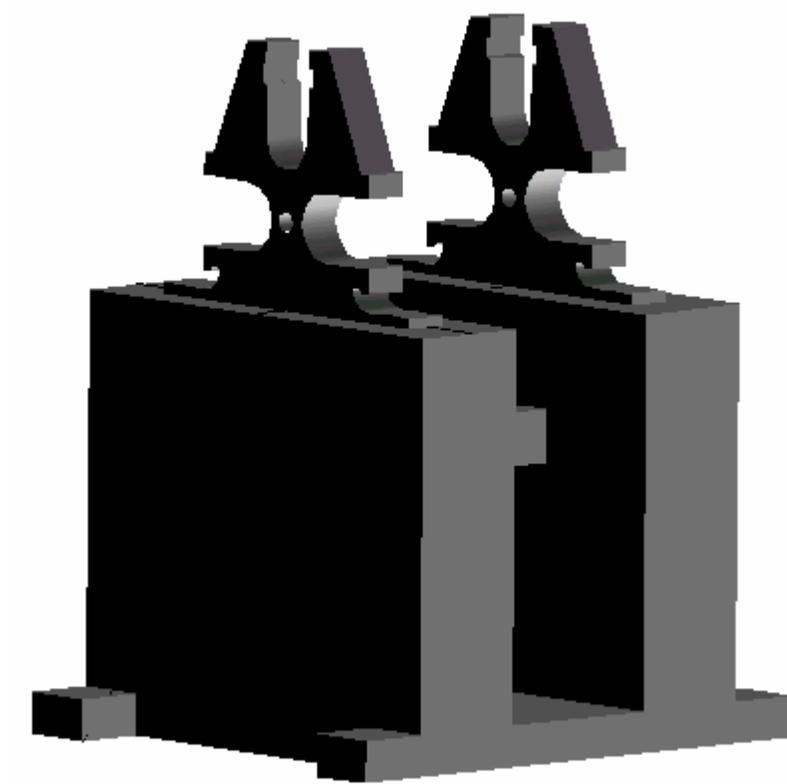
Después del montaje de las vírgenes en dichas bases se realizaron chequeos en las paredes de dicha base y no se encontraron ningún tipo de gietas o fallas del tipo estructural, se trato de utilizar materiales con la mejor calidad y proporción como la mezcla de piedrin arena y cemento, y varillas de acero de 1"(2.54cms.) de diámetro.

**Figura 83. Planta en proyección de la base de molino dos, con las vírgenes colocadas, se puede apreciar el pasillo entre ellas.**



En las proyecciones a continuación figuras 83 y 84 realizadas en Autocad son una vista grafica del trabajo realizado en dichas bases, teniendo una mejor idea de lo descrito anteriormente, el trabajo original de estos proyectos se realizaron en papel calco de la manera tradicional, regla “T”, escuadras, rapidografos, etc., y con las medidas de campo, algunos dibujos y bosquejos están incluidos en este trabajo tales como figuras 117 a 135 en adelante, que fueron extraídas de los planos originales y que como había que dirigir el trabajo, ordenar material casi siempre se dejaban a lápiz, solo para referencia de medidas para cortar y armar las piezas, posteriormente los datos guardados y esquemas se realizaron en Autocad para poder mostrar con claridad alguno detalles.

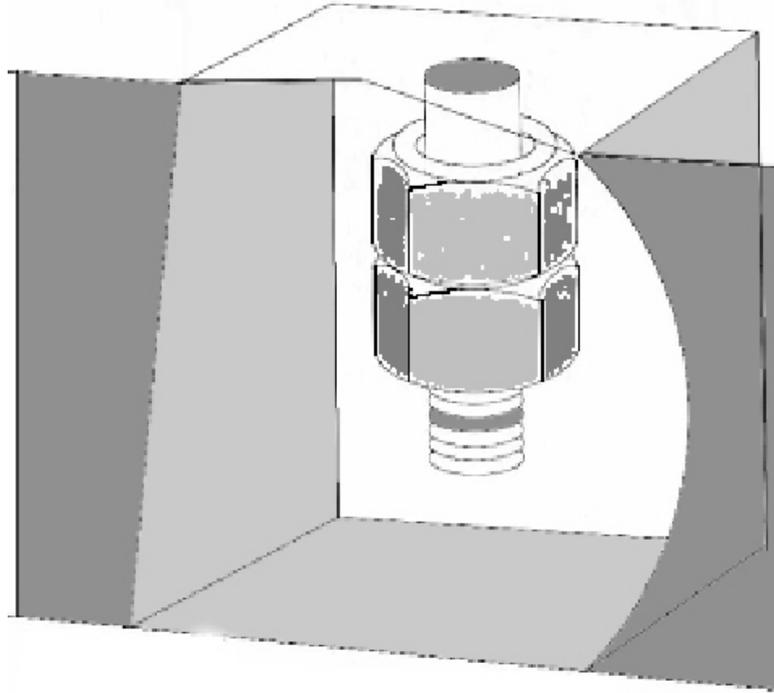
**Figura 84. Proyección de la base y vírgenes del molino dos, se aprecia el pasillo entre ellas**



Además de la posición de las vírgenes. En la parte interior de la estructura se dejó una especie de pasillo por donde se pueda inspeccionar los pernos de anclaje del molino, ya que se colocaron al final del mismo, tuercas roscadas para ajustes en caso de aflojarse estos (ver Figura 85).

Al ensancharse el molino también hubo que retroceder la posición de los reductores de velocidad y la turbina, por lo que también se agregó otro cimiento para el reductor de alta y la turbina.

**Figura 85. Nicho en la parte inferior de la base del molino dos para cada uno de los pernos que sujetan las vírgenes**



Antes de iniciar los trabajos de medidas primero fue necesario observar los molinos cuatro y cinco con cuarta maza instalada, y se procedió a tener una explicación previa por los jefes de maquinaria y mecánicos antiguos verificando a la vez el funcionamiento de cada una de las partes instaladas para la cuarta maza, con lo que se inició a sacar las medidas y hacer un dibujo a escala de la virgen del molino a modificar, en un principio se tomaron medidas del molino uno (que paso a ser el tres) ya que de estos molinos como el del número tres (que paso a ser el número uno) no se contaba con planos de sus medidas generales debido a que el diseño de las vírgenes era distinto para cada molino no así en los molinos cuatro y cinco a excepción del dos, que se tubo un esquema previo a su llegada al ingenio.

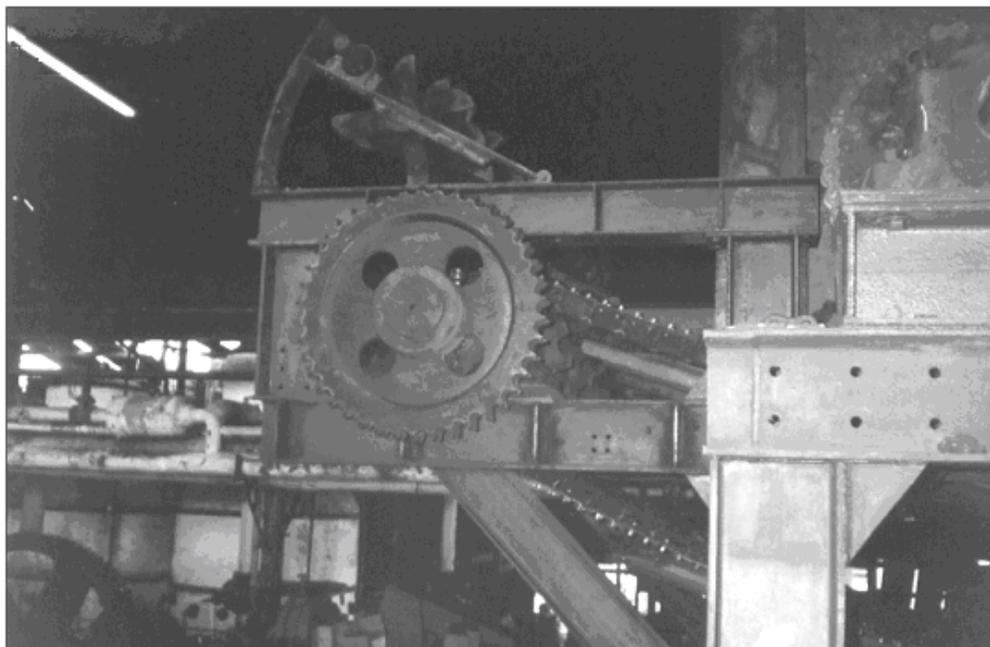
Teniendo las medidas y bosquejos se procedió a realizar los planos correspondientes, siguiendo el orden que tenían los planos anteriores (molinos. cuatro y cinco) modificando algunas vistas y formas de los elementos a instalar, luego de dibujados los

primeros planos se pudieron tener más criterio para trazar los siguientes planos en los restantes molinos.

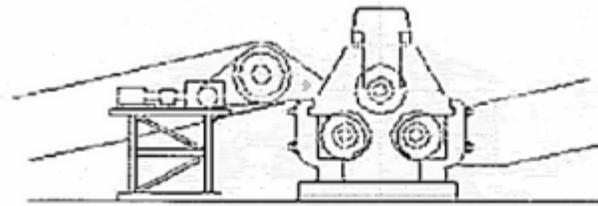
Al inicio de estos trabajos también se realizaron trabajos de medición y dibujo de otras áreas como lo fueron el área de centrifugas, donde se modificaron la posición en la que se encontraban las que estaban ya trabajando y otras por instalar haciendo para ello planos de su cimentación, otras como las calderas donde también se tuvieron cambios.

Se tubo para el molino uno, primero el cambio de vírgenes y su cuarta maza, luego se modificó la entrada de la alimentación basándose en las observaciones que se hicieron al molino uno del ingenio PANTALEON, se adapto y modifiko de tal manera que no ofreciera ningún problema con la posición de la última picadora. (Figuras 58, 86,87,88 90 a la 96)

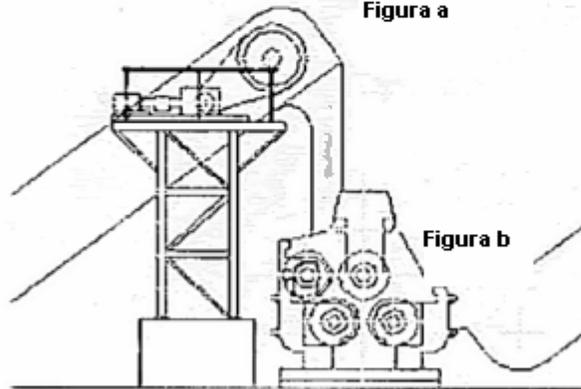
**Figura 86. Vista del cabezal del conductor sobre el molino uno.**



**Figura 87. Idea inicial de alimentación del molino uno, a-forma tradicional de alimentación al molino uno con tres mazas, b-con cuatro mazas**



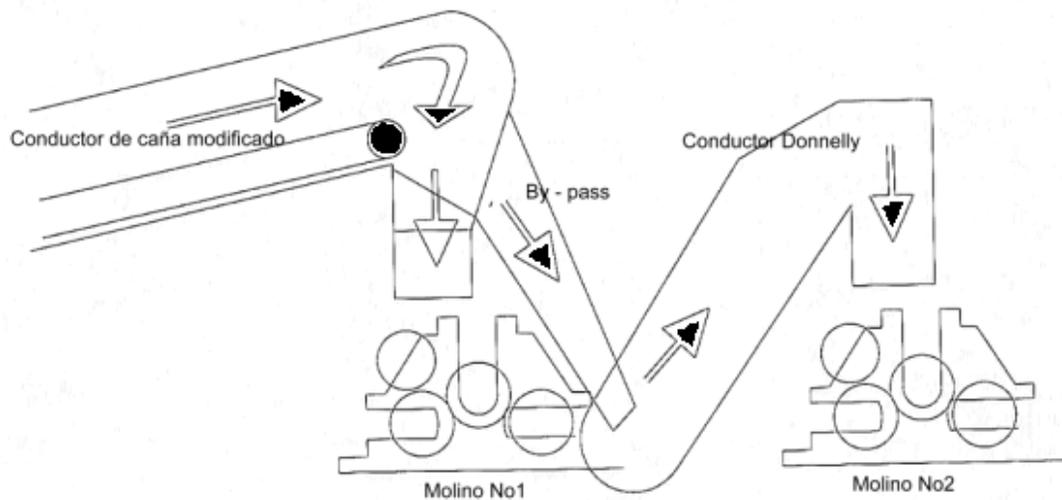
**Figura a**



**Figura b**

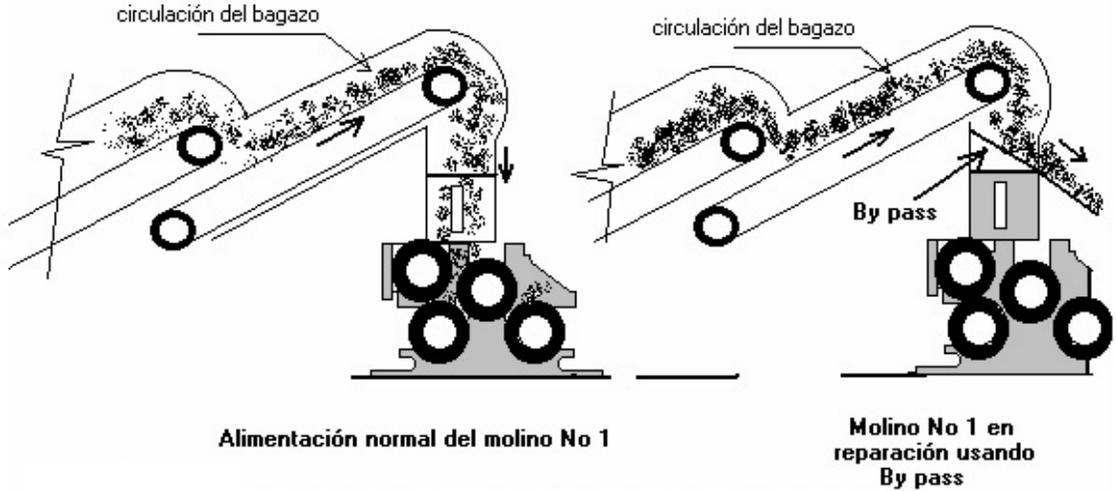
Se observa la alimentación de un molino No1  
Con 3 mazas tradicionales y con 4ta. maza

**Figura 88. Idea final de la forma de alimentación al molino uno, con 4 mazas**



Dibujo de la idea final para la alimentación del molino No 1, y su by - pass

**Figura 89. Forma de alimentación del molino uno, adaptado al conductor de caña haciendo la función del conductor donelly, implementado con su by pass**



**Figura 90. Trabajos de ajuste sobre el conductor que alimentara el molino uno realizados por el Señor Cristóbal Montiel+**



**Figura 91. Ajustes Finales en conductor sobre el Molino uno.**



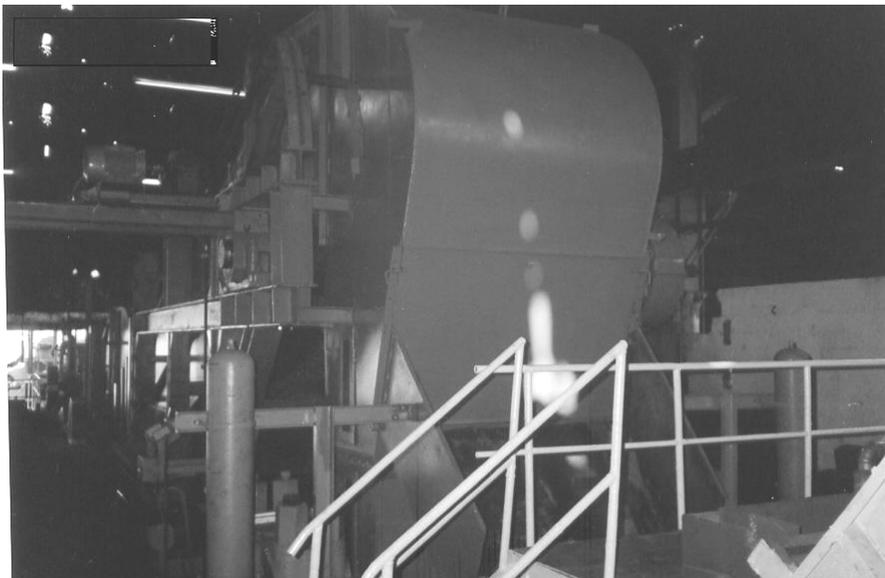
**Figura 92. ajustes del conductor sobre el Molino uno.**



**Figura 93. Conductor sobre el molino uno, en fase final**



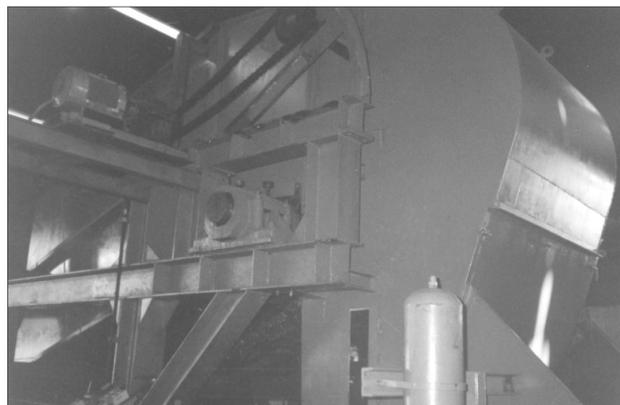
**Figura 94. Conductor sobre el molino uno, terminado**



**Figura 95. Prueba del ángulo del by-pass, conductor sobre el molino uno**



**Figura 96. Aspecto del conductor sobre el molino uno, finalizado**



En las Figuras de la 86 a la 96 se observa a grandes rasgos la construcción del conductor que alimenta el molino uno, y su diseño se basó prácticamente por la

observación de uno similar que se adaptó en el ingenio para mejorar la alimentación del molino uno al agregársele la cuarta maza, además de colocar un by-pass para que en el momento de reparación del molino se pueda by-pasear o puentear para evitar paradas innecesarias de la molienda.

### **2.2.2 Conversión de un molino de 3 a 4 mazas, en forma teórica**

El siguiente ejemplo sirvió de base para lograr mejorar el diseño para los molinos uno, dos y tres modificados, el cual afirmo que la experiencia a realizar era la mejor para ese momento.

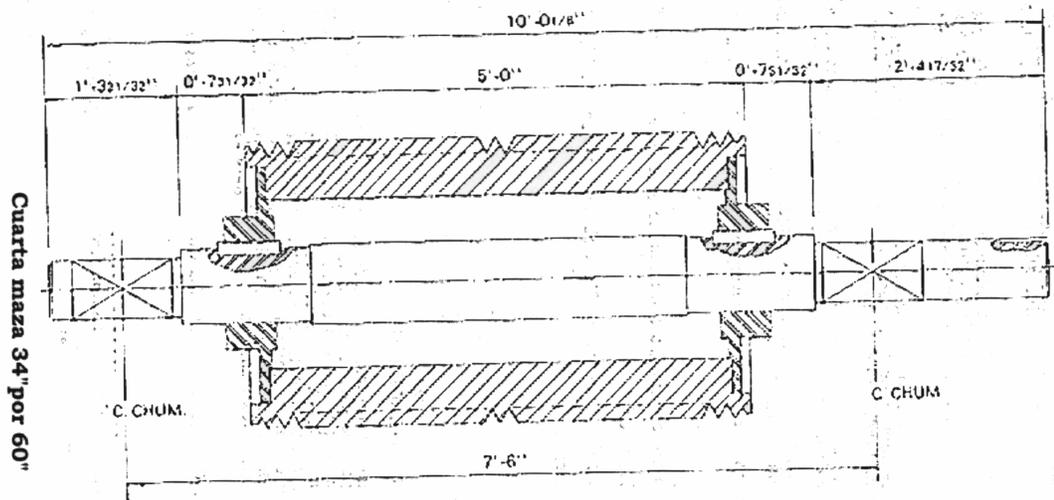
Básicamente, un molino de cuatro mazas está conformado por los mismos elementos de un molino convencional de tres mazas más la cuarta maza o rodillo alimentador con su respectivo chute de alimentación.

La cuarta maza consta de un casco de hierro fundido montado, por medio de los flanches laterales, sobre un eje de acero; tiene un diámetro menor y una longitud igual a la de la maza superior, su rayado es igual al de las otras mazas del molino, de tal forma que los dientes del rayado, coinciden con los valles de la maza superior. (Figuras 97, 29, 34)

La cuarta maza gira aproximadamente a la misma velocidad lineal de la maza superior, sobre dos chumaceras de acero, con bujes de bronce de tipo partido, para facilitar su desmontaje; con lubricación conectada al sistema centralizado de los molinos.

El movimiento es suministrado a partir de la maza cañera por medio de dos Sprockets y una cadena de transmisión, lo cual facilita el ajuste de la maza a la posición requerida (Figura 99).

**Figura 97. Cuarta maza de 34 pulgadas por 60 pulgadas**



La adición de la cuarta maza requiere efectuar reformas en la alimentación del molino convencional, la cual se realiza por medio de un chute vertical.

Los elementos necesarios para la reforma de un molino convencional, a un molino de cuatro mazas son los siguientes:

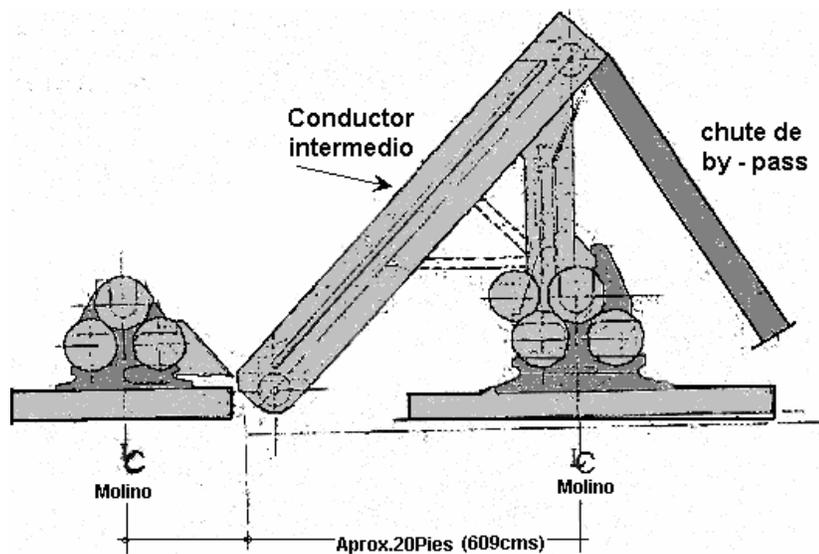
- 1 Eje de acero de  $\phi$  9''(22.86cms.) x 10' 0 ''(304.8 cms.) longitud
- 1 Casco de hierro fundido de 32''(81.28cms.)  $\phi$  x 60''(152.4cms.) de longitud con ranurado de 2''(5.08cms.) x 50°.
- 2 Flanches laterales de fijación al eje principal.
- 2 Chumaceras partidas, en acero con bujes de bronce de 7''(17.78cms.)  $\phi$  x 12''(30.48cms.) de longitud y anillos de tope.
- 2 Sprockets tipo RC200 de 23 y 25 dientes.
- 1 Cadena tipo RC200

- 2 Soportes laterales para chumacera.
- 1 Raspador tipo cuchilla.
- 1 Chute de alimentación vertical.

### 2.2.2.1 Modificación de un molino convencional

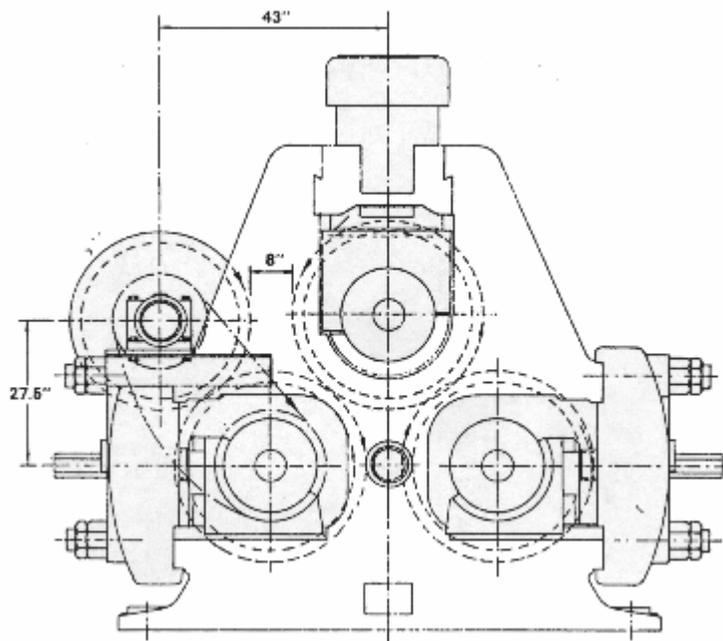
Para lograr la conversión de un molino de tres mazas a uno de cuatro, se requiere unas condiciones mínimas, la mayoría justificadas por espacio, debido a la necesidad de cambiar el tipo de alimentación, la cual se efectuará por la parte superior del molino. El tipo de conductor que más se adapta a esta forma de alimentación es el **DONELLY**, el cual regularmente es montado con un ángulo aproximado de  $45^\circ$  de tal forma que el fondo del chute de alimentación pueda formar un ángulo máximo de  $37^\circ$  con respecto a la vertical del eje de la cuarta maza y pueda proveer suficiente altura para una correcta alimentación. Estos parámetros nos llevan a una distancia mínima recomendable entre molinos de  $20' 0''$  (609.6cms.) y una altura libre de aproximadamente  $17' 0''$  (518.16cms.), (Figura 98).

**Figura 98. Sistema de molinos de cuatro mazas con conductor tipo donelly**



En lo que al molino en sí respecta, se necesitan reformar, en caso de ser necesario las tapas laterales, las cuales deben ser cepilladas en su parte superior, con el fin de dar capacidad para instalar los soportes de las chumaceras, estas últimas deben tener suficiente espacio para desplazarse, de forma tal que pueda acercarse o alejarse de la maza superior y permitir dar el ajuste (Setting) correspondiente. De esto último deriva la importancia de la transmisión de movimiento de la cuarta maza por medio de Sprockets y cadena, pues al hacerse por medio de piñones engranados, se limitaría el ajuste a lo permitido por el engrane (Figuras 99,144 y 145).

**Figura 99. Molino de 36 x 60 pulgadas (91.44 x 152.4 centímetros)**



La ubicación de los soportes para las chumaceras de la cuarta maza debe ser de tal forma, que el eje de ella esté entre 0" y 1 1/2" (3.81cms.) abajo de la línea central de la maza superior. (Figura 99). La posición de acercamiento o alejamiento horizontal de la cuarta maza depende del cálculo del ajuste (Setting). Cabe anotar que se encontrará siempre un punto mínimo de acercamiento horizontal, que será aquel, donde la cuarta

maza toque la maza cañera. A partir de este punto, será necesario calzar la cuarta maza y buscar un nuevo punto de aproximación.

### 2.2.2.2 Cálculo del setting de la cuarta maza

El cálculo de mayor importancia en el ajuste para la cuarta maza, es el espacio libre, horizontal, entre ella y la maza superior. Por norma del fabricante esta distancia debe ser de cinco a siete veces la abertura (Setting) de la bagacera en operación. A pesar de que algunos estudios recomiendan reajustar el Setting del molino bajando la relación de entrada a la salida, luego de la implantación del sistema de cuatro mazas, el Ingenio Risaralda Colombia, no experimentó con esta posibilidad, debido a los buenos resultados obtenidos, simplemente con el cambio del sistema convencional.

El Setting del molino de cuatro mazas, entonces se calcula de la manera convencional, utilizando el método de Farrel, para este caso se supuso un primer molino.

<b>SC</b> = 2 1/2”(6.35cms.)	:		Setting Cañera
<b>SB</b> = 1”(2.54cms.)	:		Setting Bagacera
<b>FL</b> = 3/8”(0.95cms.)	:		Flotación
<b>S4</b> (min.)	=	5 x (1” + 3/8”):	6 7/8”(17.46cms.)
<b>S4</b> (máx.)	=	7 x (1” + 3/8”):	9 5/8”(24.45cms.)

Un buen valor para este Setting sería **S4** = 8”(20.32cms.)

Para el cálculo de los Sprockets a usar, se tiene en cuenta que la velocidad lineal de la cuarta maza debe ser aproximadamente igual a la de la maza superior.

Velocidad: Maza Superior = 4.59 R.P.M.

Velocidad: Maza Cañera = 4.59 R.P.M. (conductora)

Velocidad: Cuarta Maza =  $(\frac{25}{23}) \times 4.59 = 5.0$  R.P.M.

Velocidad lineal 4a. Maza =  $\frac{5.0 \times 34 \times \pi}{12} = 44.5$  pie/ min.

Velocidad lineal maza sup. =  $\frac{4.59 \times 37 \times \pi}{12} = 44.4$  pie/min.

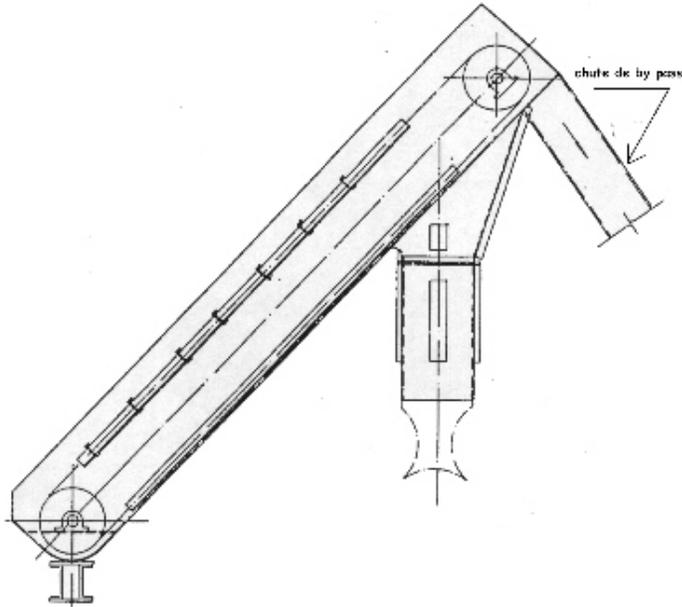
De donde:

$$\text{Vel} = \frac{\text{Vel de la maza} \times \text{Diam, de maza} \times \pi}{\text{Dividido 12 para convertir, pulgadas en pies}}$$

### 2.2.2.3 Conductor Donelly

El conductor tipo Donelly es sencillamente un conductor de bagazo convencional, con tablillas de arrastre y una inclinación aproximada de 45°. La velocidad de transporte es de 120 pies / min., sus tablillas están separadas cada 24”(60.96 centímetros ). Es importante anotar que debido al tamaño de las cañas, en el primer molino, fue necesario aumentar el espacio a 42”(106.68 centímetros), entre tablillas y evitar los tacos en el eje de mando por el retorno de las mismas. (Figura 100).

**Figura 100. Conductor donelly y chute de bypass**



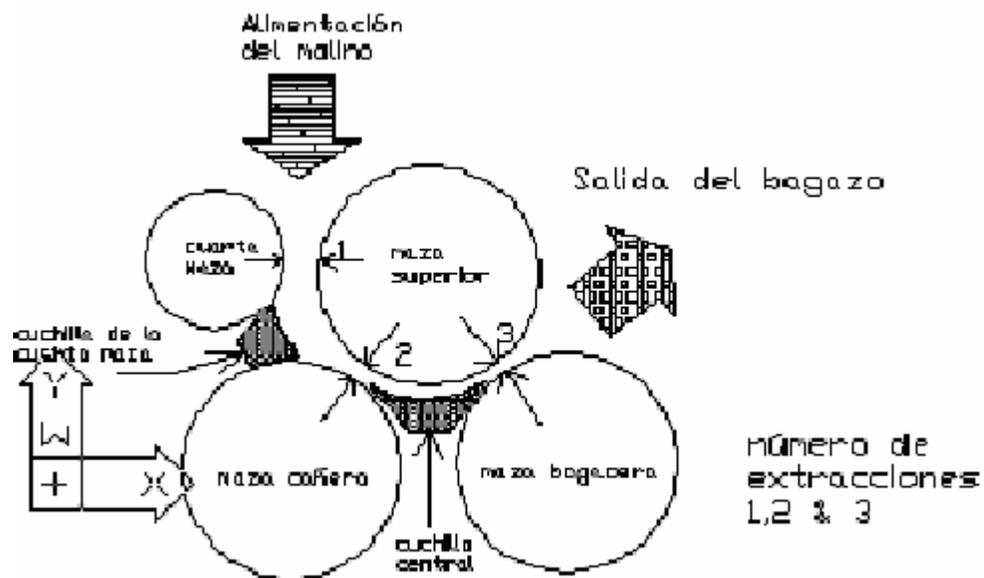
#### **2.2.2.4 Ventajas de un molino de 4 mazas:**

1. Aumento de la capacidad de molienda de aproximadamente 10%, por desarrollar el sistema de alimentación forzada.
2. Disminución del tiempo perdido, al desaparecer casi por completo los tacos en el molino.
3. Aumento de la extracción del molino al uniformizar el colchón de bagazo.
4. Permite realizar bypass en el tandem al utilizar el conductor tipo Donelly, aprovechando la altura obtenida sobre el molino que recibe la carga.
5. El valor de construcción de un conductor intermedio Donelly es ostensiblemente menor que el de intermedio de estera.

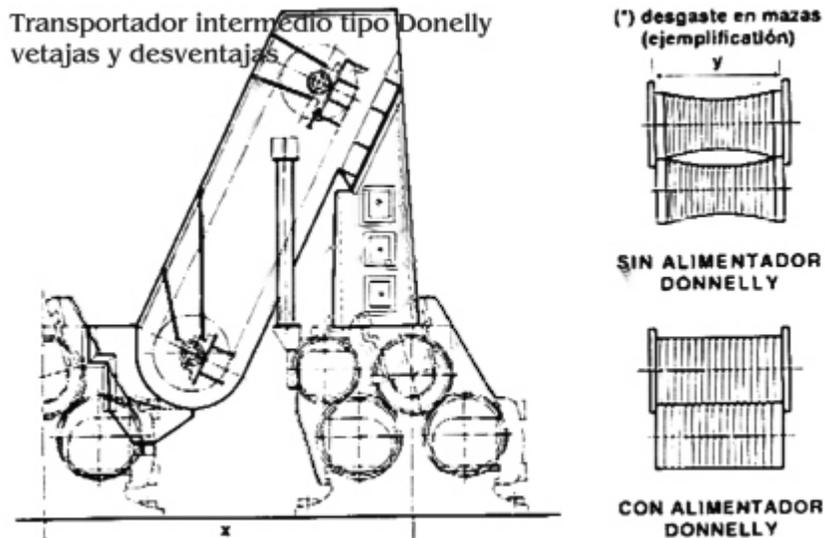
6. El costo de mantenimiento en un conductor Donelly es un 25% menor que en los conductores de estera. El tiempo y las labores de limpieza son mucho menores.
7. La disposición de los conductores Donelly deja mucho espacio en la parte inferior, lo que permite realizar mejor labor de inspección, mantenimiento y limpieza.
8. El conductor Donelly no permite la salida de bagazo o bagacillo por la parte inferior, lo cual sí ocurre con los conductores intermedios de tablilla.

La única desventaja que se ha encontrado es que la disposición de la cuarta maza no permite fácil acceso a la medición del Setting en el lado cañero, y el desgaste cónico de las mazas. (Figuras 101 y 102)

**Figura 101. Forma en que trabaja un molino de cuatro mazas**



**Figura 102. Transportador intermedio tipo donelly**



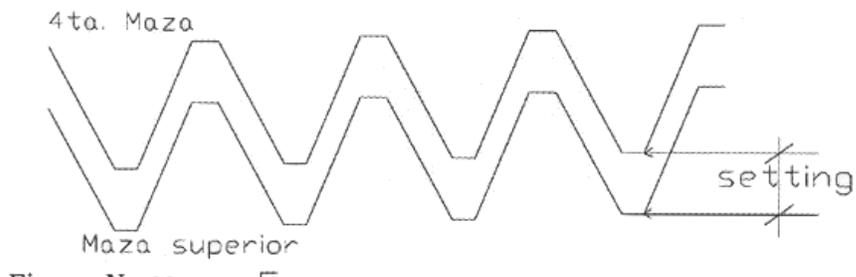
### 2.2.3 Características del rediseño en cada molino Ingenio El Baúl

Para realizar los planos de las modificaciones de la cuarta maza hechas a los molinos de tres mazas, primero se procedió a medir las distintas vírgenes y crear planos de estas ya que no existían datos de referencia para iniciar el rediseño.

Los planos para el molino número uno, (al principio el tres) se realizaron con el siguiente contenido: plano uno PARTE INTERIOR SUPERIOR DE LA VIRGEN: Detalle de instalación de la 4ta. Masa, en el cual se encuentra el dibujo de una de las vírgenes con la posición de sus mazas con un diámetro aproximado, estos detalles corresponden para cada una de las vírgenes del molino (se detallaron los dibujos de estos planos en las siguientes Figuras de cada molino Figuras 106 en adelante); partiendo del eje horizontal de la maza superior se toma una medida de 8" (20.32cms.), hacia arriba para trazar el eje horizontal de la cuarta maza mismo que esta ubicado en los molinos cuatro y cinco, haciendo con ello que los ejes horizontales de las mazas superiores y cuartas mazas sea el mismo para todos a lo largo de el Tandem de molinos, (ya que el diseño de las vírgenes en cada

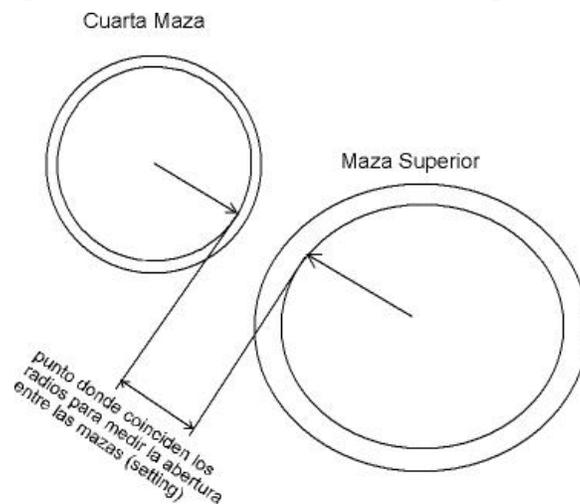
molino no es el mismo a excepción de los molinos cuatro y cinco) . El nivel de las 8”(20.32cms.), arriba del eje horizontal de la maza superior fue calculado sobre la base del diámetro máximo que se utilizaría en el cilindro de la cuarta maza, (aprox. 30”=76.2cms.) con lo que sirvió de base para dejar una abertura o setting entre la maza superior y la cuarta maza o sea la entrada de la alimentación (donde se da la primera extracción y a la vez donde se mide el setting), un máximo de 11”(27.94cms.) y un mínimo de 6” (15.24cms), con el diámetro indicado en la camisa de la cuarta maza variando estas aberturas según el diámetro de la camisa o el desgaste que esta sufriera durante las zafras, Esto se observa con más detalle en la Figura 103 y la forma de la medición del setting. Se puede observar además con detalle las tapaderas laterales para una de las vírgenes que cubren una especie de cajuela, en la parte superior como se observa también en la Figuras 105,106 y 113. Tanto esta tapadera como la plancha superior fueron hechas de lamina de una pulgada (2.54 cms) de grueso, y se les soldó una barra cuadrada de dos por tres pulgadas (5.08 x 7.62 cms) por dieciocho pulgadas (45.72 cms) de largo, con dos agujeros con rosca de diámetro de una pulgada y media, (3.81 cms) para sujetar la tapadera o mono de la cuarta maza. En el diseño de los molinos cuatro y cinco

**Figura 103. Forma en que se mide el setting entre mazas**



Se propuso que el movimiento de la maza para graduar el setting fuera hidráulico, pero por razones de equipo y costos se optó por un sistema mecánico como el que se observa en la Figura 106, accionado por un espárrago de 19<sup>1</sup>/<sub>2</sub>" (pulg.) (49.53 cms) por 2" (pulg.) (5.08 cms) de diámetro con sus respectivas contratueras y un tope en un extremo, se localiza al centro del mono (Figura 105) y centrado a su vez en la espalda de una chumacera de caja cerrada, el cual teniendo uno en cada extremo del eje de la cuarta

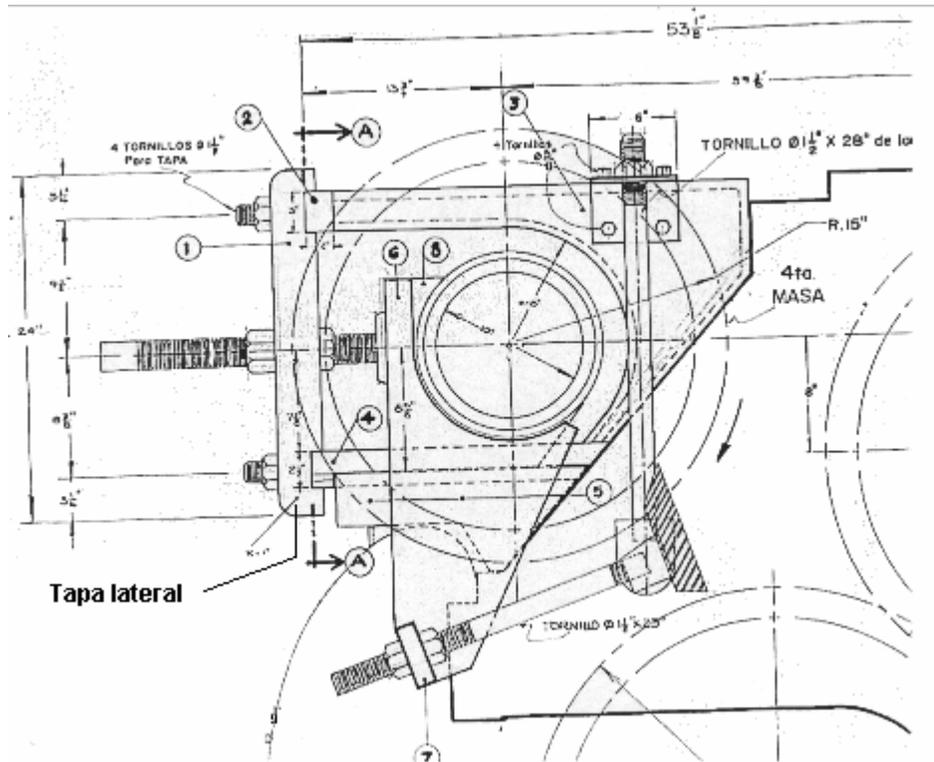
**Figura 104. Forma de medir el setting**



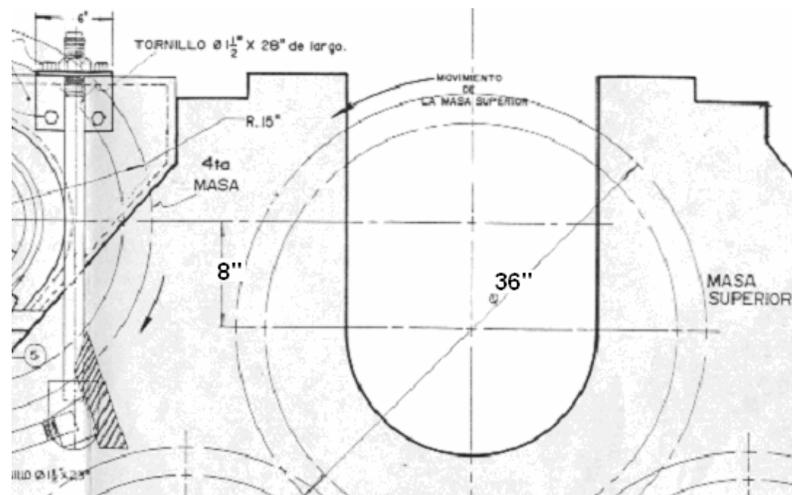
**Figura 105. Proyección de mono o tapadera lateral de la cuarta maza, sin el tornillo de graduación del setting**



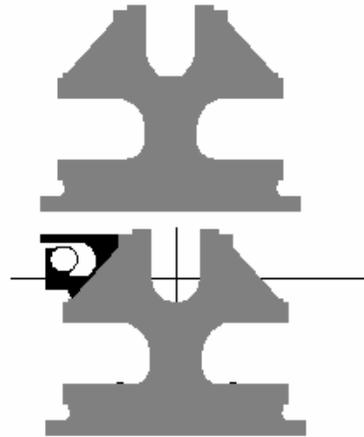
**Figura 106. Conjunto de las piezas que sostienen la cuarta maza en el molino uno Farrel**



**Figura 107. Distancia entre ejes para la posición de la cuarta maza**



**Figura 108.** vista de la base que sostiene la cuarta maza en el molino uno, se aprecia su chumacera circular sobre la base, antes y después.

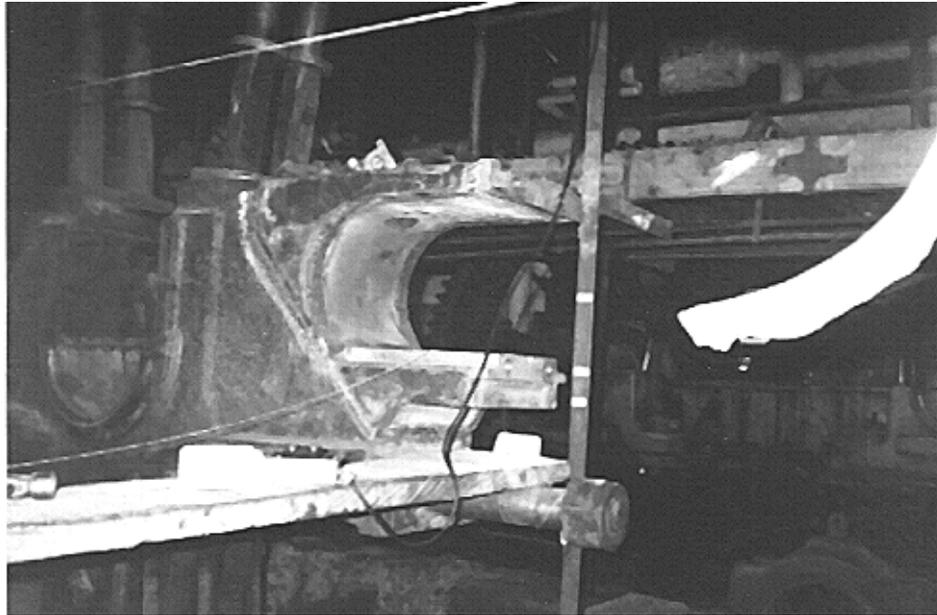


**Figura 109.** Trabajos de colocación de la base de la cuarta maza al molino uno

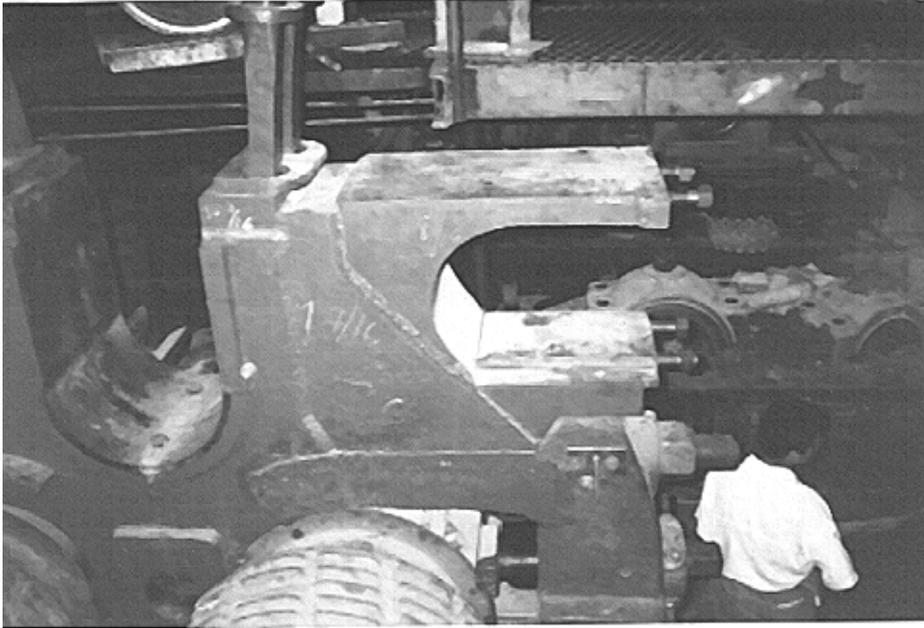


maza se logra alejarse o acercarse de la maza superior logrando el setting que se requiera, se puede observar algunos de estos detalles en la figura 112, las tapaderas laterales o monos de la cuarta maza se hizo de lamina de 3”(pulg.) (7.62 cms) con un ancho de 18” (pulg.) (45.72 cms) por un largo de 24” (pulg.), (60.96 cms) con cuatro agujeros de  $\text{Ø } 1\frac{5}{8}$ ” (pulg.) (2.5875 cms) en los extremos donde se sujetara en la parte superior a la barra cuadrada de la cajuela y en la parte inferior a el asiento de la chumacera con 4 tornillos de  $\text{Ø } 1\frac{1}{2}$ ” (3.81cms) por 6” (15.24 cms) y 9” (22.86 cms) respectivamente como se pueden ver con detalle en la Figuras 112, 113,114 y 115.

**Figura 110. Molino uno con adaptación de cuarta maza ya instalada**



**Figura 111. Molino uno con el apoyo de su cuarta maza terminado**



**Figura 112. Detalle de la tapadera de la cuarta maza con el perno en la parte central**



Figura 113. Elevación y sección de la tapadera o mono de la cuarta maza

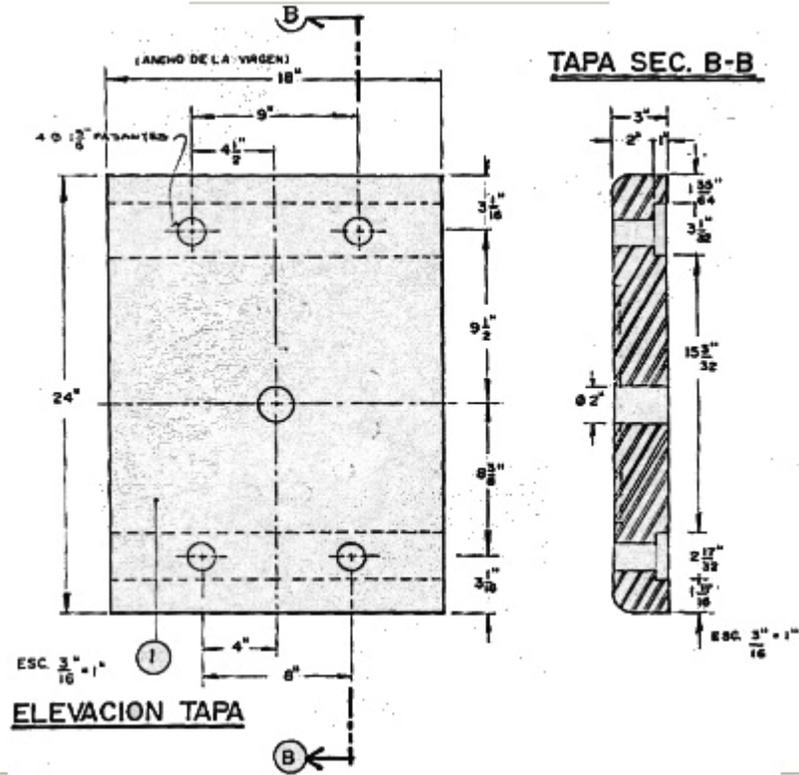
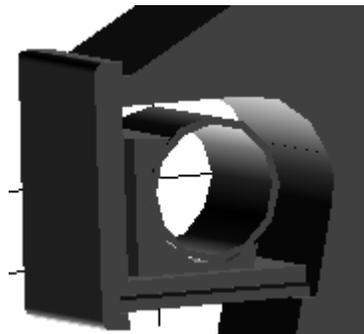
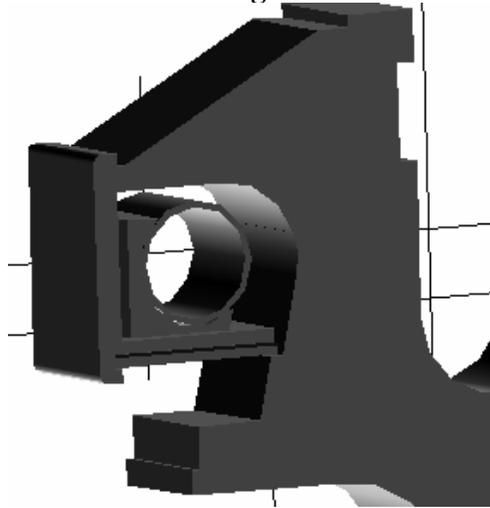


Figura 114. Chumacera de la cuarta maza

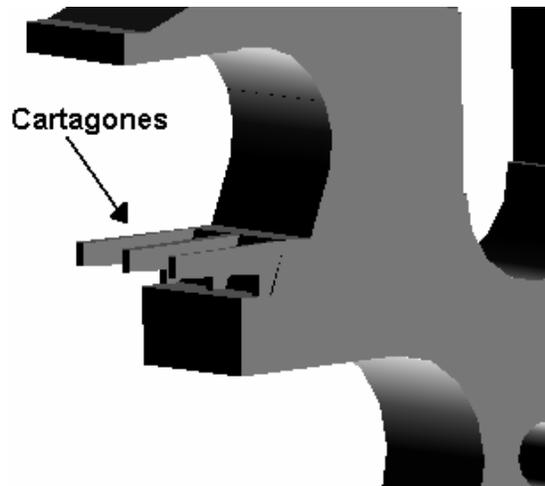


Las chumaceras en los extremos del eje de la cuarta maza son de tipo cerrado (Figuras 108 y 114) no como en las superiores que son del tipo partido, (Figura 65) con su entrada respectiva de aceite a presión para lubricarse, básicamente es un cilindro de lámina en cuyo interior se incrusta una camisa de bronce donde girará el extremo del eje y a su vez va montada en una estructura también de lámina de 1" (pulg.) (2.54 cm ) de hierro negro, esta chumacera ira colocada sobre una base soldada a la virgen con unas carrileras para correr la chumacera para el movimiento del setting, misma que va montada en una base de refuerzo o en otros casos como la de los siguientes molinos dos y tres se usaron cartagones (Figuras 115 y 116) de lámina de una pulgada (2.54 cm) soldados a la virgen y al asiento de chumacera (Figuras 117 al 122, y 109 a 111) del armado y detalles se extrajeron del plano PROYECCIÓN: ARMADO DE PIEZAS DE APOYO (Figuras 117, a 135) 4ta. Maza, aquí en este plano se puede observar la secuencia de su armado como también otras partes pequeñas del ensamblaje la cuchilla de la cuarta maza y del eje cuadrado. A la chumacera se le adhiere un soporte (No 6, Figura 123), para los tornillos de  $\varnothing 1\frac{1}{2}$ " (3.81 cm) por 23" (58.42 cm ) que se sostendrán roscados a los extremos de la barra cuadrada que soporta la cuchilla de la cuarta maza, este soporte es adherido a la caja de la chumacera por medio de 6 tornillos de  $\varnothing \frac{3}{4}$ " (1.905 cm ) por 2" (5.08 cm ) que a su vez van dentro de 6 tarugos de  $\varnothing 2$ " por 3" ,(5.08 por 7.62 cm) en el soporte se agrega una pieza (Figura 125) de 4" por  $4\frac{1}{2}$ " (10.16 por 11.43 cm ) donde se colocara el tornillo de  $\varnothing 1\frac{1}{2}$ " por 23" ( 3.81 por 58.42 cms. ) (tornillo horizontal Figura 130 ) en un agujero que le permite un juego para lograr la posición adecuada en la cuchilla según sea su inclinación con respecto a la maza, en el otro extremo del tornillo que va roscado en la barra cuadrada (Figura 126 ) se le agregan refuerzos soldados con lamina de  $\frac{1}{2}$ " (1.27 cm ) para evitar que se afloje y que tenga un cabeceo .

**Figura 115. Proyección de piezas de apoyo de la cuarta maza que Irán sobre los cartagones**



**Figura 116. Colocación de los cartagones de apoyo en la virgen**

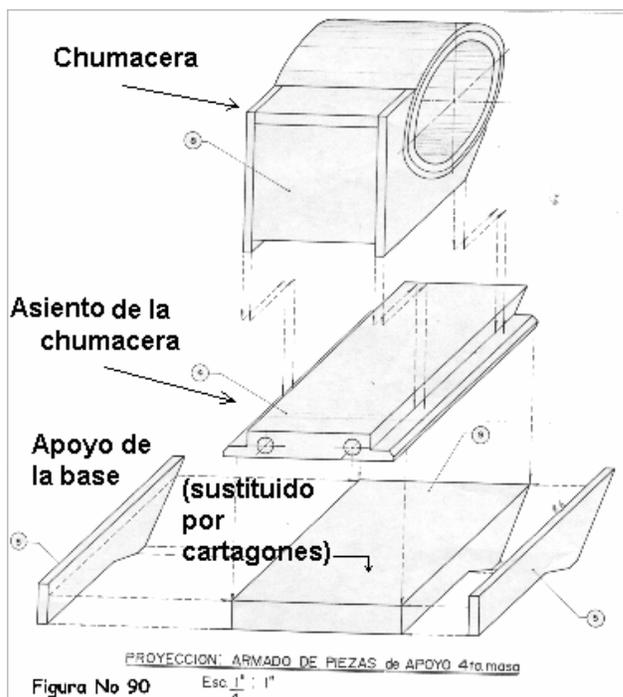


### **2.2.3.1 Cuchilla para cuarta maza**

La cuchilla de la cuarta maza para el molino uno, es una pieza de hierro fundido (Figura 131 y 134) de forma rectangular con 68" (172.72 cm ) de largo por 9" (22.86 cm ) en la cara en contacto con el bagazo y 6<sup>1</sup>/<sub>4</sub>" (15.875 cm ) en la cara donde esta

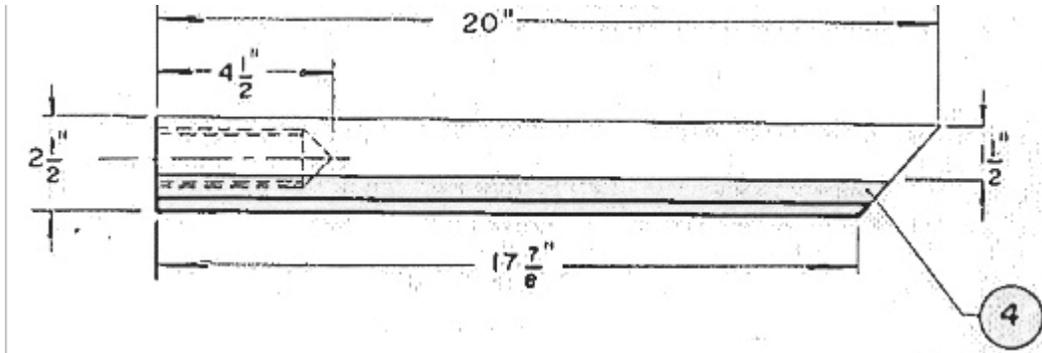
sujeta con la barra cuadrada, con un espesor de 2", (5.08 cm. ) para sujetar la barra cuadrada en la cuchilla se hicieron 12 agujeros pasantes con  $\varnothing 13/16$ " (2.06375 cm. ) para tornillos de  $\varnothing 3/4$ ",(1.905 cm. ) en el centro de la cuchilla en la parte de los dientes se hace coincidir con la cresta del diente y se parte de esté a cada  $1\frac{1}{2}$ " (3.81 cm. ) para los siguientes dientes los cuales tienen una inclinación de  $45^\circ$  se aprecia mejor los detalles en las Figuras 132 y 133 ,que va sostenida por la barra cuadrada en la cual se aprecia que es de 3" por 3" (7.62 por 7.62 cm. ) con un largo de 91" (231.14 cm. ) con los extremos redondeados (Figuras 126 y 127) para ser sujeta por dos tornillos de  $\varnothing 1\frac{1}{2}$ " por 28" (3.81 por 71.12 cm. ) de largo en posición vertical se sugiere un material AISI 1040 tanto para este tornillo como para el horizontal (Figuras 129 y 130) por medio de un cabezal de 2" por 4" por  $5\frac{1}{4}$ "(5.08 por 10.16 por 13.335 cms. ) para el tornillo vertical se sujeta los extremos de la barra cuadrada con lo que se logra subir o bajar la cuchilla para que logre bien su ángulo de ataque en la cuarta maza. Figura 128.

**Figura 117. Proyección del armado de piezas de apoyo de la cuarta maza**

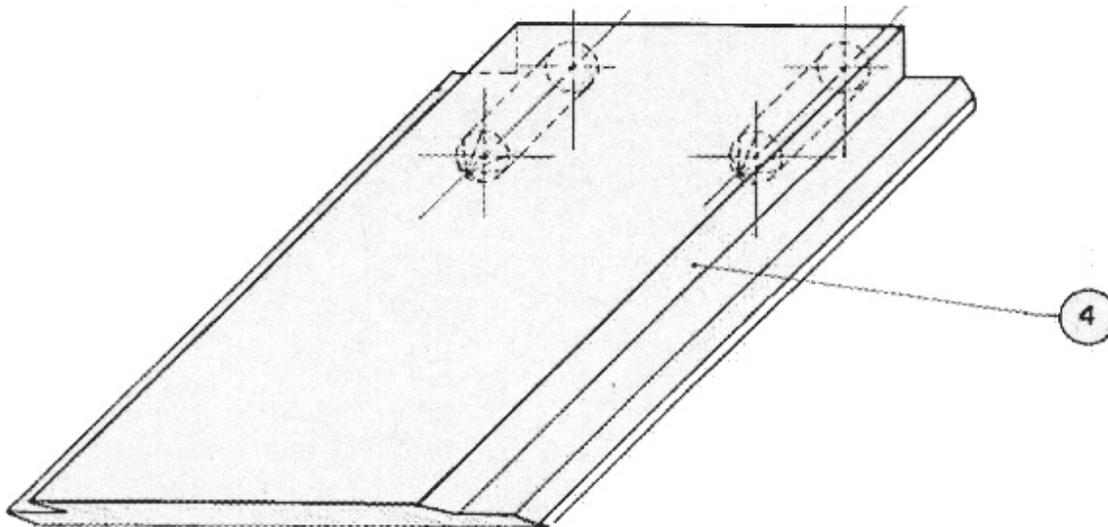




**Figura 121. Elevación lateral asiento de chumacera**

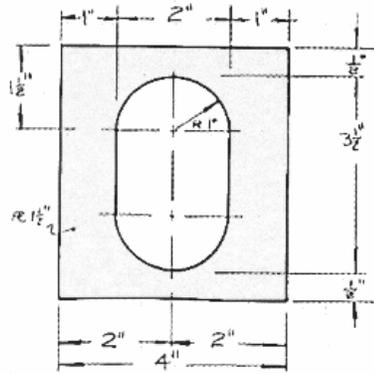


**Figura 122. Proyección parte trasera de asiento para chumacera**





**Figura 125. Pieza siete**



**Figura 126. Detalle: extremo barra cuadrada de 3 x 3 pulgadas (7.62x7.62 centímetros)**

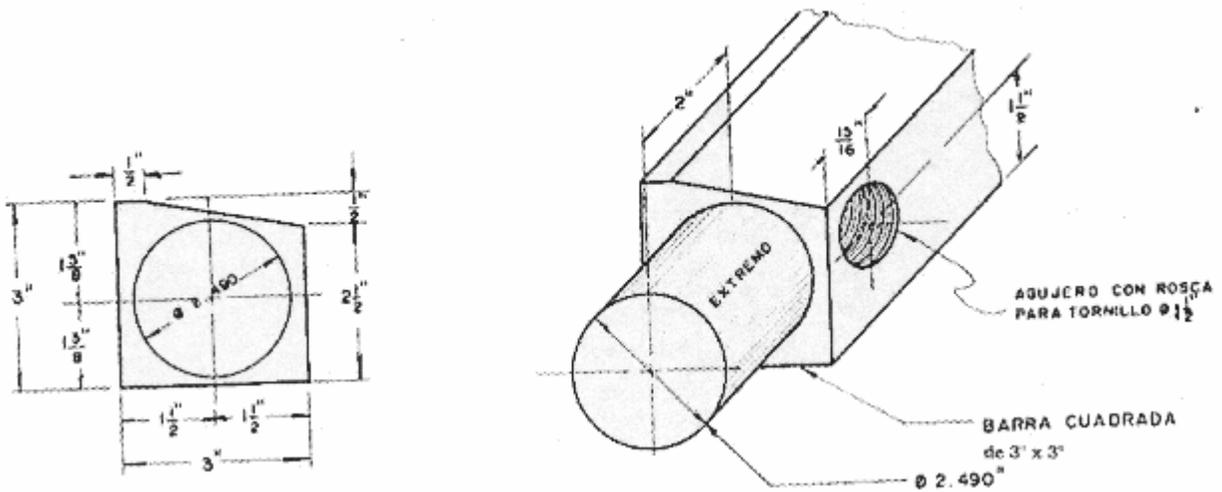
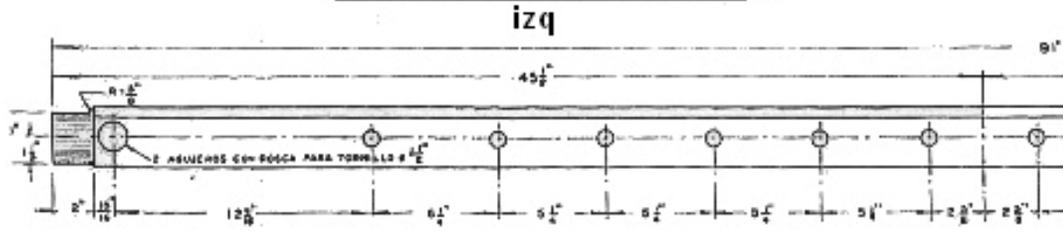


Figura 127.

Sección A de elevación posterior barra cuadrada 3" x 3"



Sección de elevación posterior de la barra cuadrada 3" Der

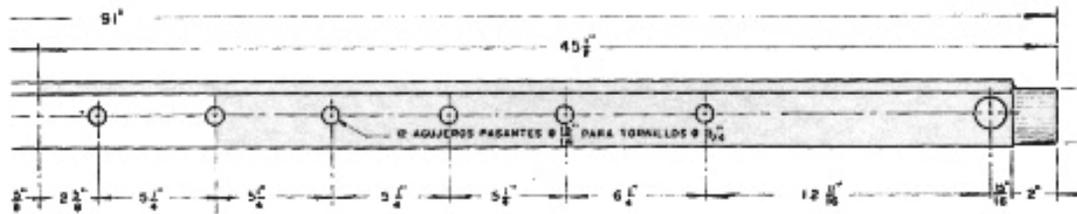


Figura 128. Detalle del cabezal

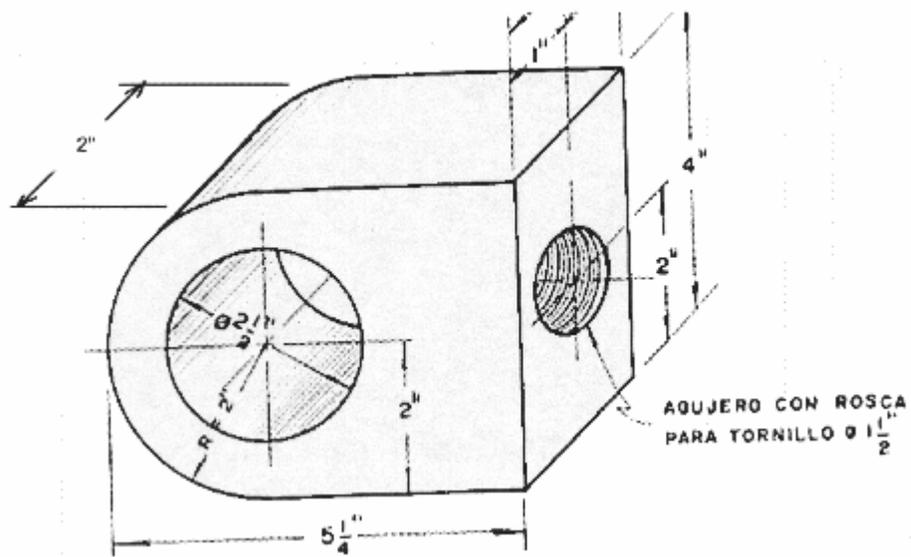






Figura 134. Proyección de la cuchilla de la cuarta maza

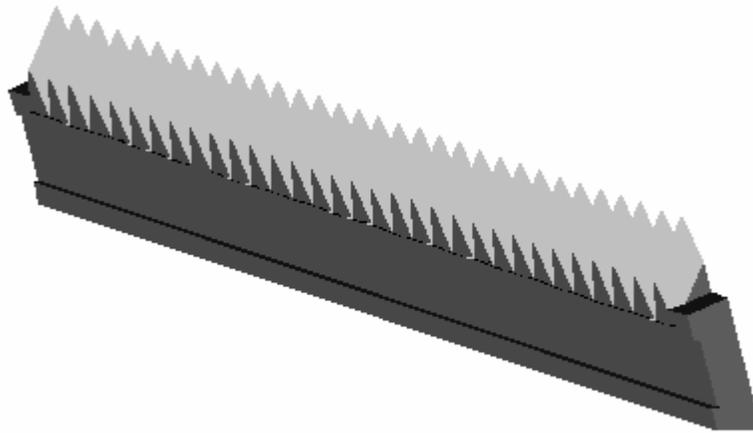
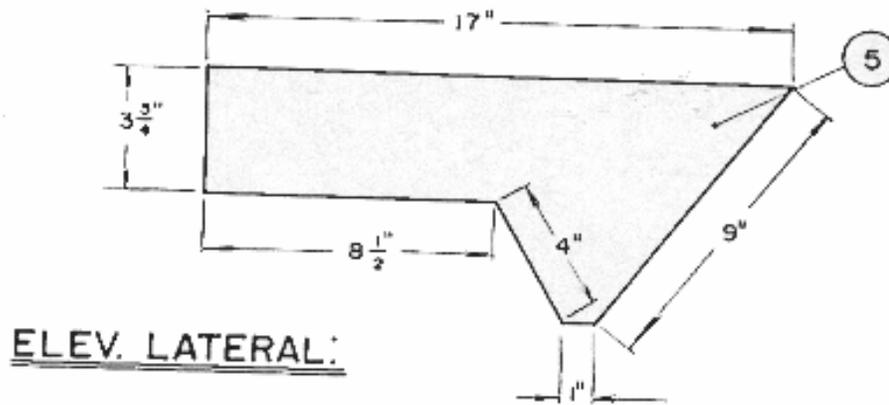


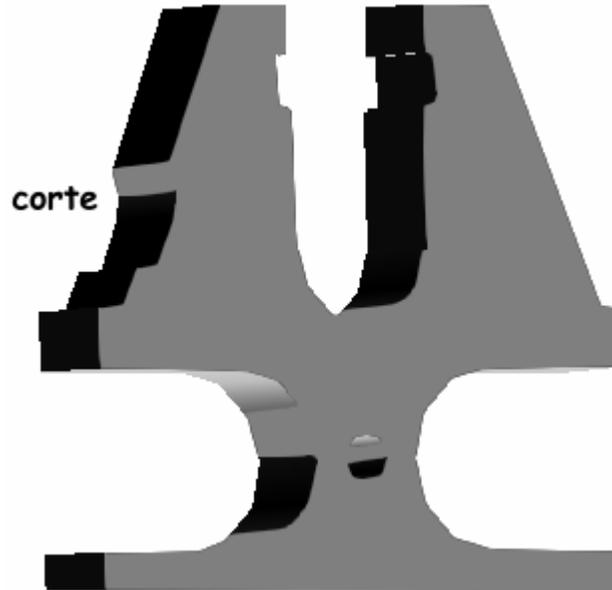
Figura 135. Tapas laterales de asiento para chumacera



### 2.2.3.2 Modificaciones en el molino No. 2 (Luisiana)

Al igual que en el molino uno Figura 70, en el molino dos, tome las medidas de las vírgenes y accesorios para hacer los planos respectivos, tomando en cuenta también la medida de centro de ejes de las mazas superiores la cual, determina una línea imaginaria a lo largo del tandem que ubica a todas las mazas superiores sobre esa línea manteniendo una entrada del colchón de bagazo uniforme en todos los molinos, además de servir de guía para la ubicación de centro de la cuarta maza con estas bases se fueron modificando en cada molino, ciertas características en los planos debido a que el tandem contaba con diferentes modelos de vírgenes las cuales solo se igualaban al ubicarlas en los centros de sus ejes de las mazas superiores, como en ciertos componentes en sus cuartas mazas, para modificar el molino dos, hubo que hacerle un corte en cada virgen para lograr el acercamiento mínimo de la cuarta maza (Figuras 136, y 141), esto para lograr que cuando la chumacera de la cuarta maza fuera corrida hacia la maza superior alcance su menor setting, por su forma necesitaría un espacio circular en la parte inclinada del lado de la virgen por lo que hubo que cortar con acetileno una pequeña parte. Se procedió al diseño de la base para la chumacera el cual no varía del anterior ya que se sigue el mismo diseño de la misma, solo que para este molino varía el tamaño por lo que tiene un largo de 22" (55.88 cms ) en su parte superior y  $20\frac{7}{8}$ " (53.022 cm. ) (Figuras 136, 137 y 138) en la parte inferior por un ancho de 13". (33.02 cm. ) teniendo dos tapaderas laterales de lamina de  $\frac{1}{2}$ " (1.27 cm. ) para completar el ancho de la virgen, estas completan lo que es el carril para la chumacera de la cuarta maza, a diferencia del molino uno se cortaron tres piezas similares a las tapaderas laterales a los cuales se les llaman cartagones, que son los apoyos que sostendrán la base de la chumacera estos se hicieron de lamina de 1" (2.54 cms ) mismas que se colocaron soldadas en la parte inferior de la base para la chumacera y la virgen distribuidas a todo lo ancho.

**Figura 136. Vista del corte en la virgen del molino dos.**



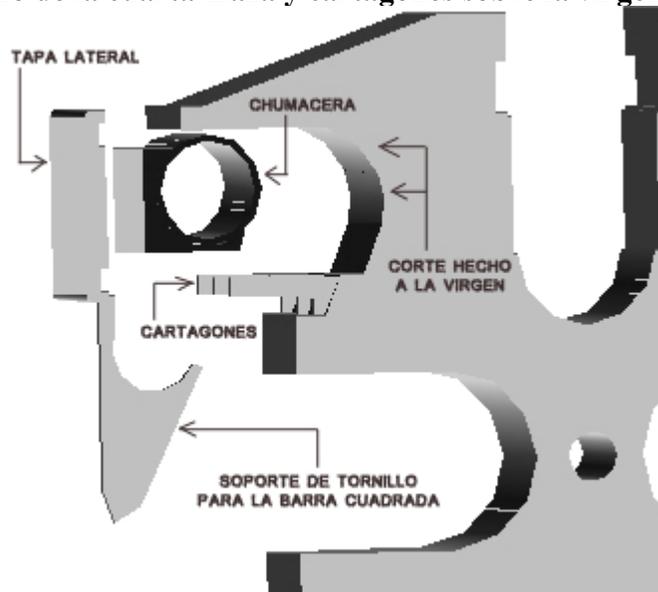
Como se puede observar en las Figuras del Molino dos, las piezas para la colocación de la cuarta maza del molino uno son similares a diferencia de los cartagones y del ángulo de la inclinación de la virgen (Figuras 137,138 y 140).

En la figura 140 se puede observar bien la colocación de la base de la chumacera pero sobre todo que las vírgenes no son sólidas si no que son huecas y por lo tanto a la hora del corte hubo que reforzar las paredes con una lamina de  $\frac{1}{2}$ " (1.27cms.) con la forma del corte, gracias a la experiencia lograda con éxito en el molino uno, se facilito el diseño de la base de la cuarta maza para el molino dos y tres, con sus respectivos conductores Donelly en todos estos molinos no se presento falla alguna es sus elementos y diseño. El molino dos ya finalizado con su cuarta maza se puede apreciar en la figura 139 y en las figuras 142 y 143 se aprecian las vírgenes colocadas en su respectivas bases con los trabajos de modificación concluidos en las ultimas etapas y luego en la

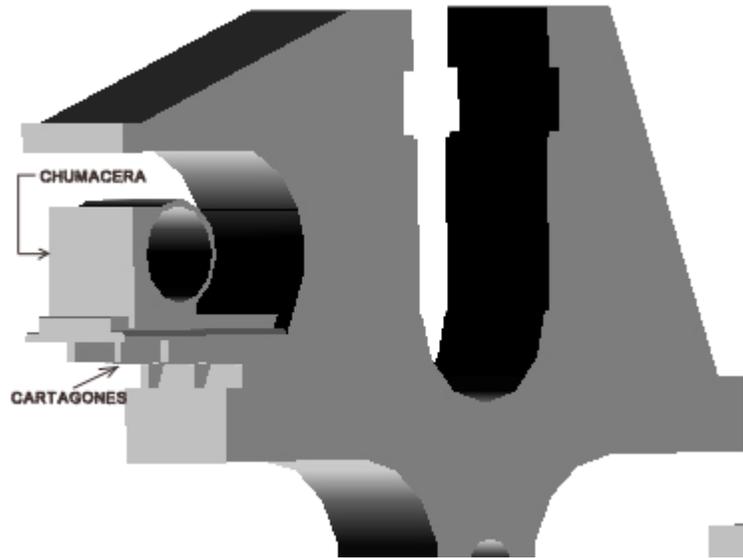
figura 144 se puede apreciar el molino ya armado resaltando el mecanismo para dar movimiento a la cuarta maza a través de una cadena (figura 145) con sus sprockets respectivos; uno en la maza cañera la cual dará la tracción y el otro en la cuarta maza, además de diseñarle un tensor con un sprocket hechizo con el mismo paso de los originales, con lo que se logro el mejor movimiento a la cuarta maza, en comparación al método anterior el cual usaba solo dos sprockets enlazados entre si, los cuales tendían a quebrarse los dientes o perder tracción debido al desgaste de las mazas, los sprockets se acercaban demasiado en algunos casos atorándose y en otros alejándose.

En este molino se calculo una distancia máxima entre el centro de los ejes de la cuarta maza y la maza superior de  $44\frac{3}{4}$ " (113.665 cm. ) y un mínimo de  $37\frac{1}{4}$ " (94.615 cms. ) contando también con sus tornillos para movimiento vertical y movimiento horizontal con las medidas que están indicados en la figuras 129 y 130.

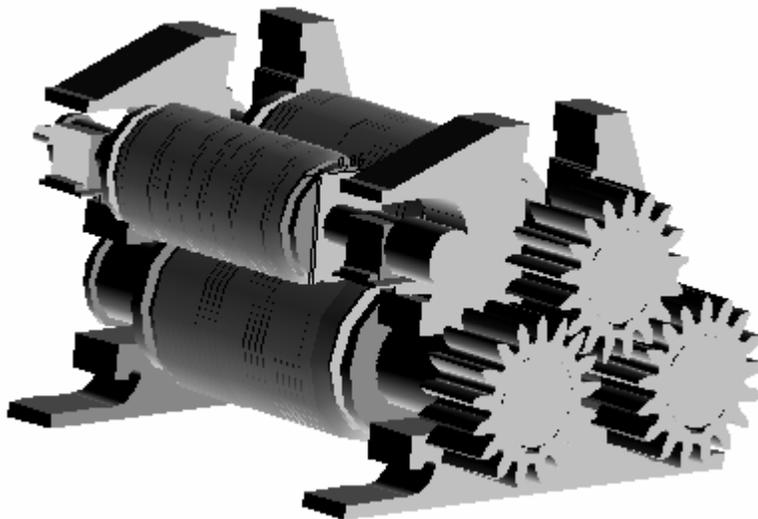
**Figura 137. Proyección del soporte de tornillos para la barra cuadrada, chumacera, mono de la cuarta maza y cartagones sobre la virgen del molino dos**



**Figura 138. Vista del corte, base chumacera y cartagones para el apoyo de cuarta maza en la virgen del molino dos.**



**Figura 139. Molino dos luisiana armado con su cuarta maza**



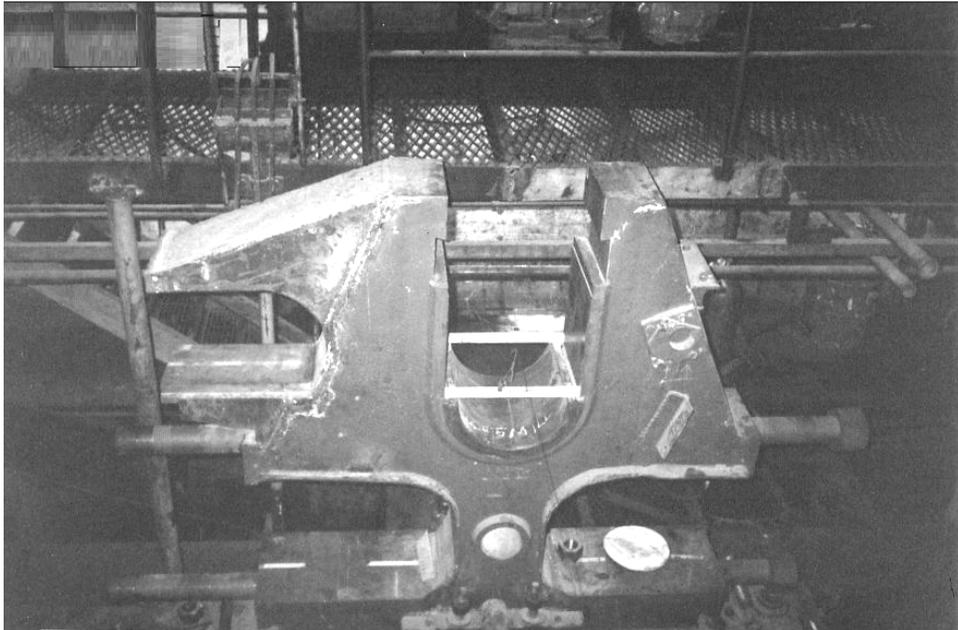
**Figura 140. Armado de la base para la cuarta maza molino dos**



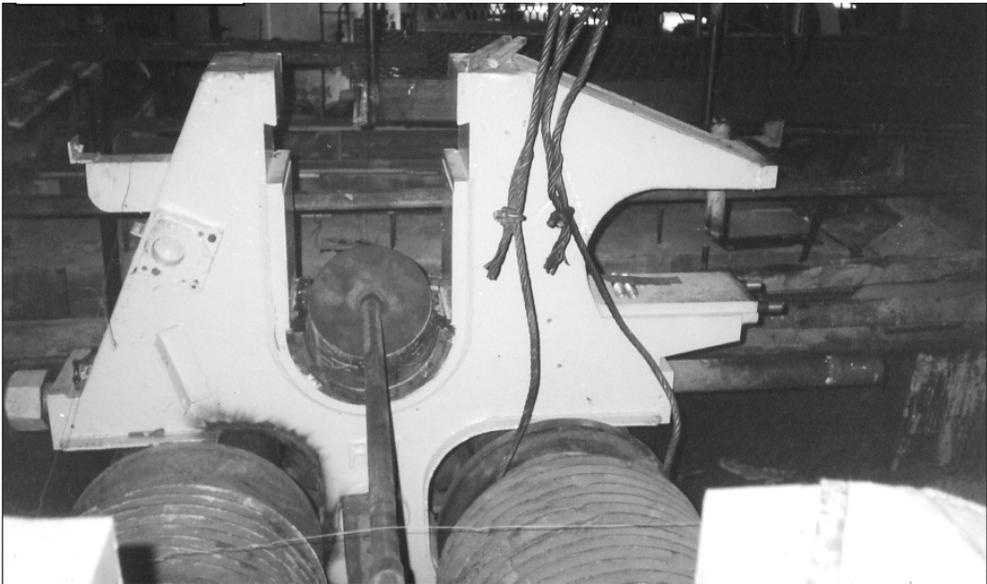
**Figura 141. Corte de la virgen molino dos con cartagones colocados**



**Figura 142. Colocación de la virgen del molino dos en su lugar con su base terminada**



**Figura 143. Apoyo de la cuarta maza en el molino dos terminado**



**Figura 144. Vista lateral del movimiento de cuarta maza por medio de cadena, molino dos**



**Figura 145. Tipo de cadena utilizada para el movimiento de la cuarta maza en los molinos modificados**



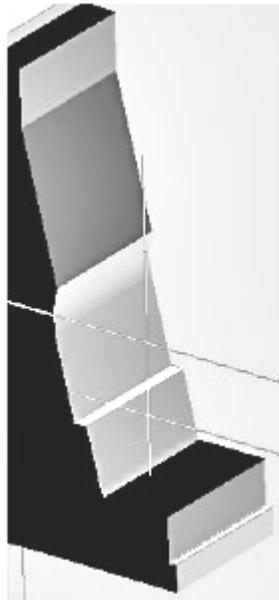
Movimiento de la cuarta maza a través de la maza cañera, utilizando para ello una cadena, se muestra el tipo de cadena utilizado

### 2.2.3.3 Modificaciones en molino número tres (Steward)

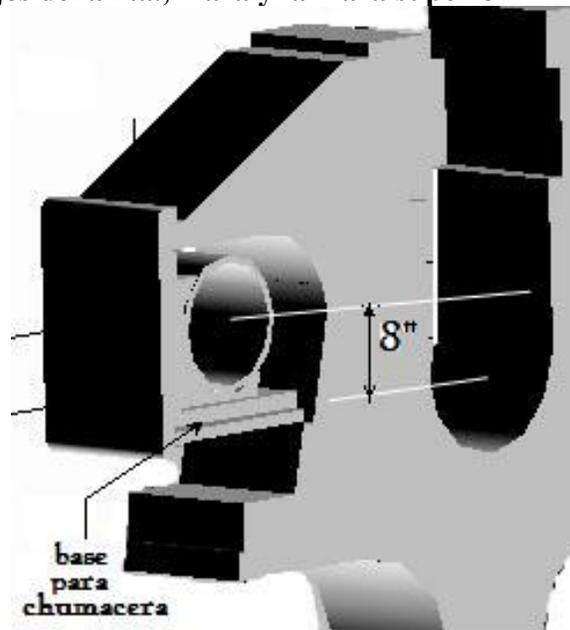
Con el molino número tres se continuó con el mismo diseño de los dos molinos anteriores y al igual que en el molino dos se cortó la virgen en una pequeña sección (Figura 146) para el mejor desplazamiento de la chumacera buscando el mínimo de su setting o según el desgaste de la cuarta maza o la superior, debido al ángulo de  $76^\circ$  de la virgen, ayudo a que en la misma se hiciera un corte con oxiacetileno no tan profundo para que no debilitara la estructura de la virgen, lo cual hay que tener en mente porque de lo contrario hubiera sido necesario en el corte haberlas reforzado por dentro. Manteniendo la misma distancia horizontal entre los ejes de la maza superior y la cuarta maza de  $8''$  (20.32cms.) (Figura 147), se hizo el cálculo para la posición de la base para la chumacera teniendo un largo de  $22\frac{5}{8}''$  (57.46 cm) y  $21\frac{7}{8}''$  (55.56 cm) por  $14''$  (35.56 cms.) de ancho usando para esta pieza lamina de  $3''$  (7.62 cms.) de espesos para lograr la forma deseada, como lo fue en el molino uno solo cambiando las medidas (Figuras 147, 121 y 122). Los tornillos verticales tuvieron un largo de  $43''$  (109.22 cm) por  $\varnothing 1\frac{1}{2}''$  (3.81 cm) y los horizontales de  $21''$  (53.34 cm) de largo por  $\varnothing 1\frac{1}{2}''$  (3.81cm.) y en lado del mono lateral de la cuarta maza un tornillo que empuja la chumacera de  $18''$  (45.72 cm) de largo por  $\varnothing 2''$  (5.08 cm) (Figuras 106,112 y 113.). En este molino también se colocaron 3 cartagones para cada virgen con un ángulo que proporcionara resistencia y a la vez librara la parte superior del mono lateral de la maza cañera, esto se ve con detalle en las Figura 148. Muchas de las piezas del molino dos y tres son similares, cambiando únicamente ancho o largo en sus medidas por lo que se hace referencia a las piezas vistas en las figuras 113 hasta la 135, que fueron parte de los planos del molino uno, en los demás molinos se hicieron los planos del montaje de los elementos, para sostener la cuarta maza sin detallar las piezas, con la experiencia obtenida en el primer molino basto con tener, el un plano detallado a escala para poder sacar la información necesaria para realizar las plantillas correspondientes para cortar las

piezas, variando los cortes en cada una de estas según el ángulo de las virgen además de su largo y ancho respectivamente .

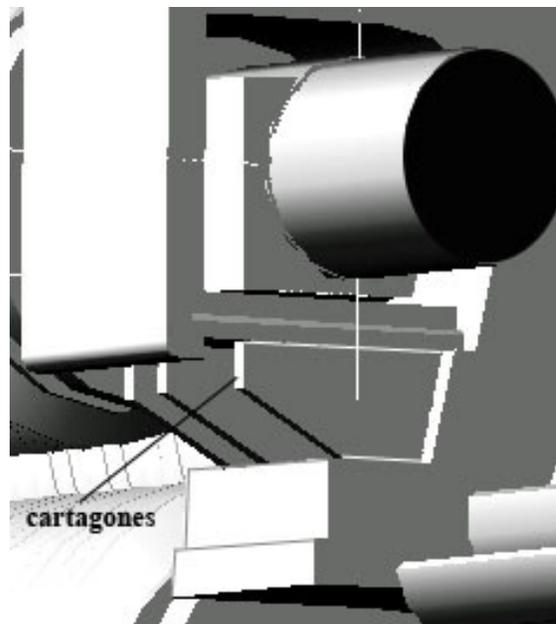
**Figura 146. Muestra en la figura el corte realizado a la virgen molino tres**



**Figura 147.** la proyección de la sección del molino tres, muestra la distancia de centros entre los ejes de la 4ta., maza y la maza superior

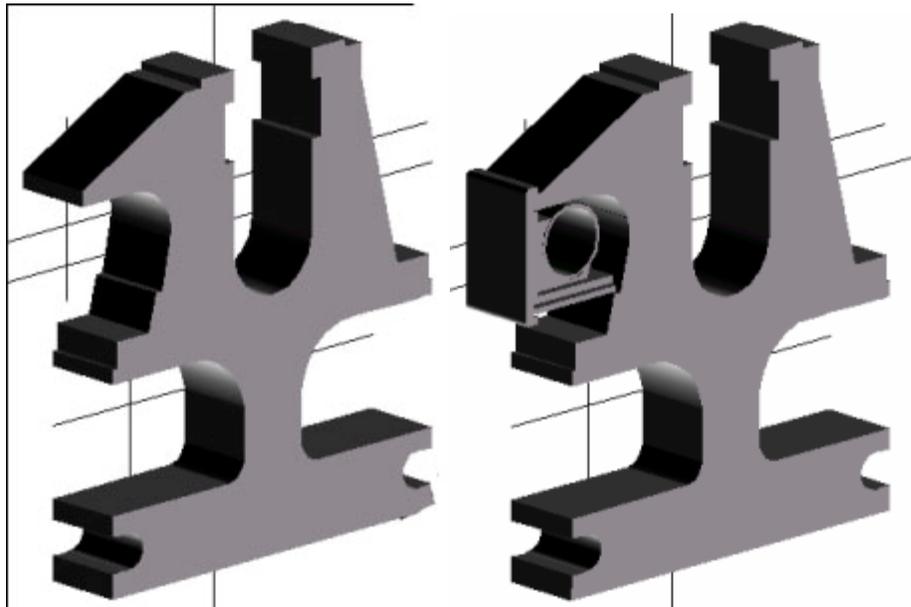


**Figura 148.** Se aprecian los cartagones que sostienen la base de la chumacera de la cuarta maza, molino tres.

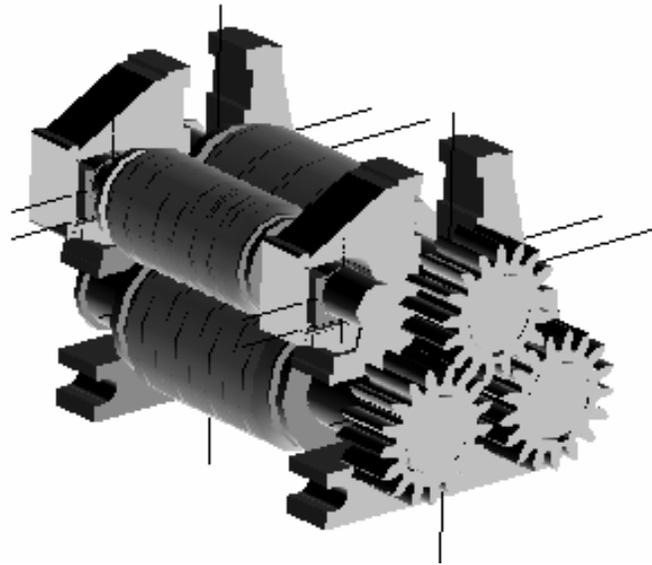


El molino número tres se puede observar en la Figura 149 un aspecto de la colocación de la base para su cuarta maza, y el trabajo final obtenido en la Figuras 150,151 y152 se observa el molino colocado en su posición y listo para trabajar con cuatro mazas.

**Figura 149. Muestra los aspectos de armado de la base para la cuarta maza del molino tres.**



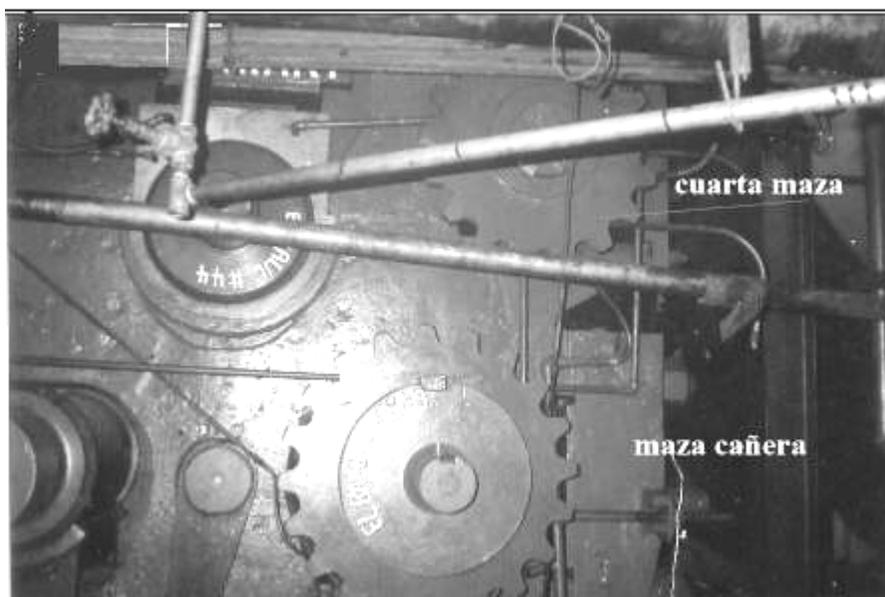
**Figura 150. Muestra el aspecto final del molino tres con su cuarta maza montada**



**Figura 151. Se aprecia la parte superior de la base que soporta la cuarta maza del molino tres Steward.**



**Figura 152. Molino tres con su cuarta maza y su sprocket listo para colocar la cadena la cual le transmitirá la potencia de la maza cañera**

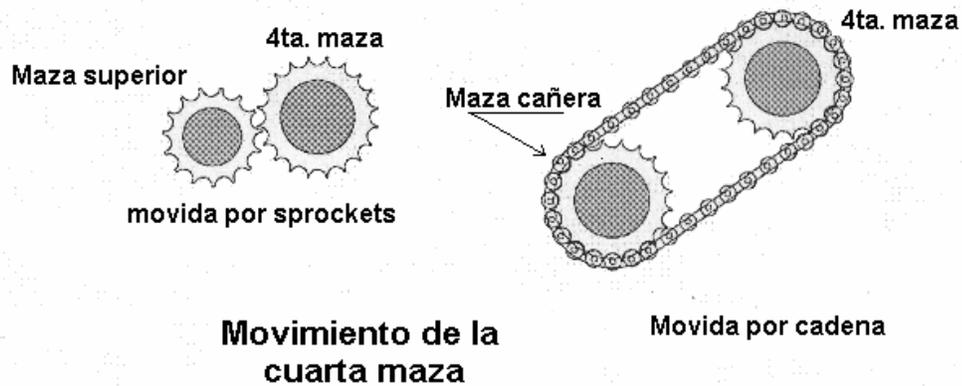


#### **2.2.3.4 Movimiento de la cuarta maza**

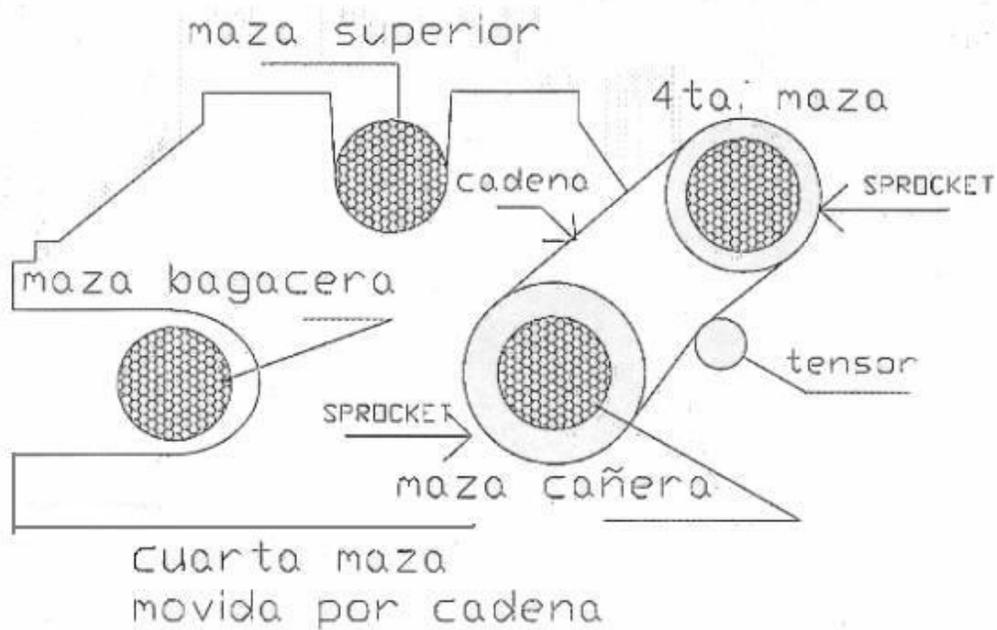
Teniendo en cuenta que la velocidad lineal de la cuarta maza debe ser aproximadamente igual a la de la maza superior, se calcula de la siguiente manera según el documento GEPLACEA, “Conversión de un molino de tres a cuatro mazas”, agosto 1991, vol. VIII.

Ya que el movimiento de la cuarta maza de los molinos cuatro y cinco, era por medio de dos sprockets uno en la maza superior y el otro en la cuarta maza, mientras que la modificación que se hizo fue con dos sprockets y una cadena RO 3618, un sprocket en la maza cañera y el otro en la cuarta maza. En el documento que se tuvo de guía sugerían una cadena RC200, pero teniendo cadena usada RO3618 y que en el manual de cadenas Link Belt se tomo como equivalente por lo que se tiene los siguientes datos: (Figuras 153, 154), (Tabla IX)

**Figura 153. Movimiento de la cuarta maza de la forma tradicional con sprocket y de la nueva forma con cadena**



**Figura 154. En esta figura del movimiento de la cuarta maza con cadena se aprecia otro elemento que es un tensor de la cadena que ayudo a que esta no aflojara**



**Tabla IX Características para escoger la cadena para movimiento de la cuarta maza**

CADENA No	PITCH INCH	Tolerancia de empuje de la cadena Lbs	Resistencia ultimo de rendimiento en Lbs.	Eslabones en aproximadamente 10	Peso por pie en Lbs
R03618	4.500	12,000	220,000	27	25.0

Referencia Manual Link Belt pag. B-28 y Manual Falk pag. 568

También al molino cinco, se le modifico la tracción de la cuarta maza con el sistema de cadena al ver los resultados obtenidos en los otros molinos, por lo que se compro una cadena equivalente marca HITACHI H635, se tuvo también presente otro equivalente que era UNION 4522 US, todas con el mismo paso de 4.5 pulgadas (11.43 cm.).

### 2.2.3.5 Cálculo de la velocidad lineal de la cuarta maza

Para realizar el cálculo y verificar la velocidad lineal de la cuarta maza la cual deberán ser aproximadamente igual a la velocidad lineal de la maza superior, basándose a las fórmulas dadas por el señor Juan Montealegre técnico en el ingenio el Baúl y del documento GEPLACEA, y recopilando los datos de la zafra 95 - 96 de los diámetros de las mazas superiores y 4tas., mazas, de los molinos 1, 2,3 & 5 a los cuales se les hizo la modificación del uso de la cadena y sprockets, además de comparar los mismos con los datos y resultados de la zafra 96 – 97, se tiene la formula sencilla que es:

$$V = D \times \text{Pi} \times \text{rpm}$$

V = Velocidad lineal

D = diámetro de la maza en pies

Pi = 3.1416

r.p.m. = revoluciones por minuto de maza a calcular

Un ejemplo del cálculo de los datos obtenidos que se colocaron en las tablas X, XI y usando los datos del molino uno, tabla X, tenemos:

$$D = 35.75 \text{ pulg.} = 2.9792 \text{ pies}$$

$$\text{Rpm} = 6.54$$

$$P_i = 3.1416$$

$$V = (2.9792)(3.1416)(6.54)$$

$$V = 61.21 \text{ pie/min.}$$

Y así tenemos las velocidades lineales:

**Tabla X. Relación de la posición de la maza y su velocidad lineal en cada molino  
Ingenio el Baúl.**

No. Molino	Velocidad de maza superior r.p.m.	Velocidad de maza cañera r.p.m.	Ø maza superior pulg.	Ø 4ta. Maza pulg.	No. Dientes sprocke t maza cañera	No. Dientes sprocke t 4ta. Maza	Vel. 4ta. Maza r.p.m	Vel. Lineal maza superior pie/min	Vel. Lineal 4ta. Maza pie/min
1	6.54	6.54	35.75	32	20	17	7.69	61.21	64.42
2	6.56	6.56	37	29.25	20	15	8.75	63.54	66.98
3	6.35	6.35	38	28	20	17	7.47	63.17	54.76
5	5.53	5.53	37	28.75	19	14	7.5	53.57	56.49

### ZAFRA 95 - 96

Tomando los datos de una zafra más reciente, se tiene lo siguiente resultados:

**Tabla XI. Datos zafra 96-97**

No. Molino	Velocidad de maza superior r.p.m.	Velocidad de maza cañera r.p.m.	Ø maza superior pulg.	Ø 4ta. Maza pulg.	No. Dientes sprocke t maza cañera	No. Dientes sprocke t 4ta. Maza	Vel. 4ta. Maza r.p.m	Vel. Lineal maza superior pie/min	Vel. Lineal 4ta. Maza pie/min
1	6.54	6.54	34.5	31.5	20	17	7.69	59.06	63.45
2	6.56	6.56	35.625	28.75	20	15	8.75	61.18	65.83
3	5.94	5.94	35.625	27.625	20	17	6.988	55.4	50.54
5	5.53	5.53	36.5	28.5	19	14	7.505	52.84	55.99

Aquí también se aprecia que existen diferencias en las velocidades entre las mazas superior y cuarta maza, velocidades que no pasan de las 5 r.p.m.

La fórmula para calcular la velocidad de la cuarta maza en rpm es la siguiente:  
para el cálculo de velocidades entonces tenemos

$$\text{Vel 4ta maza} = \frac{(\text{No dientes sprocket m. cañera}) * \text{Velocidad m. Cañera} = \text{r.p.m.}}{(\text{No dientes sprocket 4ta m.})}$$

La velocidad obtenida en la ecuación anterior en r.p.m. la utilizamos recordando la siguiente ecuación:

$$\text{Velocidad lineal de la 4ta maza} = \frac{\text{r.p.m.} \times \text{Ø 4ta. Maza en pulg.} \times \pi \times \text{pie}}{12 \text{ (pulg.)}} = \text{pie/ min}$$

Para el cálculo de la velocidad lineal de la maza superior se procede con la misma ecuación anterior, tomando la velocidad directa en la tabla, por ejemplo calculando para el primer molino:

$$\text{Vel. 4ta. Maza} = (20/17) \times (6.54 \text{ rpm}) = 7.69 \text{ rpm}$$

Vel. 4ta. Maza = 7.69 rpm
---------------------------

$$\text{Vel. Lineal 4ta. Maza} = \frac{(7.69 \text{ rpm}) \times (32'') \times (1') \times \pi}{12} = 64.42 \text{ pie / min}$$

Vel. Lineal 4ta. Maza = 64.42 pie / min
---

de donde:

$$\text{Vel. Lineal maza Superior} = \frac{(6.54 \text{ rpm}) \times (35.75'') \times \pi}{12} = 61.21 \text{ pie / min}$$

Vel. Lineal maza Superior = 61.21 pie/min
---

De esta forma se calcula los demás datos obtenidos en las tablas X, XI, en las que se comparan las diferencias de velocidad lineal de la maza superior y la cuarta maza, se nota que existen diferencias por la variación en los diámetros de las mazas tanto superiores como 4tas mazas, la mayor diferencia se detecto el molino tres, de 8.41rpm. Con lo que estas diferencias altas dan problemas de atascamiento en la entrada del molino.

#### **2.2.3.6 Implementación del conductor intermedio tipo Donelly**

Al empezar con la modificación de las cuartas mazas en los molinos también se iniciaron los planos para los conductores intermedios tipo Donelly, consiste en una estructura rectangular hecha de lamina negra y vigas tipo “u”, dicha estructura no es completamente cerrada ya que en uno de sus extremos está abierto, se puede observar en la Figura. 155. La forma que suelen tener, con sus ejes en los extremos de 4” de diámetro; uno en la parte superior el cual es el motriz ya que en esta posición se coloca el motor que lo impulsara, el otro el eje de cola el cual se encuentra en la parte baja del mismo teniendo cada eje dos sprockets en los extremos para el movimiento de las cadenas mismas que conducen unas peinetas que son las encargadas de arrastrar el bagazo para ducto de alimentación del molino (Figura 156). El DONELLY tiene una posición inclinada entre dos molinos proporcionando una alimentación vertical al molino final, cuenta además con un chute de by pass para en caso de sufrir un desperfecto el molino que alimenta, continuar con la molienda cerrando el ducto de alimentación y provocando que siga hasta el chute de by pass que se encuentra el extremo superior y resbalando así hasta el siguiente DONELLY.

Figura 155. Muestra la estructura de un conductor donelly en su fase de construcción

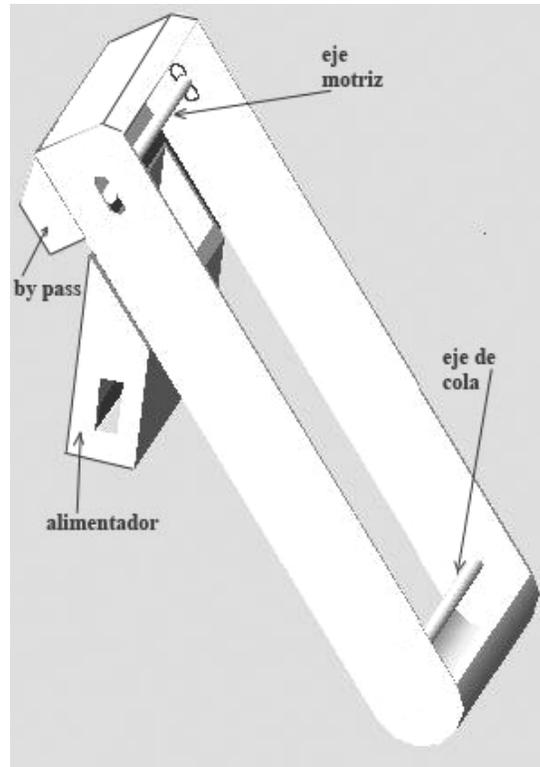
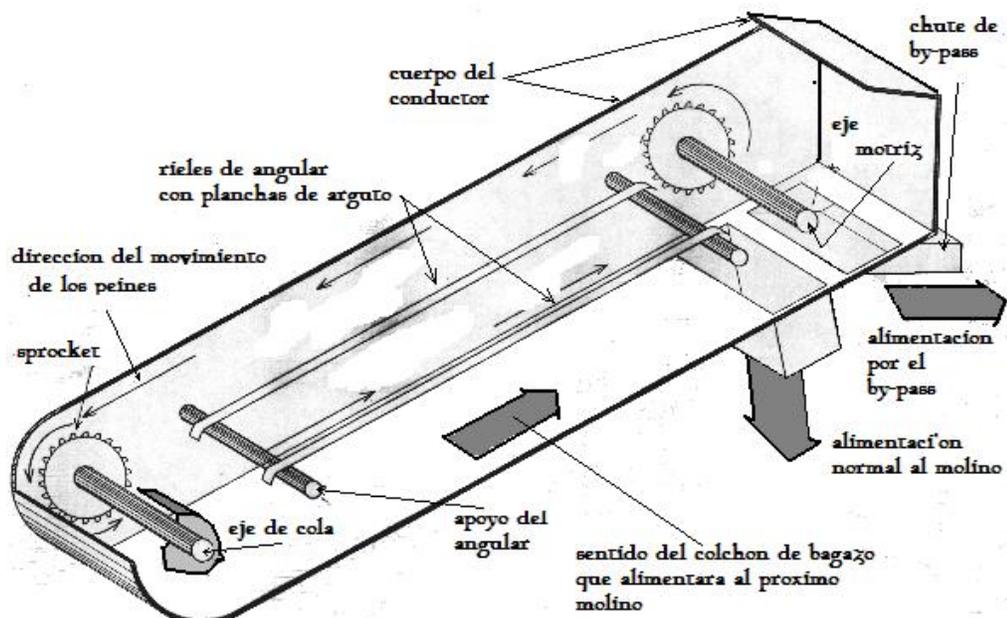


Figura 156. Partes del cuerpo del conductor donelly

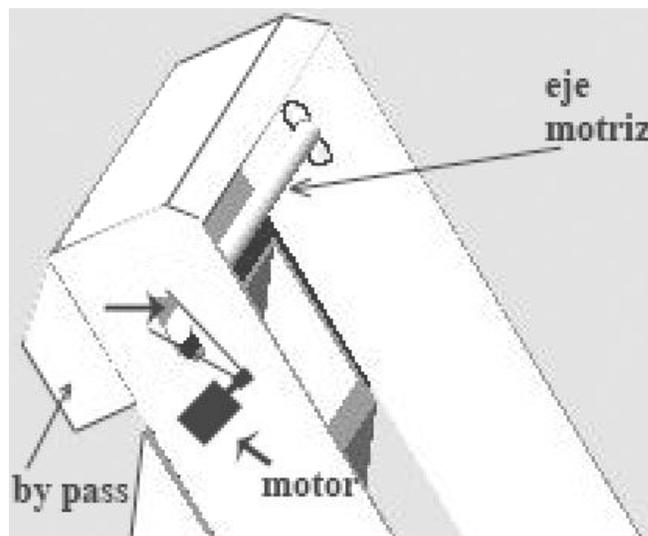


### 2.2.3.7 Partes del conductor intermedio Donelly

El conductor donelly cuenta con varios elementos para la conducción del bagazo como de la cadena misma de transportación.

El movimiento del conductor se produce a través de un motor de un caballaje establecido, ubicado en la parte superior de la inclinación del conductor como se observa en el la Figura 157 en cuyo lado se encuentra el eje motriz, en el otro extremo el eje de cola con un diámetro de 4 pulgadas en los cuales van colocados los sprockets para la transportación de la cadena y las peinetas (Fig. 156,158 y 159).

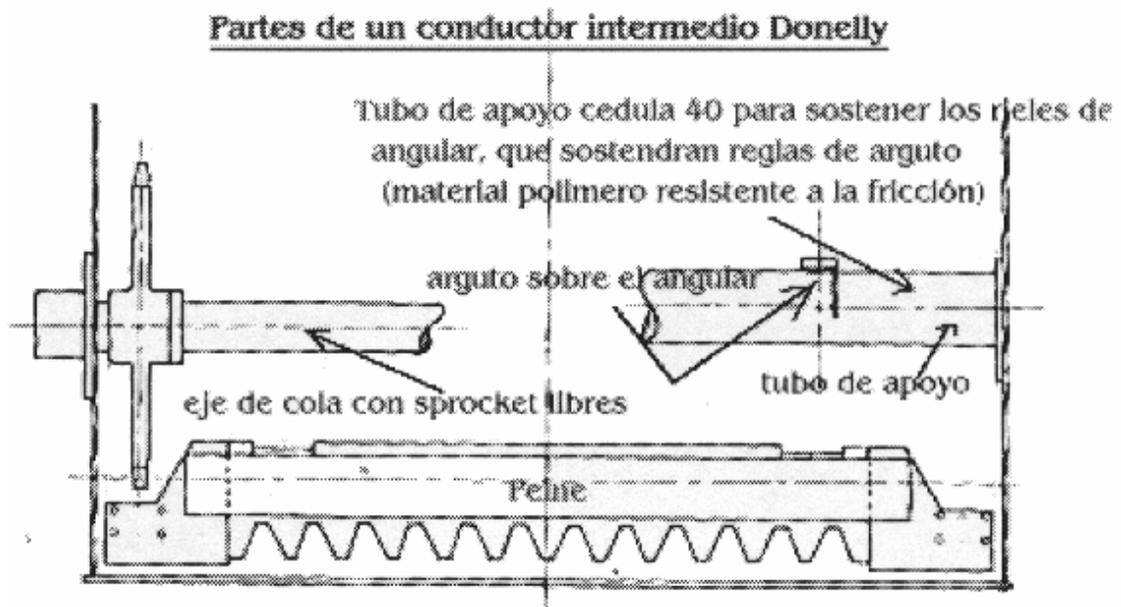
**Figura 157. Vista superior de un conductor donelly**



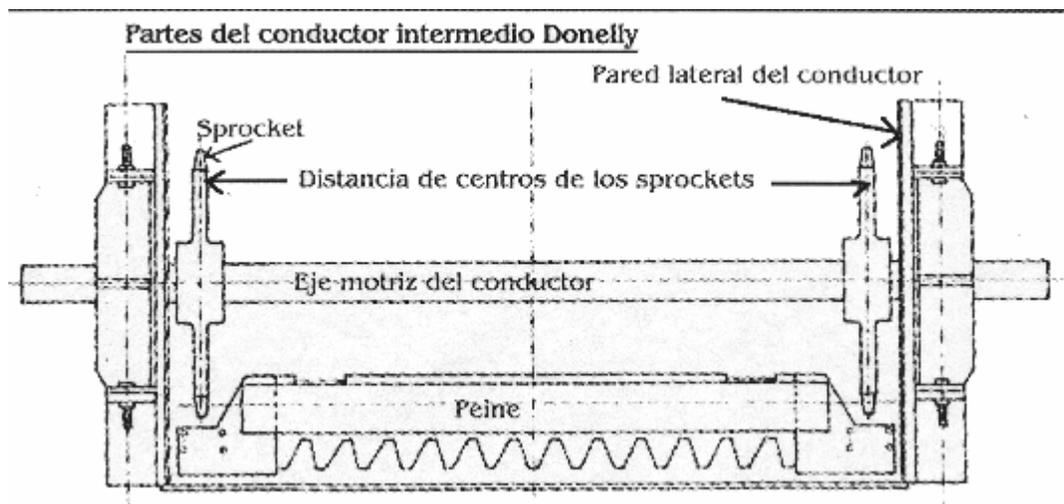
En la parte interna se colocan unos rieles para el retorno de la cadena de un material polímero conocido como arguto de  $\frac{3}{4}$ " x 3" los cuales van atornillados a angulares de 4" x 3" x  $\frac{1}{4}$ " los cuales a su vez, están soldados a tubos de 6 pulgadas de diámetro cédula 40, estos están soldados a flanges en los extremos los cuales se atornillan a las paredes laterales del conductor en su parte media, provocando así el mejor

deslizamiento de la cadena y soporte, evitando atascamientos en el retorno(Figuras 156,158 hasta 162).

**Figura 158. Corte de un conductor se observa como se desliza el peine en el fondo del mismo e indicación de sus elementos.**

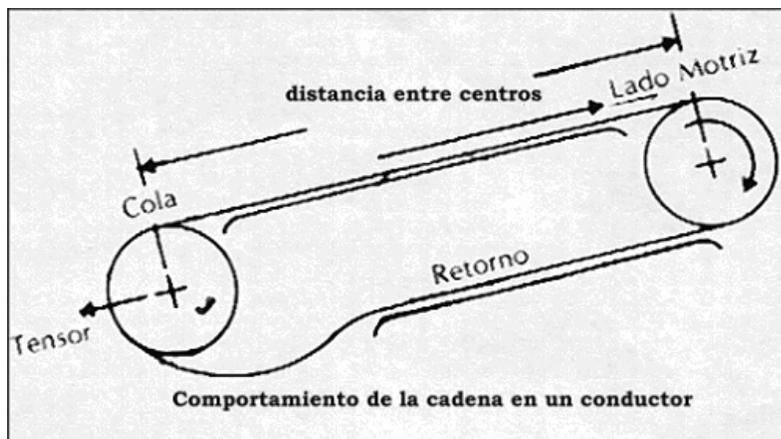


**Figura 159. Parte del conductor Donelly**

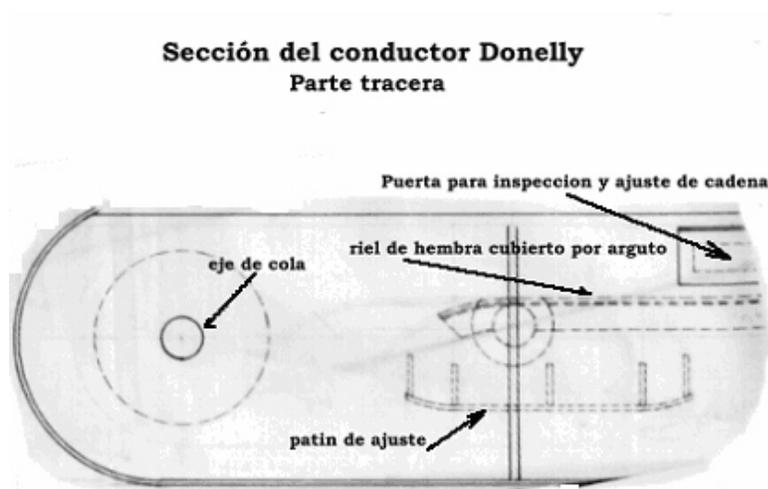


En los extremos de estos rieles se les hace un doblé para evitar los atorones al entrar la cadena, (tomando en cuenta la holgura de la cadena) en las paredes laterales se les hacen escotillas para los ajustes o composturas de la cadena o las peinetas, en la parte superior del conductor Donnelly se colocó una estructura de vigas tipo “ I “usadas en donde se colocó el motor y reductor para el movimiento Fig. 157, 160, 161 y 162.

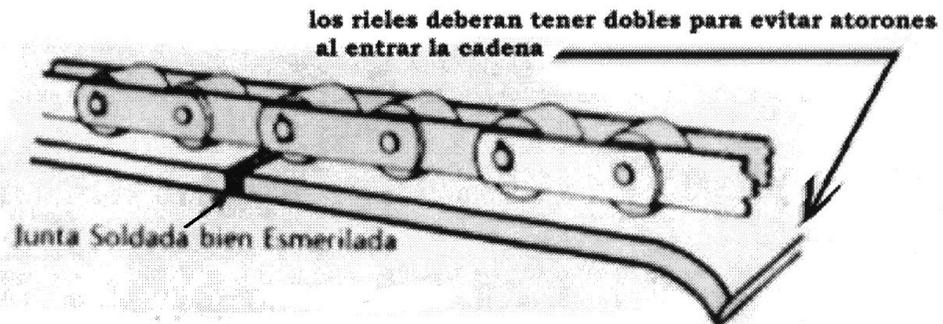
**Figura 160. Comportamiento de una cadena en un conductor Donnelly**



**, Figura 161. Sección del conductor parte trasera.**



**Figura 162. Vista de cómo se desliza la cadena por el riel de arguto**



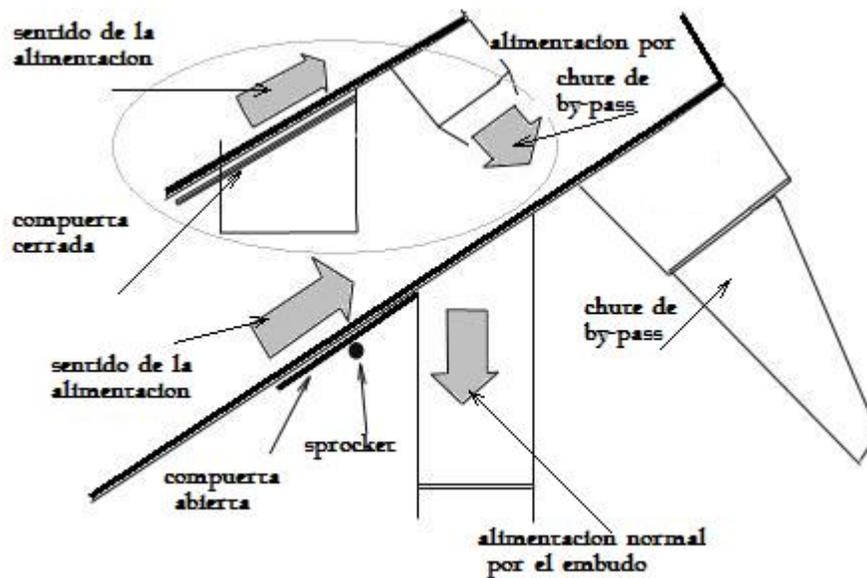
El ancho del conductor depende del ancho de la salida del molino o del ancho de la camisa de la maza bagacera, en la parte de cola del conductor se hace de forma circular debido a que al salir el bagazo y caer en esta parte y al ser transportado por las peinetas no se atasque, si no que facilite el transporte y se deslice mejor (Figura 161). En el agujero donde van colocadas las chumaceras de los ejes motriz y de cola se hacen unos cortes en la lamina de tal manera que puedan entrar los ejes y se colocan luego las piezas cortadas de lamina atornilladas por hembras de 2" x 1/4".(5.08 x 0.635 centímetros)

### **2.2.3.8 Compuerta de bypass**

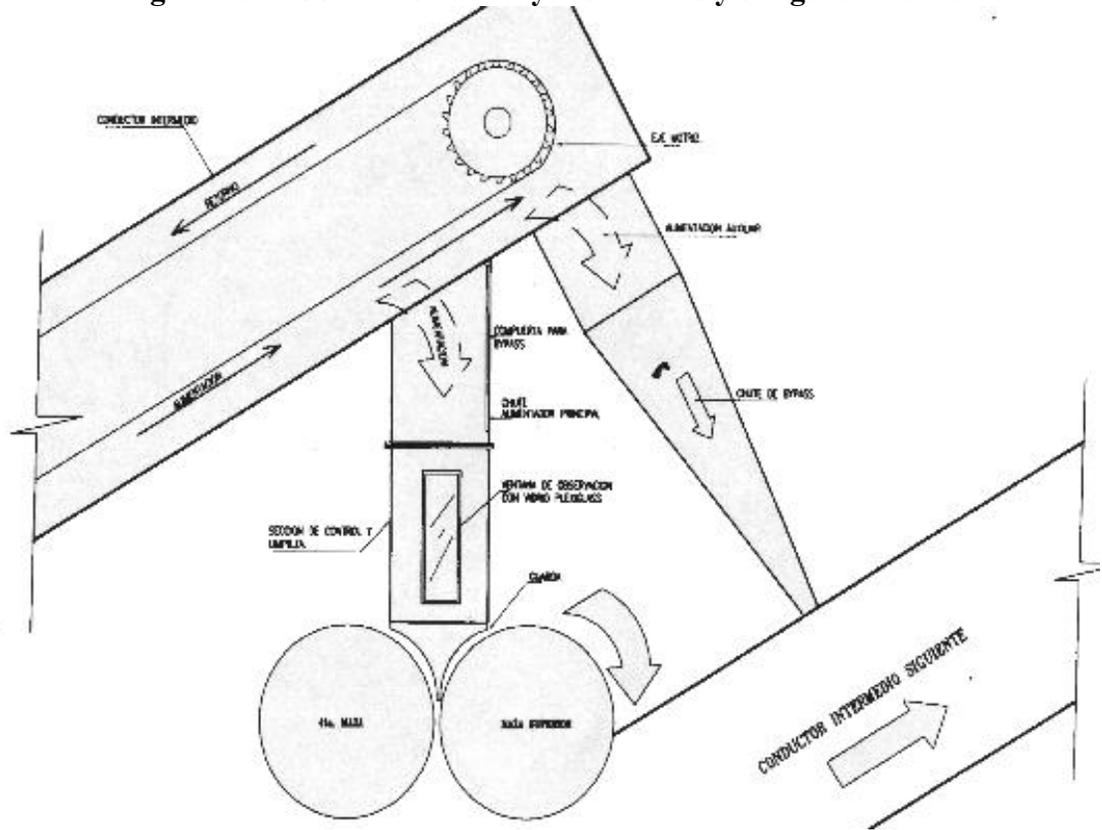
La compuerta de bypass se modifico ya que en el principio funcionaba de la siguiente manera (Figuras. 163 y 164): en la parte del fondo del conductor se encuentra las caídas para la alimentación del molino la principal la que cae directo al molino, y la del chute de by pass, teniendo de lado exterior una lamina de 1/2" a todo lo ancho del conductor con el largo suficiente para cubrir la caída principal. Dicha lámina se encarrilaba en los laterales a través de hembras o listones de lámina soldados al conductor, a la lamina se le soldaba dos cadenas de transmisión usadas, se colocaban separadas a forma de rieles para luego ser movida por dos sprockets colocados en un eje,

el cual se ubicaba en un extremo de la lamina cercano a la caída principal mientras que en el otro se le colocaba un tope, en el eje para el movimiento de la lamina se le dejaba los extremos cuadros para que cuando se necesitaba hacer el puente, se ubicaban en el cada extremo 3 hombres con llaves stillson para lograr el movimiento de cerrar la compuerta para así lograr el by- pass.

**Figura 163. Forma antigua de alimentación del molino por el conductor Donelly, compuerta arrastrada por sprocket**

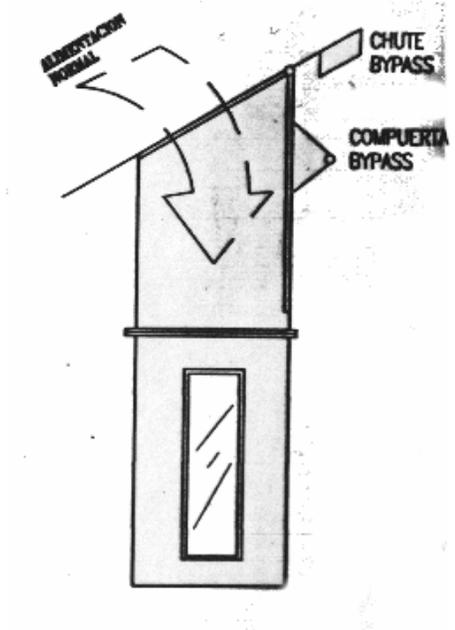


**Figura 164. Conductor donelly modificado y sus generalidades**

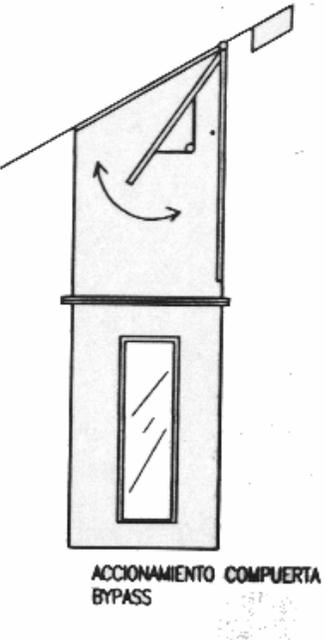


Ésta compuerta dio muchos problemas de tiempo perdido, ya que a la hora de puentear el molino, por el mismo paso del bagazo se depositaba en las rendijas de los rieles por donde corría la lamina, provocando atascamiento además del peso de la misma se necesitaba de mucho esfuerzo utilizando hasta guinche para moverlo perdiendo más tiempo. Por lo que se modificó como se ve en la Figuras.164,165 y 166, en ambos casos se pensó en un sistema hidráulico o neumático, en el primer caso siempre daría problema el atascamiento de la compuerta y el peso de la misma, en el segundo fue más factible y quedo para una próxima modificación, en éste segundo el sistema se accionaba aun más fácil con la ayuda de dos hombres y en un tiempo menor de 30 segundos a veces hasta se lograba en marcha hacer el puenteo del molino.

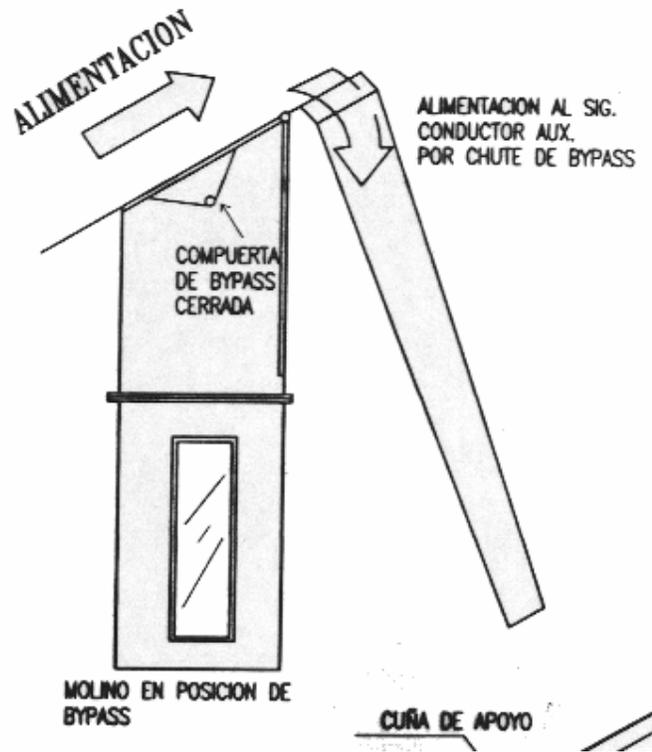
**Figura 165. Muestra el comportamiento normal de alimentación de un molino a través del embudo de alimentación del conductor Donnelly**



**Figura 166. Usando la compuerta de bypass cerrado por alguna reparación**

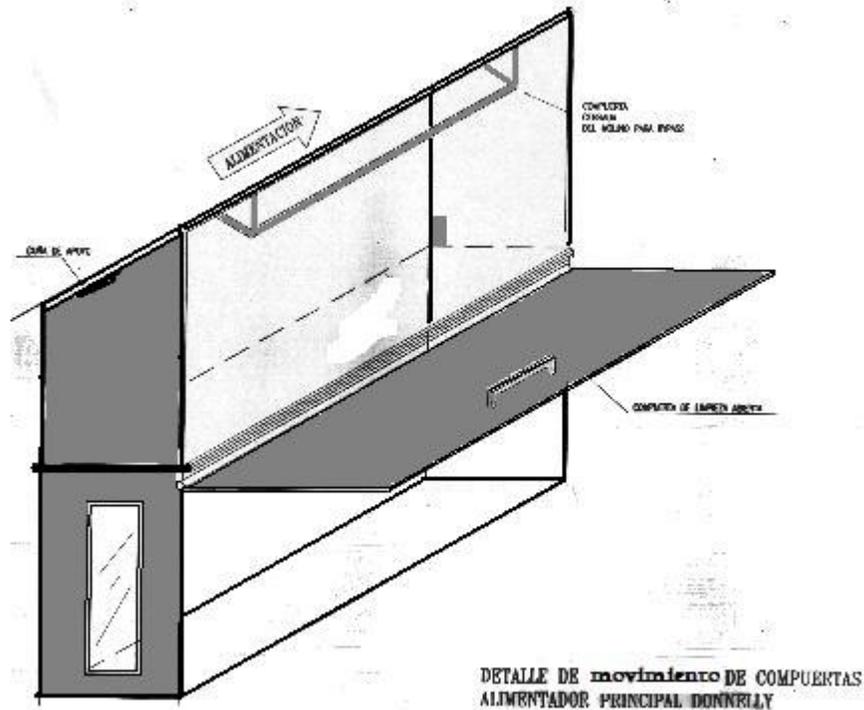


**Figura 167. Compuerta de by-pass cerrada alimentando por el chute de bypass**



En la salida de la caída principal se secciona por un cubo atornillado el cual esta provisto de ventanas laterales con vidrio plástico para observar que el bagazo este pasando a un buen ritmo evitando los atascamientos, además cuenta con una compuerta (holeman) para introducirse a retirar piedras o lo que se está provocando un atascamiento Figuras 165, 166, 167 y 168.

**Figura 168. Alimentador principal del molino, compuerta de bypass cerrada y holeman abierta.**



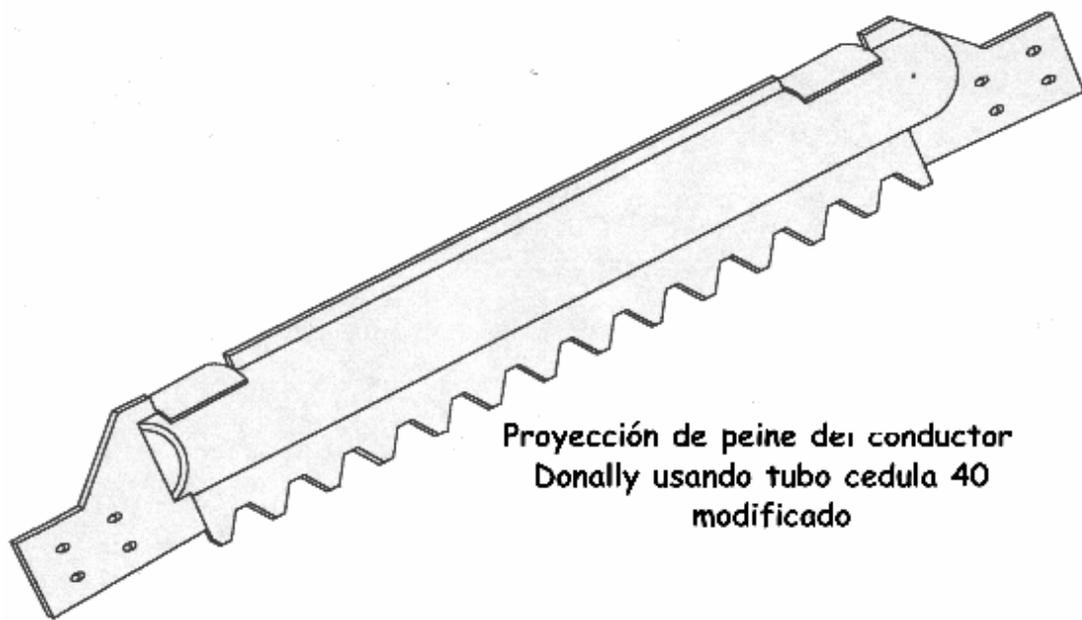
### **2.2.3.9 Peinetas conductoras de bagazo**

Estas son hechas de tubo cédula 40 con 5" de diámetro y su largo es igual al ancho interior del conductor menos la luz de 0.25" en cada extremo, sustituyendo este a la viga "C" que se usaba, anteriormente y que era más fácil que se doblara, provocando mas perdidas de tiempo al cambiarlas.

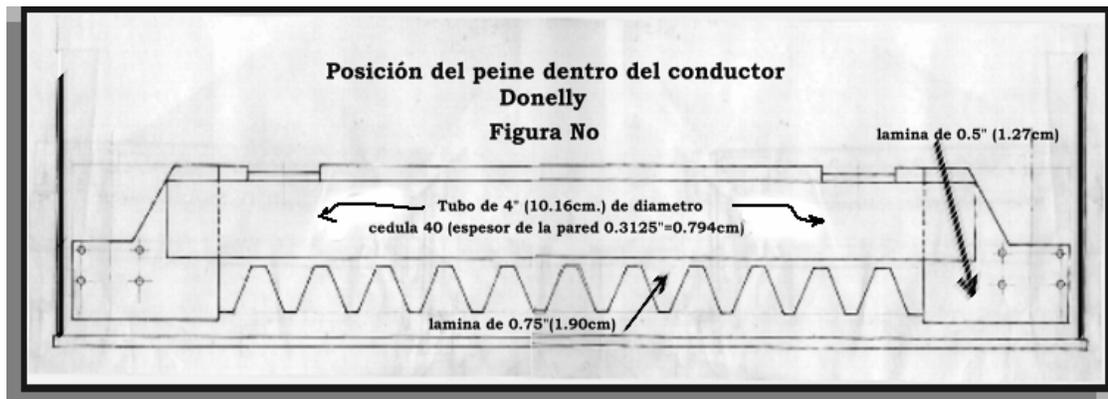
Estas peinetas llevan también una rastrilla con la forma de los dientes que llevan el bagazo hasta el otro molino hechas con lamina de 0.25" a todo lo largo de este tubo, además en su parte superior se le coloca con la misma lamina los listones guías para los rieles de arguto, que además refuerzan cada peineta. En los extremos del tubo se

colocan los aditamentos para sujetar las cadenas que las transportaran Figuras 158, 159,169 y 170

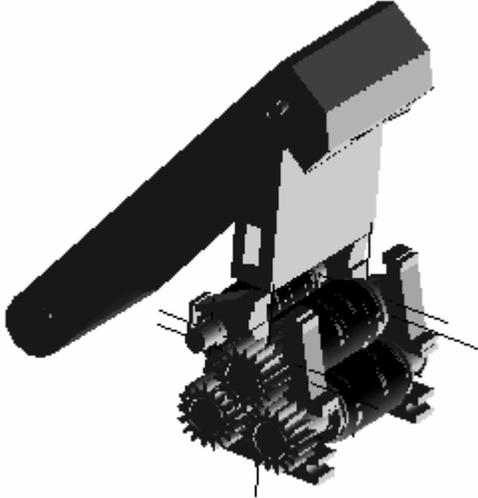
**Figura 169. Proyección del peine de conductor donelly**



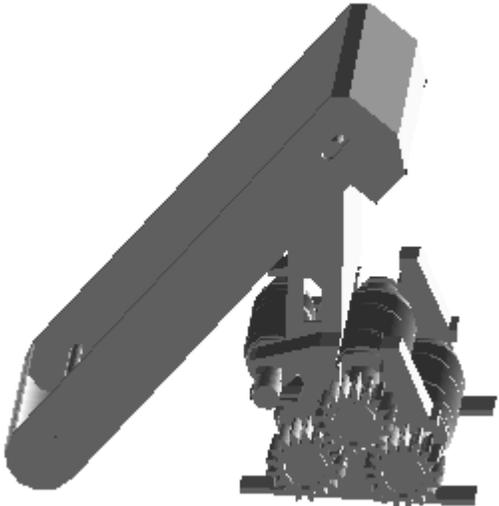
**Figura 170. Parte de un peine del conductor donelly**



**Figura 171. Aspecto del molino dos con su conductor intermedio donelly colocado.**



**Figura 172. Aspecto del molino tres con su conductor intermedio donelly.**



### 2.3 Costos de materiales

Los costos de materiales y mano de obra que se utilizaron para el proyecto de la cuarta maza y conductores intermedios Donelly, son los que a continuación de una manera sencilla se mostraran para tener en cuenta el costo de dicho proyecto.

Tabla XII Costo de mano de Obra construcción cuarta maza y Donellys molinos 1,2 y3

ACTIVO AD	PARMILACION DE CUENTA	Temp o días	# de personas	salario p día	costo diario	hora ed-1	hora ed-2	total hrs 1+2	total de hrs ed-1	total de hrs ed-2	total de hrs ed-1+2	total hrs 2 punto de no m ed	previsiones aprox 1%	previsiones aprox 2%	total previsiones	total general		
1.1	Trazo y corte piezas 4to maza No.1	5	1	50000/10	4700	238.00	2	2	10.00	10.00	20.00	88.13	117.60	449.83	133.19	35.25	187.44	803.08
		2	1	ajuste	21.26	42.50	2	2	4.00	4.00	8.00	16.84	21.26	68.44	17.53	4.63	22.21	30.64
1.2	Trazo y corte piezas 4to maza No. 2	5	1	50000/10	4700	238.00	2	2	10.00	10.00	20.00	88.13	117.60	262.83	75.79	20.21	96.00	348.82
		2	1	ajuste	21.26	42.50	2	2	4.00	4.00	8.00	16.84	21.26	68.44	17.53	4.63	22.21	30.64
1.3	Trazo y corte piezas 4to maza No.3	5	1	50000/10	4700	238.00	2	2	10.00	10.00	20.00	88.13	117.60	262.83	75.79	20.21	96.00	348.82
		2	1	ajuste	21.26	42.50	2	2	4.00	4.00	8.00	16.84	21.26	68.44	17.53	4.63	22.21	30.64
1.4	Mecanizado piezas 4to maza No.1	15	1	50000/10	4700	706.00	2	2	30.00	30.00	60.00	264.33	362.60	868.33	193.16	53.11	232.27	818.16
		30	1	ajuste	21.26	637.60	2	2	60.00	60.00	120.00	268.08	318.76	678.08	173.72	46.33	220.04	798.11
1.5	Mecanizado piezas 4to maza No.2	15	1	50000/10	4700	706.00	2	2	30.00	30.00	60.00	264.33	362.60	868.33	193.16	53.11	232.27	818.16
		30	1	ajuste	21.26	637.60	2	2	60.00	60.00	120.00	268.08	318.76	678.08	173.72	46.33	220.04	798.11
1.6	Mecanizado piezas 4to maza No.3	15	1	50000/10	4700	706.00	2	2	30.00	30.00	60.00	264.33	362.60	868.33	193.16	53.11	232.27	818.16
		30	1	ajuste	21.26	637.60	2	2	60.00	60.00	120.00	268.08	318.76	678.08	173.72	46.33	220.04	798.11
1.7	Trazo y corte ingen No. 2	1	1	50000/10	4700	84.00	2	2	2.00	2.00	4.00	17.83	23.80	88.13	25.44	7.05	32.49	121.81
		1	1	ajuste	21.26	42.50	2	2	2.00	2.00	4.00	7.87	10.80	38.84	11.95	3.19	15.14	64.88
1.8	Trazo y corte ingen No. 3	1	1	50000/10	4700	84.00	2	2	2.00	2.00	4.00	17.83	23.80	88.13	25.44	7.05	32.49	121.81
		1	1	ajuste	21.26	42.50	2	2	2.00	2.00	4.00	7.87	10.80	38.84	11.95	3.19	15.14	64.88
1.9	BOLSA/MEB/PIEZAS PARA 4to maza No.1	10	1	50000/10	4700	470.00	2	2	20.00	20.00	40.00	178.26	266.00	483.26	137.43	38.66	176.14	622.89
		10	1	ajuste	21.26	637.60	2	2	20.00	20.00	40.00	79.69	106.26	207.19	62.16	16.93	78.73	286.82
1.10	BOLSA/MEB/PIEZAS PARA 4to maza No.2	10	1	50000/10	4700	470.00	2	2	20.00	20.00	40.00	178.26	266.00	483.26	137.43	38.66	176.14	622.89
		10	1	ajuste	21.26	426.00	2	2	20.00	20.00	40.00	79.69	106.26	207.19	62.16	16.93	78.73	286.82
<b>TOTAL</b>					14,027.26			500.00	500.00	1,000.00	4,073.06	5,420.75	10,516.81	3,165.04	841.93	3,998.19	14,510.20	

Tala XIII Costo de mano de obra estructura cuarta maza y Donellys molinos 1,2 y 3

PRESUPUESTO DE MANO DE OBRA																	
MONTAJE DE CUARTA MAZA MOLINOS No 1,2 Y 3																	
DONELLYS No 2 Y 3																	
actividad	Montaje de equipo	2. ESTRUCTURA	tiempo dias	no de personas	costo de pago diario	costo ordinario	horas ent 1 ent 2	total hrs ent 1 ent 2 +1.5	total hrs ent 2 y 3	total de hrs ent	total hrs ent. +1.5	total hrs ent 2 y 3	prestacion de salidas 00%	prestacion de salidas 8%	total prestacion de salidas	total general	
2.1	Soldar y Nivelar piezas para la base 4ta. Maza del Molino No. 3		10	1	300.000/1h	47.00	470.00	2	20.00	40.00	178.26	265.00	381.65	254.39	70.50	344.89	1218.10
			10	1	ajuste	21.26	212.60	2	20.00	40.00	79.89	108.26	207.19	52.16	15.59	73.78	286.92
2.2	Montar Ejes cuchillas y tensores 4ta. Maza Molino No. 1		10	1	300.000/1h	47.00	470.00	2	20.00	40.00	178.26	265.00	468.26	137.48	36.66	174.14	832.39
			10	1	ajuste	21.26	212.60	2	20.00	40.00	79.89	108.26	207.19	52.16	15.59	73.78	286.92
2.3	Montar Ejes cuchillas y tensores 4ta. Maza Molino No. 2		10	1	300.000/1h	47.00	470.00	2	20.00	40.00	178.26	265.00	468.26	137.48	36.66	174.14	832.39
			10	1	ajuste	21.26	212.60	2	20.00	40.00	79.89	108.26	207.19	52.16	15.59	73.78	286.92
2.4	Montar Ejes cuchillas y tensores 4ta. Maza Molino No. 3		10	1	300.000/1h	47.00	470.00	2	20.00	40.00	178.26	265.00	468.26	137.48	36.66	174.14	832.39
			10	1	ajuste	21.26	212.60	2	20.00	40.00	79.89	108.26	207.19	52.16	15.59	73.78	286.92
2.5	Montar y Ajustar 4ta. Maza Molino No. 1		5	2	meza Espec.	36.60	366.00	2	20.00	40.00	148.13	197.60	365.13	115.54	30.81	148.36	631.47
			5	2	ajuste	21.26	212.60	2	20.00	40.00	79.89	108.26	207.19	52.16	15.59	73.78	286.92
2.6	Montar y Ajustar 4ta. Maza Molino No. 2		5	2	meza Espec.	36.60	366.00	2	20.00	40.00	148.13	197.60	365.13	115.54	30.81	148.36	631.47
			5	2	ajuste	21.26	212.60	2	20.00	40.00	79.89	108.26	207.19	52.16	15.59	73.78	286.92
2.7	Montar y Ajustar 4ta. Maza Molino No. 3		5	2	300.000/1h	47.00	470.00	2	20.00	40.00	178.26	265.00	468.26	137.48	36.66	174.14	832.39
			5	2	ajuste	21.26	212.60	2	20.00	40.00	79.89	108.26	207.19	52.16	15.59	73.78	286.92
2.8	Trazo, Corte y soldado de piezas para Donnelly No. 2 y 3		60	1	300.000/1h	47.00	2820.00	2	120.00	240.00	1067.60	1410.00	2514.60	754.35	201.16	966.61	3470.01
			60	1	ajuste	21.26	1275.00	2	120.00	240.00	478.13	637.60	1108.98	341.06	90.96	432.01	1688.99
2.9	Montar y Ajustar Donellys No. 2 y 3		5	1	300.000/1h	47.00	235.00	2	10.00	20.00	88.13	117.60	262.83	75.79	20.21	88.00	346.82
			5	3	ajuste	21.26	313.76	2	30.00	60.00	118.68	169.38	300.18	90.05	24.01	114.08	414.22
2.10	Montar y Ajustar Donellys No. 2 y 3		1	1	300.000/1h	47.00	47.00	2	2.00	4.00	17.88	23.60	38.13	25.44	7.05	33.48	121.81
			4	2	ajuste	21.26	170.00	2	16.00	32.00	63.76	86.00	170.00	51.00	13.90	84.90	284.90
							9,493.25		578.00	1,156.00	3,538.97	4,746.53	9,387.09	2,619.43	751.77	3,570.90	12,967.99

**Tabla XIV Presupuesto de materiales y equipo utilizado para la construcción de la cuarta maza y conductores Donellys.**

INGENIO EL BAUL						
DEPARTAMENTO DE FABRICA						
PRESUPUESTO DE MATERIALES Y EQUIPO						
CODIGO PRODUCTO	DESCRIPCION PRODUCTO	CANTIDAD	PRECIO UNIDAD	MONEDA	QUETZALES	DOLARES
1023	LAMINA HIERRO NEGRO 3 PULGADAS	48	25.09	US\$	---	1,204.32
1014	LAMINA HIERRO NEGRO 1 PULGADA	96	122.4998	US\$	11,759.98	1,909.09
1012	LAMINA DE HIERRO NEGRO 3/4 PULGADA	432	38.69	US\$	16,714.47	2,713.39
1005	LAMINA HIERRO NEGRO 1/2 PULGADA	144	30.62	US\$	4,409.99	715.91
1000	LAMINA HIERRO NEGRO 1/4 PULGADA	144	14.81	US\$	2,133.82	346.40
1025	LAMINA HIERRO NEGRO 4 PULGADAS	96	40.59	US\$	---	3,896.88
1018	LAMINA HIERRO NEGRO 1-1/4 PULGADA	48	64.48	US\$	3,095.26	502.48
1650	ANGULAR HIERRO NEGRO 1/4x2-1/2x2-1/2 PUL	120	6.36	US\$	763.63	123.97
1651	ANGULAR HIERRO NEGRO 1/4 x 3 x 3 PULGADA	120	6.68	US\$	801.82	130.17
1813	HEMBRA HIERRO NEGRO 1/4 x 3 PULGADAS	20	3.34	US\$	66.9	10.86
36212	EJE REDONDO ACERO 1040 10 PULGADAS	27.38	11.25	US\$	---	308.02
29215	EJE REDONDO ACERO 1018 1-1/2 PULGADA	120	1.93	US\$	231.6	37.60
36759	EJE CUADRADO ACERO 1042 3/4x3/4 PULGADAS	27.25	12.37	US\$	---	337.08
29215	EJE REDONDO ACERO 1018 1-1/2 PULGADA	40	1.93	US\$	77.2	12.53
17122	EJE REDONDO ACERO 1040 2 PULGADAS	20	3.2	US\$	64.09	10.40
17121	EJE REDONDO ACERO 1040 1-3/4 PULGADA	100	3.2	US\$	320.46	52.02
17129	EJE REDONDO ACERO 1040 2-1/2 PULGADAS	60	0.73	US\$	---	43.77
19303	EJE REDONDO ACERO 1040 1-1/4 PULGADA	20	1.89	US\$	33.91	5.50
20563	VIGA 1-1/4x4x4x6 PULGADAS	27	17.71	US\$	478.24	77.64
1962	TUBO HIERRO NEGRO CEB.40-0.288PUL. WALL 5 PUL	200	5.15	US\$	---	1,030.00
1963	TUBO HIERRO NEGRO CEB.40-0.280PUL. WALL 6 PUL	60	42.05	US\$	2,522.73	409.53
36266	HEMBRA ARGUTO 3/4x3-1/2 PULGADAS	120	0.3	US\$	---	36.00
5179	ELECTRODO E-6011 3/32 PULGADA	100	5.95	US\$	595.45	96.66
5181	ELECTRODO E-6011 5/32 PULGADA	150	9.24	US\$	Q1,386.00	225.00
18538	ELECTRODO E-6013 3/32 PULGADA	75	5.88	US\$	426.14	69.18
5185	ELECTRODO E-7018 3/32 PULGADA	80	6.28	US\$	502.5	81.57
5187	ELECTRODO E-7018 5/32 PULGADA	50	5.54	US\$	277.46	45.04
39830	Tomillo cab.hex.grado 5 rosca ord.3/4x3 pulgada	70	3.82	US\$	267.27	43.39
2231	Tomillo cab.hex.grado 3/4x3 pulgada	140	3.38	US\$	470.9	76.44
5698	Castigador allen rosca ord.haria 3/4x1 pulgadas	120	7.15	US\$	858.54	139.37
17280	Pintura amarilla caterpillar 5103 gliden	15	76.36	US\$	1,145.45	185.95
17287	Pintura anticorrosivo rojo oxi 2050 gliden	15	54.54	US\$	818.18	132.82
17277	Pintura rojo fuego 5707 gliden	15	76.36	US\$	1,145.45	185.95
31086	Camisa de hierro fundido	3	5000	US\$	---	15,000.00
26017	Electrodo Azucar 80 1/8	150	80	US\$	12,000.00	1,948.05
20559	Maquinar camisa de 4ta. Masa	3	5000	US\$	15,000.00	2,435.06
Total material y equipo en US\$.						34,578.08
(+) (+) Flete, impuestos, etc. (10 %)						3,457.81
TOTAL EN US\$.						38,035.88

### Tabla XV Resumen de gastos

INGENIO EL BAUL, S.A.  
DEPARTAMENTO DE FABRICA

RESUMEN  
NOMBRE DEL EQUIPO  
OBRA EN PROCESO

DESCRIPCION			TOTAL
MATERIAL Y EQUIPO	38035.86271	6.16	234,300.91
MANO DE OBRA			
FABRICACION	14,513.20		27,481.19
MONTAJE	12,967.99		
SERVICIOS A TERCEROS			10,000.00
<b>TOTAL EN QUETZALES</b>			<b>271,782.10</b>

En las Tablas XII a XV se muestran los costos de materiales y mano de obra que se utilizo durante el montaje las cuartas mazas y conductores Donelly tomando en cuenta el tipo de cambio de referencia en los años 1996-1997

### **3. EJECUCIÓN DEL REDISEÑO**

#### **3.1 Fabricación de las piezas**

Las piezas que forman los apoyos en las vírgenes en cada uno de los molinos, fueron primero trazadas por medio de plantillas a escala natural, basándose en los planos ya realizados para dichas modificaciones. Las piezas que formaron los apoyos en cada una de las vírgenes, en los diferentes molinos, se fabricaron de la siguiente manera:

Después de obtener a escala natural las plantillas en cartón de las piezas a cortar, se procedió a marcar a través de ellas en la lámina requerida, aprovechando al máximo los espacios sin desperdiciar el material. Por ejemplo se tuvieron láminas de 8 pies (2.438 m) por 6 pies (1.8289 m) y por 1 pulgada (2.54 cm) ó por 3 pulgadas (0.0762 m), para las piezas que formaron el cuerpo de las bases de apoyo de las cuartas mazas además de los monos y bases para las chumaceras en las vírgenes de cada molino, luego se procedió a cortarlas con acetileno algunas quedando rústicas y otras como monos y asientos de chumacera fueron pasados por el cepillo para metal, para hacerle algunos acabados y detalles según se requirió.

La mayoría de piezas fáciles de cortar y soldar fueron hechas en el mismo ingenio pero piezas como las cuchillas de las cuartas mazas, primero fueron fundidos los machotes en una fundidora y luego talladas por el cepillo en el ingenio tomando en cuenta el rayado de la cuarta maza, para la centricidad de sus dientes. Otras piezas menores fueron ejes cortados ya a la medida, tallando sus extremos o perforándole agujeros para sujetar la cuchilla o los peines, además de tuercas para los pernos de anclaje o para sujetar el mono de la cuarta maza, las cuales con esas medidas no se encuentran en el mercado o sale demasiado alto el costo.

Otras piezas mayores que fueron hechas en la fundidora son las camisas de bronce para las chumaceras, cuchillas que se explicó anteriormente y la de las camisas de hierro fundido para la cuarta maza la cual pasa al ingenio para hacersele el rayado correspondiente en el torno de mazas.

### **3.2 Inspección de piezas**

La inspección que se realizó fue basándose en rectificación de las medidas y formas en la fabricación como también, del uso del material adecuado en cada una de ellas.

#### **3.2.1 Rectificación de las medidas según el diseño en los planos realizados**

En cada una de las piezas que se soldaron se verificaron sus medidas, antes y después de ser cortadas usando para su trazo una plantilla hecha de cartón a escala natural, para facilitarle al soldador cuando habían ángulos o formas que le llevarían más tiempo, estas plantillas se elaboraron a escala y para mayor seguridad se verificaron, para tener un margen menor de error en el ensamble.

Se trato que en los lados donde se soldaría tuviera bisel aproximadamente mayor de una pulgada dependiendo del espesor de la lámina, en esto se puso mucha atención para no debilitar las piezas más delgadas.

### **3.2.2 Revisión de cortes y biseles en las piezas**

Durante el corte de las piezas se fue verificando, que los mismos no fueran torcidos, muy metidos o salidos de la línea de corte, para no tener problemas de exactitud a la hora de colocar las piezas en su lugar como por ejemplo, usar más soldadura para llenar espacios causados por un corte torcido o una medida más corta, o que a la hora de visceral la pieza en el lado de la soldadura no tuviera el suficiente material para lograrlo, como las vírgenes de los molinos son inclinadas presentan ángulos en sus laterales en los que se soldaron las piezas teniendo el cuidado de que las piezas que se soldarían a la virgen tuvieran el ángulo correcto para no tener problemas de nivel en la base para la cuarta maza.

### **3.2.3 Características en las piezas**

Algunas piezas como los cartagones en los que se apoyan cada uno de los asientos para chumaceras en los distintos molinos modificados, se les dio diferentes ángulos para distribución de carga en cada uno de los molinos, la variación de estos ángulos consistió básicamente por la forma de cada virgen y variaron de 45° a 30° y de lámina de 1" de espesor (2.54 cms.).

Cada juego de estos cartagones se cortó, teniendo como base una plantilla previa para cada uno de los molinos por el ángulo de las vírgenes.

Las consideraciones en estas piezas fueron que tuvieran el suficiente tamaño o área, la cual no se vería afectada por los biseles o por la longitud de la base para la chumacera, estos irían tres distribuidos a lo ancho de la base para la chumacera siendo suficientes para ser la base que sostendría una buena parte del peso de la cuarta maza y sus elementos, estos elementos de apoyo quedaron parejos mayormente en el lado donde se colocaría la base de la chumacera para lograr una nivelación exacta.

### **3.2.4 Revisión de ensamble antes de soldar las piezas**

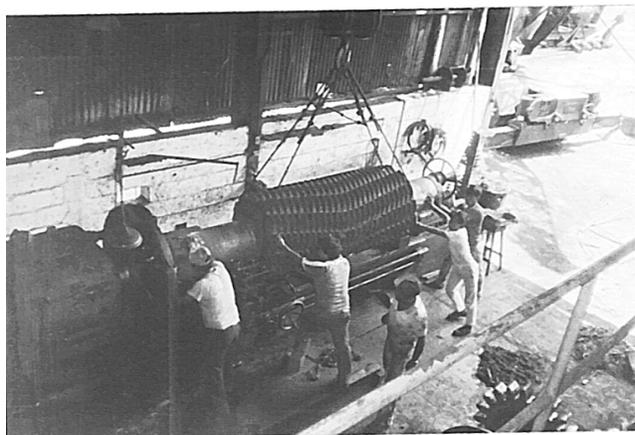
Para tener mayor seguridad de tener las medidas correctas en las piezas se ensayo con ellas en el lugar donde posteriormente se soldarían, con el fin de establecer que no darían ningún problema cuando se soldara, también verificando las medidas de los elementos para que al momento de soldarlos en cada virgen, no se quedaran desajustes de proporción o desnivel alguno.

Por otro lado se respetó también que cada una de las vírgenes contara con su juego de piezas de apoyo de la cuarta maza, ya que se dio pequeños problemas en las vírgenes de contar con protuberancias o ajustes hechos con anterioridad, lo que de alguna manera limitó tener indiferentemente los juegos de piezas para cualquier virgen.

### **3.2.5 Inspección de piezas no fabricadas en el ingenio**

Las piezas que no se hicieron en el taller o por el personal del ingenio, básicamente fueron elementos de hierro fundido, como la cuchilla de la cuarta maza también las camisas de bronce para las chumaceras de la misma, además las camisas de hierro fundido para las mazas y 4ta. Mazas colocadas a sus eje, después de ser transportadas se tornearon según medidas para cada molino (Figura 173)

**Figura 173 Vista del torno para mazas utilizado en el ingenio el baúl**



Teniendo problemas de rechupes o ratoneras de una mala fundición teniendo que sustituir en el caso de las cuchillas por lámina de hierro dulce o negro de dos pulgadas de espesor y tallarlas en el taller con el cepillo para metal, evitando con esto que cuando el molino tuviera su carga normal en zafra está se rompiera, debiendo que parar el molino y obviamente cambiar dicha cuchilla usando, muy pronto la de repuesto. En el caso de las chumaceras fue pocas las veces que se regresaron para que las cambiaran, ya que en el ingenio no se cuenta con hornos para la capacidad de fundir una cantidad de material como para estos elementos.

### **3.2.6 Otras piezas que se revisaron**

Las otras piezas que se revisaron fueron elementos como los llamado ejes cuadrados, que no son más que los ejes de soporte de las cuchillas de la cuarta maza, estos son rectangulares de 3" x 3" y solo en sus extremos son circulares Figuras 126 y 128 se verificaron los agujeros donde se sujetaría la cuchilla, el largo total del eje y su juego en los extremos para ser colocado sin inconveniente.

Piezas que se fabricaron en el taller como tuercas, pernos, tornillos para posiciones verticales y horizontales en los apoyos de la cuarta maza. (Figuras 129 y 130)

### **3.3 Colocación de las piezas**

Las piezas diseñadas para sostener y formar la base para la cuarta maza en cada uno de los molinos modificados, tuvieron sus variantes por la forma de estos pero básicamente se siguió la misma línea en su estructura, con algunas diferencias en ángulos y tamaño, buscando obtener el mejor apoyo en la estructura de la virgen.

Al inicio se modificó el molino tres Farrel que se cambió al uno, en este molino en especial tuvo una variante que consistió en que una de sus vírgenes, era de hierro

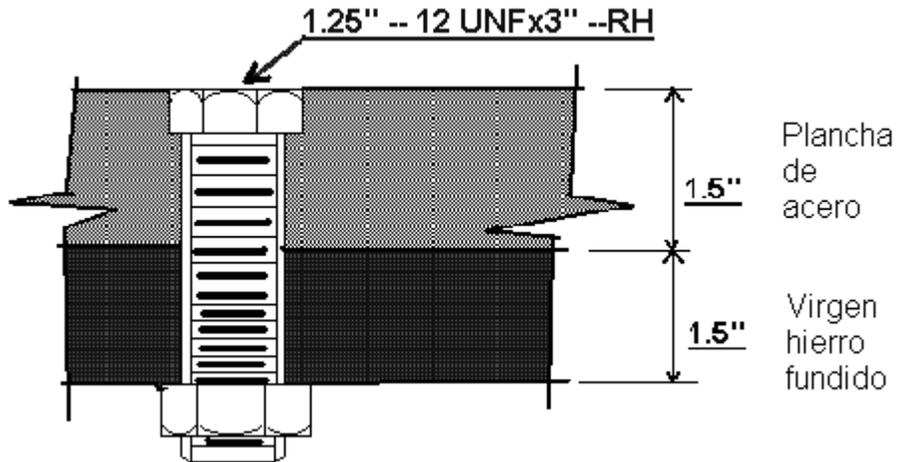
fundido y la otra de acero, teniendo en cuenta que las piezas a colocar irían soldadas, por lo que en la de hierro fundido sería difícil e inseguro colocar estas piezas debido a que como se sabe, este material no suelda fácilmente y que puede agrietarse, esta tendencia puede aminorarse si la pieza es precalentada uniformemente, lo que para el caso de la virgen del molino hubiera sido difícil y con un mayor costo.

### **3.3.1 Solución para la colocación de piezas en la virgen de hierro en el molino Farrel**

La solución a este problema fue planteada y calculada de una manera aproximada, debido a falta de datos de resistencia, esfuerzos y límite elástico de los materiales, por lo que se buscaron datos aproximados por las características de estos.

La solución se realizó de la siguiente manera, se colocaron planchas atornilladas en el lugar en donde irían las piezas soldadas que formarían una de las bases de la cuarta maza, usando lámina de 1 $\frac{1}{2}$ " (3.81 cm) de espesor colocadas como se verá más adelante. Como se explicó anteriormente, en el hierro fundido es difícil o casi imposible soldar, se colocaron estas planchas con el fin de ser en ellas donde se soldará las piezas de apoyo, estas a su vez se modificaron en sus medidas restándole el espesor de la lámina de acero atornillada, los cálculos que se hicieron fueron los siguientes: (tabla XX)

**Figura 174. Aspecto del perno que sujeto la plancha de acero a la virgen del molino farrel**



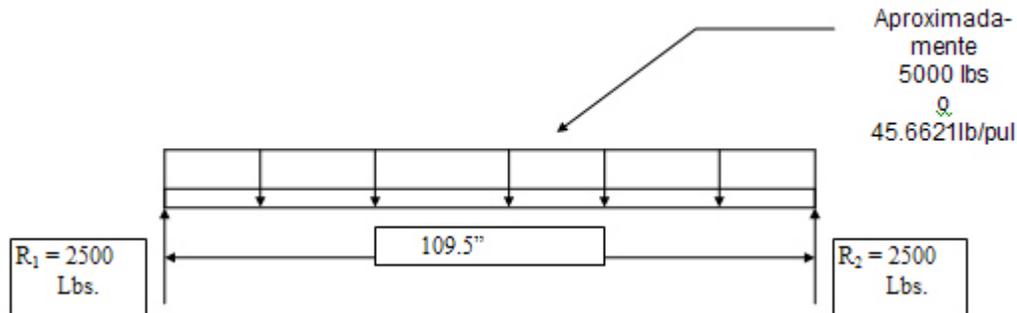
De donde en el dibujo se muestra con detalle como se colocó la plancha de acero y especificaciones de los tornillos, se tiene entonces que:(Figura 174)

**Tabla XVI. Esfuerzos en Materiales usados**

Tipo de Metal	Resistencia en Lbs / Pulg <sup>2</sup>			Limite Elástico Lbs / pul <sup>2</sup>	
	Tensión	F	Corte	Tensión	Compresión
Hierro Fundido	20,000	35,000	18,000	150,000,000	60,000,000
Acero	60,000	80,000	50,000	30x10 <sup>6</sup>	30x10 <sup>6</sup>

Teniendo entonces que calcular la maza como una viga empotrada en ambos extremos se tiene que:

**Figura 175.**  
Diagrama de cuerpo libre de la cuarta maza



En este diagrama se aprecian la carga de 5000 lbs. Y sus respectivas reacciones en los apoyos, para el caso que nos interesa solo usaremos la reacción en  $R_1$ , por otro lado la forma de las placas que soportan el apoyo de la cuarta maza, se ven en la Fig.175 Y una disposición de los pernos que en total se colocaron 43 en las tres placas.

De donde el diámetro de los pernos es de  $1\frac{1}{4}$ " (3.175 cm) por  $4\frac{1}{2}$ " (11.43 cm) por lo que los agujeros, se taladraron con  $\frac{1}{16}$ " (0.159 cm) más en su diámetro quedando estos de  $1\frac{5}{16}$ " (3.33 cm), sujetos con tuerca y contratuerca con sus respectivas roldanas de presión, siguiendo con los cálculos se tiene que:

El esfuerzo de corte en cada remache se obtiene por

$$\tau = \frac{F}{(\pi \times d^2) / 4}$$

por lo que

$$\tau = \frac{2500 \text{ lbs}}{(3.1416)(1.25")^2 (0.25)} = \boxed{2037.16 \text{ lbs/pulg}^2}$$

donde  $d$  = al diámetro del perno y  $F$  = fuerza aplicada.

El esfuerzo por aplastamiento esta dado por:

$$\sigma = \frac{F}{dt}$$

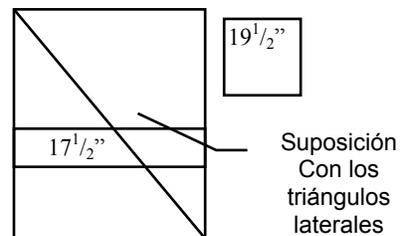
de donde F= fuerza aplicada y d = diámetro del perno y t = espesor de la placa.

$$\sigma = \frac{2500 \text{ lbs}}{(1.25'' )(1.5'')} = \boxed{1333.33 \text{ lbs/pulg}^2}$$

Se tomó como base el esfuerzo de corte del material más débil que es el hierro fundido de 20,000 lbs. / pulg<sup>2</sup>, (tabla No xvi) se asumió que el ancho de la plancha para el siguiente cálculo, seria de 17'' (43.18 cm) para el caso de las laterales que además de tener forma rectangular, se unieron para formar un rectángulo y así aproximar mejor el cálculo, éstas laterales se colocaron con el fin de tener mejor resistencia de carga, como también para soldar algunas piezas de la base de la cuarta maza de donde:

Se calcula la resistencia de la placa con un perno

$$F_t = S_{t(\text{admisible})} (w - d_{ef}) t$$



Se tiene que el diámetro del perno se le suma  $\frac{1}{16}''$  (0.150 cm) para el agujero del mismo en la placa teniendo entonces un diámetro de  $1\frac{5}{15}''$ .

$$F_t = (20,000 \text{ lbs. /plg}^2) \boxed{(17'' - 1.3125'') (1.5'')}$$

$$F_t = 470,625 \text{ lbs.}$$

Para tener un cálculo de las hileras de pernos supuestos en el dibujo con anterioridad, se tiene que:

$$P_{t \text{ real}} = \frac{n - n^1}{n} P$$

De donde  $P_{t \text{ real}}$  parte de la carga real aplicada externamente actuando sobre una hilera particular;  $n$  = número total de pernos en la junta; y  $n^1$  = número total de pernos en la hilera, con  $P = 470625$  lbs.

**Tabla XVII. Relación de carga real y carga admisible por número de pernos por fila.**

Numero de pernos en las filas	Pt real (lbs)		
	P = 470625	P = 980625	P = 710625
1	459680	957819	694098
2	448735	935014	677572
3	437790	912209	661046
5	415901	866598	627994
6	404956	843793	611468

Por lo que se tiene que para la carga real debe ser menor a la carga admisible de donde, se calcula para la carga admisible y se compara con la real. (Tabla XVII)

\* todos los datos obtenidos están dados en libras. Comparando los datos obtenidos  $P_{t \text{ admisible}}$ , con  $w = 34''$  y  $P_{t \text{ real}}$  se tiene que  $P_{t \text{ adm}} > P_{t \text{ real}}$  las placas a través de las hileras están seguras a tensión, reduciendo el número de pernos en las hileras de 5 y 6.

Y por último la eficiencia de la junta con lo que:

$$ef = \frac{P_{\text{admisible max.}}}{\text{Resistencia de la placa a tensión}}$$

$$ef = \frac{710625 \text{ lbs}}{20000 \text{ lbs} \times 25'' \times 1.5''}$$

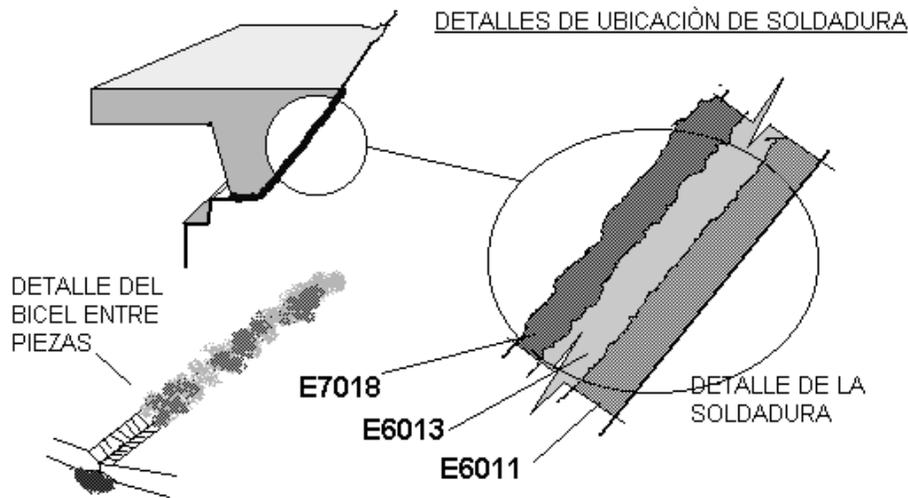
$$ef = 95\%$$

Terminando este trabajo con buenos resultados a la fecha, ya que después de dos zafras se que pude comprobar, que el trabajo de esta adaptación, no sufrió fallas a pesar de tener cargas extras por el peso del bagazo durante los seis meses continuos de zafra, vibraciones dadas por fuerzas de la extracción del guarapo que no entraron en la consideración de dichos cálculos.

### **3.3.2 Características de la soldadura utilizada**

La soldadura utilizada fue básicamente, E6011, E6013 y E7018, con diámetros de  $\frac{3}{32}''$  y  $\frac{5}{32}''$  ESAB, ISO 9002. El orden que se utilizó en las pasadas de la soldadura fue como se indicó al inicio de esta sección, por lo que se explica seguidamente sus características:(Figura 176) (Tablas XVIII y XIX)

**Figura 176.**



**Tabla XVIII. Características de los electrodos utilizados en la fabricación de las bases de 4ta. Maza, proveedor o fabricante.**

ELECTRODOS CONVENCIONALES				
ESAB	CLASIFICACION (AWS) 6010 (E6010)	USO Y CARACTERISTICAS	RESIS TENSION	CORRIENTES OPTIMAS
			LIMITE ELASTICO ELONGACION	DE APLICACION 3/32 1/8 5/32 60 105 165
ELECTRODOS RECUBIERTOS PARA SOLDAR ACEROS AL CARABON	6010 (E6010)	ELECTRODOS CELULOSICOS DE PENETRACION PROFUNDA EN TODAS POSICIONES, CALIDAD RAYOS X, SE USA EN TRABAJOS ESTRUCTURALES, REPARACIONES Y UNIONES DE TUBERIAS.	RT=71,000PSI	
	6011 (E61011)	ELECTRODOS CELULOSICO DE ARCO FUENTE Y PENETRACION PROFUNDA SUELDA CON CA.Y CD. EN TODAS POSICIONES SE USA EN TRABAJOS ESTRUCTURALES TUBERIAS, BARCOS Y REPARACIONES.	RT=77,000 PSI	75 105 145
	6012 (E6011)	ELECTRODOS QUE SUELDA A MAS ALTA CORRIENTE QUE LOS CELULOSICOS EN TODAS POSICIONES, SUELDA CHASSISES TANQUES TRAILERS, MAQUINARIA AGRICOLA Y AUTOPARTES.	RT=71,500 PSI LE=61,500 PSI E=24%	00 125 180
	6013 (E6013)	ELECTRODO DE ALTO RENDIMIENTO DE FACIL APLICACION Y REMOSION DE ECO-RIA, SUELDA MAQUINAIA AGRICOLA, MUEBLES METALICOS, CARROCERIAS Y REPARACIONES GENERALES	RT=74,00 PSI LE=63,500 PSI	75 130 170

**Tabla XIX. Características de los electrodos utilizados**

ESAB	CLASIFICACION (AWS)	USO Y CARACTERISTICAS	RESIS TENSION	CORRIENTES OPTIMAS
			LIMITE ELASTICO	DE APLICACION
	7018 (E7018)	ELECTRODOS BAJO HIDROGENO Y POLVO- DE HIERRO PARA TODAS POSICIONES SUELDA ACEROS DIFICILES PARTES DE MAQUINARIA PESADA ACEROS FUNDIDOS, ACEROS "COLD ROLLED" PARTES PARA CALDERAS	RT=78,000 PSI LE= 68,000 PSI E = 30%	3/32 1/8 5/32 90 140 170
ELECTRODOS RECUBIERTOS BAJO HIDROGENO BAJA ALEACION	8018 -B2			
PARA SOLDAR ACERO DE BAJA ALEACION ALTA RESISTENCIA	( E8018 - B2)	PARA APLICACIONES A ALTAS TEMPERATURAS SUELDA ACEROS CROMO- MOLIBDENO , SE USA EN CALDERAS Y TUBERIAS DE PLANTAS ELECTRICAS	RT= 94,000 PSI LE = 81,000 PSI E = 30%	

### 3.4 Inspección del ensamblado

En cada una de las partes ensambladas en los apoyos de las cuartas mazas, antes de ser soldadas se ensayaron con el cuidado de observar diferencias en las medidas o irregularidades en los cortes, así detectada alguna diferencia eran corregidas, obteniendo un ensamblado final lo más exacto posible.

#### 3.4.1 Inspecciones visuales al ensamblado

Teniendo la confianza de la mano de obra disponible, en la parte de la soldadura se supervisó la forma y la apariencia de los cordones en los apoyos, partes de ensamblado y simetría entre cada una de las vírgenes del mismo molino, además de ir revisando el nivel en las bases antes y después de la soldadura ya que ésta desnivelaba las piezas, por el calor y la fusión producida.

### **3.4.2 Rectificación de parámetros específicos**

Al ir ensamblando las bases se fue rectificando a la vez, que el centro de la base de las chumaceras de la cuarta maza, respecto a la línea de centro de los molinos coincidiera con la mitad de la abertura del molino respectivo. Por otro lado también se rectificó la línea del centro de la cuarta maza, que es de 8" (20.32 cm) respecto a la línea de centro de la maza superior.

### **3.4.3 Inspección de cuchillas y chumaceras**

Detalles como la cuchilla de la cuarta maza, después de estar colocada la misma se procedió a tomar referencia en el centro de esta y partir con la medida entre los dientes, para así poder trazar los respectivos dientes de la cuchilla que debían coincidir dentro de los valles del rayado la maza, tallados en el cepillo se rectificaron colocándola en su lugar tratando que quedara, sin problemas de desajuste en algunos dientes que podrían producir atascamientos fricción o la rotura de la misma cuchilla o dientes, produciendo problemas serios en la zafra.

Para el caso de las chumaceras de la cuarta maza, se rectificaron las medidas de la camisa de bronce y su lubricación además de su soltura a la hora de movimientos de setiar su abertura respecto a la superior.

### **3.4.4 Donellys**

Para la inspección del ensamblado de los Donellys,(figura 177) se tuvieron en cuenta el largo; ya que dependiendo entre que molinos trabajaría así se le daría un ángulo específico a la inclinación, teniendo en cuenta la altura que se lograría para no chocar con la grúa puente de molinos y lograr la alimentación adecuada al molino siguiente.

Ancho; este debería de coincidir con el ancho de la maza bagacera del molino que lo alimenta como mínimo.

**Figura 177. Detalle de la construcción del conductor intermedio**



Este conductor cuenta con determinadas partes y piezas por ejemplo, dos caídas de bagazo de alimentación una principal la cual se rectificó, que su alimentación cayera justo entre la maza superior y la cuarta maza del molino que alimentaría, si por el contrario este molino tuviera un desperfecto y se parara, entonces esta caída cuenta con una compuerta que al cerrarse, la alimentación se llevaría acabo por otra salida que iría directo al siguiente donnally a través de un chute de by pass no perdiendo así el ritmo de la molienda ya que solo se pararía unos minutos (Figuras 163 a la 167).

Tomando las consideraciones anteriores se revisó con plomadas la verticalidad de su caída principal y un compás de burbuja los ángulos en su by pass y el cuerpo en general, por otro lado este conductor cuenta además con unos rieles elaborados con hembra de 3”

apoyados en tubos de diámetro de 6” cédula cuarenta, cubiertos estos rieles con un material polímero llamado Arguto el cual tiene la propiedad de tener alta resistencia al desgaste por la fricción de las cadenas, peines del conductor y la corrosión del guarapo. Cuenta con una base en la parte superior para la colocación del moto reductor o el motor con un sprocket, para dar la velocidad adecuada a través de su eje motriz. (ver Figura 157), en las figuras 171 y 172 se puede observar los aspectos de los molinos dos y tres con sus respectivos conductores Donellys instalados.

### **3.5 Pruebas iniciales**

Las primeras pruebas que se realizaron al tener armadas las bases que soportarían la cuarta maza, fue la colocación de esta con sus respectivas chumaceras y revisar los cordones de soldadura y piezas que la soportarían, estas se realizaron al principio, durante el armado del molino y en zafra. Montada la cuarta maza se comprobaron los settings máximo y mínimo con los que contarían, y así comprobando lo calculado, estas pruebas se realizaron deslizando la maza y sus chumaceras en sus respectivos asientos y bases, para su punto máximo se verificó también la extensión de la cadena para que en algunos puntos intermedios y en un punto mínimo de setiado, quedaba una holgura que con la velocidad de trabajo no representaría ningún problema, pero se les agrego un pequeño sprocket que serviría de tensor en un momento dado.

La prueba en marcha fue posible iniciada la zafra ya que solo los molinos cuatro y cinco cuentan con un sistema para darles movimiento a través de motores eléctricos, esto se logra a una velocidad mínima y sin carga. En movimiento se comprobó que la cuchilla de la cuarta maza no tuviera desajustes o atascamientos o roturas en los dientes, en los pernos verticales y horizontales se verificó el ajuste máximo y el largo de sus roscas, para que cuando al estar trabajando no provocaran desajustes o se barrieran las roscas como se pudo verificar.

### **3.5.1 Comprobación de la tracción en la cuarta maza**

Esta comprobación consistió en que al iniciar el movimiento del molino, se verificara la tensión de la cadena por la cual se transmite el movimiento de la maza cañera a la cuarta maza verificando que no hubiera ningún cabeceo de los sprocket en los ejes, al recibir la carga de caña se comprobó que no resbalara la maza y que tuviera la extracción esperada, verificando finalmente la resistencia de sus elementos, lubricación y ajuste en los pernos. Y sobre todo que cuando se le metió la carga y empezó a moler llevara una continuidad de molienda sin atrasarse o adelantarse, logrando la velocidad adecuada de molienda y alimentación del siguiente molino.

La adaptación de la cadena para la tracción de la 4ta. Maza dio un buen resultado, ya que a la hora de tener algún problema fue más fácil de desarmar o ajustar, perdiendo menos tiempo a la hora de puentear el molino por alguna reparación menor o una reparación prolongada.

## CONCLUSIONES

1. Se logro realizar en cada molino, las mediciones de sus estructuras para realizar los planos y esquemas con los que no se contaban, con la finalidad de diseñar un soporte para la colocación de una cuarta maza.
2. Los planos realizados se detallaron mejor en el primer molino, debido a que en este se plantearon todas las incógnitas del diseño, por lo que, en los siguientes molinos, solo basto con tener el dibujo general de la virgen, donde se colocarían los apoyos de la cuarta maza, dibujando la parte principal de los apoyos, para tener los largos y los ángulos respectivos para cada uno, según el diseño de cada virgen.
3. Se diseñaron piezas para apoyo de la cuarta maza, en cada molino, encontrando que en cada uno de estos fue variando el ángulo, el ancho y la forma de apoyar las piezas, debido a que el diseño de las vírgenes, no eran del mismo modelo en cada molino, con la experiencia que se tuvo en el molino uno y teniendo un diseño básico, la modificación en los otros dos molinos fue menos complicada de realizar.
4. Cuando se tenían los planos y esquemas listos para cada molino, se realizaron piezas en dos dimensiones a escala natural sobre cartón grueso, las que sirvieron de plantillas para el corte de láminas por soldadores y de modelo en el taller para lograr determinada forma, siempre verificando medidas antes de cortar o ensamblar.
5. Al tener cortadas y listas las piezas, fue necesario verificar las medidas para que al ensamblarlas, se lograra obtener el apoyo o accesorio diseñado según las características de cada molino, asegurando con esto un arranque del molino sin complicaciones.

6. Cuando el tiempo de reparación terminó, los molinos estaban con sus cuartas mazas y conductores Donellys listos y pintados, como si solo se les hubieran dado limpieza en 6 meses, anterior a esto se hicieron pruebas de carga en los apoyos con sus respectivas mazas, lubricación en sus chumaceras, largo de cadenas, inspección de soldaduras en los apoyos de la cuarta maza, alineación de sus mazas en el molino y en el tandem de molinos, colocación de sus settings entre mazas, verificación de inclinación de Donellys, funcionamiento de sus motores eléctricos.

## **RECOMENDACIONES**

### **Al Jefe de Planta**

1. Instalar un mejor sistema de lubricación para las chumaceras, ya que el actual presenta muchas deficiencias y fugas, provocando un calentamiento a veces excesivo en las mismas.
2. Mantener limpieza en los conductores intermedios Donelly, específicamente en el área de by-pass de estos conductores pues con el uso en zafra se colocan depósitos de bagazo dentro de los espacios de las cuñas que sostienen, la compuerta de by-pass provocando retraso en el proceso de cierre de esta, provocando pérdida de tiempo.
3. Buscar un plexiglás mas resistente para uso de los visores en los embudos de alimentación de los molinos, pues con el uso los actuales se rallan y empañan demasiado impidiendo la visión de los operadores, para una mejor alimentación
4. Mantener sprocket de reserva para el movimiento de la cuarta maza pues, solo se cuenta con los que están en uso, además de una sección de cadena o cadena entera para el mismo movimiento.

### **Al Jefe de Mantenimiento:**

5. Revisar constantemente las soldaduras en los apoyos de las cuartas mazas, haciendo pruebas no destructivas.
6. Implementar la herramienta adecuada al personal, de mantenimiento para las reparaciones e indicarles la importancia de la seguridad industrial dentro del ingenio

### **Al Gerente General:**

7. La implementación técnica del personal de mantenimiento, con cursos en INTECAP, u otra institución para mejorar los conocimientos en todas las áreas, quizás si no todo el personal al menos los jefes de sección o grupo para mejorar la dirección de los trabajos en el ingenio.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Chen, James C.P. **Manual del azúcar de caña**. México: Limusa, 1991. 27pp. a 144pp.
2. Deutschman, Aarón D. y otros. **Diseño de maquinas**. 2<sup>a</sup> ed. México: CECSA, 1987.
3. Ewart, **Chains for the sugar industry**, Ewart Chain Ltd, England: Hurlstons, 1995.
4. Fazanaro, Boletín **Transportador intermedio de arrastre**. Rua monte casino Brasil, Fazanaro 1997.
5. Gere, James M. **Mecánica de los materiales**. 2<sup>a</sup> ed. México: Grupo Editorial, Íbero América 1984.
6. Hugot, Luís. **Manual para ingenieros Azucareros**. 2<sup>a</sup> ed. México: Reverte 1986.
7. Molina, Estuardo. **Experiencia con un molino de cuatro mazas**. Guatemala: Atagua, enero-marzo 1988.
8. Rodríguez, Miguel M. **Capacidad del tandem ajustes y presiones en los molinos**. Guatemala, Atagua, sep. 1987.
9. Yépez, César. **Conversión de un molino de tres mazas a cuatro mazas**. México: Geplacea, boletín vol. 3 No 8 agosto 1991.

Anexo  
 Figura 178. Diagrama de operación de un ingenio azucarero

