

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

DISEÑO DE UNA PLANTA PANELERA (TRAPICHE)

Presentado ante la Ilustre
Universidad Central de Venezuela
Por los Bachilleres:
Figuroa P. Ismael M.
Moncada Z. Daryuri K.
Para optar por el título de
Ingeniero Mecánico.

Caracas, 2003

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

DISEÑO DE UNA PLANTA PANELERA (TRAPICHE)

TUTOR ACADÉMICO: Prof. Fausto Carpentiero.

Presentado ante la Ilustre
Universidad Central de Venezuela
Por los Bachilleres:
Figueroa P. Ismael M.
Moncada Z. Daryuri K.
Para optar por el título de
Ingeniero Mecánico.

Caracas, 2003

Caracas, Mayo 2003

Los abajo firmantes, miembros del Jurado designado por el Consejo de la Escuela de Ingeniería Mecánica, para evaluar el Trabajo Especial de Grado presentado por los Bachilleres: Ismael Mario Figueroa Paz y Daryuri Katiusca Moncada Zamora, titulado:

**“DISEÑO DE UNA PLANTA PANELERA”
(TRAPICHE)**

Consideran que el mismo cumple con los requisitos exigidos por el plan de estudios conducente al Título de Ingeniero Mecánico y sin que ello signifique que se hacen solidarios con las ideas expuestas por los autores, lo declaran APROBADO.

Prof. Antonio Barragan.
Jurado

Prof. Enrique Limongi
Jurado

Prof. Fausto Carpentiero
Tutor Académico

DEDICATORIA

... a la Vida, por haber puesto en mí camino a mi Madre y a mi Abuela, mujeres de ímpetu y ejemplos a seguir. Por demostrarme el coraje y la valentía que puede haber en una persona, a través de mi hermana. Por haberme regalado ese motivo de alegría, Filip, quien logra sacarme siempre una sonrisa, sin importar que tan triste o preocupada me sienta. Por enseñarme que existen personas capaces de brindarme lo mejor de sí, de una forma desinteresada, como mi compañero de sentimientos y amigo incondicional, Jota. Por rodearme siempre de personas que me aman...

Katiusca Moncada.

AGRADECIMIENTOS

Un agradecimiento muy especial a los Ingenieros Edith Hernández y Freddy Amaya, del Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias (INIA), por toda la ayuda prestada, por la información suministrada y por haber manifestado especial interés en la realización de este proyecto. Sin su ayuda no hubiese sido posible...

Al Profesor Carlos Morales, de la escuela de Ingeniería Química de la U.C.V, por su paciencia y colaboración, por haber estado siempre dispuesto a ayudar, sin importar cuan atareado estuviera.

A la Fundación para el Desarrollo de las Ciencias Físicas, Químicas y Matemáticas (FUDECI), por haber abierto las puertas de su institución para la realización de este proyecto. Gracias por haber depositado su confianza en los estudiantes de la Escuela de Ingeniería Mecánica de la U.C.V.

Al Profesor Fausto Carpentiero, por haber aceptado la tarea de tutoriar este trabajo de grado, y por la ayuda prestada para la culminación del proyecto.

A Ismael, por querer ser mi compañero de tesis, a pesar de todas las desaveniencias, por su colaboración y sobre todo por haber confiado en mi persona.

A mis compañeros de estudio y de rumba, Jozsef, Rosalyn, Isabel, Nelson, Idelfonso, Marcos, Eduardo, Jenny, Angel, Marisol y Fofita. Sin ustedes esta etapa de mi vida no hubiese sido la misma...

A mi primo Angel, por toda la colaboración brindada durante mi carrera. Gracias por haberte interesado por mí...

A Jotica, por ser incentivo, por ayudarme y motivarme, pero sobre todas las cosas por haberme brindado todo su amor. Mil gracias por estar...

Por sobre todo, un millón de gracias a mi Madre y amiga, por ser impulsadora de este sueño y de los venideros, por su paciencia, por sus trasnoschos, por haber estado siempre a mi lado, por brindarme su amor y comprensión. Gracias a Dios por haberme hecho tu hija...

Katiusca Moncada.

*... A MI ELSITA, MI MADRE
BELLA*

...A MI PAPÁ MAYO

*...A MI HERMANO EL
AYE*

*...A MI HERMANITA LINDA
CAYITA*

*...Y ESPECIALMENTE A TI
MIMISITA!!!*

*...POR TU LUCHA, POR TUS
GANAS DE VIVIR*

*...POR NO RENDIRTE NUNCA
Y ESTAR AQUÍ AHORA CON NOSOTROS*

*...LOS QUIERO
MUCHISIMO!!!*

*...SOÑE CON ESTE MOMENTO
¡¡¡ESTO ES PARA
USTEDES!!!!*

...ismael

AGRADECIMIENTOS

Mi Mama **ELSITA**...gracias por dedicar toda tu vida a nuestra felicidad. Aquí estoy Elsa! por ti y para ti...todas tus palabras, tus consejos me hicieron llegar...por regañarme y ponerme las pilas... ¡TE QUIERO ELSA!

Mi Papá...**MAYO**...siempre he estado orgulloso de ti y cuando me dan la oportunidad, les cuento quien es mi Papá, gracias por enseñarme tantas pero tantas cosas...si he llegado hasta aquí, mucho tienes que ver tu con eso...también ¡TE QUIERO MAYO!

AYE “ROMARIO CD`S” FIGUEROA...te quiero mucho hermano y no importa lo que pase...gracias por tus consejos, por creer en mi y decírmelo, por todas las risas, por compu!, por ser mi amigo, por todos los partidos y goles juntos...y los que faltan...Gracias CHAYE!

CAYITA...Hermanita mía...gracias por cambiar todos los días de nuestras vidas...eres la alegría de la casa y “la consentida también”...¡TE QUIERO HERMANITA!

A mis dos grandes amores...**FUSHKA Y MISSA**...gracias por recibirme con alegría todos los días, por quedarse siempre a mi lado hasta altas horas de la noche...se que me entienden...LAS QUIERO!!!

MIMISITA...aquí estoy Mima...había soñado con este momento, pero no pensé que fuese tan “fino” y tu Mimí, haces que sea más especial...gracias por estar pendiente de mí a pesar de los problemas que tenías encima...este logro también es por ti y para tí ... ¡TE QUIERO MIMISITA! “...donde esta mi dedito...”

FREDDITO, DEIVIS Y ANDREA...gracias mis primos! Gracias por quererme tanto!...yo también los quiero! ustedes son los mejores...y a ti **FREDDY GRANDE** por cuidar de la Mimí y de mis Primos...Gracias!!!

A todo el resto de mi **FAMILIA**...Gracias!!!

MAURY...por acompañarme en estos últimos días de mi carrera y llenarlos de risas, de alegrías, de susticos, de mensajes bonitos, de cafés y helados sabrosos, de tantos momentos tan bellos y únicos... ¡¡¡TE QUIERO MUCHO+ LUCESITA!!!

LOS GOODFELLAS: LUCIANO, ALFREDO, DAVID, RAFAEL, OSE, KAMAL, CLEMENTE, ARSENIO, WILLIAM...por sus consejos, por los cafés, por esperarme fuera de clases, por “las birritas” después de clase, por las flexiones en las distintas calles de Caracas!, por hacer de la universidad algo más que un sitio de estudio...Gracias Amigos!!!

LUCIANO...mi amigo...mi hermano...mi pana del alma...gracias por brindarme tu amistad...estuviste desde el principio de esta etapa y no me imagino como hubiese sido sin ti amigo...somos los peores! pero como diría el buen jack borton!...gracias Lucio en verdad que gracias...sospechoso si sigo...Gracias mi Pana... “**BAD BOY**”

RIGEL “LA MÁQUINA” MICHELENA...MI MAESTRO...primero que nada por ser mi amigo, mi hermano, y por confiar en mí...ahora: por enseñarme que las cosas se tienen que hacer bien desde el principio, que la cuarta de DO es FA, que con sencillez y humildad se es invencible, que la música es aún mas bella de lo que yo

creía, por enseñarme a acelerar con cuidado, por escucharme, por regañarme, por acompañarme todos estos días.....gracias por creer en mi amigo...yo creo en ti...ok tranquilo.

MILAGROS...por aparecer en estos últimos años y hacerlos más agradables...por estar en el “cafetín” cuando tenía un problema...por compartir tantos momentos lindos y por confiar en mí...Gracias Mili, Te quiero Amiga mía!

KATIUSCA...por tener mucha paciencia...por tu empeño...por no rendirte...por los momentos agradables...por tu ayuda y tu amistad...Gracias Kati! eres una persona muy especial...lo hicimos!!!

SRA. EDITH HERNANDEZ E ING. AMAYA... muchas pero muchas gracias!!! Por toda la ayuda prestada para el inicio y culminación de este trabajo, sin ustedes, no sé como!!!...

Prof. **CARLOS MORALES**...muchas gracias Profe!, su ayuda fue muy valiosa y única...

A **FUDECI**...por darnos esta oportunidad...en especial...al Profesor **ROYERO**, por el ánimo que nos dio para empezar y seguir con el tema, por toda la ayuda prestada y por ser mi amigo...y a **NATASHA**...por tu amistad, por tu cariño, por toda la ayuda que me brindaste, por estar pendiente de mí...gracias mi amiga!!!

Mis profesores...Prof. **BADUY**, Prof. **SANSONE**, Prof. **FRANCISCO GARCÍA**, gracias por toda su ayuda y por sus consejos, y disculpen el fastidio...A nuestro tutor el Prof. **FAUSTO**...me sacó de un aprieto, gracias!...a mi Profe **CARMEN ROSA**...por brindarme su amistad y creer en mí..Gracias PROFE!

FACUNDO E INGRID...por todas las tardes tan agradables después de clases...ustedes son los mejores, Gracias Amigos!!!

MIGUELITO Y LORENA...no los iba a dejar por fuera...Gracias Primos!!!

MIGUE, FABI, CARO, VITO y a tí **HUGO**...gracias por estar cuando lo necesitaba y cuando no también..

MARÍA ISABEL...por estar pendiente y darme ánimos cada vez que me veías por la universidad....te quiero amiguita...gracias!!!

BIALIS...por sacudirme y ponerme a trabajar...gracias!

PATRIZIA, ANDREA, MARIANELLA...gracias amigas!!! no por ser las últimas son menos importantes.

Y a toda la “gente conocedora”, que con un segundo de sus vidas han hecho posible este triunfo.... **GRACIAS A TODOS!!!**

...ismael

RESUMEN

Figueroa Paz Ismael Mario y Moncada Zamora Daryuri Kátiusca

DISEÑO DE UNA PLANTA PANELERA

(TRAPICHE)

Tutor Académico: Prof. Fausto Carpentiero, Tesis, Caracas,

U.C.V. Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Mecánica,

2003, N° de páginas: 138

Papelón, Gas Licuado de Petróleo, Quemadores.

Se diseñó una planta para procesar jugo de caña con la finalidad de obtener como producto final Papelón, para lo que se realizó un estudio detallado del proceso de obtención del producto, y se emplearon los conocimientos adquiridos en cuanto a métodos de diseño, para conseguir una planta que cumpliera con las normas de higiene, y de esta forma obtener un producto que se adaptara a las exigencias del consumidor.

Se dimensionaron y seleccionaron los equipos que conforman la planta diseñada. Se seleccionaron los materiales para la construcción de dichos equipos. Se aplicaron nuevas tecnologías al utilizar Gas Licuado de Petróleo en la deshidratación del jugo de caña, conjuntamente con quemadores, en lugar de los combustibles tradicionales, como leña y bagazo.

Se elaboró un Plan de Mantenimiento y un Manual de Operaciones para la planta. Se realizó un Estudio de Factibilidad Económica de la Planta y un Análisis General del Sistema escogido (diseños, equipos, materiales). Se realizó una propuesta para la distribución de la planta.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS.....XIV
ÍNDICE DE TABLAS.....XVI
ÍNDICE DE ANEXOS.....XVIII

INTRODUCCIÓN.....1

CAPÍTULO I.....3

1. PROBLEMA.....3

 1.1. Planteamiento del problema.....3

 1.2. Objetivos.....3

 1.2.1. Objetivo general.....3

 1.2.2. Objetivos específicos.....4

 1.3. Justificación de la investigación.....4

CAPÍTULO II.....5

2. MARCO TEÓRICO.....5

 2.1. Historia de la panela (Papelón).....5

 2.2. Descripción de la Panela.....6

 2.2.1. Papelón Tradicional.....7

 2.2.2. Papelón o Panela Pulverizada.....7

 2.3. Proceso de elaboración de la panela.....8

 2.3.1. Etapas tecnológicas que conforman el proceso.....10

 2.4. Principales partes de una hornilla panelera convencional.....19

 2.4.1. Cámara de Combustión.....19

 2.4.2. Ducto de Humos.....20

 2.4.3. Pailas.....20

 2.4.4. Chimenea.....21

CAPÍTULO III.....	22
3. MARCO METODOLÓGICO.....	22
3.1. Consideraciones de diseño.....	22
3.2. Búsqueda de las alternativas.....	22
3.2.1. Búsqueda de las alternativas para el diseño de las pailas.....	24
3.2.1.1. Evaluación de las alternativas propuestas para las pailas de jugo crudo.....	28
3.2.1.2. Evaluación de las alternativas para las pailas de mieles.....	29
3.2.2. Búsqueda de las alternativas para el diseño de la batea.....	30
3.2.2.1. Evaluación de las alternativas propuestas para la batea.....	32
3.2.3. Búsqueda de las alternativas para el diseño del utensilio descachazador.....	33
3.2.3.1. Evaluación de las alternativas propuestas para el utensilio descachazador.....	35
3.2.4. Búsqueda de las alternativas para el diseño del sistema de traslado del Jugo y las Mielles.....	35
3.2.4.1. Evaluación de las alternativas propuestas para el sistema de traslado del jugo.....	38
3.2.4.2. Evaluación de las alternativas propuestas para el sistema de traslado de las mieles.....	39
3.2.5. Búsqueda de las alternativas para el diseño del ducto.....	40
3.2.1.5. Evaluación de las alternativas propuestas para el ducto.....	41
3.2.6. Diseño del utensilio para el batido de las mieles.....	42
 CAPÍTULO IV	
4. ESPECIFICACIONES DE DISEÑO.....	43
4.1. Selección del Molino.....	43
4.2. Capacidad de Producción de la Planta.....	44
4.3. Cantidad de Materia Prima.....	49
4.4. Dimensionamiento de Equipos.....	50

4.4.1. Dimensiones de las Pailas.....	50
4.4.1.1. Dimensiones de las Pailas Planas.....	50
4.4.1.2. Dimensiones de las pailas Semiesféricas.....	52
4.4.2. Dimensiones de la Batea o Tacha.....	57
4.4.2.1. Dimensiones de la Batea.....	57
4.4.2.2. Dimensiones de la Sobre batea.....	59
4.4.3. Dimensiones de las Falcas.....	61
4.4.4. Dimensiones de los Prelimpiadores.....	63
4.4.5. Dimensiones de la Cuchara para el traslado de las Mieles.....	64
4.4.6. Dimensiones del Utensilio Descachazador.....	65
4.4.7. Dimensiones del Utensilio para el Batido de las Mieles.....	66
4.4.8. Dimensiones del Ducto.....	66
4.4.9. Dimensiones de la Chimenea.....	67
4.4.10. Dimensiones de las Tuberías.....	73
4.5. Cálculo del Flujo de Calor.....	74
4.5.1. Flujo de Calor Requerido.....	74
4.5.1.1. Flujo de Calor requerido en la Clarificación.....	74
4.5.1.2. Flujo de Calor requerido en la Evaporación, Concentración y Punteo.....	76
4.5.2. Flujo de Calor Suministrado.....	78
4.6. Cálculo del Flujo Volumétrico de Gas.....	79
4.7. Selección de los Quemadores.....	81
4.7.1. Tamaño o Talla de los Quemadores.....	82
4.7.2. Dimensiones de los Quemadores.....	83
4.8. Selección de Materiales.....	84
4.8.1. Acero inoxidable.....	84
4.8.2. Ladrillos Refractarios.....	85
4.8.3. Aislantes.....	85

CAPÍTULO V.....	87
5. MANTENIMIENTO.....	87
5.1. Mantenimiento del Sistema.....	87
5.1.1. Características y Condiciones Operativas de cada equipo.....	87
5.1.2. Clasificación de los equipos según las posibilidades técnico Económicas de reparación.....	90
5.2. Mantenimiento de los equipos.....	91
5.3. Programa de mantenimiento.....	94
CAPÍTULO VI.....	95
6. COSTO DE PRODUCCIÓN.....	95
6.1. Presupuesto de la Producción.....	95
6.2. Consideraciones del Presupuesto de Producción.....	96
6.2.1. Precios materiales e insumos.....	96
6.2.2. Cantidad de materia prima.....	96
6.2.3. Cantidad de combustible.....	97
6.2.4. Cantidad de mano de obra directa.....	97
6.2.5. Salario mensual mano de obra directa.....	98
6.2.6. Costos indirectos.....	98
6.3. Análisis de la Utilidad Bruta.....	100
CAPÍTULO VII.....	101
7. ANÁLISIS DEL DISEÑO PROPUESTO.....	101
CONCLUSIONES.....	109
RECOMENDACIONES.....	111
BIBLIOGRAFÍA.....	113
APÉNDICE.....	116
ANEXOS.....	120

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 2.1.</i> Sistema semicontinuo en escaleras.....	9
<i>Figura 2.2.</i> Trapiche tradicional del Estado Guárico.....	9
<i>Figura 2.3.</i> Etapas Tecnológicas que conforman el Proceso.....	10
<i>Figura 2.4.</i> Apronte de la caña.....	11
<i>Figura 2.5.</i> Extracción del Jugo.....	12
<i>Figura 2.6.</i> Prelimpiadores.....	13
<i>Figura 2.7.</i> Manejo de los jugos en la Hornilla.....	17
<i>Figura 2.8.</i> Batido de las Mieles.....	18
<i>Figura 2.9.</i> Moldeo de la Panela.....	18
<i>Figura 2.10.</i> Cámara de Combustión.....	19
<i>Figura 2.11.</i> Ducto de Humos.....	20
<i>Figura 2.12.</i> Pailas.....	20
<i>Figura 2.13.</i> Chimenea.....	21
<i>Figura 3.1.</i> Diseños propuestos para las Pailas.....	26
<i>Figura 3.2.</i> Diseños propuestos para la Batea.....	30
<i>Figura 3.3.</i> Diseños propuestos para el Utensilio Descachazador.....	33
<i>Figura 3.4.</i> Diseños propuestos para el traslado del Jugo y las Mieles.....	36
<i>Figura 3.5.</i> Diseños propuestos para el Ducto.....	40
<i>Figura 3.6.</i> Diseño del Utensilio para el Batido de la Mieles.....	42
<i>Figura 4.1.</i> Balance de Masa.....	47
<i>Figura 4.2.</i> Tiempo de residencia de los Jugos y las Mieles en las pailas.....	48

Figura 4.3. Paila Plana de geometría cuadrada.....	50
Figura 4.4. Paila de sección Semiesférica.....	52
Figura 4.5. Batea con geometría de Pirámide Truncada.....	57
Figura 4.6. Base de separación entre la Batea y la Sobre batea.....	60
Figura 4.7. Sobre batea con depósito de agua.....	61
Figura 4.8. Falcas para las Pailas Planas.....	61
Figura 4.9. Falcas para las Pailas Semiesféricas.....	62
Figura 4.10. Prelimpiador 1.....	63
Figura 4.11. Prelimpiador 2.....	64
Figura 4.12. Utensilio para trasladar las Mieles.....	65
Figura 4.13. Utensilio Descachazador.....	65
Figura 4.14. Utensilio para el batido de las Mieles.....	66
Figura 4.15. Ducto.....	67
Figura 4.16. Chimenea del diseño.....	72
Figura 4.17. Quemador modelo GSF.....	82
Figura 7.1. Distribución del jugo al sistema de prelimpieza.....	102
Figura 7.2. Tanque para distribuir el jugo al Sistema de prelimpieza.....	103
Figura 7.3. Pailas con rebordes.....	103
Figura 7.4. Dimensiones del ladrillo refractario en metros (<i>m</i>).....	103
Figura 7.5. Ducto con longitud adicional de pared.....	105
Figura 7.6. Entrada de aire para la combustión.....	105
Figura 7.7. Puertas para el mantenimiento de los quemadores y desahogo de los gases.....	106

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 2.1.</i> Dimensiones de los prelimpiadores.....	14
<i>Tabla 3.1.</i> Matriz de selección de las pailas para jugo crudo.....	28
<i>Tabla 3.2.</i> Matriz de selección de las pailas para las mieles.....	29
<i>Tabla 3.3.</i> Matriz de selección para la batea.....	32
<i>Tabla 3.4.</i> Matriz de selección para el utensilio descachazador.....	35
<i>Tabla 3.5.</i> Matriz de selección para el sistema de traslado del jugo.....	38
<i>Tabla 3.6.</i> Matriz de selección para el sistema de traslado de las mieles.....	39
<i>Tabla 3.7.</i> Matriz de selección para el ducto.....	41
<i>Tabla 4.1.</i> Factores que intervienen en el balance de masa.....	46
<i>Tabla 4.2.</i> Tiempo de residencia de los jugos y las mieles en las pailas.....	48
<i>Tabla 4.3.</i> Dimensiones de las pailas planas.....	52
<i>Tabla 4.4.</i> Dimensiones de las pailas semiesféricas.....	56
<i>Tabla 4.5.</i> Dimensiones de la batea y la sobre batea.....	60
<i>Tabla 4.6.</i> Dimensiones del depósito de agua.....	61
<i>Tabla 4.7.</i> Dimensiones de las falcas para las pailas planas.....	62
<i>Tabla 4.8.</i> Dimensiones de las falcas para las pailas semiesféricas.....	63
<i>Tabla 4.9.</i> Dimensiones del utensilio para trasladar las mieles.....	65
<i>Tabla 4.10.</i> Dimensiones del utensilio descachazador.....	65
<i>Tabla 4.11.</i> Dimensiones del utensilio para el batido de las mieles.....	66
<i>Tabla 4.12.</i> Dimensiones del ducto.....	67
<i>Tabla 4.13.</i> Coeficientes de pérdidas por fricción en el ducto.....	69

Tabla 4.14. Dimensiones de la chimenea.....	73
Tabla 4.15. Diferencial de temperatura en la clarificación.....	74
Tabla 4.16. Flujo de calor requerido en la clarificación.....	75
Tabla 4.17. Masa de agua a evaporar.....	76
Tabla 4.18. Diferencial de temperatura y masa de mieles en la evaporación, concentración y punteo.....	76
Tabla 4.19. Flujo de calor requerido en la evaporación, concentración y punteo.....	78
Tabla 4.20. Flujo de calor suministrado en cada etapa del proceso.....	79
Tabla 4.21. Flujo volumétrico de G.L.P. requerido en cada etapa del proceso.....	80
Tabla 4.22. Flujo de calor suministrado en <i>BTU</i>	81
Tabla 4.23. Talla de los quemadores.....	82
Tabla 4.24. Dimensiones de los quemadores.....	83
Tabla 5.1. Clasificación de los equipos según las posibilidades técnico económicas de reparación.....	90
Tabla 5.2. Programa de mantenimiento de la planta.....	94
Tabla 6.1. Presupuesto de producción para 100kg de panela/hora.....	95
Tabla 6.2. Precios de los materiales e insumos que intervienen en la producción.....	96
Tabla 6.3. Cantidad de combustible necesario para producir 100kg de panela/hora..	97
Tabla 6.4. Salario mensual de cada trabajador.....	98
Tabla 6.5. Estimación de costos de maquinarias y accesorios.....	99
Tabla 6.6. Utilidad Bruta para 100kg de panela/hora.....	100
Tabla 6.7. Utilidad Bruta en un mes de producción.....	100
Tabla 7.1. Dimensiones del tanque para distribuir el jugo a los prelimpiadores.....	101

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1. Relación entre los grados Brix, la densidad o peso específico (g/cc) y los grados Baumé en soluciones de azúcar a 20°C.....	121
ANEXO 2. Propiedades físicas del Propano, butano y Gas natural.....	122
ANEXO 3. Fuentes de suministro de G.L.P.....	123
ANEXO 4. Equivalencias de G.L.P. líquido y vapor.....	124
ANEXO 5. Coeficientes de pérdidas de presión en el ducto.....	125
ANEXO 6. Descripción de los quemadores seleccionados.....	126
ANEXO 7. Curva estándar de capacidad para quemadores de tiro natural.....	129
ANEXO 8. Dimensiones de un quemador para 4.20 MM de BTU/h.....	130
ANEXO 9. Refractarios Sílico Aluminosos.....	131
ANEXO 10. Aislantes Moldeables.....	132
ANEXO 11. Manta Aislante.....	133
ANEXO 12. Análisis del traslado del jugo en la hornilla para obtener 100kg de panela.....	134
ANEXO 13. Planos.....	138

INTRODUCCIÓN

La *Panela* o *Papelón* se obtiene de los sólidos disueltos totales presentes en el jugo de caña, y se caracteriza por ser un producto alimentario natural con alta concentración de azúcares, minerales y vitaminas.

Un *horno* u *hornilla panelera* es el conjunto de implementos utilizados para la elaboración de la panela, y es el encargado de transformar la energía del combustible, que por lo general es bagazo o leña, en energía calórica, para evaporar el agua contenida en los jugos hasta lograr el producto final.

La evaporación se realiza en pailas expuestas a la presión atmosférica, por lo tanto es una evaporación *abierta*, y el calentamiento de los jugos es realizado a fuego directo o por los gases producto de la combustión del bagazo.

A pesar del alto valor nutritivo que representa el consumo de Panela, dicho consumo es mínimo, debido a la poca promoción comercial del producto, a su alto costo y baja calidad.

El proceso de elaboración de la Panela, en nuestro país, presenta como principales limitantes, los siguientes factores:

- Baja Extracción de jugo, por no contar con molinos cuyo porcentaje de extracción sea óptimo.
- Inadecuada Limpieza de los jugos.
- Baja Eficiencia Térmica de la hornilla u horno.
- Escasa Higiene en el Proceso de elaboración de la Panela.
- Falta de Capacitación del personal encargado de su elaboración.

La suma de todos estos factores se traduce en una Limitada Calidad del Producto final, cuyas formulaciones comerciales tradicionales, no cumplen con las exigencias del consumidor.

Es por ello, que se desea diseñar una Planta Panelera que cumpla con las condiciones de higiene en cuanto a la elaboración del producto se refiere, y en la que se pueda controlar temperatura, tiempo y limpieza del jugo en cada una de las etapas del proceso, para de esta forma poder obtener un producto de calidad que satisfaga las exigencias del consumidor, no sólo en nuestro país, si no en el resto del mundo.

En algunos países europeos, se desea cambiar los hábitos de consumo de edulcorantes, es decir, pretenden sustituir el azúcar por cualquier otro edulcorante que no represente un riesgo para la salud de la población, por lo que la planta a diseñar debe generar un producto cuyas condiciones de higiene y calidad permitan su posible Exportación.

La planta utilizará para el proceso de evaporación del agua presente en el jugo, Gas Licuado de Petróleo (G.L.P) conjuntamente con quemadores, lo que permitirá controlar de una forma acertada el gradiente de temperatura en cada etapa del proceso, además de dejar abierta la posibilidad de una futura automatización de la planta.

La selección, el diseño y el dimensionamiento de todos los equipos que intervienen en el proceso de elaboración de la panela, deben realizarse de manera tal que se pueda con su aplicación, superar las limitaciones antes mencionadas.

Es importante señalar que el proyecto expuesto a continuación, presenta como principal limitante, la poca información referente al comportamiento y propiedades del jugo y las mieles, por lo que es preciso realizar estimaciones y aproximaciones, cuando se necesite algún dato referente a los mismos.

CAPÍTULO I

1. PROBLEMA

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En nuestro país encontramos trapiches tradicionales que utilizan combustibles como la leña y el caucho para el proceso de deshidratación del jugo de caña, mientras que los más modernos han sustituido el uso de estos combustibles por otros, como lo son el bagazo de la caña conjuntamente con quemadores de gasoil. En la mayoría de estos trapiches, no se cumple con las condiciones de asepsia necesarias para obtener un producto final higiénico.

Con el uso de los combustibles tradicionales no existe un control adecuado del proceso, lo que trae como consecuencia un producto de baja calidad, cuyo sabor, color y textura, no cumple con las exigencias del consumidor; además su uso acarrea otro tipo de problemas como el de la contaminación ambiental.

En el presente siglo se plantea la necesidad de técnicas modernas para el desarrollo de la pequeña y mediana industria, más aún tratándose de un producto alimenticio.

1.2. OBJETIVOS

La finalidad de este trabajo es aplicar tecnología madura a la industria panelera venezolana.

1.2.1. OBJETIVO GENERAL:

Diseñar una planta panelera que se adapte a las condiciones físicas y ambientales de la población del Socorro en el Estado Guárico.

1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Definir la capacidad de producción.
- Seleccionar el molino.
- Dimensionar los equipos (prelimpiadores, pailas, tuberías, etc.).
- Estudiar el proceso de producción desde el punto de vista de la transferencia de calor.
- Seleccionar los quemadores.
- Dimensionar chimenea y ducto de gases.
- Seleccionar los materiales de construcción de las pailas, tuberías, ducto, chimenea, etc.
- Estudio económico de la planta.
- Elaborar un Lay-out de la planta.

1.3. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

La Panela o Papelón es un producto natural con un gran valor nutritivo ya que aporta elementos como calcio, hierro, fósforo, potasio, flúor, magnesio, manganeso y algunas trazas de niacina, riboflavina y tiamina.

En nuestro país por ignorarse las bondades nutritivas del papelón, éste no tiene mayor demanda por lo que su producción es artesanal, además es un producto de poca aceptación por la forma como se elabora, observándose fallas principalmente de higiene. De ahí el interés en desarrollar un complejo panelero moderno que cumpla con las normas de higiene y seguridad.

Aplicando tecnología en la elaboración del Papelón se puede obtener un producto de mejor calidad que fácilmente contaría con la aceptación de las autoridades sanitarias, lo que traería consigo la confianza del comerciante y del consumidor final.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. HISTORIA DE LA PANELA (PAPELÓN)

El Papelón o Panela es el producto que resulta de la evaporación del jugo de la caña de azúcar.

La caña panelera (*Saccharum officinarum* L) fue introducida a Venezuela procedente de Santo Domingo por las Costas del Estado Falcón (Coro), aproximadamente en 1540 por Don Juan de Ampies. [8]

Antes de 1950, la caña era dedicada principalmente a la elaboración de papelón, pero desde ese año se instalaron la mayoría de los centrales azucareros del país, estableciéndose el azúcar en el mercado nacional e internacional como único edulcorante. [8]

En la mayoría de los países latinoamericanos también encontramos panela y se conoce con diferentes nombres, como Chancaca, Papelón, Raspadura o Ralladura.

La producción de Panela en Venezuela se encuentra distribuida principalmente en nueve Estados entre los que destacan: Táchira, Mérida, Trujillo, Falcón y Sucre encontrándose limitada en varios aspectos, aún cuando la Agroindustria Rural Panelera es una actividad que cubre un importante espacio del territorio, ofreciendo un producto natural y tradicional al consumidor.

Cabe destacar el valor nutritivo de la Panela y su condición de producto natural dentro de las ventajas más importantes, ya que aporta elementos tales como calcio, hierro, fósforo, potasio, flúor, manganeso, magnesio y algunas trazas de niacina, riboflavina(B2), tiamina (B1) y ácido ascórbico (C), los cuales son de suma importancia en la ingesta del ser humano.

La operación de producir panela se ha venido realizando en una infraestructura conocida como *trapiche*, siendo el término exacto *hornilla panelera* o Central de Beneficio Panelero.

Una hornilla panelera es la infraestructura encargada de transformar la energía producida por la combustión del bagazo en energía calórica, para evaporar el agua contenida en los jugos de la caña, hasta lograr el producto final *panela*.

El término *beneficio* incluye el conjunto de operaciones tecnológicas posteriores al corte de la caña que conducirá a la producción de panela, según el orden siguiente: Apronte, extracción, prelimpieza de los jugos, clarificación, precalentamiento, evaporación, concentración, punteo, batido y moldeo.

Para que no se pierda el esfuerzo del cultivo de la caña y se produzca una panela de buena calidad, es necesario contar con equipos e instalaciones adecuadas, así como aprender a manejar técnicamente el guarapo o jugo.

2.2. DESCRIPCIÓN DE LA PANELA.

El papelón es un producto derivado de la caña de azúcar panelera de sabor dulce, de color pardo amarillento, que puede tomar diferentes matices más claros o más oscuros dependiendo del proceso de producción al que es sometida la caña de azúcar en los trapiches.

Por lo tanto el papelón puede definirse como un producto alimentario obtenido de la concentración de los sólidos disueltos totales del jugo de caña en estado sólido o líquido, caracterizado por contener alta concentración de azúcares, minerales y vitaminas.

2.2.1. PAPELÓN TRADICIONAL

La presentación comercial más tradicional de la panela es un bloque que va desde los 120 gramos hasta los 900 gramos, siendo los de mayor venta los bloques de 500 ó 600 gramos, cuyas medidas más comunes son 110mm de largo, 90mm de ancho y 45mm de espesor. Tradicionalmente el papelón también se presenta en forma de cono, con un peso de 1000 a 1500 gramos.

El producto es de consistencia sólida, de color pardo amarillento que puede tomar diversos matices claros y oscuros, el color de la panela es producido por la caramelización al producirse la concentración en el fondo de las pailas y su textura sólida es debida a los compuestos de sacarosa y de los azúcares invertidos o reductores como la glucosa y la fructuosa, la forma de la panela se obtiene por la cristalización del azúcar y su compactación en los moldes.

La panela es el resultado de un proceso de producción que comprende la clarificación, evaporación y concentración a través de los trapiches.

2.2.2. PAPELÓN O PANELA PULVERIZADA.

El papelón o panela granulada o pulverizada ha tenido una buena aceptación en el mercado nacional e internacional, y su aparición es debida a los avances tecnológicos.

Este producto presenta una coloración similar a la de la panela, presentando mayor facilidad de dosificación y manejo. Su presentación es principalmente en bolsas de polietileno transparente, en pesos de 0.5kg, 1kg y 2kg.

El papelón pulverizado debe ser de buena calidad, es decir, el brix de los jugos crudos debe ser igual o mayor de 17°B, el proceso de producción es básicamente el de la panela a diferencia de que el *punto* es más alto, es decir 126°C, al sacarlo, el polvo y el grano son separados mediante un tamiz.

El papelón pulverizado es fabricado principalmente en el estado Táchira; la principal limitación de su oferta se debe a los altos precios a los que se vende en el país los cuales oscilan entre 1000 y 1200 Bs/kg, lo que limita su consumo para la población de menores recursos además de que su disponibilidad se encuentra limitada en la geografía del país.

La producción de este novedoso producto va a llenar un espacio muy importante dentro del mercado nacional e internacional, fortaleciendo de esta manera la Cadena Agroalimentaria Panelera Venezolana.

2.3. PROCESO DE ELABORACIÓN DE LA PANELA

En países productores de papelón como lo son Colombia y Guatemala, entre otros, se están desarrollando nuevas tecnologías a fin de ajustar o sustituir métodos tradicionales, para lograr obtener un producto que cumpla con las normas nacionales e internacionales para la producción de alimentos y a la vez, con las exigencias de los compradores en los países desarrollados.

Por ejemplo, se ha creado un sistema semicontínuo en escalera constituido por un canal de fuego, construido con ladrillo cocido sobre el cual descansan bandejas de secado. Un hogar con rejillas de cenizas lo alimentan y una chimenea de tres metros de altura descarga los gases de la combustión. Se aplica el concepto de la estufa de alta eficiencia para leña. Las bandejas se construyen en láminas metálicas, en vez de ser costosas pailas fundidas o batidas. El horno en su diseño, concentra el calor en las etapas finales, separa las cenizas y usa con buena eficiencia el calor de la combustión. El escalonamiento facilita el traspaso de líquido de una bandeja a la otra, el cual inclusive puede fluir por gravedad y evita el traslado de miles de litros por cucharada.

Figura 2.1.

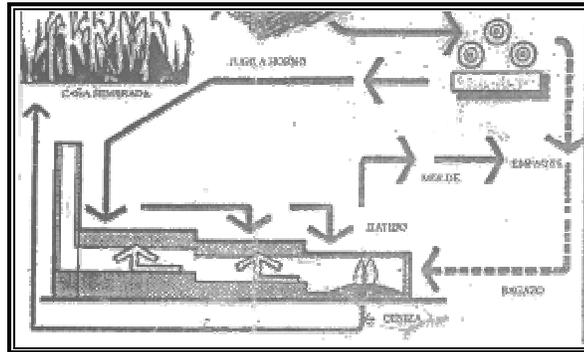


Figura 2.1. Sistema Semicontinuo en Escalera. [10]

En nuestro país, contamos en su mayoría con trapiches tradicionales como los que encontramos en la zona de Guárico, cuyos componentes principales son un molino (trapiche), un tren de pailas de forma semiesférica construidas de ladrillo, barro y cemento, y en el fondo cuentan con una bandeja circular de acero inoxidable. Estos trapiches utilizan leña como combustible principal, y cuentan a demás con una chimenea y una tacha de madera en la cual se realiza el batido del papelón. Ver *Figura 2.2.*



Figura 2.2. Trapiche Tradicional del Estado Guárico. El Socorro. Estado Guárico.

2.3.1. ETAPAS TECNOLÓGICAS QUE CONFORMAN EL PROCESO.

Las operaciones tecnológicas que conducirán a la producción de panela las podemos representar en el siguiente esquema:

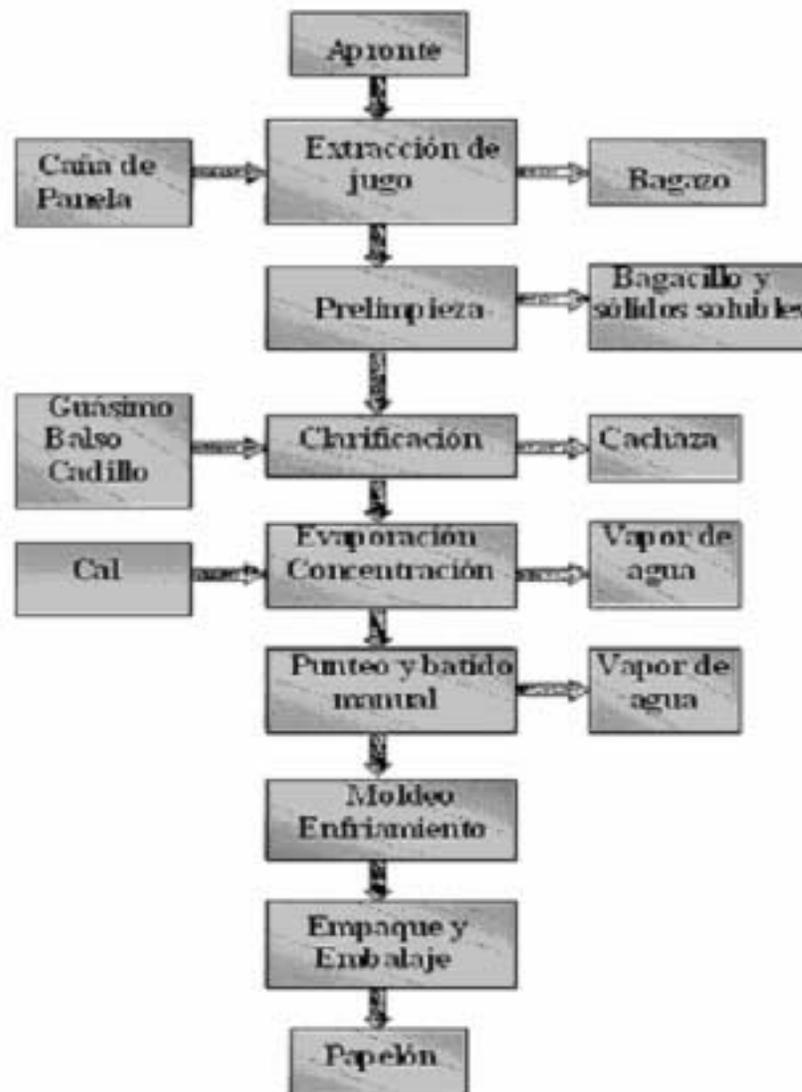


Figura 2.3. Etapas Tecnológicas que conforman el Proceso. [7]

APRONTE. Esta operación se refiere a las acciones de recolección de caña cortada, su transporte desde el sitio de cultivo hasta el trapiche y su almacenamiento en el depósito del trapiche, previo a la extracción de los jugos en el molino.

El tiempo de apronte depende del estado de madurez de la caña; si ésta se corta en el punto óptimo de madurez, puede durar almacenada en el trapiche entre dos y tres días antes de ser molida; pero si la caña se corta inmadura, el tiempo de almacenamiento se puede extender hasta 5 días. *Figura 2.4.*



Figura 2.4. Apronte de la Caña. Bramón. Estado Táchira.

EXTRACCIÓN. En la etapa conocida como molienda o extracción de jugo, la caña se somete a compresión en los rodillos o mazas del molino, lo cual propicia la salida del contenido del líquido de los tallos. Ver *Figura 2.5.*

Para tener una idea de la eficiencia de este proceso de extracción, se calcula el valor porcentual que resulta de dividir el peso del jugo extraído y el peso de la caña molida; esto se conoce como porcentaje de extracción y representa uno de los primeros avances tecnológicos del proceso. Se recomienda mantener el molino en condiciones de operación que permitan llegar hasta un 55 – 65%.

En esta fase se recomienda de manera especial evitar la mezcla del jugo crudo con el aceite lubricante de los piñones del molino. Las protecciones usuales que trae el molino no bastan para controlar la contaminación de los jugos con sustancias no deseadas.

Los productos finales de esta fase son el **jugo crudo** y el **bagazo**; el primero es la materia prima que se destina a la producción de panela, mientras el segundo se emplea como material combustible para la hornilla una vez que se ha secado.



Figura 2.5. Extracción del Jugo. Bramón. Estado Táchira.

PRELIMPIEZA DE LOS JUGOS. Es la eliminación por medios físicos de las impurezas que contiene el jugo crudo. La mayoría de los trapiches tradicionales tiene como sistema de prelimpieza el tradicional pozuelo, que es un tanque fijo anexo a la base del molino. Estos pozuelos se caracterizan por eliminar muy baja proporción de impurezas, favorecen la degradación microbiana, causando pérdidas de sacarosa por el proceso de inversión de azúcares. Estas causas traen como consecuencia disminución de la calidad y durabilidad del producto.

El Centro de Investigaciones para el Mejoramiento de la Agroindustria Panelera en Colombia (CIMPA), diseñó unos implementos denominados prelimpiadores, cuya función es retener las impurezas dispersas en el jugo, el proceso de producción de panela no se altera y la prelimpieza se efectúa a temperatura ambiente y en forma continua. El funcionamiento de los prelimpiadores se basa en la separación de las impurezas por la diferencia de densidad existente entre las mismas. Al separarlas en frío, se evita que las sustancias precursoras de color por efecto de calor, se liberen en el jugo, afectando la calidad del producto (color).

El sistema de prelimpieza contempla dos prelimpiadores, el número 1 es el que recibe el jugo extraído en el molino y separa las impurezas de mayor tamaño y densidad. Por ese motivo su altura es mayor que la del prelimpiador 2 así mismo, su longitud es menor para evitar la degradación del jugo por tiempo de residencia prolongado. El prelimpiador 2 remueve las impurezas con densidad más cercana a la del jugo, que son las más difíciles de separar. Su menor altura se compensa con una mayor longitud para lograr una mayor permanencia del jugo en el implemento sin aumentar su volumen. En el prelimpiador 1 la diferencia entre la altura del nivel del jugo y la altura total debe ser mayor a 15 cm para evitar su saturación. La ubicación del sistema de prelimpieza es a la salida del molino y conduciendo los jugos a la paila recibidora. *Figura 6*

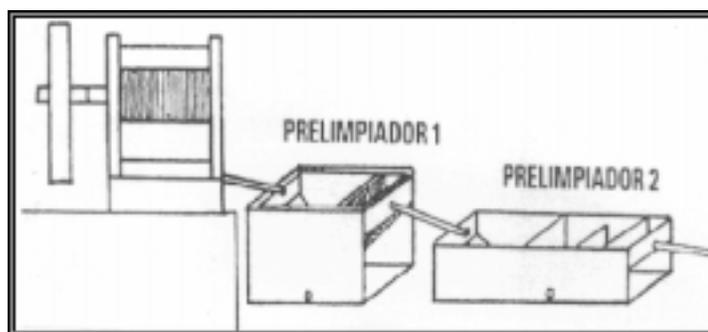


Figura 2.6. Prelimpiadores. [9]

Los prelimpiadores se deben construir en láminas de acero inoxidable. Las dimensiones varían de acuerdo con la capacidad del molino, pudiéndose establecer cuatro tamaños, como se muestra en la *Tabla 2.1*.

Capacidad del molino Kg. Caña/hora	PRELIMPIADOR 1			PRELIMPIADOR 2		
	LARGO (m)	ALTO (m)	ANCHO (m)	LARGO (m)	ALTO (m)	ANCHO (m)
Menor a 500 Kg. de caña/hora	0,8	0,35	0,15	-	-	-
Entre 500-1000 Kg. caña/hora	1,00	0,5	0,3	-	-	-
Entre 1000-2000 Kg. Caña/hora	1,00	0,50	0,30	1,75	0,30	0,30
Mayor a 2000 Kg. Caña/hora	Se debe aumentar el ancho del prelimpiador 1 en 10 cm por cada 500 Kg. de caña adicionales o colocar un tercer prelimpiador de igual dimensiones del segundo					

Tabla 2.1. Dimensiones de los Prelimpiadores de acuerdo a la Capacidad del Molino. [9]

CLARIFICACIÓN. Tiene como objeto eliminar los sólidos en suspensión, las sustancias coloidales y algunos compuestos colorantes presentes en los jugos. Este conjunto de impurezas puede ser retirado por flotación al aglutinarse y flocular las impurezas, debido a un efecto combinado de temperatura, tiempo y acción de los agentes clarificantes (solución de mucílagos vegetales y/o de los polímeros químicos). Para describir los aspectos fundamentales de esta operación es necesario dividirla en dos fases:

- PRECALENTAMIENTO

Los jugos se calientan desde la temperatura ambiente aproximadamente 25°C hasta una temperatura de alrededor de 50 – 55°C. El efecto combinado de temperatura y tiempo permite que se vaya formando una capa sobrenadante de impurezas denominada cachaza.

- **ADICIÓN DEL AGENTE CLARIFICANTE**

Generalmente se usan mucílagos vegetales tales como: balso, guásimo y cadillo ya que tienen un gran poder floculante y permiten el aglutinamiento de las impurezas, facilitando y mejorando el proceso de limpieza de los jugos. [9]

Los mucílagos vegetales tienen la propiedad de desprender una sustancia babosa al contacto con el agua, cambiando su color y viscosidad. El mucílago es un producto orgánico de origen vegetal, de peso molecular elevado superior a 200.000 g/gmol, cuya estructura molecular completa es desconocida. Están conformados por polisacáridos celulósicos que contiene el mismo número de azúcares que las gomas y las pectinas. Su uso se resume a la maceración con el fin de aumentar la extracción del mucílago, luego debe ser colada en agua o en jugo hasta que se forme una solución babosa o gelatinosa. La cantidad de solución a aplicar depende de la concentración de la misma, de la variedad de la caña, calidad de los jugos y condiciones climáticas de la zona. Este se debe agregar cuando el jugo alcanza una temperatura entre 50 – 60°C, luego de la homogeneización del mismo en el jugo, se debe dejar en completo reposo con el fin de evitar que la capa de cachaza que se está formando se rompa. Esta primera cachaza se conoce como cachaza negra la cual debe ser retirada del jugo. Retirada la cachaza negra, se agrega el mucílago restante y a una temperatura de 82°C, antes de que los jugos alcancen la ebullición debe retirarse la cachaza blanca, completándose así la clarificación. [9]

Cabe destacar que durante la clarificación la temperatura de los jugos debe aumentar en 1°C y 1.5°C por minuto para permitir una buena acción de los agentes clarificantes

EVAPORACIÓN. En esta fase es aprovechado el calor suministrado básicamente en la evaporación, removiendo cerca del 90% del agua presente en el jugo clarificado, con lo cual se aumenta el contenido inicial de los sólidos solubles

(entre 16 y 21° Brix hasta 65° Brix). Cuando los jugos alcanzan los 65°B (102 a 106°C) se inicia el proceso de concentración.

CONCENTRACIÓN. Aquí los jugos toman el nombre de mieles, en este punto se debe agregar un antiespumante que puede ser aceite vegetal, roble o cebo, continuando el proceso de evaporación hasta retirar el agua que se necesite para llegar al brix de panela (90 a 93°B).

La concentración es la etapa más crítica desde el punto de vista del grano de la panela, pues se registran allí las mayores temperaturas del proceso (entre 100 y 125°C) la inversión se acelera en forma tal que el porcentaje de azúcares reductores iniciales puede llegar a duplicarse, por lo tanto se recomienda realizar esta etapa en el menor tiempo posible y asegurarse de que las mieles tengan un pH de 5.8.

PUNTEO. El punto de panela se obtiene entre 118 y 125°C, con un porcentaje de sólidos solubles entre 88 y 94°B, determinándose por la consistencia, color y densidad de las mieles. La temperatura final del punto depende en orden de importancia del Brix de las mieles, de la altura sobre el nivel del mar de la hornilla y de la pureza de las mieles.

Cuando la temperatura de punteo es baja, la panela presenta una mala textura ya que se dificulta la solidificación por poseer un porcentaje de humedad alto (10 a 12%), deteriorándose en muy corto tiempo. En la proporción en que suba el punto de la panela se reduce la humedad en el producto final y se mejoran las características físicas, conservando más tiempo su calidad en el almacenamiento.

El punto de panela se da cuando las mieles adquieren una serie de características que permitan retirarlas de la hornilla y que por las operaciones como batido y moldeo, adquieren la tipificación de la panela. Generalmente se determina por manifestaciones muy particulares que cada operario evalúa.

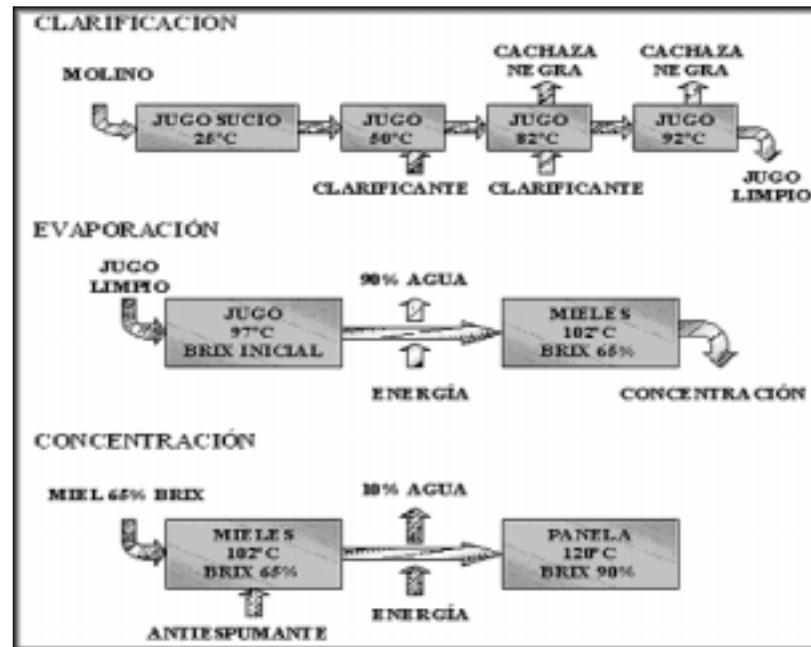


Figura 2.7. Manejo de los Jugos en la Hornilla. [7]

BATIDO. Ocurre en un recipiente que tradicionalmente ha sido construido en madera. Actualmente se fabrican en acero inoxidable, donde se agitan o baten las mieles, una vez que han alcanzado el punto para panela y han sido sacadas de la hornilla, con el propósito de cambiarle la textura y estructura y hacerles perder su capacidad de adherencia. Ver Figura 2.8.

Al incorporarle aire a las mieles, los cristales de sacarosa crecen, adquiriendo porosidad y luego al enfriarse adquieren su característica de sólido compacto, al mismo tiempo la densidad de las mieles se reduce de cerca de 1.5 a 1.34 g/cc en la panela.

El batido es una acción de agitado intensivo e intermitente de las mieles, realizado mediante una paleta de madera que demora entre 10 y 15 minutos. Después de una agitación inicial de unos 3 a 4 minutos, las mieles se dejan en reposo y por el aire incorporado, comienzan a subir en la batea hasta casi desbordarse, siendo necesario

reiniciar la agitación. Este proceso se repite 2 o 3 veces y al final en la mayor parte de los trapiches se agrega agua para apagarlas. El tiempo de batido y la altura alcanzada por las mieles depende del grano y éste a su vez del Brix y la pureza de las mieles.



Figura 2.8. Batido de las Mieles. Bramón. Estado Táchira.

MOLDEO DE LA PANELA. Se realiza en mesones donde son colocados los moldes o gaveras que dan la forma sólida al producto. Ver *Figura 2.9*. Actualmente hay una oferta más amplia que en tiempos pasados donde sólo se ofertaba el “papelón” y la panela tradicional de 500g o el panelón de 900g. Esta oferta se ha enriquecido con la panelita de 125g, panela en cubos, panela en forma de pasta de chocolate y la más nueva forma granulada y pulverizada.



Figura 2.9. Moldeo de la Panela. Bramón. Estado Táchira.

2.4. PRINCIPALES PARTES DE UNA HORNILLA PANELERA CONVENCIONAL.

2.4.1. CÁMARA DE COMBUSTIÓN

Es un espacio confinado que se encuentra ubicado en la parte anterior de la hornilla donde se realiza la combustión, consta de cenicero, puerta de alimentación y parrilla. El cenicero es el compartimiento ubicado directamente debajo de la parrilla. Sus funciones son almacenar las cenizas producidas en la combustión, canalizar y precalentar el aire necesario para la combustión. Ver *Figura 2.10*.

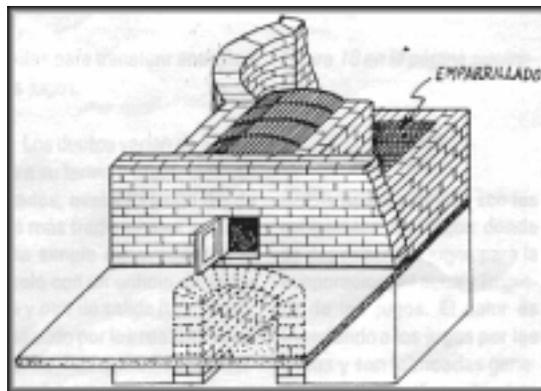


Figura 2.10. Cámara de Combustión. [9]

2.4.2. DUCTO DE HUMOS

Es conocido también como conducto de gases. Las partes que constituyen al ducto son las paredes y muros de soporte, piso, arcos y pailas. Su función es conducir los gases producidos en la combustión y ponerlos en contacto con las pailas para transferir energía a los jugos. Ver *Figura 2.11*.

Los ductos varían de acuerdo a su forma y materiales utilizados, evolucionando desde los más tradicionales que son una simple excavación en el suelo con un orificio de entrada y otro de salida (tipo túnel), pasando por los realizados en adobe, hasta los más modernos donde paredes, pisos, arcos y muros se construyen con ladrillo refractario.

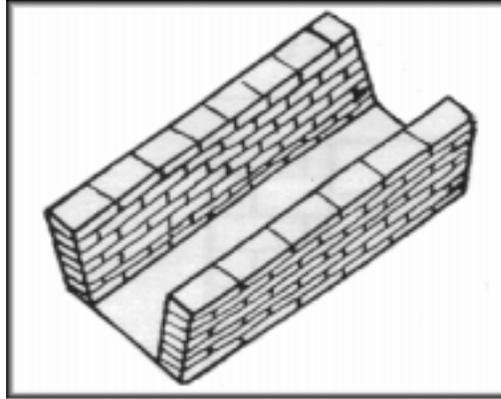


Figura 2.11. Ducto de Humos. [9]

2.4.3. PAILAS

Las pailas o fondos son los recipientes metálicos donde se depositan los jugos para la evaporación del agua y limpieza de los jugos. El calor es transferido a los jugos por las pailas y son fabricadas generalmente en cobre, aluminio o hierro por proceso de fundición. Su tamaño varía principalmente según la capacidad de la hornilla. Ver *Figura 2.12*.

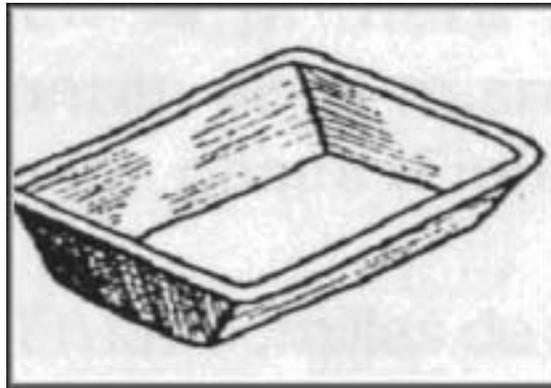


Figura 2.12. Pailas. [9]

2.4.4. CHIMENEA

Es un conducto construido en ladrillo, ubicado al final de la hornilla y empalmada directamente con el ducto de humos. Su forma puede ser cilíndrica, trapezoidal o cónica. Sus dimensiones dependen del tamaño de la hornilla. Ver *Figura 2.13*.

Su función es crear un diferencial de presión (tiro) que garantice el suministro de aire necesario para la combustión del bagazo y el transporte de los gases a través del ducto. El aire para la combustión varía de acuerdo con la humedad del bagazo utilizado y por lo tanto el tiro debe ser regulado, para esto se implementó una válvula denominada “mariposa”. La misma posee una platina externa que le permite colocarse en cuatro posiciones para regular la entrada de aire y a su vez el paso de los residuos de la combustión.

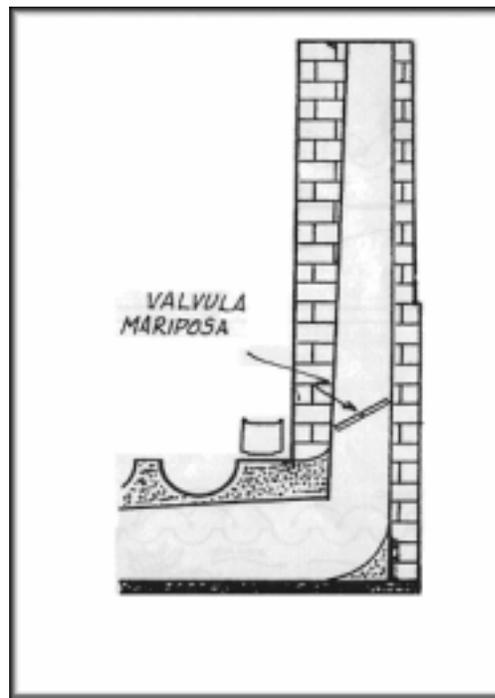


Figura 2.13. Chimenea. [9]

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1. CONSIDERACIONES DE DISEÑO

Se deben tener presente las consideraciones necesarias para poder plantear de una forma acertada las alternativas en la búsqueda de las soluciones que ayudarán a resolver el problema propuesto. La principal consideración que se debe tener en cuenta son las condiciones necesarias para obtener un producto final higiénico y de elevada calidad. Para ello es necesario contar con un proceso continuo, en el que no haya permanencia prolongada de jugo crudo en los recipientes para evitar la degradación del mismo; en el que cada etapa del proceso pueda llevarse a cabo teniendo en cuenta los rangos y gradientes de temperaturas, para asegurar la calidad del producto final; y en el que exista el menor contacto posible entre el fluido y el operario.

También debe considerarse que esta planta será diseñada para ser instalada en la población del Socorro en el Edo. Guárico, el terreno es llano y por lo general con suelos de tierra; esta población cuenta con los servicios básicos de electricidad y agua, pero no llega gas por tuberías.

La planta será operada por pequeños grupos familiares de la zona, que no cuentan con la preparación técnica apropiada, por lo tanto debe contar con equipos que faciliten el proceso.

3.2. BÚSQUEDA DE LAS ALTERNATIVAS

El método de diseño a utilizar en la búsqueda de las posibles soluciones del problema planteado será “El Método del Análisis Morfológico”, el cual consiste en seleccionar los parámetros más importantes de dicho problema, para luego conseguir la mayor cantidad de alternativas para cada parámetro. [13]

FACTORES O PARÁMETROS A CONSIDERAR

Higiene: se refiere a que tan limpio es el proceso, es decir, que exista el menor contacto entre el jugo, las mieles y el operario, y que pueda realizarse la limpieza del jugo de una manera eficiente.

Mantenimiento: se refiere a la facilidad de mantenimiento de los equipos.

Costo: se refiere al costo de materiales, de construcción y de equipos.

Adaptabilidad: capacidad de adaptación del diseño a las características físicas del fluido (jugo o miel), y a las condiciones de la zona en la que se instalará la planta.

Capacidad de enfriamiento: que tan rápido es retirado el calor presente en las mieles en la etapa de batido.

Facilidad de batido: facilidad o comodidad para realizar el batido de las mieles, lo que dependerá de la capacidad de enfriamiento y de la geometría de la batea o tacha.

Facilidad de limpieza: se refiere a la comodidad al momento de retirar la cachaza presente en el jugo, lo que está vinculado a la geometría de las pailas y la geometría del utensilio descachazador.

Capacidad de limpieza: la capacidad de limpieza dependerá de la eficiencia del utensilio descachazador, lo que permitirá retirar la cachaza de una forma cómoda y rápida.

Pérdidas: se refiere a las posibles pérdidas de jugo o miel que puedan ocurrir al realizar la limpieza o descachazado, o al trasladarlo de una paila a otra.

Seguridad del Proceso: disminución de riesgos de quemaduras por el contacto del operario con el jugo y las mieles calientes, y por la exposición directa del operario a las llamas y el calor generado por los quemadores.

Continuidad del Proceso: reducción en el tiempo de traslado de los jugos y las mieles entre las pailas y, facilidad para realizarlo por parte del operario.

Espacio ocupado: se refiere al menor espacio posible ocupado por el ducto, el cual constituye la parte de mayor dimensión de la planta, lo que dependerá del número, tamaño y disposición de las pailas, de la forma de trasladar el jugo, de la continuidad del proceso y de la adaptabilidad a las condiciones del terreno.

Estos parámetros serán evaluados según la siguiente escala de puntuación:

Excelente: 5

Muy Bueno: 4

Bueno: 3

Aceptable: 2

Deficiente: 1

3.2.1. BÚSQUEDA DE LAS ALTERNATIVAS PARA EL DISEÑO DE LAS PAILAS.

Las pailas son el implemento a través del cual se logrará la limpieza del jugo, la evaporación del agua presente en el mismo, la concentración y punteo de las mieles, es decir, las mismas serán utilizadas en las siguientes etapas tecnológicas del proceso: Clarificación, Evaporación, Concentración y Punteo.

El número de pailas a implementar en el proceso debe ser el menor posible, para reducir costos en cuanto a adquisición de equipos, y su geometría debe proporcionar que el espacio ocupado sea mínimo. Hay que tener en cuenta que del número y geometría de las pailas, depende el tamaño y geometría del ducto, es decir, para un menor número de pailas y un tamaño mínimo de las mismas, se reducirán los costos en cuanto a la construcción del ducto se refiere.

El número de pailas a implementar depende de la cantidad de jugo a utilizar en el proceso y de las etapas tecnológicas, por lo que se establece lo siguiente:

- **Clarificación:** 3 pailas, para poder contener la cantidad de jugo inicial de una forma continua sin utilizar una paila de grandes dimensiones.
- **Evaporación:** 1 paila, contendrá parte del jugo proveniente de las pailas clarificadoras.
- **Concentración:** 1 paila, basta para contener las mieles provenientes de la paila evaporadora, ya que se ha evaporado 90% de agua.
- **Punteo:** 1 paila, basta para contener las mieles provenientes de la paila concentradora.

La geometría de las pailas dependerá principalmente de las características físicas del fluido a contener y de la facilidad de limpieza de las mismas, por lo tanto se debe tener en cuenta lo siguiente:

- En la etapa de clarificación encontramos **jugo crudo**.
- En las etapas de evaporación, concentración y punteo el jugo pasa a ser **miel**.

DISEÑOS PROPUESTOS PARA LAS PAILAS

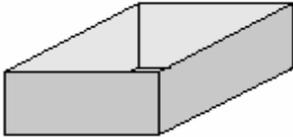
<p>DISEÑO 1</p> 	<p>PAILA PLANA DE GEOMETRÍA CIRCULAR</p>
<p>DISEÑO 2</p> 	<p>PAILA PLANA DE GEOMETRÍA CUADRADA</p>
<p>DISEÑO 3</p> 	<p>PAILA DE SECCIÓN SEMIESFÉRICA</p>
<p>DISEÑO 4</p> 	<p>PAILA PLANA CON GEOMETRÍA DE CONO TRUNCADO</p>

Figura 3.1. Diseños Propuestos para las Pailas

VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS DISEÑOS PROPUESTOS.

DISEÑOS	VENTAJAS	DESVENTAJAS
DISEÑO 1	<ul style="list-style-type: none"> • Transferencia de calor uniforme. • Menor costo. 	<ul style="list-style-type: none"> • Dificultad de limpieza de la paila. • Dificultad para limpiar el jugo. • Menor capacidad para contener jugo.
DISEÑO 2	<ul style="list-style-type: none"> • Facilidad de limpieza del jugo. • Mayor capacidad para contener jugo. • Menor costo. 	<ul style="list-style-type: none"> • Dificultad de limpieza de la paila. • Transferencia de calor menos uniforme.
DISEÑO 3	<ul style="list-style-type: none"> • Facilidad de limpieza de la paila. • Buena adaptabilidad al manejo de las mieles. 	<ul style="list-style-type: none"> • Transferencia de calor no uniforme. • Menor capacidad para contener jugo.
DISEÑO 4	<ul style="list-style-type: none"> • Transferencia de calor más uniforme. • Facilidad de limpieza de la paila. 	<ul style="list-style-type: none"> • Mayor Costo. • Menor capacidad para contener jugo. • Dificultad para limpiar el jugo.

3.2.1.1. EVALUACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS PROPUESTAS PARA LAS PAILAS DE JUGO CRUDO

FACTORES O PARÁMETROS A CONSIDERAR:

- ✓ Higiene 30%
- ✓ Mantenimiento 25%
- ✓ Costo 25%
- ✓ Adaptabilidad 20%

FACTORES	%	Diseño 1	Diseño 2	Diseño 3	Diseño 4
Adaptabilidad	20	3	5	2	4
Mantenimiento	25	3	4	5	4
Higiene	30	3	5	4	4
Costo	25	4	5	4	3
TOTAL	100	3,25	4,75	3,85	3,75

Tabla 3.1. Matriz de Selección de las Pailas para el Jugo Crudo

Por lo tanto en la etapa de clarificación serán utilizadas tres (3) pailas planas de geometría cuadrada, las cuales presentan como principales ventajas: el poder realizar la limpieza de los jugos de una forma más cómoda y completa, tiene la capacidad de contener mayor cantidad de jugo sin ocupar gran espacio y, su fabricación es menos costosa.

3.2.1.2. EVALUACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS PROPUESTAS PARA LAS PAILAS DE MIELES

FACTORES O PARÁMETROS A CONSIDERAR:

- ✓ Higiene 20%
- ✓ Mantenimiento 25%
- ✓ Costo 25%
- ✓ Adaptabilidad 30%

FACTORES	%	Diseño 1	Diseño 2	Diseño 3	Diseño 4
Adaptabilidad	30	2	3	5	3
Mantenimiento	25	2	3	5	3
Higiene	20	3	5	4	5
Costo	25	4	5	4	3
TOTAL	100	2,7	3,9	4,55	3,4

Tabla 3.2. Matriz de Selección de las Pailas para las Mieles

Por lo tanto, para las etapas de evaporación, concentración y punteo, serán utilizadas pailas de geometría semiesférica, las cuales permitirán realizar la limpieza de las mismas de una forma más fácil y evitarán que queden adheridos residuos de las mieles a las pailas.

3.2.2. BÚSQUEDA DE LAS ALTERNATIVAS PARA EL DISEÑO DE LA BATEA

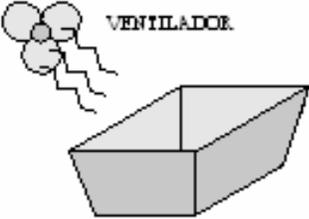
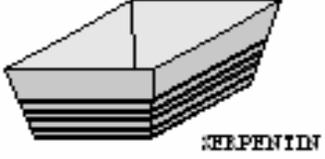
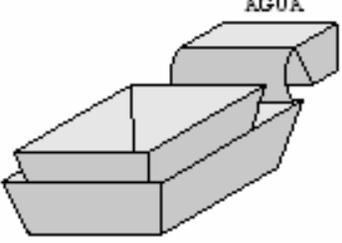
<p style="text-align: center;">DISEÑO 1</p> 	<p style="text-align: center;">BATEA PLANA GEOMETRÍA DE PIRÁMIDE TRUNCADA. EL ENFRIAMIENTO DE LAS MIELES SE REALIZA MEDIANTE UN VENTILADOR.</p>
<p style="text-align: center;">DISEÑO 2</p> 	<p style="text-align: center;">BATEA CON GEOMETRÍA DE SECCIÓN SEMIESFÉRICA. EL ENFRIAMIENTO DE LAS MIELES SE REALIZA MEDIANTE UN SERPENTÍN. SE UTILIZARÁ AGUA COMO REFRIGERANTE.</p>
<p style="text-align: center;">DISEÑO 3</p> 	<p style="text-align: center;">BATEA PLANA DE GEOMETRÍA DE PIRÁMIDE TRUNCADA. EL ENFRIAMIENTO DE LAS MIELES SE REALIZARÁ MEDIANTE UN SERPENTÍN. SE UTILIZARÁ AGUA COMO REFRIGERANTE.</p>
<p style="text-align: center;">DISEÑO 4</p> 	<p style="text-align: center;">BATEA PLANA DE GEOMETRÍA DE PIRÁMIDE TRUNCADA, LA CUAL SE COLOCARÁ DENTRO DE UNA BATEA DE GEOMETRÍA SIMILAR Y DE MAYOR DIMENSIÓN. ENTRE ELLAS PASARÁ AGUA PARA PERMITIR RETIRAR CALOR DE LAS MIELES.</p>

Figura 3.2. Diseños Propuestos para la Batea.

VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS DISEÑOS PROPUESTOS

DISEÑOS	VENTAJAS	DESVENTAJAS
DISEÑO 1	<ul style="list-style-type: none"> • Menor costo. • Facilidad de batido, debido a la geometría de la batea. 	<ul style="list-style-type: none"> • Poca capacidad de enfriamiento. • Dificultad de limpieza de la batea. • Producto final de baja calidad.
DISEÑO 2	<ul style="list-style-type: none"> • Buena adaptación a las mieles. • Facilidad de limpieza de la tacha. 	<ul style="list-style-type: none"> • Dificultad de batido, debido a la geometría de la batea.
DISEÑO 3	<ul style="list-style-type: none"> • Facilidad de batido, debido a la geometría de la batea. 	<ul style="list-style-type: none"> • Mayor costo. • Capacidad de enfriamiento moderada. • Dificultad de limpieza de la batea.
DISEÑO 4	<ul style="list-style-type: none"> • Buena capacidad de enfriamiento. • Facilidad de batido, debido a la geometría de la batea. • Menor tiempo de batido. • Producto final de buena calidad 	<ul style="list-style-type: none"> • Mayor costo. • Dificultad de limpieza de la batea.

3.2.2.1. EVALUACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS PROPUESTAS PARA LA BATEA.

FACTORES O PARÁMETROS A CONSIDERAR

- ✓ Capacidad de enfriamiento 30%
- ✓ Adaptabilidad 20%
- ✓ Facilidad de batido 15%
- ✓ Higiene 10%
- ✓ Mantenimiento 10%
- ✓ Costo 15%

FACTORES	%	Diseño 1	Diseño 2	Diseño 3	Diseño 4
Capacidad de enfriamiento	30	2	3	3	5
Adaptabilidad	20	3	4	3	3
Facilidad de batido	15	3	3	4	5
Higiene	10	2	5	3	3
Mantenimiento	10	3	4	3	4
Costo	15	3	4	3	2
TOTAL	100	2,6	3,65	3,15	3,85

Tabla 3.3. Matriz de Selección para la Batea

En la etapa de batido, será utilizada una batea plana, cuyo sistema de enfriamiento permitirá que sea retirado el calor presente en las mieles, de una forma más rápida, al tener el agua contacto directo con la superficie de la batea, lo que se traduce en una reducción en el tiempo de batido, una disminución del esfuerzo físico realizado por el operario y una mejora en la calidad del producto final.

3.2.3. BÚSQUEDA DE LAS ALTERNATIVAS PARA EL DISEÑO DE EL UTENSILIO DESCACHAZADOR.

<p>DISEÑO 1</p> 	<p>UTENSILIO DESCACHAZADOR EN FORMA DE CUCHARA</p>
<p>DISEÑO 2</p> 	<p>UTENSILIO DESCACHAZADOR EN FORMA DE CUCHARA, CON PEQUEÑOS AGUJEROS EN EL FONDO</p>
<p>DISEÑO 3</p> 	<p>UTENSILIO DESCACHAZADOR DE GEOMETRÍA PLANA, CONFORMADO POR UNA MALLA</p>
<p>DISEÑO 4</p> 	<p>UTENSILIO DESCACHAZADOR DE BASE RECTANGULAR CON AGUJEROS, Y LADOS INCLINADOS CON RESPECTO A LA BASE.</p>

Figura 3.3. Diseños Propuestos para el Utensilio Descachazador.

VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS DISEÑOS PROPUESTOS

DISEÑOS	VENTAJAS	DESVENTAJAS
DISEÑO 1	<ul style="list-style-type: none"> • Menor costo de fabricación. 	<ul style="list-style-type: none"> • Altas pérdidas de jugo en la recolección de cachaza. • Dificultad de recolección de cachaza.
DISEÑO 2	<ul style="list-style-type: none"> • Menor costo de fabricación. • Menos pérdidas de jugo. 	<ul style="list-style-type: none"> • Dificultad de recolección de cachaza.
DISEÑO 3	<ul style="list-style-type: none"> • Sin pérdidas de jugo. • Facilidad de recolección de cachaza. 	<ul style="list-style-type: none"> • Poca capacidad de limpieza. • Mayor costo de fabricación.
DISEÑO 4	<ul style="list-style-type: none"> • Alta capacidad de limpieza. • Pocas pérdidas de jugo. • Facilidad de recolección de cachaza. 	<ul style="list-style-type: none"> • Alto costo de fabricación.

3.2.3.1. EVALUACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS PROPUESTAS PARA EL UTENSILIO DESCACHAZADOR.

FACTORES O PARÁMETROS A CONSIDERAR

✓ Costo	15%
✓ Higiene	20%
✓ Facilidad de limpieza	15%
✓ Capacidad de limpieza	30%
✓ Pérdidas	25%

FACTORES	%	Diseño 1	Diseño 2	Diseño 3	Diseño 4
Costo	15	5	4	3	2
Higiene	20	4	3	2	4
Facilidad de limpieza	10	3	3	4	5
Capacidad de limpieza	30	4	4	2	5
Pérdidas	25	2	3	5	4
TOTAL	100	3,55	3,45	3,1	4,1

Tabla 3.4. Matriz de Selección para el Utensilio Descachazador

La limpieza de los jugos en la etapa de clarificación se realizará con un utensilio cuyo diseño permitirá retirar la cachaza presente en el jugo de una forma rápida y con la menor pérdida de jugo posible.

3.2.4. BÚSQUEDA DE LAS ALTERNATIVAS PARA EL DISEÑO DEL SISTEMA DE TRASLADO DEL JUGO Y LAS MIELES.

El sistema de traslado depende de las características físicas de la sustancia

- **Jugo Crudo:** sustancia cuya densidad es similar a la del agua.
- **Mieles:** sustancia con una elevada densidad, es un fluido viscoso.

SISTEMA DE TRASLADO DE JUGO Y MIELES

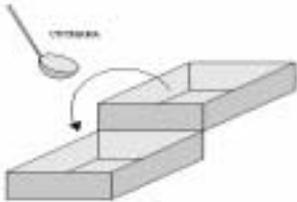
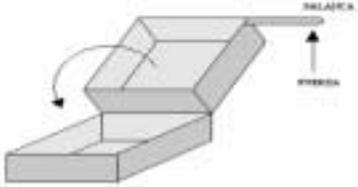
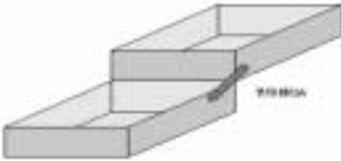
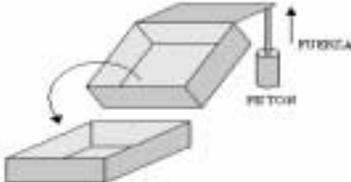
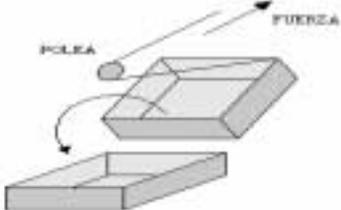
<p style="text-align: center;">DISEÑO 1</p> 	<p style="text-align: center;">TRASLADO POR CUCHARADAS</p>
<p style="text-align: center;">DISEÑO 2</p> 	<p style="text-align: center;">TRASLADO MEDIANTE EL USO DE UNA PALANCA</p>
<p style="text-align: center;">DISEÑO 3</p> 	<p style="text-align: center;">TRASLADO POR GRAVEDAD MEDIANTE EL USO DE TUBERÍAS</p>
<p style="text-align: center;">DISEÑO 4</p> 	<p style="text-align: center;">TRASLADO MEDIANTE EL USO DE UN PISTÓN HIDRÁULICO</p>
<p style="text-align: center;">DISEÑO 5</p> 	<p style="text-align: center;">TRASLADO MEDIANTE EL USO DE POLEAS</p>

Figura 3.4. Diseños Propuestos para el Traslado del Jugo y las Mieles.

VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS DISEÑOS PROPUESTOS

DISEÑOS	VENTAJAS	DESVENTAJAS
DISEÑO 1	<ul style="list-style-type: none"> • Menor costo. • Se adapta a las condiciones de la sustancia. 	<ul style="list-style-type: none"> • Riesgo de quemaduras al operario. • Mayor pérdida de producto. • Proceso poco continuo.
DISEÑO 2	<ul style="list-style-type: none"> • Menor costo. • Se adapta a las condiciones de la sustancia. 	<ul style="list-style-type: none"> • Mayor esfuerzo físico del operario. • Proceso poco continuo.
DISEÑO 3	<ul style="list-style-type: none"> • Menor costo. • Proceso continuo. • Se adapta a las condiciones del jugo. • Menos pérdida de producto. • No hay esfuerzo físico. 	<ul style="list-style-type: none"> • No se adapta a las condiciones de las mieles.
DISEÑO 4	<ul style="list-style-type: none"> • No hay esfuerzo físico. • Se adapta a las condiciones de la sustancia. 	<ul style="list-style-type: none"> • Costo elevado. • Proceso poco continuo.
DISEÑO 5	<ul style="list-style-type: none"> • Menor esfuerzo físico. • Se adapta a las condiciones de la sustancia. 	<ul style="list-style-type: none"> • Mayor costo. • Proceso poco continuo.

3.2.4.1. EVALUACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS PROPUESTAS PARA EL SISTEMA DE TRASLADO DEL JUGO CRUDO.

FACTORES O PRÁMETROS A CONSIDERAR

✓ Seguridad del proceso	20%
✓ Continuidad del proceso	20%
✓ Costo	15%
✓ Mantenimiento	10%
✓ Higiene	5%
✓ Adaptabilidad	20%
✓ Pérdidas	10%

FACTORES	%	Diseño 1	Diseño 2	Diseño 3	Diseño 4	Diseño 5
Seguridad del Proceso	20	2	3	5	4	4
Continuidad del Proceso	20	1	2	5	4	3
Costo	15	5	4	5	1	2
Mantenimiento	10	5	5	4	3	3
Higiene	5	3	5	4	5	5
Adaptabilidad	20	4	3	5	3	3
Pérdidas	10	2	3	5	3	3
TOTAL	100	3,00	3,25	4,85	3,20	3,15

Tabla. 3.5. Matriz de Selección para el Sistema de Traslado del Jugo.

Según el resultado arrojado por la matriz morfológica, se tiene que, mientras que la sustancia a trasladar entre las pailas sea jugo, la forma más rápida, continua, segura y económica de hacerlo, es mediante tuberías.

3.2.4.2. EVALUACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS PROPUESTAS PARA EL SISTEMA DE TRASLADO DE LAS MIELES.

FACTORES O PARÁMETROS A CONSIDERAR

✓ Seguridad del proceso	15%
✓ Continuidad del proceso	15%
✓ Costo	15%
✓ Mantenimiento	20%
✓ Higiene	5%
✓ Adaptabilidad	20%
✓ Pérdidas	10%

FACTORES	%	Diseño 1	Diseño 2	Diseño 3	Diseño 4	Diseño 5
Seguridad del Proceso	15	4	3	5	3	3
Continuidad del Proceso	15	3	4	5	4	4
Costo	15	5	5	4	1	2
Mantenimiento	20	5	5	2	3	3
Higiene	5	3	5	4	5	5
Adaptabilidad	20	5	3	1	3	3
Pérdidas	10	4	3	1	3	3
TOTAL	100	4,35	3,95	3,00	2,95	3,10

Tabla 3.6. Matriz de Selección para el Sistema de Traslado de las Mieles.

Según el resultado arrojado por la matriz morfológica, la manera más conveniente de trasladar las mieles entre las pailas es por cucharadas, ya que, es el sistema que mejor se adapta a las características físicas de la sustancia, la más fácil de mantener y aunque hay riesgo de quemaduras por el contacto con las mieles, el operario no estará en ningún momento expuesto al calor generado por las llamas de los quemadores.

3.2.5. BÚSQUEDA DE LAS ALTERNATIVAS PARA EL DISEÑO DEL DUCTO.

El ducto es la estructura sobre la cual estarán dispuestas las pailas y estará conformado por paredes laterales para evitar la transferencia de calor hacia el ambiente. Dentro del mismo se encontrarán los quemadores, encargados del calentamiento del jugo y las mieles. En la etapa de clarificación, el ducto debe presentar un pequeño desnivel para que el jugo fluya por gravedad, mientras que en las etapas siguientes (evaporación, concentración y punteo) debe presentarse de manera horizontal, para evitar ocupar más espacio del necesario y lograr de esta manera que la construcción del mismo sea más sencilla.

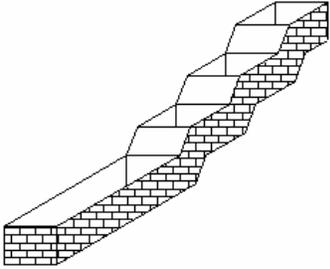
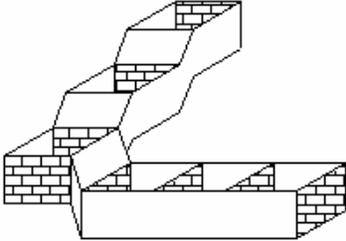
<p style="text-align: center;">DISEÑO 1</p> 	<p style="text-align: center;">DUCTO CON UNA SECCIÓN EN DESNIVEL Y OTRA HORIZONTAL.</p>
<p style="text-align: center;">DISEÑO 2</p> 	<p style="text-align: center;">DUCTO CON UNA SECCIÓN EN DESNIVEL Y OTRA HORIZONTAL. PRESENTA PAREDES DE SEPARACION ENTRE CADA PAILA, POR LO QUE AMERITA DE UNA CHIMENEA PARA CADA PARTE DEL PROCESO.</p>

Figura 3.5. Diseños Propuestos para el Ducto.

VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS DISEÑOS PROPUESTOS

DISEÑOS	VENTAJAS	DESVENTAJAS
DISEÑO 1	<ul style="list-style-type: none"> • Menor costo de construcción. • Menor costo de materiales. 	<ul style="list-style-type: none"> • Mayor espacio ocupado.
DISEÑO 2	<ul style="list-style-type: none"> • Menor espacio ocupado. 	<ul style="list-style-type: none"> • Alto costo de materiales. • Alto costo de construcción.

3.2.5.1. EVALUACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS PROPUESTAS PARA EL DUCTO.

FACTORES O PARÁMETROS A CONSIDERAR

- ✓ Costo de materiales 25%
- ✓ Costo de construcción 25%
- ✓ Espacio ocupado 20%
- ✓ Continuidad del proceso 15%
- ✓ Mantenimiento 15%

FACTORES	%	Diseño 1	Diseño 2
Costo de Materiales	25	5	2
Costo de Construcción	25	5	1
Espacio ocupado	20	3	5
Continuidad del Proceso	15	5	4
Mantenimiento	15	5	3
TOTAL	100	4,6	2,8

Tabla 3.7. Matriz de Selección para el Ducto.

El ducto a implementar, según los resultados de la matriz morfológica, corresponde al Diseño 1, ya que aunque el mismo ocupa un mayor espacio, es significativamente menos costoso en cuanto a materiales y construcción, que el Diseño 2.

3.2.6. DISEÑO DEL UTENSILIO PARA EL BATIDO DE LAS MIELES.

El batido de las mieles será realizado en forma manual, por lo que el implemento debe ser fácil y cómodo de usar para el operario.

Mediante el batido de las mieles también se obtiene el papelón en polvo y granulado. El operario debe realizar un mayor esfuerzo para poder lograr obtener el producto bajo esta presentación, por lo tanto se debe pensar en diseñar un utensilio que reduzca el esfuerzo realizado por el operario.



Figura 3.6. Diseño del Utensilio para el Batido de las Mieles

El diseño propuesto para el Batido de la Mieles, presenta como principal ventaja que: la base irregular de pequeñas puntas permite que pueda obtenerse el papelón pulverizado de una forma más fácil, además con el mismo utensilio se pueden trasladar las mieles batidas para su moldeo, por presentarse en forma de pala. Pero tiene una desventaja en cuanto a mantenimiento se refiere, ya que la base irregular ocasiona que queden adheridos residuos de mieles a la misma, resultando más difícil la limpieza del utensilio.

CAPÍTULO IV

4. ESPECIFICACIONES DE DISEÑO

4.1. SELECCIÓN DEL MOLINO

El porcentaje de extracción de los Molinos va desde 40 a 55% pero, se recomienda mantenerlos en condiciones de operación que permitan llegar hasta un 60 – 65% de extracción. El Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias (INIA) aspira tener un porcentaje de extracción óptimo del 72%, es decir, de 100kg de caña se obtienen 72kg de jugo crudo y 28kg de bagazo e impurezas.

Teniendo en cuenta estos rangos de extracción y sabiendo que los mismos repercuten sobre la cantidad y calidad del jugo obtenido, se ha decidido trabajar con un molino cuyas condiciones de operación permitan llegar hasta un **60% de extracción**, es decir, de 100kg de caña se obtendrán 60kg de jugo crudo y 40kg de bagazo e impurezas.

Especificaciones técnicas del molino:

- CAPACIDAD DE MOLIENDA: 1.200 - 1.300 kg/h caña
- CAPACIDAD DE EXTRACCIÓN: 60%
- FUENTE DE ENERGÍA: Motor de combustión interna Diesel.
- POTENCIA REQUERIDA: 16 HP
- EFICIENCIA DELMOLINO: 75%

4.2. CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN DE LA PLANTA

La capacidad de la planta se refiere a la cantidad de producto final obtenida en un tiempo establecido. Es así como se definirá la capacidad de producción en: kilogramos de producto terminado por hora (*kg/h*).

Dicha capacidad depende de los siguientes factores:

- Cantidad de materia prima.
- Calidad de la materia prima.
- Eficiencia de los equipos que intervienen en el proceso.
- Eficiencia de la mano de obra.
- Eficiencia del Proceso.
- Tiempo de residencia de los jugos y las mieles en el tren de pailas.
- Mantenimiento de la planta.

La capacidad de producción de la planta se establece según el Balance de Masa, el cual depende de: la masa de caña a moler, el porcentaje de extracción del molino, el grado *Brix* del jugo y de la panela, la masa de panela que se estima obtener y las pérdidas por limpieza y por evaporación de agua que ocurren durante el proceso.

La *Tabla 4.1* presenta una descripción detallada de los factores antes mencionados.

FACTORES	DATOS Y ECUACIONES	DESCRIPCIÓN
Masa de Panela (m_p)	100 kg (Planta Pequeña)	Se establece este valor debido a que la planta será operada por pequeños grupos familiares de la zona y la demanda del producto no es muy alta.
Brix de jugo ($^{\circ}B_j$)	17 $^{\circ}B$	Los grados Brix del jugo varían entre: 16 $^{\circ}B$ - 20 $^{\circ}B$ 17 $^{\circ}B$ corresponden a un valor promedio
Brix de panela ($^{\circ}B_p$)	93 $^{\circ}B$	Los grados Brix de panela varían entre: 90 $^{\circ}B$ - 96 $^{\circ}B$ 93 $^{\circ}B$ corresponden a un valor promedio
Porcentaje de extracción (%Ext)	60%	El porcentaje de extracción varía entre: 55% - 65% 60% corresponde a un valor promedio
Masa de Jugo (m_j)	$m_j = m_p \frac{^{\circ}B_p}{^{\circ}B_j} \quad (4.1)$	Corresponde al valor de la masa de jugo neta que sale del molino directamente a los prelimpiadores: 547,06 kg
Masa de caña a moler (m_c)	$m_c = \frac{m_j}{\%Ext} \quad (4.2)$	Cantidad de caña necesaria para obtener la masa de jugo deseada según el %Ext del molino utilizado: 911,77kg
Pérdidas por Prelimpieza	$P_p = 0,15\% m_j \quad (4.3)$	Las pérdidas por prelimpieza varían entre: 1kg - 1,5kg por cada 1000kg de jugo 0,15% es al valor más desfavorable
Masa jugo Prelimpiado (m_{jp})	$m_{jp} = 100\%m_j - 0,15\%m_j$ $m_{jp} = 99,85\%m_j \quad (4.4)$	Masa de jugo que sale de los prelimpiadores y entra al tren de pailas clarificadoras.
Pérdidas por Clarificación	$P_c = 4\% m_{jp} \quad (4.5)$	Las pérdidas por clarificación varían entre: 2% - 4% de m_{jp} 4% es el valor más desfavorable.
Masa de jugo Clarificado (m_{jc})	$m_{jc} = m_{jp} - 4\%m_{jp} \quad (4.6)$	Masa de jugo que sale de la clarificación y entra a la paila evaporadora.
Masa de jugo Evaporado (m_{je})	$m_{je} = m_{jc} * B_j / 65 \quad (4.7)$	Masa de jugo que sale de la evaporación y entra a la paila concentradora, donde 65 son los $^{\circ}B$ de la miel salida de la evaporación.

Masa de agua (m_{H_2O})	$m_{H_2O} = \frac{100}{90} (m_{jc} - m_{je})$ (4.8)	Masa de agua total presente en el jugo, de la cual se evaporará 98% , en las etapas de evaporación, concentración y punteo.
Pérdidas en la Evaporación	$P_e = 90\% m_{H_2O}$ (4.9)	En la etapa de evaporación se pierde aproximadamente el 90% del agua total presente en el jugo.
Pérdidas en la Concentración	$P_{conc} = 4\% m_{H_2O}$ (4.10)	En la etapa de concentración se pierde aproximadamente el 4% del agua total presente en el jugo.
Pérdidas en el Punteo	$P_{punt} = 4\% m_{H_2O}$ (4.11)	En la etapa de punteo se pierde aproximadamente el 4% del agua total presente en el jugo.
Masa de Gas (m_g)	m_{gclar} : masa gas clarificación m_{gevap} : masa gas evaporación m_{gconc} : masa gas concentración m_{gpunt} : masa gas punteo	Masa de Gas Licuado de Petróleo (G.L.P), a utilizar en cada etapa del proceso.

Tabla 4.1. Factores que intervienen en el Balance de Masa.

En la *Figura 4.1* se presenta el Balance de Masa, para una planta cuya capacidad de producción se ha establecido en cien (100), kilogramos de panela por hora. Los datos contenidos en dicho Balance fueron extraídos de la *Tabla 4.1*

Del Balance de Masa presentado a continuación, dependerá el tamaño de las pailas y cálculo del Flujo de Calor requerido en cada etapa del proceso.

Se debe considerar que los valores expuestos en el Balance de Masa pueden modificarse, ya que, como se dijo anteriormente, el mismo depende de factores como el Brix de Jugo, el cual varía según la calidad de la caña.

BALANCE DE MASA

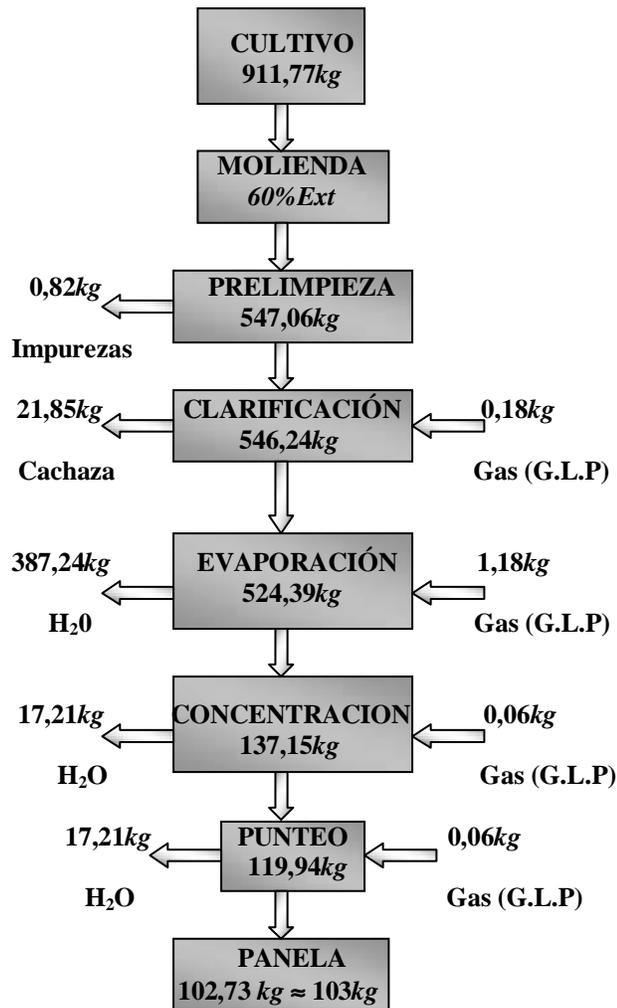


Figura 4.1. Balance de Masa

Según el Balance de Masa, al final del proceso se obtendrán 103kg de panela, pero este valor puede cambiar dependiendo de los factores descritos en la *Tabla 4.1*.

Además, al final del proceso la masa de panela queda con cierto porcentaje de humedad, por lo que se puede estimar que la masa de panela obtenida tiene un porcentaje de humedad de aproximadamente 3%.

TIEMPO ESTIMADO DE RESIDENCIA DEL JUGO Y LAS MIELES EN EL TREN DE PAILAS

El tiempo de residencia de los jugos y las mieles en las pailas depende del gradiente y del diferencial de temperatura que se requiere en cada etapa del proceso, como se muestra en el siguiente esquema (Figura 4.2):

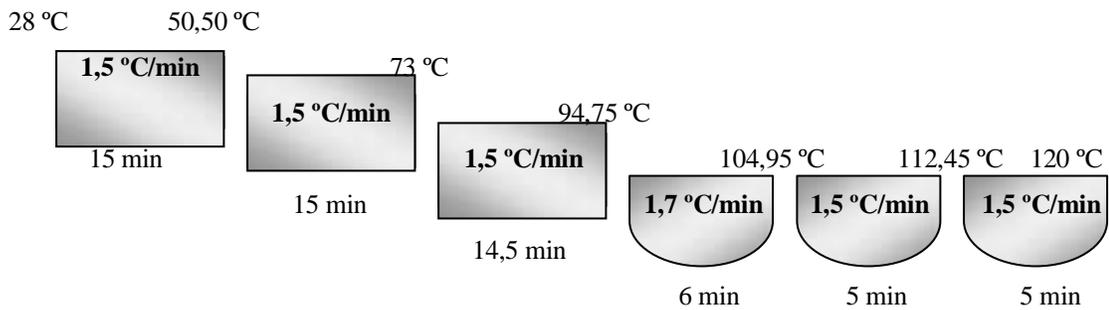


Figura 4.2. Tiempo de Residencia de los Jugos y las Mieles en cada Etapa del Proceso.

Distribuido de la siguiente manera:

ETAPAS	t (s)	t (min)	t (h)
Clarificación 1	900,00	15,00	0,25
Clarificación 2	900,00	15,00	0,25
Clarificación 3	<u>870,00</u> +	<u>14,50</u> +	<u>0,24</u> +
Clarificación	2670,00	44,50	0,74
Evaporación	360,00	6,00	0,10
Concentración	300,00	5,00	0,08
Punteo	300,00	5,00	0,08
TOTAL	3630,00	60,50	1,01 ≈ 1,00

Tabla 4.2. Tiempo de Residencia de los Jugos y las Mieles en cada Etapa del Proceso.

Este tiempo es estimado, ya que depende de los siguientes factores:

- Temperatura a la entrada del Tren de Pailas (28 °C corresponde a la temperatura ambiente promedio en el Estado Guárico)
- Temperatura de ebullición del jugo de caña.
- Temperatura del punto de panela.

Según el Balance de Masa (*Figura 4.1*) y del Tiempo Estimado de Residencia de los jugos y las mieles en las pailas (*Figura 4.2*), la capacidad de producción de la planta será aproximadamente de:

$$103\text{kg/h}$$

4.3. CANTIDAD DE MATERIA PRIMA

La cantidad de materia prima necesaria para satisfacer la capacidad de la planta depende de la masa de jugo y del porcentaje de extracción del molino, y se determina mediante la ecuación (4.2), dada por:

$$m_c = \frac{m_j}{\%Ext}$$

m_c : masa de caña a moler.

m_j : masa de jugo = 547,06kg

$\%Ext$: porcentaje de extracción del molino = 60%

$$m_c = 547,06\text{kg} / 0,6$$

$$m_c = 911,77\text{kg}$$

4.4. DIMENSIONAMIENTO DE EQUIPOS

4.4.1. DIMENSIONES DE PAILAS

Las dimensiones de las pailas dependen de la cantidad de materia prima, del porcentaje de extracción del molino y de las pérdidas por prelimpieza, definidos anteriormente, es decir, la masa de jugo necesaria para calcular el volumen de las pailas clarificadoras (pailas planas) es la masa de jugo prelimpiado, dado por: **546,24kg**

Si toda esta masa de jugo prelimpiado es depositado en la primera paila clarificadora, la misma tendrá grandes dimensiones, lo que se traduce en un diseño muy costoso; por lo tanto el volumen de las pailas será calculado con la mitad del jugo prelimpiado, es decir, **273,12kg**.

Suponiendo que la densidad del jugo de caña crudo a temperatura ambiente es de 1,069g/cc, es decir, 1069kg/m³ para 17°B, ver *Anexo1*, se tiene que el volumen de jugo es:

$$V_j = m_j / \rho_j \quad (4.12) \Rightarrow \quad V_j = 273,12kg / 1069kg/m^3$$

$$V_j = 0,26m^3$$

4.4.1.1. DIMENSIONES DE LAS PAILAS PLANAS

El número de pailas planas será de tres (3) y se utilizarán en la etapa de clarificación, cada una de ellas tendrá las mismas dimensiones y serán de geometría cuadrada.

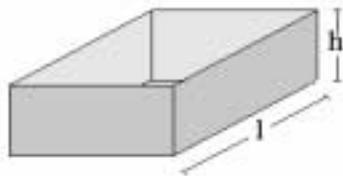


Figura 4.3. Paila Plana de geometría Cuadrada.

$$V_{pp} = V_{jp} = 0,26m^3$$

donde: V_{pp} : volumen de paila plana (m^3)

V_{jp} : volumen de jugo prelimpiado (m^3)

$$V_{pp} = A_p * h_p \quad (4.13)$$

donde: A_p : área de la base de la paila (m^2)

h_p : altura de la paila plana (m)

$h_p = 0.38m$ (Recomendado por CIMPA [7])

de (4.13) $A_p = \frac{V_{pp}}{h_p} \quad (4.14) \Rightarrow A_p = \frac{0,26m^3}{0,38m}$

$$A_p = 0,68m^2$$

$$A_p = l_p^2 \quad (4.15)$$

donde: l_p : longitud de aristas (m)

de (4.15) $l_p = \sqrt{A_p} \quad (4.16) \Rightarrow l_p = \sqrt{0,68m^2}$

$$l_p = 0.82m$$

DIMENSIONES	VALORES
Volumen (V_{pp})	0,26m³
Altura (h_p)	0.38m
Área (A_p)	0,68m²
Longitud (l_p)	0,82m

Tabla 4.3. Dimensiones de las Pailas Planas

4.4.1.2. DIMENSIONES DE LAS PAILAS SEMIESFÉRICAS

La geometría de las pailas a utilizar en las etapas de evaporación, concentración y punteo, corresponde a la de un casquete semiesférico, cuyo volumen está dado por la siguiente ecuación:

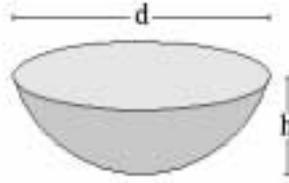


Figura 4.4. Paila de sección semiesférica.

$$V_{PS} = \frac{\pi}{6} * h_s * \left(\frac{3}{4} d^2 + h_s^2 \right) \quad (4.17)$$

Donde: V_{PS} : volumen de la paila semiesférica (m^3)

h_s : altura de la paila semiesférica (m)

d : diámetro de la paila semiesférica (m)

de (4.17)

$$d = \sqrt{\frac{4}{3} \left(\frac{6V_{PS}}{\pi h_s} - h_s^2 \right)} \quad (4.18)$$

A. PAILA EVAPORADORA

El volumen de jugo que entra a la paila evaporadora corresponde al volumen de jugo clarificado, el cual está dado por:

Según el balance de masa, de la ecuación (4.6) se tiene:

$$m_{jc} = m_{jp} - 4\%m_{jp}$$

$$m_{jc} = 524,39kg$$

Dividiendo esta masa de jugo clarificado por dos (2), se tiene:

$$m_{jc} = 262,20kg$$

Suponiendo que el jugo no cambia su densidad durante la clarificación, de la ecuación (4.12) se tiene:

$$V_{jc} = m_{jc}/\rho_j \quad \Rightarrow \quad V_{jc} = 262,20kg / 1069kg/m^3$$

$$V_{jc} = \mathbf{0,25m^3} = V_{pse}$$

donde: V_{jc} : volumen de jugo clarificado (m^3)

V_{pse} : volumen de paila evaporadora (m^3)

La altura de la paila evaporadora (h_{se}) está dada por el siguiente valor:

$$h_{se} = \mathbf{0,40m} \text{ (Recomendado por CIMPA [7])}$$

Sustituyendo los valores de volumen y altura en la ecuación (4.18), se tiene:

$$d_{se} = \sqrt{\frac{4}{3} \left(\frac{6 * 0,25 m^3}{\pi * 0,40 m} - (0,40 m)^2 \right)}$$

$$d_{se} = 1,17 m$$

d_{se} : diámetro de la paila evaporadora.

B. PAILA CONCENTRADORA

El volumen de miel que entra a la paila clarificadora, corresponde al volumen de jugo evaporado, el cual está dado por la siguiente ecuación:

$$V_{je} = V_{jc} - 90\% V_{H_2O} \quad (4.19)$$

donde: V_{je} : volumen de jugo que sale de la evaporación (m^3)

V_{jc} : volumen de jugo clarificado = $0,25 m^3$

V_{H_2O} : volumen de agua total contenida en el jugo (m^3)

Según el balance de masa: $m_{H_2O} = 430,27 kg$

Dividiendo esta masa de agua por dos (2), se tiene: $m_{H_2O} = 215,14 kg$

Sabiendo que la densidad del agua a 95 °C es:

$$\rho_{H_2O} = 961,54 kg/m^3$$

Entonces el volumen de agua total contenida en el jugo es:

$$V_{H_2O} = m_{H_2O} / \rho_{H_2O} \quad \Rightarrow \quad V_{H_2O} = 215,14 \text{kg} / 961,54 \text{kg/m}^3$$

$$V_{H_2O} = 0,22 \text{m}^3$$

$$90\% V_{H_2O} = 0,20 \text{m}^3$$

Sustituyendo los valores en (4.19), se tiene:

$$V_{je} = 0,25 \text{m}^3 - 0,20 \text{m}^3 \quad \Rightarrow \quad V_{je} = 0,05 \text{m}^3$$

La altura de la paila concentradora (h_{sc}) está dado por el siguiente valor:

$$h_{sc} = 0,30 \text{m}$$

Sustituyendo los valores de volumen y altura en la ecuación (4.18), se tiene:

$$d_{sc} = \sqrt{\frac{4}{3} \left(\frac{6 * 0,05 \text{m}^3}{\pi * 0,30 \text{m}} - (0,30 \text{m})^2 \right)}$$

$$d_{sc} = 0,55 \text{m}$$

d_{sc} = diámetro de la paila concentradora.

C. PAILA PUNTEADORA

El volumen de miel que entra a la paila punteadora, corresponde al volumen de miel concentrado, el cual está dado por:

$$V_{mconct} = V_{je} - 4\%V_{H_2O} \quad (4.20)$$

donde: V_{mconct} : volumen de miel que sale de la concentración (m^3)

V_{je} : volumen de jugo evaporado = $0,05m^3$

V_{H_2O} = volumen de agua total contenida en el jugo = $0,22m^3$

Sustituyendo los valores en (4.20), se tiene:

$$V_{mconct} = 0,05m^3 - 0,04*(0,22m^3)$$

$$V_{mconct} = \mathbf{0,04m^3}$$

La altura de la paila punteadora (h_{sp}) está dado por el siguiente valor:

$$h_{sp} = \mathbf{0,28 \text{ m}}$$

Sustituyendo los valores de volumen y altura en la ecuación (4.18), se tiene:

$$d_{sp} = \sqrt{\frac{4}{3} \left(\frac{6 * 0,04m^3}{\pi * 0,28m} - (0,28m)^2 \right)}$$

$$d_{sp} = \mathbf{0,51m}$$

d_{sp} : diámetro de la paila punteadora.

ETAPAS	VOLUMEN (V_{ps}) (m^3)	ALATURA (h_s) (m)	DIÁMETRO (d) (m)
Evaporación	0,25	0,40	1,17
Concentración	0,05	0,30	0,55
Punteo	0,04	0,28	0,51

Tabla 4.4. Dimensiones de las Pailas Semiesféricas.

4.4.2. DIMENSIONES DE LA BATEA O TACHA

4.4.2.1. DIMENSIONES DE LA BATEA.

La geometría de la batea corresponde a la de una pirámide truncada, cuyo volumen se expresa de la siguiente manera:

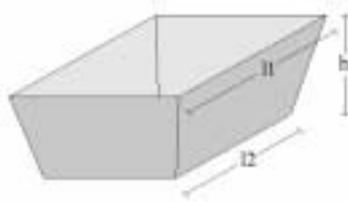


Figura 4.5. Batea con geometría de Pirámide Truncada

$$V_b = \frac{h_b}{2}(A_1 + A_2) \quad (4.21)$$

donde: V_b : volumen de la batea (m^3)

h_b : altura de la batea (m)

A_1 : área de la parte superior de la batea (m^2)

A_2 : área de la base de la paila (m^2)

El volumen mínimo de la batea será igual al volumen de miel que sale de la paila punteada, el cual está dado por:

$$V_{mp} = V_{mconct} - 4\% VH_2O \quad (4.22)$$

donde: V_{mp} : volumen de miel que sale del punteo (m^3)

V_{mconct} : volumen de miel concentrado = $0,04m^3$

VH_2O : volumen de agua total contenida en el jugo = $0,22m^3$

$$V_{mp} = 0,04m^3 - 0,04*0,22m^3 \Rightarrow V_{mp} = 0,03m^3$$

En la etapa de batido las mieles aumentan aproximadamente 4 veces su volumen debido al aire incorporado, por lo tanto el volumen total de la batea debe ser:

$$V_{bt} = 4*V_{mp} \quad (4.23) \quad \Rightarrow \quad V_{bt} = 4*0,03m^3$$

$$V_{bt} = 0,12 m^3$$

La altura para la batea está dada por el siguiente valor:

$$h_b = 0,30m$$

de la ecuación (4.21), se tiene: $A_1 + A_2 = 2*\frac{V_b}{h_b} \quad (4.24)$

Sustituyendo los valores de volumen y altura en la ecuación (4.24), se tiene:

$$A_1 + A_2 = 2*\frac{0,12m}{0,30m} \quad \Rightarrow \quad A_1 + A_2 = 0,80m^2$$

$$A_1 = 0,55m^2$$

$$A_2 = 0,25m^2$$

como: $A = l^2 \quad \Rightarrow \quad l = \sqrt{A}$

$$l_1 = \sqrt{0,55m^2} \quad \Rightarrow \quad l_1 = 0,74m$$

$$l_2 = \sqrt{0,25m^2} \quad \Rightarrow \quad l_2 = 0,50m$$

4.4.2.2. DIMENSIONES DE LA SOBRE BATEA

La sobre batea tiene como función contener el agua encargada del enfriamiento de las mieles en la etapa de batido. Su geometría también corresponde a la de una Pirámide Truncada.

Su altura mínima será igual a la altura mínima de las mieles contenidas en la batea, de la ecuación (4.21) se tiene:

$$h_{sb} = \frac{2 * V_{mp}}{(A_1 + A_2)} \quad (4.25)$$

donde: h_{sb} : altura de la sobre batea (m)

sustituyendo valores en la ecuación (21) se tiene:

$$h_{sb} = \frac{2 * 0,03m^3}{0,80m^2} \Rightarrow h_{sb} = 0,08m$$

Esta altura mínima (h_{sb}) de la sobre batea, se aumenta en $0,10m$ para garantizar que el agua tenga contacto con toda la superficie caliente de la batea, y estimando una separación entre la batea y la sobre batea de $0,05m$, se tiene que la altura total (h_{sbt}) de la sobre batea es:

$$h_{sbt} = 0,23m$$

$$l_1 = 0,75m \Rightarrow A_1 = 0,56m^2$$

$$l_2 = 0,57m \Rightarrow A_2 = 0,33m^2$$

De la ecuación (4.21) se tiene:

$$V_{sb} = \frac{h_{sbt}}{2} (A_1 + A_2) \Rightarrow V_{sb} = \frac{0,23m}{2} (0,56m^2 + 0,33m^2)$$

$$\Rightarrow V_{sb} = 0,10m^3$$

DIMENSIONES	BATEA	SOBRE BATEA
Volumen $V (m^3)$	0,12	0,10
Área Superior $A_1 (m^2)$	0,55	0,56
Área de la Base $A_2 (m^2)$	0,25	0,33
Altura $h (m)$	0,30	0,23
Longitud Superior $l_1 (m)$	0,74	0,75
Longitud de la base $l_2 (m)$	0,50	0,57

Tabla 4.5. Dimensiones de la Batea y la Sobre batea

Para lograr la separación entre la batea y la sobre batea, se deben soldar unas bases preferiblemente circulares en la parte inferior de la batea como se muestra en la *Figura 4.6*.

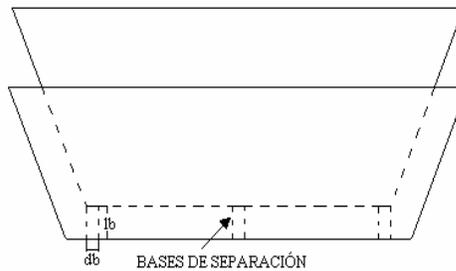


Figura 4.6. Bases de separación entre la Batea y Sobre batea.

donde: lb: longitud de las bases = 0,05m

db: diámetro de las bases = 0,02m

La sobre batea llevará anexo en su parte posterior, un pequeño depósito, el cual será el encargado de contener el agua que luego pasará por desbordamiento a la misma, cómo se muestra en la *Figura 4.7*.

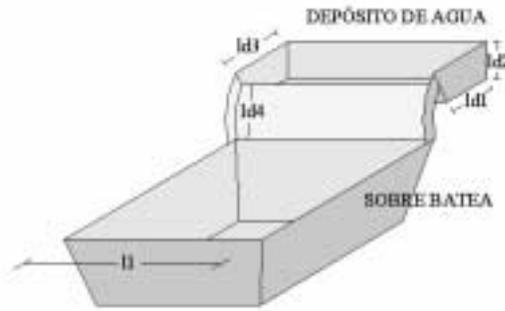


Figura 4.7. Sobre Batea con Depósito de agua.

DIMENSIONES	VALORES (m)
Longitud superior de la sobre batea (l1)	0,57
Longitud de la base del depósito (l2)	0,10
Altura del depósito (l3)	0,10
Longitud de la parte superior del depósito (l4)	0,14
Longitud de la boca del depósito a la sobre batea (l5)	0,09

Tabla 4.6. Dimensiones del Depósito de Agua

4.4.3. DIMENSIONES DE LAS FALCAS

Las falcas son cercos que se colocan como suplemento a las pailas, con la finalidad de brindar seguridad al operario, al lograr mantener con su aplicación, una distancia prudencial entre el mismo y el fluido caliente. Las dimensiones de las falcas dependen de las dimensiones de las pailas y de su geometría, por lo tanto tendremos falcas para las pailas planas y falcas para las pailas semiesféricas.

A. FALCAS PARA LAS PAILAS PLANAS

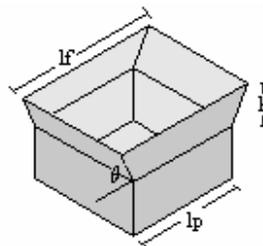


Figura 4.8. Falcas para las Pailas Planas

Las falcas para las pailas planas presentan una inclinación con respecto a la paila, sólo por el lado en el que el operario está manejando los jugos, o por donde existe la posibilidad de que puedan trasladarse personas dentro de la planta.

Como las tres (3) pailas planas son de igual dimensión, entonces las falcas correspondientes a cada una de ellas, también lo serán. En la *Tabla 4.6* se presentan las dimensiones según la *Figura 4.8*.

DIMENSIONES	VALORES
Altura de la Falca (h)	0,30m
Longitud Superior (lf)	1,04m
Longitud Inferior (lp)	0,82m
Ángulo de Inclinación (θ)	70°

Tabla 4.7. Dimensiones de las Falcas para las Pailas Planas

B. FALCAS PARA LAS PAILAS SEMIESFÉRICAS

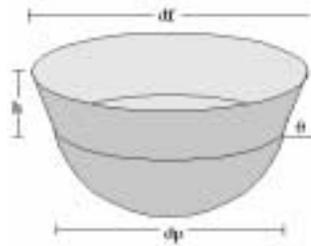


Figura 4.9. Falcas para las Pailas Semiesféricas

Las falcas para las pailas semiesféricas, presentan una geometría de cono truncado y una inclinación con respecto a la paila.

Las dimensiones de las falcas dependen del diámetro de las pailas, y se presentan en la *Tabla 4.7*.

DIMENSIONES	EVAPORADORA	CONCENTRADORA	PUNTEADORA
Diámetro de Superior (df)	1,46(m)	0,77(m)	0,73(m)
Diámetro de Inferior (dp)	1,17(m)	0,55(m)	0,51(m)
Altura de la Falca (h)	0,40(m)	0,30(m)	0,30(m)
Ángulo de Inclinación (θ)	70°	70°	70°

Tabla 4.8. Dimensiones de las Falcas para las Pailas Semiesféricas

4.4.4. DIMENSIONES DE LOS PRELIMPIADORES

Las dimensiones de los prelimpiadores dependen de la capacidad del molino, como se muestra en la *Tabla 2.1.* del Capítulo II, es decir, para un molino cuya capacidad es de 1400kg/h se deben utilizar dos prelimpiadores, cuyas medidas se presentan a continuación:

l: longitud (m)

h: altura (m)

b: ancho (m)

A. PRELIMPIADOR 1

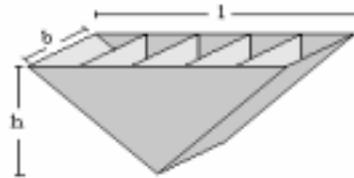


Figura 4.10. Prelimpiador 1.

La altura del prelimpiador 1 es mayor que la del prelimpiador 2, ya que éste es el encargado de recibir el jugo extraído del molino para separar las impurezas de mayor tamaño y densidad, pero su longitud es menor para evitar la degradación del jugo por tiempos de residencia prolongados.

B. PRELIMPIADOR 2

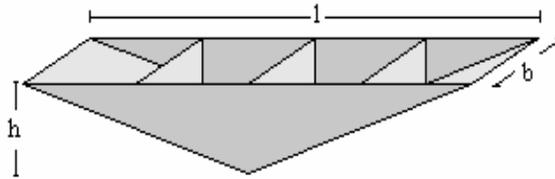


Figura 4.11. Prelimpiador 2.

El prelimpiador 2 presenta menor altura, ya que es el encargado de separar las impurezas con densidades cercanas a la del jugo, pero tiene una mayor longitud, para lograr una permanencia prolongada del jugo en el implemento sin aumentar su volumen.

Los prelimpiadores tienen unas láminas deflectoras, cuatro (4) láminas el prelimpiador 1 y (3) láminas el prelimpiador (2), las cuales presentan una separación de aproximadamente 2cm con respecto a la base de los prelimpiadores, esta separación es la que permite que el jugo se traslada a lo largo del implemento.

Las dimensiones de cada prelimpiadores se presentan en la *Tabla 2.1.* del Capítulo II.

4.4.5. DIMENSIONES DE LA CUCHARA PARA EL TRASLADO DE LAS MIELES.

Las dimensiones de la cuchara para trasladar las mieles entre las pailas dependen del volumen de miel, es decir, que pueda trasladarse toda la miel presente en la paila en el menor tiempo posible, teniendo siempre en cuenta la comodidad y facilidad para realizarlo por parte del operario.

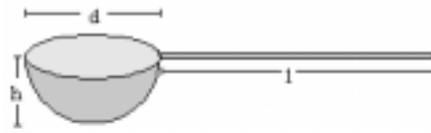


Figura 4.12. Utensilio para trasladar las Mieles.

DIMENSIONES	VALORES (m)
Altura (h)	0,15
Diámetro (d)	0,30
Longitud (l)	0,80

Tabla 4.9. Dimensiones del Utensilio para trasladar las Mieles

4.4.6. DIMENSIONES DEL UTENSILIO DESCACHAZADOR.

Las dimensiones del utensilio descachazador dependen de las dimensiones de las pailas planas, y deben procurar poder realizar el descachazado rápidamente.

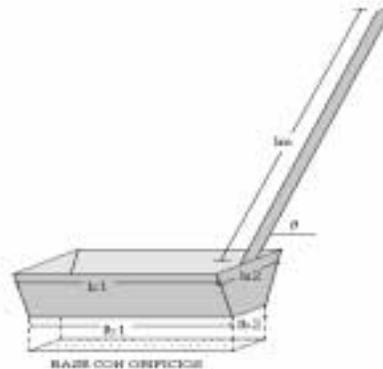


Figura 4.13. Utensilio Descachazador.

DIMENSIONES	VALORES
Longitud del Mango (l_m)	0.80m
Longitud Superior 1 (l_{s1})	0.41m
Longitud de la Base 1 (l_{b1})	0.41m
Longitud Superior 2 (l_{s2})	0.15m
Longitud de la Base 2 (l_{b2})	0.075m
Ángulo de Inclinación (θ)	70°

Tabla 4.10. Dimensiones del Utensilio Descachazador.

4.4.7. DIMENSIONES DEL UTENSILIO PARA EL BATIDO DE LAS MIELES.

Las dimensiones del utensilio para el batido de las mieles dependen de las dimensiones de la batea, y deben permitir que el operario esté cómodo a la hora de realizar la operación.

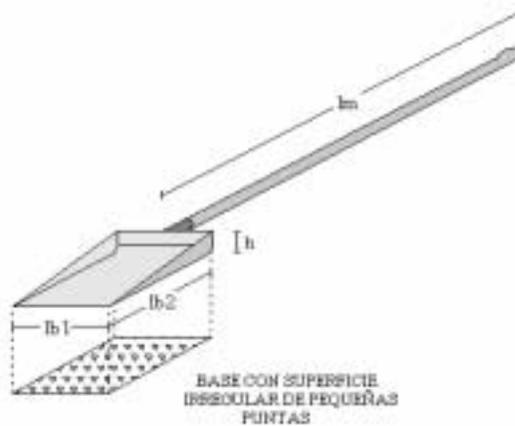


Figura 4.14. Utensilio para el Batido de las Mieles.

DIMENSIONES	VALORES (m)
Longitud de la base 1 ($lb1$)	0.20
Longitud de la base 2 ($lb2$)	0.25
Altura (h)	0.05
Longitud del mango (lm)	0.80

Tabla 4.11. Dimensiones del Utensilio para el Batido de las Mieles.

4.4.8. DIMENSIONES DEL DUCTO.

Las dimensiones del ducto dependen de: tamaño de las pailas y de las falcas, de la estatura promedio del operario y de las dimensiones de los quemadores.

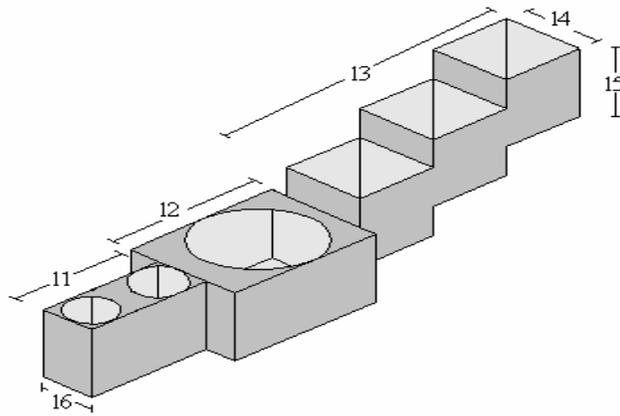


Figura 4.15. Ducto.

DIMENSIONES	VALORES (m)
Longitud para Concentración y Punteo (11)	1,49
Longitud para Evaporación (12)	1,46
Longitud para Clarificación (13)	2,46
Longitud del extremo frontal (16)	0,55
Longitud del extremo trasero (14)	0,82
Altura del ducto (15)	0,90

Tabla 4.12. Dimensiones del Ducto.

4.4.9. DIMENSIONES DE LA CHIMENEA

Los gases, requieren para su transporte de una fuerza motriz, que en el caso de la hornilla es generada por la chimenea (*Figura 4.16*), considerada como un ventilador que trabaja a succión. Esta fuerza debe ser suficiente para vencer la resistencia al paso de los gases generada por las pérdidas de presión a través de toda la hornilla.

El tiro de la chimenea denota la diferencia entre la presión atmosférica y otra presión de menor valor que existe en el interior de la hornilla, dicho tiro es causado por la diferencia de densidades, que a su vez son el resultado de la diferencia de temperatura entre dos columnas de gases. En la chimenea, el efecto de tiro se debe a la diferencia de densidad del gas caliente contenido en el interior de la chimenea y la columna de aire en el exterior de la misma.

Así se tiene, que el tiro teórico puede calcularse mediante la siguiente ecuación:

$$P = k \frac{V^2}{2g} * \rho_g - (\rho_a - \rho_g)z \quad (4.26)$$

donde: P : tiro requerido (mmH_2O)

V : velocidad promedio de los gases en el ducto = $30m/s$

ρ_a : densidad del aire = $1,23kg/m^3$

ρ_g : densidad promedio de los gases en el ducto = $5,18*10^{-2} kg/m^3$

z : diferencia de nivel entre la boca de la hornilla y la base de la chimenea = $1,14m$

g : gravedad = $9,8m/s^2$

k_t : coeficiente total de pérdidas dinámicas en el ducto (*adimensional*)

El coeficiente k_t , es la suma de todas las pérdidas de presión a través del ducto, ocasionadas por los siguientes factores:

1. Pérdidas por fricción en el ducto debajo de cada paila.
2. Pérdidas por fricción en el ducto debido a cambios de dirección.
3. Pérdidas de presión en el ducto debido a las expansiones y contracciones.
4. Pérdidas por fricción a la salida de la chimenea.

Los valores correspondientes a los coeficientes por pérdidas de presión se encuentran en el *Anexo 5*, y se muestran a continuación:

- a) Los coeficientes debidos a las expansiones y contracciones dependen de las dimensiones del ducto, así se tiene:

Debido a las Expansiones

$$A_1 = 0,495m^2 \quad y \quad A_2 = 1,053m^2$$

$$\frac{A_2}{A_1} = 2,15 \quad \Rightarrow \quad k_e = 0,42$$

Debido a la Contracción

$$A_1 = 1,053m^2 \quad y \quad A_2 = 0,738m^2$$

$$\frac{A_1}{A_2} = 1,43 \quad \Rightarrow \quad k_c = 0,25$$

b) Debido a los cambios de dirección

Son 3 codos a 90°

$$k_d = 3 * 1,25 \quad \Rightarrow \quad k_d = 3,75$$

c) Pérdidas a la salida de la Chimenea

$$k_s = 1$$

d) Pérdidas por fricción en el ducto debajo de cada paila

$$k_p = f * L / D \quad \Rightarrow \quad f: \text{factor de fricción} = 0.04$$

L : longitud de la sección del ducto (m)

D : ancho de la sección del ducto (m)

PAILAS	LONGITUD (m)	ANCHO (m)	k_p
Paila Clarif. 1	0,82	0,82	0,04
Paila Clarif. 2	0,82	0,82	0,04
Paila Clarif. 3	0,82	0,82	0,04
Paila Evaporadora	1,45	1,17	0,050
Paila Concent.	0,77	0,55	0,056
Paila Punteadora	0,73	0,51	0,057
TOTAL			0,28

Tabla 4.13. Coeficientes de Pérdidas por fricción en el ducto debajo de cada Paila.

$$\begin{aligned} \Rightarrow k_t &= k_e + k_c + k_d + k_s + k_p \\ \Rightarrow k_t &= 0,42 + 0,25 + 3,75 + 1 + 0,28 \\ \Rightarrow k_t &= \mathbf{5,70} \end{aligned}$$

Sustituyendo valores en la ecuación (4.26), se tiene:

$$P = 5,70 * \frac{(25m/s)^2}{2 * 9,8m/s^2} * 5,18 * 10^{-2} - (1,23kg/m^3 - 5,18 * 10^{-2}) * 1,14m$$

$$P = 12,22mmH_2O$$

Una vez calculado el tiro necesario en la chimenea, la altura de ésta puede obtenerse de la siguiente ecuación:

$$H_{CH} = \frac{P}{T_a * P_{atm} \left(\frac{\rho_a}{T_a} - \frac{\rho_{CH}}{T_{CH}} \right) - \frac{2 * 10^{-4} * T_{CH} * \dot{m} * f(m_a)^2}{L_i * P_{atm} * \rho_{CH}}} \quad (4.27)$$

donde: H_{CH} : altura de la chimenea (m)

P : tiro = 12,22mmH₂O

P_{atm} : presión atmosférica local = 0,99atm

ρ_a : densidad del aire a temperatura ambiente = 1,23kg/m³

T_a : temperatura absoluta del aire ambiente = 301,15K

T_{CH} : temperatura absoluta promedio de los gases en la chimenea (K)

\dot{m} : flujo másico de los gases (kg/s)

f : factor de rozamiento = 0,04

L_i : lado interior de la chimenea = 0,60m

ρ_{CH} : densidad promedio de los gases en la chimenea = 5.18*10⁻²kg/m³

La temperatura promedio de los gases en la chimenea se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$T_{CH} = (T_{bCH} * T_{gs})^{1/2} \quad (4.28)$$

donde: T_{bCH} : temperatura en la base de la chimenea (K)

T_{gs} : temperatura de los gases a la salida (K)

T_{bCH} : se considera que la temperatura en la base de la chimenea es igual a la temperatura promedio de los gases bajo el tren de pailas, por lo tanto, estimando la temperatura promedio del gas propano en:

$$T_{bCH} = 1100^{\circ}\text{F} = 866,48\text{K}$$

La temperatura de los gases a la salida, está dada por la siguiente ecuación:

$$T_{gs} = \frac{T_{bCH} - T_{amb}}{1,15} + T_{amb} \quad (4.29)$$

donde: T_{amb} : temperatura ambiente = 301,15K

Sustituyendo valores en la ecuación (4.29), se tiene:

$$T_{gs} = \frac{866,48\text{K} - 301,15\text{K}}{1,15} + 301,15\text{K}$$

$$T_{gs} = 792,74\text{K}$$

Sustituyendo los valores obtenidos en la ecuación (4.28), se tiene:

$$T_{CH} = (866,48\text{K} * 792,74\text{K})^{1/2}$$

$$T_{CH} = 828,79\text{K}$$

El flujo volumétrico promedio de los gases está dado por el siguiente valor:

$$\dot{V} = 6,22 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

Suponiendo que la densidad de los gases no varía, se tiene:

$$\rho_g = \rho_{CH} = 5,18 \cdot 10^{-2} \text{ kg/m}^3$$

Por lo tanto el flujo másico está dado por:

$$\dot{m} = \dot{V} * \rho_g \quad \Rightarrow \quad \dot{m} = 6,22 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s} * 5,18 \cdot 10^{-2} \text{ kg/m}^3$$

$$\dot{m} = 3,22 \cdot 10^{-4} \text{ kg/m}^3$$

Sustituyendo valores en la ecuación (4.27), se tiene:

$$H_{CH} = \frac{12,22}{301,15 * 0,99 \left(\frac{1,23}{301,15} - \frac{5,18 \cdot 10^{-2}}{828,79} \right) - \frac{2 \cdot 10^{-4} * 828,79 * 0,04 (3,22 \cdot 10^{-4})^2}{0,60 * 0,99 * 5,18 \cdot 10^{-2}}}$$

$$H_{CH} = 10,20 \text{ m}$$

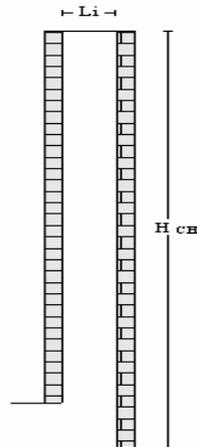


Figura 4.16. Chimenea

DIMENSIONES	VALORES (m)
Altura de la Chimenea (H_{CH})	10,20
Longitud interna de la Chimenea (L_i)	0,60

Tabla 4.14. Dimensiones de la Chimenea.

4.4.10. DIMENSIONES DE LAS TUBERÍAS

Las tuberías serán utilizadas para el traslado del jugo por gravedad, distinguiéndose lo siguiente:

- Tuberías para trasladar jugo crudo entre lo prelimpiadores: $\phi = 3/4''$
- Tuberías para trasladar el jugo entre las pailas: $\phi = 2''$

donde: ϕ : diámetro de la tubería (pulg)

Nota: Las dimensiones de cada uno de los equipos se presentan a detalle en los planos correspondientes (Ver Anexo 13).

4.5. CÁLCULO DEL FLUJO DE CALOR

4.5.1. FLUJO DE CALOR REQUERIDO

4.5.1.1. FLUJO DE CALOR REQUERIDO EN LA CLARIFICACIÓN

En la clarificación la temperatura de los jugos se aumenta desde la temperatura ambiente hasta la temperatura de ebullición. Esta etapa está dividida a su vez en tres sub-etapas (Ver Figura 4.2), presentadas de la siguiente manera:

ETAPAS	ΔT (K)
Clarificación 1	22,50
Clarificación 2	22,50
Clarificación 3	21,75

Tabla 4.15. Diferencial de temperatura en la Clarificación.

El flujo calor requerido para llevar los jugos hasta las condiciones descritas anteriormente, está dado por la siguiente ecuación:

$$\dot{q}_r = \frac{m_j}{t} * C_{p_j} * \Delta T \quad (4.30)$$

donde: \dot{q}_r : calor requerido (kw)

m_j : masa de jugo = 273,12kg

C_{p_j} : calor específico del jugo (kJ/kgK)

ΔT : diferencial de temperatura (K)

t : tiempo de residencia del jugo en la paila (s) (Ver Tabla 4.2)

$$C_{p_j} = C_{p_{H_2O}} (1 - 0,006 B_j) \quad (4.31) \quad (\text{Según CIMPA [6]})$$

$C_{p_{H_2O}}$: calor específico del agua a temperatura ambiente = 4,184kJ/kgK

Sustituyendo valores en la ecuación (4.31) se tiene:

$$Cp_j = 4,184 \text{ kJ / kgK} (1 - 0,006 * 17^\circ B) \Rightarrow Cp_j = 3,76 \text{ kJ / kgK}$$

Sustituyendo valores en la ecuación (4.30), se tiene que el calor requerido en la Clarificación 1 está dado por:

$$\dot{q}_{reclarif_1} = \frac{273,12 \text{ kg}}{900 \text{ s}} * 3,76 \text{ kJ / kgK} * 22,50 \text{ K}$$

$$\dot{q}_{reclarif_1} = 25,67 \text{ kw}$$

Sustituyendo los valores correspondientes a la Clarificación 2 y Clarificación 3 en la ecuación (4.30) y suponiendo que el fluido es incompresible ($Cp_j = \text{ctte.}$), se obtienen los siguientes resultados:

FLUJO DE CALOR REQUERIDO ($\dot{q}_{reclarif}$)	(kw)
$\dot{q}_{reclarif_1}$	25,67
$\dot{q}_{reclarif_2}$	25,67
$\dot{q}_{reclarif_3}$	25,67

Tabla 4.16. Flujo de Calor requerido en la Clarificación.

4.5.1.2. FLUJO DE CALOR REQUERIDO EN LA EVAPORACIÓN, CONCENTRACIÓN Y PUNTEO

El flujo de calor requerido en estas etapas del proceso, depende esencialmente de la masa de agua a evaporar en cada una de ellas. La masa de agua a evaporar por etapas se encuentra especificado en el Balance de Masa (Ver Figura 4.1) y se muestra a continuación:

ETAPAS	MASA DE AGUA A EVAPORAR	(kg)
Evaporación	90% m_{H_2O}	193,62
Concentración	4% m_{H_2O}	8,61
Punteo	4% m_{H_2O}	8,61

Tabla 4.17. Masa de Agua a evaporar.

Pero también dependerá del diferencial de temperatura y de la masa de miel que interviene en cada proceso (Ver Figura 4.2), dado por:

ETAPAS	ΔT (K)	MASA DE MIEL (kg)
Evaporación	10,25	262,20
Concentración	7,50	68,58
Punteo	7,50	59,97

Tabla 4.18. Diferencial de temperatura y Masa de miel presentes en la Evaporación Concentración y Punteo.

El flujo de calor en estas etapas está dado por:

$$\dot{q}_r = \frac{m_m * Cp_m * \Delta T + \Delta H_v * m_{H_2O}}{t} \quad (4.32)$$

donde: \dot{q}_r : calor requerido (kw)

m_m : masa de miel (kg)

Cp_m : calor específico de las mieles (kJ/kgK)

ΔT : diferencial de temperatura (K)

ΔH_v : calor latente de evaporación del agua = 2.208kJ/kg

% mH_2O : porcentaje de masa de agua a evaporar (kg)

t : tiempo de residencia de las mieles en las pailas (s) (Ver Tabla 4.2)

El calor específico de las mieles (Cp_m) es un dato no conocido, por lo tanto, se utilizará el valor correspondiente al calor específico del jugo (Cp_j).

Sustituyendo los valores correspondientes a la Evaporación en la ecuación (4.32) se tiene:

$$\dot{q}_{revap} = \frac{262,20kg * 3,75kJ / kgK * 10,25K + 2208kJ / kg * 193,62kg}{360s}$$

$$\dot{q}_{revap} = 1215,53kw$$

Sustituyendo los valores correspondientes a la concentración y el punteo en la ecuación (4.32), se obtienen los siguientes resultados:

ETAPAS	FLUJO DE CALOR REQUERIDO \dot{q}_r	(kw)
Evaporación	\dot{q}_{revap}	1215,53
Concentración	\dot{q}_{rconct}	69,80
Punteo	\dot{q}_{rpunt}	69,00

Tabla 4.19. Flujo de Calor requerido en la Evaporación, Concentración y Punteo.

4.5.2. FLUJO DE CALOR SUMINISTRADO

El flujo de calor que deben suministrar los quemadores está dado por la siguiente ecuación:

$$\dot{q}_s = \frac{\dot{q}_r}{Pérdidas} + 0,25 \frac{\dot{q}_r}{Pérdidas} \quad (4.33)$$

donde: \dot{q}_s : calor suministrado (kw)

\dot{q}_r : calor requerido (kw)

Pérdidas: 50%

Se establece un valor de 50% en pérdidas según datos obtenidos de prácticas ingenieriles, por el hecho de que en la realidad el poder calorífico del combustible no es aprovechado en su totalidad, por procesos de combustión ineficientes y por las posibles pérdidas de calor debido al tiro de la chimenea o por intercambio de calor

con el ambiente; así mismo, debe agregarse un 25% de exceso, para asegurar que el calor suministrado sea suficiente en caso de que el proceso lo amerite.

Sustituyendo el valor del flujo de calor requerido para la Clarificación 1 ($\dot{q}_{reclarif1}$) en la ecuación (4.33), se tiene:

$$\dot{q}_{sclarif1} = \frac{25,67kw}{0,50} + 0,25 \frac{25,67kw}{0,50} \Rightarrow \dot{q}_{sclarif1} = 64,18kw$$

Sustituyendo los valores de flujo de calor requerido de las *Tablas 4.19 y 4.20* en la ecuación (4.33), se obtienen los valores de flujo de calor suministrado para cada etapa del proceso, los cuales se presentan a continuación:

ETAPAS	FLUJO DE CALOR SUMINISTRADO (\dot{q}_s)	(kw)
Clarificación 1	$\dot{q}_{sclarif1}$	64,18
Clarificación 2	$\dot{q}_{sclarif2}$	64,18
Clarificación 3	$\dot{q}_{sclarif3}$	64,18
Evaporación	\dot{q}_{sevap}	3038,83
Concentración	\dot{q}_{sconct}	174,50
Punteo	\dot{q}_{spunt}	172,50

Tabla 4.20. Flujo de Calor suministrado en cada etapa del Proceso.

4.6. CÁLCULO DEL FLUJO VOLUMÉTRICO DE GAS

El flujo volumétrico de gas a utilizar en cada etapa del proceso, está dado por la siguiente ecuación:

$$\dot{V}_g = \frac{\dot{q}_s}{VCN} \quad (4.34)$$

donde: \dot{V}_g : flujo volumétrico de gas (m^3/s)

VCN : poder calorífico = $96010,08kJ/m^3$

\dot{q}_s : calor suministrado (kw)

VCN : corresponde al valor del poder calorífico del gas PROPANO (C_3H_8) en forma de vapor, ya que, éste es el componente principal del Gas Licuado de Petróleo (G.L.P) que se distribuye en el Edo. Guárico (*Ver Anexo 2*)

Sustituyendo el valor del flujo de calor suministrado en la etapa de Clarificación 1 ($\dot{q}_{sclarif1}$) y el valor del poder calorífico neto, en la ecuación (4.34), se tiene:

$$\dot{V}_{gclarif1} = \frac{64,18kw}{96010,08kJ/m^3} \Rightarrow \dot{V}_{gclarif1} = 6,68 * 10^{-4} m^3 / s$$

Sustituyendo los valores de flujo de calor suministrado de la *Tabla 4.21*, en la ecuación (4.34), se obtienen los valores correspondientes al flujo volumétrico requerido en cada etapa del proceso, los cuales se presentan a continuación:

ETAPAS	FLUJO VOLUMÉTRICO (\dot{m}_g)	(m^3/s)
Clarificación 1	$\dot{V}_{gclarif1}$	$6,68 * 10^{-4}$
Clarificación 2	$\dot{V}_{gclarif2}$	$6,68 * 10^{-4}$

Clarificación 3	$\dot{V}_{gclarif\ 3}$	$6,68*10^{-4}$
Evaporación	\dot{V}_{gevap}	$3,17*10^{-2}$
Concentración	\dot{V}_{gconct}	$1,82*10^{-3}$
Punteo	\dot{V}_{gpunt}	$1,80*10^{-3}$

Tabla 4.21. Flujo Volumétrico de G.L.P. requerido en cada etapa del Proceso.

4.7. SELECCIÓN DE LOS QUEMADORES

La selección de los quemadores depende del flujo de calor suministrado en *BTU/h* en cada etapa del proceso, como se muestra en la *Tabla 4.22*.

ETAPAS	FLUJO DE CALOR SUMINISTRADO (\dot{q}_s)	(<i>BTU/h</i>)
Clarificación 1	$\dot{q}_{sclarif\ 1}$	218.988,00
Clarificación 2	$\dot{q}_{sclarif\ 2}$	218.988,00
Clarificación 3	$\dot{q}_{sclarif\ 3}$	218.988,00
Evaporación	\dot{q}_{sevap}	10.368.822,00
Concentración	\dot{q}_{sconct}	595.404,00
Punteo	\dot{q}_{spunt}	588.600,00

Tabla 4.22. Flujo de Calor suministrado en *BTU/h*

Los quemadores seleccionados, según los datos anteriores, se especifican a continuación:

- QUEMADORES: Serie GSF
- EMISIÓN DE NO_x: Baja
- TURNDOWN: 10:1
- TIRO: Natural
- COMBUSTIBLE: Propano líquido o gaseoso.

(Ver Anexo 6)

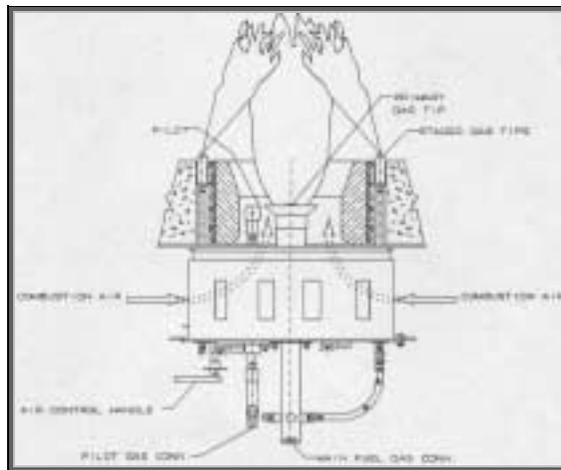


Figura 4.17. Quemador modelo GSF

4.7.1. TAMAÑO O TALLA DE LOS QUEMADORES

El tamaño o talla de los quemadores depende de la cantidad de flujo de calor en *BTU/h* que deben suministrar (*Tabla 4.22*). Según las Curvas Estándar de Capacidad de los Quemadores para tiro natural (*Ver Anexo 7*) se tiene:

QUEMADOR	TALLA
Quemador _{clarif1}	4
Quemador _{clarif2}	4
Quemador _{clarif3}	4
Quemador _{evap}	14
Quemador _{concent}	4
Quemador _{punt}	4

Tabla 4.23. Talla de los Quemadores.

El tamaño de los quemadores fue seleccionado para una caída de presión de aire de $0.20 \text{ ``}H_2O$.

4.7.2. DIMENSIONES DE LOS QUEMADORES

Las dimensiones de los quemadores dependen también de la cantidad de flujo de calor en BTU/h que deben suministrar (*Tabla 4.24*). En el *Anexo 8* se muestran las dimensiones para un quemador de 4.20 millones de BTU/h , lo que corresponde a un quemador talla 10. Por analogía se obtienen las dimensiones de los quemadores seleccionados anteriormente.

QUEMADORES	DIÁMETRO (m)	ALTURA (m)	LONGITUD (m)
Quemadores talla 4	0,18	0,34	0,08
Quemador talla 14	0,64	1,18	0,27

Tabla 4.24. Dimensiones de los Quemadores.

DIÁMETRO: diámetro del quemador.

ALTURA: altura del quemador.

LONGITUD: longitud de la conexión para el gas.

4.8. SELECCIÓN DE MATERIALES.

La selección de los materiales para la construcción de los equipos, es un parámetro de suma importancia en el diseño, es decir, la resistencia, economía y condiciones de higiene de los materiales seleccionados serán el punto de partida para el adecuado funcionamiento de la planta.

4.8.1 ACERO INOXIDABLE

El acero inoxidable es el material más recomendado a la hora de trabajar con alimentos. Es cierto que es más costoso, pero es un material muy estable, no se corroe, es ligero, cocina de forma homogénea y rápida y es muy fácil de limpiar

El acero inoxidable ideal para alimentos corresponde a un Acero AISI 304 o AISI 316. Pertenecen al grupo de los aceros austeníticos, los cuales presentan excelente resistencia a la corrosión y a la oxidación a temperaturas elevadas, buenas propiedades mecánicas, excelente soldabilidad y conformabilidad, muy buenas propiedades criogénicas y no son magnéticos.

El acero seleccionado para la fabricación, de todos los equipos con los que estará en contacto el jugo de caña y las mieles, es decir, los prelimpiadores, las pailas, la batea y los utensilios para descachazado o limpieza del jugo, traslado y batido de las mieles, serán fabricados en acero inoxidable AISI 304, ya que el mismo no contiene molibdeno, elemento que podría resultar contaminante.

Las tuberías por las que se trasladará el jugo en los prelimpiadores y las pailas, también deben estar fabricadas en acero inoxidable.

4.8.2. LADRILLOS REFRACTARIOS

Los materiales refractarios son aquellos que por su baja conductividad térmica y resistencia a las altas temperaturas permiten controlar la emisión de calor ya sea resistiendo, conteniendo o aislando los cambios térmicos al tiempo que generan un ahorro de energía, de combustible y de tiempo de calentamiento.

La gama de refractarios varía de acuerdo con las necesidades de cada industria; sin embargo, todos comparten una característica similar: el uso de altas temperaturas en sus procesos, amén de que su composición química tiende a variar dentro de ciertos límites, sin afectar sus propiedades pirofísicas o su bajo peso logrado mediante el aumento artificial de sus poros o de su composición química.

Para la construcción del ducto se utilizarán ladrillos refractarios Sílico Aluminosos para servicio fuerte, los cuales son más refractarios y más resistentes a la acción de fundentes que los ladrillos de arcilla. Presentan una resistencia excepcional a la desintegración, principalmente la ocasionada por cambios bruscos de temperatura, poseen una gran resistencia mecánica y son muy confiables en procesos exclusivamente térmicos (*Ver Anexo9*).

Estos ladrillos serán usados para levantar las paredes del ducto, sobre el que estarán dispuestas las pailas, y cubrir el suelo dentro del mismo, para lograr la menor ocurrencia de pérdidas por transferencia de calor.

4.8.3. AISLANTES

Los materiales aislantes se caracterizan por poseer un bajo factor de conductividad térmica, lo que minimiza la transferencia de calor.

En el mercado existe una amplia gama de materiales aislantes en diversas presentaciones, entre las que se encuentran: mantas de fibra de lana y aislantes moldeables o cementos aislantes.

Las paredes del ducto construidas en ladrillos refractarios, deben ser recubiertas con un material aislante para reducir al máximo la transferencia de calor.

El aislante seleccionado para esta aplicación es un Concreto Refractario Aislante, elaborado de agregados livianos y cemento hidráulico refractario bajo en Fe_2O_2 . Tiene gran aplicación como material de aislamiento expuesto directamente al calor o como aislante detrás de refractarios. Es un aislante liviano de baja conductividad térmica, alta resistencia mecánica y muy buena resistencia al choque térmico. Es fácil de usar con procedimientos de vaciado o con pistola (*Ver Anexo 10*).

CAPÍTULO V

5. MANTENIMIENTO

Mantener consiste en realizar una serie de operaciones sobre un equipo o sistema de equipos con el fin de que permanezcan en un estado de operatividad que permita cumplir un servicio determinado a un costo razonable.

De acuerdo con la definición expuesta, lo que se persigue con mantener es conservar un equipo en una condición de operatividad que lo haga rentable para el servicio que se pretende prestar.

5.1. MANTENIMIENTO DEL SISTEMA

Es necesario realizar una inspección regular de las máquinas y un mantenimiento rutinario de los equipos que intervienen en el proceso de elaboración de la panela, para evitar paradas innecesarias de la producción y conservar la higiene de la planta.

5.1.1. CARACTERÍSTICAS Y CONDICIONES OPERATIVAS DE CADA EQUIPO

MOLINO. Es el implemento utilizado para la extracción de los jugos, la cual se realiza pasando la caña entre unos rodillos o mazas, generalmente tres, que la comprimen fuertemente. Este tipo de molino es de hierro, de tipo horizontal accionado mecánicamente. Estos molinos son los que producen la mayor parte de la producción.

PRELIMPIADORES. Su función es retener las impurezas dispersas en el jugo. El funcionamiento de los prelimpiadores se basa en la separación de las impurezas por la diferencia de densidad existente entre las mismas.

El sistema de prelimpieza contempla dos prelimpiadores, el número 1 es el que recibe el jugo extraído en el molino y separa las impurezas de mayor tamaño y densidad, por ese motivo su altura es mayor que la del prelimpiador 2. Así mismo su longitud es menor para evitar la degradación del jugo por tiempos de residencia prolongados.

El prelimpiador 2 remueve las impurezas con densidades más cercanas a la del jugo, que son las más difíciles de separar. Su menor altura se compensa con una mayor longitud para lograr una mayor permanencia de los jugos en el implemento sin aumentar su volumen.

La ubicación del sistema de prelimpieza es a la salida del molino y conduciendo los jugos a la paila recibidora.

DUCTO. Las partes que constituyen el ducto son las paredes, muros de soporte y piso. Su función es: servir como soporte o base para las pailas, contener los quemadores utilizados para el calentamiento de los jugos, procurar que ocurra el menor porcentaje de pérdidas de calor al ambiente, conducir los gases producidos en la combustión hasta la boca de la chimenea.

PAILAS. Las pailas son los recipientes metálicos donde se depositan los jugos para la evaporación del agua y limpieza de los mismos. El calor es transferido a los jugos por las pailas y son fabricadas por procesos de fundición en acero inoxidable. Su forma varía según las características del fluido a contener, clasificándose en: pailas planas de geometría cuadrada y pailas de sección semiesférica.

CHIMENEA. Es un conducto construido en ladrillo, ubicado al final de la hornilla y empalmada directamente con el ducto. Sus dimensiones dependen del tamaño de la hornilla.

Su función es crear un diferencial de presión (tiro) que garantice el suministro del aire necesario para la combustión y el transporte de los gases a través del ducto.

BATEA. Es el recipiente en el que se realiza el batido de las mieles hasta lograr el punto de panela, con el propósito de cambiarles la textura y estructura y hacerles perder su capacidad de adherencia.

QUEMADORES. Los quemadores utilizados para gas son del tipo atmosféricos. El momento cinético de la corriente gaseosa de entrada a baja presión se usa para aspirar parte del aire necesario para la combustión. Un cierre o mecanismo similar regula la cantidad de aire inducido de esta manera. El gas y el aire pasan juntos a través de un tubo que conduce a la abertura del quemador, mezclándose en el proceso. La mezcla arde en la puerta o abertura del cabezal del quemador (con una llama azul, no luminosa). El aire secundario se dirige a la llama desde la atmósfera circundante

TUBERÍAS. Las tuberías son utilizadas para trasladar el jugo de caña entre los prelimpiadores y de los mismos a la pila recibidora, y luego trasladan el jugo por gravedad entre cada paila en la etapa de clarificación.

MOTOR. Es el equipo encargado de impulsar el molino. Él mismo es de combustión interna, que aunque es más costoso presenta una ventaja sobre el motor eléctrico el cual no es capaz de resistir la sobrecarga que puede generarse cuando es introducida al molino una cantidad de caña mayor a la que permite el mismo, mientras que el motor de combustión interna si puede con esta sobrecarga, evitando paradas innecesarias del molino.

5.1.2. CLASIFICACIÓN DE LOS EQUIPOS SEGÚN LAS POSIBILIDADES TÉCNICO ECONÓMICAS DE REPARACIÓN.

Los equipos pueden clasificarse en:

DESECHABLES. Un equipo desechable es aquel que al deteriorarse no es posible o conveniente reparar. Así mismo, los equipos desechables se clasifican en:

Estrictamente desechables: cuando su intervención es imposible o conduce a su destrucción.

Desechable intervenible: cuando el costo de su intervención es mayor que el costo de su sustitución y ambas alternativas son posibles.

MANTENIBLES. Un equipo o sistema de equipos se considera mantenible cuando:

1. Es posible su intervención.
2. Es económicamente rentable mantenerlo.
3. Es estratégicamente conveniente mantenerlo.
4. No hay equipo sustitutivo que lo supere.

EQUIPOS	MANTENIBLES	DESECHABLES
Molino	✓	
Prelimpiadores	✓	
Pailas	✓	
Ducto	✓	
Batea	✓	
Chimenea	✓	
Tuberías	✓	
Quemadores	✓	
Motor	✓	

Tabla 5.1. Clasificación de los equipos según las posibilidades técnico económicas de reparación.

5.2. MANTENIMIENTO DE LOS EQUIPOS

MOLINO. El mantenimiento del molino consiste principalmente en lubricar los engranajes que permiten el movimiento de las masas o rodillos que trituran la caña, pero esta lubricación no debe ser excesiva debido a que esto afectaría la limpieza de los jugos extraídos de la caña. Esta lubricación debe hacerse por lo menos una vez a la semana. También debe realizarse una limpieza manual del equipo, es decir, retirar todo el bagazo que queda entre los componentes de la máquina cada vez que culmine una molienda, o lo que es lo mismo, debe realizarse una limpieza diaria del equipo.

PRELIMPIADORES. Se recomienda retirar periódicamente los tapones de los orificios inferiores para evacuar los lodos acumulados en el fondo del prelimpiador, siempre y cuando el nivel de jugo sea bajo. El prelimpiador se debe asear siempre al final de la molienda, o como mínimo cada 8 horas cuando se trata de moliendas prolongadas, usando para ello agua limpia, luego se añade una lechada de cal concentrada para eliminar aquellos residuos de bacterias que pueden inducir procesos de fermentación en los jugos nuevos que llegan al prelimpiador.

PAILAS Y BATEA. El mantenimiento de las pailas y de la batea es muy sencillo, y no amerita de grandes costos para su realización.

Luego de haber culminado la jornada de trabajo, las pailas y la batea quedan sucias de jugos y mieles, por lo que requiere una limpieza no solo con agua, si no también con algún detergente que permita eliminar los residuos que quedan adheridos a las mismas.

Luego de haber eliminado todos los residuos, se vuelve a verter un poco de agua en los recipientes y se procede a limpiarlos con una lija fuerte, pero sin aplicar mucha fuerza, para evitar el desgaste del material de los mismos.

CHIMENEA. La chimenea debe inspeccionarse y mantenerse de modo que las reparaciones menores no lleguen a ser mayores, por lo tanto debe realizarse una inspección visual del exterior y una inspección del interior. Las inspecciones deben realizarse en un ciclo de 1 a 5 años, dependiendo de la edad de la chimenea y del potencial de corrosión. El mantenimiento preventivo y la reparación oportuna de pequeños problemas en el interior de la chimenea minimizan los costos de reparación.

DUCTO. Se debe realizar una inspección visual del ducto por lo menos una vez al año, para poder efectuar una reparación oportuna del mismo en caso de ser necesario, y de esta forma evitar grandes costos de reparación. Durante la inspección, debe realizarse una limpieza de las paredes internas del ducto, en la que se presentarán posibles acumulaciones de hollín por efecto de los quemadores.

TUBERÍAS. El mantenimiento de las tuberías se basa específicamente en eliminar la corrosión tanto interna como externa, pero como las tuberías presentes en la planta son fabricadas en acero inoxidable, no deben presentarse problemas de corrosión en las mismas. Por lo tanto solo debe realizarse una limpieza interna de las tuberías, haciendo pasar agua limpia por las mismas. Esta limpieza debe realizarse antes de la limpieza de las pailas y prelimpiadores, para evitar que estos equipos vuelvan a ensuciarse.

Se recomienda cubrir las tuberías que se encuentran entre cada paila, en la etapa de clarificación, con un material aislante, ya que por las mismas se trasladará jugo caliente.

QUEMADORES. El mantenimiento de los quemadores es de suma importancia, ya que de ello dependerá el buen funcionamiento de los mismos, eliminando de esta forma el que puedan ocurrir accidentes. Los quemadores atmosféricos de alta presión debe mantener las siguientes condiciones:

1. Se debe mantener entre un 30 a 70 por 100 de premezcla para que la operación sea satisfactoria
2. Utilizar gas cerca de 20 a 30 psi ($1,4\text{kg}/\text{cm}^2$ a $2,1\text{kg}/\text{cm}^2$) y el aire a la presión atmosférica o cercana a ella.
3. Un buen mantenimiento es esencial en cualquier equipo de combustión para evitar el riesgo o azar de un incendio alrededor o cerca del quemador.
4. Mantener un caudal de aire apropiado para preservar la relación deseada aire-combustible, y evitar la polución del aire de descarga inadecuado de la chimenea, tales como humos.

MOTOR DIESEL. La instalación del motor debe diseñarse teniendo en cuenta los requisitos de mantenimiento.

Los componentes que requieren servicio, como filtros, empalmes y conexiones, deben ser fácilmente accesibles al operador del motor. No se descuidará el mantenimiento rutinario del motor si el operador tiene fácil acceso al motor.

En la instalación del motor debe proporcionarse suficiente flujo de aire para el aire de ventilación y la combustión. Deben colocarse filtros y aberturas elevadas con persianas tanto en la entrada como en la salida del aire, debido a que el área en la que trabaja el motor es arenosa.

Para evitar problemas en el sistema de enfriamiento del motor deben tenerse en cuenta las siguientes consideraciones: debe emplearse el menor número de conexiones posibles; todos los filtros, puntos de llenado y flujos de sangrado se deben instalar en lugares fáciles de alcanzar.

Se debe colocar el radiador alejado de paredes o cualquier otra obstrucción que pudiera causar recirculación de aire o restringir el flujo de aire.

En cuanto al sistema de escape el mismo debe apoyarse independientemente, manteniendo la tubería sin pasar sobre el motor, para evitar esfuerzos en los metales y

daño al turbocargador. Periódicamente debe verificarse la contrapresión del sistema de escape, la cual debe caer dentro de los límites establecidos por el fabricante del motor.

En relación a la inducción de aire se debe tener presente que la misma debe colocarse siempre lejos de las concentraciones de basura, tubos de escape, tanques de combustible, venteo de tanques y acumulaciones de productos químicos y desperdicios industriales. Los ductos de aire deben sellarse perfectamente para evitar que se arrastre aire sucio después del filtro. Todos los ductos deben verificarse periódicamente para localizar fugas.

El alineamiento entre el motor y el equipo impulsado es fundamental para alargar la vida del motor, por lo tanto, siempre debe verificarse el alineamiento según las recomendaciones del fabricante.

5.3. PROGRAMA DE MANTENIMIENTO

Teniendo en cuenta que la empresa solo trabaja durante el tiempo de cosecha de la caña, se debe seguir el siguiente plan de mantenimiento:

EQUIPO	FRECUENCIA DE MANTENIMIENTO
Molino	Semanal
Prelimpiadores	Diario
Pailas	Diario
Quemadores	Mensual
Ducto	Anual
Batea	Diario
Chimenea	Anual
Tuberías	Diario
Motor	Mensual

Tabla 5.2. Programa de mantenimiento de la Planta.

CAPÍTULO VI

6. COSTO DE PRODUCCIÓN

6.1. PRESUPUESTO DE LA PRODUCCIÓN.

El estudio del costo de la producción es importante para la evaluación del diseño propuesto. En este proyecto se quiere resaltar el uso del Gas Licuado de Petróleo (G.L.P.) reemplazando los combustibles tradicionales (leña, caucho, bagazo).

Es por ello que en el presente Capitulo se realizará el estudio de lossiguientes costos:

- Costo de materiales e insumos.
- Costo de la mano de obra directa.
- Costos indirectos.

MATERIALES E INSUMOS			
Concepto	Unidad	Cantidad	Costo (Bs.)
Caña de azúcar.	<i>TM</i>	0,91	27.300
Cal.	<i>kg</i>	0,5	150
Aceite Comestible.	<i>Litros</i>	0,25	700
¹ Envoltura.	<i>kg</i>	0,42	441
² Combustible.	<i>Litros</i>	109	14.434
Etiquetas.		100	2.000
TOTAL MATERIALES E INSUMOS			45.025
MANO DE OBRA DIRECTA			
Concepto	Unidad	Cantidad	Costo (Bs.)
³ Jornales	<i>Hora/hombre</i>	7	6.412
TOTAL MANO DE OBRA DIRECTA			6.412
COSTOS INDIRECTOS			
Concepto	Unidad	Cantidad	Costo (Bs.)
⁴ Mantenimiento	<i>Hora</i>	1	416
⁵ Depreciación	<i>Hora</i>	1	2.940
TOTAL COSTOS INDIRECTOS			3.356
TOTAL DEL PRESUPUESTO DE PRODUCCIÓN			54.377

Tabla 6.1 Presupuesto de producción para 100 kilogramos de panela/hora.

6.2. CONSIDERACIONES DEL PRESUPUESTO DE PRODUCCIÓN

6.2.1. PRECIOS MATERIALES E INSUMOS

Los precios utilizados en el presupuesto son valores promedio a los cuales se adquirirá los materiales e insumos necesarios para la producción. Los precios actualizados de la materia prima fueron suministrados por el Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias (INIA), mientras que el precio del combustible proviene de la Resolución donde se fijan los precios máximos de venta al público de los Gases Licuados de Petróleo (G.L.P.), número de oficio 310 por el Ministerio de Energía y Minas que entró en vigencia el 08 de Abril del 2002 (Según página Web www.fedemgas.com). Los precios que a continuación se muestran están sujetos a cambios debido a la inflación económica y devaluación de la moneda.

Materiales e Insumos	Unidad	Precio (Bolívares)
Caña de Azúcar.	<i>TM</i>	30.000
Cal.	<i>kg</i>	300
Aceite comestible.	<i>Litros</i>	2.800
Plástico termo encogible.	<i>kg</i>	1050
Etiquetas.	<i>Unidad</i>	20
Gas Licuado de Petróleo.	<i>Litros</i>	132,01

Tabla 6.2 Precios de los materiales e insumos que intervienen en la Producción

6.2.2. CANTIDAD DE MATERIA PRIMA

Para elaborar un kilogramo de panela, ya sea del tipo tradicional o granulada, se requiere de la siguiente materia prima:

- Caña de azúcar: 0,0091 toneladas métricas (*TM*).
- Cal: 0,005*kg*
- Aceite comestible: 0,0025 *litros*.
- ¹ Envolturas-Empaque: plástico termo encogible

Panela tradicional 0,05kg por cada 12 panelas de 1kg cada una.

Panela granulada 0,075kg por cada 12kg de producto.

- Etiquetas: una etiqueta por cada kilogramo de panela en cualquiera de sus 2 presentaciones.

6.2.3. CANTIDAD DE ² COMBUSTIBLE

De acuerdo a los cálculos realizados en el *Capítulo IV*, se muestra a continuación la cantidad de combustible necesario para obtener 100 kilogramos de panela en una hora.

Combustible	<i>m</i> ³	Litros
Gas Licuado de Petróleo (G.L.P.)	28,56	109,34

Tabla 6.3 Cantidad de combustible necesario para producir 100 kilogramos de Panela /Hora

6.2.4. CANTIDAD DE ³ MANO DE OBRA DIRECTA

Para el análisis del costo de mano de obra directa se establecen algunos parámetros de acuerdo a las exigencias del proceso productivo. Dichos parámetros son recomendaciones que estarían sujetas a cambios por el interesado en instalar esta planta panelera.

Se recomienda que la planta cuente con un total de 7 trabajadores distribuidos de la siguiente forma:

- Dos (2) obreros de patio de caña: encargados de bajar la caña del camión y prepararla para la molienda (Apronte). Una vez terminada su función podrían retirar el bagazo de la planta.
- Un (1) operador de molino: encargado de moler la caña de azúcar.

- Dos (2) operarios de proceso: llamados “Maestros Puntistas”, son los encargados de vigilar cada una de las etapas del proceso de la panela: clarificación, evaporación, concentración y punteo.
- Dos (2) obreros para moldeo y empaque: encargados de recibir las mieles, y realizar el batido de las mismas, moldeo y empaque del producto.

6.2.5. SALARIO MENSUAL MANO DE OBRA DIRECTA

El pago a cada uno de los trabajadores será el salario mínimo. A continuación se muestra el salario total al mes por trabajador.

Concepto	Bolívares (Bs.)
Salario Neto	190.000,00
Aportes Patronales (15,70 % salario neto)	
Seguro Social (10 %)	19.000,00
INCE (2 %)	3.800,00
Seguro de paro forzoso (1,70 %)	3.230,00
Ley de política habitacional (2 %)	3.800,00
TOTAL NOMINA MENSUAL	219.830,00

Tabla 6.4 Salario Mensual de cada trabajador

Se calculó el salario por hora de trabajo de un obrero de la planta, para un mes de 30 días trabajando 8 horas al día, y el resultado es el siguiente: por hora de trabajo el salario de un obrero es de **Bs. 916,00**.

6.2.6. COSTOS INDIRECTOS

En los costos indirectos encontramos:

- ⁴ **Mantenimiento:** se requerirá según las exigencias del Plan de Mantenimiento explicado en el *Capítulo V*. Se estima un total de Bs.

400.000 por periodo (6 meses), donde se toma 20 días hábiles que representan 120 días en el periodo, es decir 960 horas.

- ⁵ **Depreciación** de la maquinaria productiva: a continuación se detalla el costo promedio de maquinarias y equipos, insistiendo en que son valores de referencia sujetos a variación.

Concepto	Características	Precios Aprox. (Bs.)
Molino “trapiche”	Horizontal, capacidad 1,2 a 1,3 <i>TM/hora</i>	6.600.000
Motor	Diesel (combustión interna) HP 16	2.880.000
Tren de pailas	3 pailas planas y 3 semiesféricas de acero inoxidable.	1.500.000
Accesorios	Tubería de acero inoxidable, acoples y llaves de paso. Instrumentos para movilización y limpieza de jugos. Moldes (3 moldes para 36 panelas de 1kg.). Batea o tacha de acero inoxidable para batido enfriamiento de mieles	925.000
Quemadores	1 quemador Zeeco,inc. Serie GSF bajo NOx Size 14. 5 quemadores Zeeco,inc. Serie GSF bajo NOx Size 4.	16.320.000
TOTAL COSTO MAQUINARIA Y ACCESORIOS		28.225.000

Tabla 6.5. Estimación de costos de maquinaria y demás accesorios presentes en el proceso productivo.

Se estima conservadoramente, que la maquinaria y equipos tendrán una vida útil de no menos de 10 años, lo que representaría una **depreciación de Bs. 2.822.500 por año** que representa **Bs. 2.940,1 por hora**.

Los precios de la maquinaria y demás accesorios fueron suministrados por el Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias (INIA) cuya fuente es la empresa IMBACOBÍ C.A. Importadora de maquinaria. Como se expuso anteriormente, los precios podrían estar sujetos a cambios debido a la inflación económica y devaluación de la moneda.

6.3 ANÁLISIS DE LA UTILIDAD BRUTA.

Se analiza la utilidad bruta para la venta de 100 kilogramos de panela, tomando para esto un precio promedio del producto de salida de la planta. Se considera que los gastos de venta y administrativos son mínimos, puesto que el producto se vende en fábrica. El precio ponderado del producto es: **1000 Bs./Kg de panela.**

Más adelante se mostrará una visión de la utilidad bruta para un mes de producción de la planta, tomando en cuenta que se trabajará de lunes a viernes ocho (8) horas al día, con una producción de 600 kilogramos de panela al día.

Concepto	Bolívares
Ganancia por 100 kilogramos de producto vendido.	100.000
Costo de la producción.	54.377
TOTAL UTILIDAD BRUTA POR HORA	45.623

Tabla 6.6. Utilidad Bruta para 100 kilogramos de Panela/Hora

Concepto	Bolívares
Ganancia por ventas del producto	12.000.000
Costo de la producción	7.293.810
TOTAL UTILIDAD BRUTA AL MES	4.706.190

Tabla 6.7. Utilidad Bruta en un mes de Producción

CAPÍTULO VII

7. ANÁLISIS DEL DISEÑO PROPUESTO

El proceso de producción de Papelón es complejo, por lo que se requiere de operarios que conozcan a cabalidad cada una de las etapas que lo conforman, para evitar problemas en cuanto a la calidad de la panela y posibles daños a los equipos que integran el sistema.

Para lograr el buen funcionamiento de la planta se deben seguir una serie de instrucciones para el manejo de los equipos y manipulación de los jugos y las mieles, estas instrucciones se presentan en detalle en el Manual de Operaciones de la Planta (*Ver Apéndice A*)

El molino utilizado para la extracción del jugo de la caña será impulsado por un motor de combustión interna, el cual presenta como ventaja principal, el poder resistir la sobrecarga que pueda presentarse en el molino, a diferencia de un motor eléctrico, el cual no tiene la capacidad de aguantar por sí solo esta sobrecarga, lo que generaría paradas innecesarias en el proceso.

Al sistema de prelimpieza deberán ser incorporados dos prelimpiadores adicionales, los cuales tendrán las mismas dimensiones de los prelimpiadores antes escogidos, y serán colocados al igual que los primeros, a la salida del molino (*Ver Figura 7.1*). La incorporación de estos prelimpiadores permitirá contar con un proceso continuo, es decir, no se realizarán paradas en la extracción, y no será necesaria la colocación de un tanque de almacenamiento para el jugo a la salida de los prelimpiadores.

Debido a la incorporación de los prelimpiadores adicionales, será preciso la colocación de un pequeño tanque a la salida del molino, el cual será el encargado de distribuir el jugo al sistema de prelimpieza (Ver Figura 7.1)

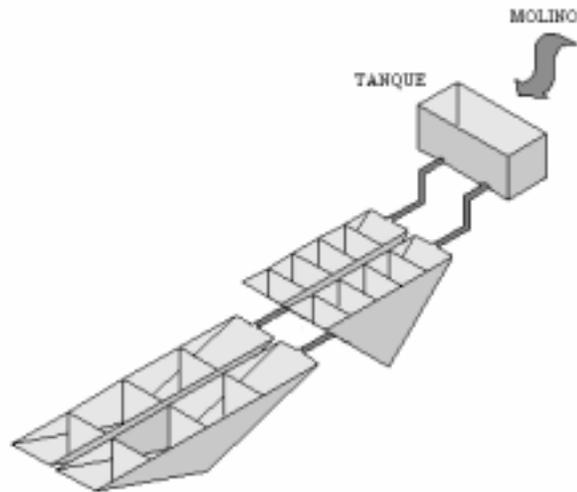


Figura 7.1. Distribución del jugo al sistema de Prelimpieza.

Este tanque tendrá en la parte superior una malla para impedir el paso de impurezas, como el bagazo, a los prelimpiadores. La malla será colocada a una distancia de diez centímetros (0,10m) con respecto al borde superior del tanque (Ver Figura 7.2.)

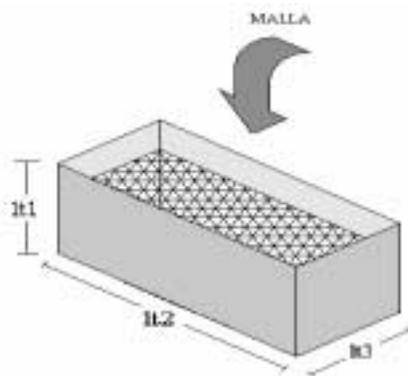


Figura 7.2. Tanque para distribuir el jugo al sistema de prelimpieza.

Este tanque será construido en acero inoxidable AISI 304 y sus dimensiones se muestran en la *Tabla 7.1*.

DIMENSIONES	VALORES (m)
Altura del Tanque ($lt1$)	0,30
Longitud del Tanque ($lt2$)	0,70
Ancho del Tanque ($lt3$)	0,30

Tabla 7.1. Dimensiones del Tanque para distribuir el jugo al sistema de prelimpieza.

Una vez que el jugo ha salido de la etapa de prelimpieza, pasa mediante tuberías al tren de pailas, las cuales fueron seleccionadas y dimensionadas en los *Capítulos III* y *IV* respectivamente. Estas pailas deben presentar rebordes que servirán como apoyo de las mismas sobre el ducto, como se muestra en la *Figura 7.3*.

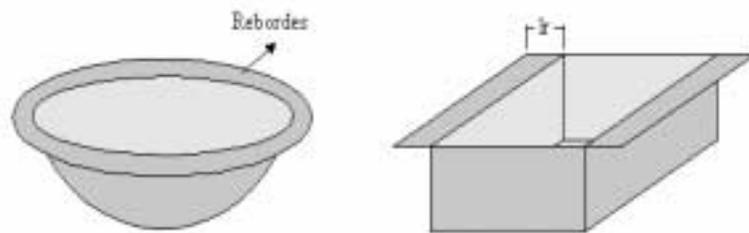


Figura 7.3. Pailas con Rebordes.

La longitud del reborde es igual a la longitud de arista de la paila respectiva, y el ancho (lr) depende del ancho de los ladrillos con los que se construirá el ducto, cuyas dimensiones se presentan a continuación:

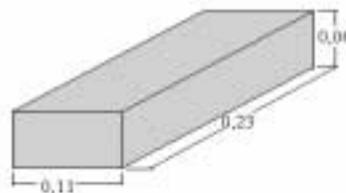


Figura 7.4. Dimensiones del ladrillo refractario en metros (m).

Las dimensiones de los ladrillos fueron suministradas por la empresa RIESE INDUSTRIAL C.A.

Por lo tanto el ancho del reborde tendrá el siguiente valor:

$$\text{Ancho del reborde: } \mathbf{lr = 0,11m}$$

Las pailas serán sujetadas al ducto mediante tornillos que posteriormente puedan quitarse, y que permitan retirar a las mismas en caso de necesitar cambiarlas, o para realizar mantenimiento dentro del ducto.

La altura de las falcas (*Ver Tabla 4.6 y 4.7 del Capítulo IV*) conjuntamente con la altura de las paredes del ducto (*Ver Tabla 4.12 del Capítulo IV*), proporcionarán la altura de trabajo en la hornilla, por lo que se establece lo siguiente: la altura de trabajo del operario será de un metro veinte (1,20m), excepto para la etapa de evaporación, en la cual la altura de trabajo será de un metro treinta (1,30m) debido a que la altura de la falca para la paila evaporadora es mayor, por el hecho de que en esta etapa el volumen de jugo aumenta, por lo tanto, un incremento en la altura de esta falca, evitaría posibles desbordamientos del mismo.

La altura del quemador a implementar en la etapa de evaporación (Quemador talla 14) es muy grande al compararla con la altura de las paredes del ducto que lo contendrán, es decir, la pared tiene una altura de noventa centímetros (0,90m) (*Ver Tabla 4.12 del Capítulo IV*), mientras que la altura del quemador es de un metro dieciocho (1,18m) (*Ver Tabla 4.25 del Capítulo IV*), por lo que se debe aumentar la longitud de la pared en esta sección del ducto.

También se debe tener en cuenta la longitud de la llama generada por el quemador, la cual es aproximadamente de treinta centímetros (0,30m), el espacio necesario para realizar la conexión del quemador y el espacio que debe existir entre la llama y la superficie de la paila expuesta a la misma.

Considerando todos estos factores, se establece que: se debe aumentar la longitud de las paredes del ducto en esta sección, aproximadamente un metro (1m), como se muestra en la *Figura 7.5*.

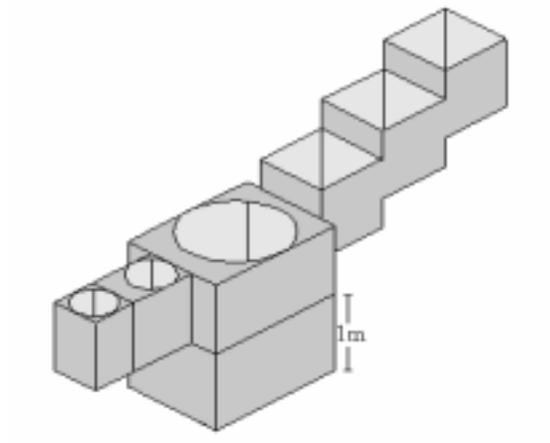


Figura 7.5. Ducto con longitud adicional de pared.

El aumento de las dimensiones de la pared en este tramo del ducto, se realizará mediante una excavación en el suelo, para así no modificar la altura de trabajo del operario en la hornilla.

Se debe suministrar una entrada de aire en el ducto para que pueda ocurrir el proceso de combustión. La entrada de aire se efectuará mediante un agujero dispuesto en la parte frontal del ducto, como se muestra en la *Figura 7.6*.

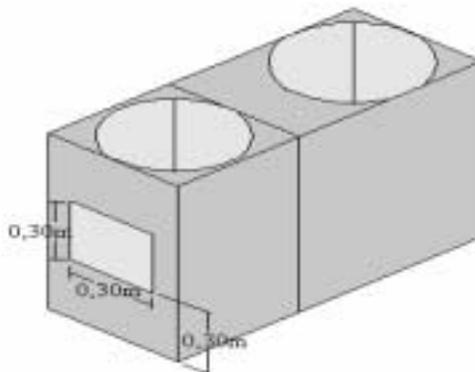


Figura 7.6. Entrada de aire para la combustión.

El ducto debe disponer de puertas que permitan realizar la inspección y mantenimiento de los quemadores, y que a su vez sirvan como desahogo para evitar la acumulación de gases dentro del ducto. Serán seis (6) puertas, una para cada quemador, dispuestas a un costado del ducto (*Ver Figura 4.7.*). Las dimensiones de las puertas dependerán de las dimensiones de los quemadores, y deben proporcionar comodidad a la hora de realizar el mantenimiento de los mismos. Las dimensiones se muestran en detalle en el plano correspondiente (*Ver Anexo 13*).

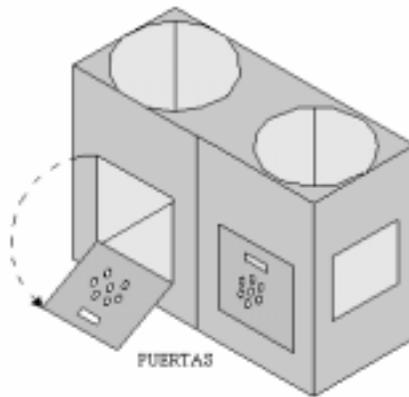


Figura 7.7. Puertas para el mantenimiento de los quemadores y desahogo de los gases

Estas puertas deben ser fabricadas en un material que resista la temperatura de trabajo dentro del ducto, por lo que se escogió un acero AISI 4130 [19], el cual resiste temperaturas de hasta 870°C , y deben ser recubiertas, externamente, por un material aislante para disminuir pérdidas por transferencia de calor, este material será una manta aislante (*Ver Anexo 11*), cuya temperatura límite de uso continuo es de 1.260°C .

Cada una de las puertas tendrá una serie de agujeros, como se muestra en la *Figura 4.7*, cuya función es proporcionar una entrada de aire adicional que asegure una buena combustión.

La masa de jugo crudo inicial que entra a la etapa de clarificación (*Ver Figura 4.1. del Capítulo IV*), fue dividida en dos, para evitar grandes dimensiones de pailas y disminuir el tiempo de llenado de las mismas. Debido a esto, ocurre que para obtener 100kg de panela, se requiere de más de 1h de proceso en la hornilla, tal como se explica en el *Anexo 12*, siendo el tiempo requerido igual 1,24h. El tiempo de permanencia de los jugos en la hornilla no debe ser mayor a 2,5h, ya que esto contribuiría con la formación de azúcares reductores, lo que se traduce en una baja calidad del producto.

El agua usada para retirar el calor de las mieles en la etapa de batido, debe ser almacenada para su posterior uso en la limpieza de la planta, pailas, prelimpiadores y batea.

Según los resultados de la evaluación de los costos de producción, se tiene que el porcentaje de ganancia bruta por hora corresponde a un valor aproximado de 46% de la venta.

En el cálculo de los costos indirectos no fue incluida la Amortización ya que se considera que ésta no corresponde al proceso productivo y es más bien aplicable al financiamiento; a menos que se tuviera que usar la patente de una marca conocida

Analizando el presupuesto, se tiene que, el costo del combustible (G.L.P.) representa el 27% del total del costo de producción en una hora. Este porcentaje podría disminuir con el uso de otros combustibles, por ejemplo el Gas Natural cuyo costo es menor que el del G.L.P. A continuación se presenta un pequeño estudio del Gas Natural como combustible de planta, para lo que se establecen las siguientes consideraciones:

- Valor promedio del poder calorífico del Gas Natural: **33.928,57BTU/m³**. [17]
- Precio promedio del Gas Natural: **26,96 Bs./m³** [17]

Del *Capítulo IV* se tiene que para elaborar 100 kilogramos de panela en una hora se necesita **1.297.976,7BTU**, entonces, tomando el valor del poder calorífico del Gas Natural y haciendo el cálculo correspondiente se tiene que: para elaborar 100kg de panela por hora se necesita **38,26m³ de Gas Natural**.

Por lo tanto, con el costo y la cantidad de Gas Natural que se necesita para elaborar 100kg de panela/hora se tiene que, el costo por combustible en una hora de producción es: **1031,5 Bs. /hora**, lo que representa un 2% en el total de los costos de producción.

CONCLUSIONES

La aplicación de los diseños propuestos para los equipos que intervienen en el proceso de producción de papelón (pailas, ducto, utensilios, batea, etc.), conjuntamente con los equipos seleccionados (molino, prelimpiadores, quemadores, etc.) y tomando en cuenta cada uno de los parámetros de operación, daría como resultado la obtención de un producto higiénico y de calidad.

La implementación de mallas y prelimpiadores para retener impurezas en frío, la adecuada limpieza del jugo en la etapa de clarificación mediante el utensilio descachazador, el adecuado mantenimiento de los equipos y maquinarias y la construcción en acero inoxidable de los equipos en contacto con el jugo y las mieles, permitirán la elaboración de un producto higiénico.

El uso de quemadores para la deshidratación del jugo de caña permite tener un mayor control sobre el gradiente de temperatura en cada etapa del proceso, la construcción del ducto en ladrillos refractarios y materiales aislantes disminuye las pérdidas de energía por transferencia de calor, el tiempo preciso de residencia de los jugos en cada etapa y la rápida disipación del calor presente en las mieles en la etapa de batido, se traducen en la obtención de un producto de calidad.

El número y la disposición de los equipos dentro de la planta, así como la adecuada selección de los mismos, generará la ocurrencia de un proceso en el que exista el menor número de paradas del proceso productivo.

El Gas Licuado de Petróleo es un combustible significativamente costoso, si se compara con el costo de los combustibles tradicionales (leña, bagazo), pero su uso conjuntamente con quemadores, deja abierta la posibilidad de una futura automatización de la planta, es decir, mediante el uso de controladores automáticos se podría controlar el flujo de gas que debe ser suministrado por los quemadores en cada etapa, para lograr la evaporación del agua presente en el jugo.

Según los resultados del análisis económico, se tiene que la planta es rentable, pero el porcentaje de rentabilidad podría aumentar si se pensara en utilizar un combustible más económico que el Gas Licuado de Petróleo, como por ejemplo, el Gas Natural, cuyo costo es aproximadamente 95% menor que el de G.L.P.

RECOMENDACIONES

- Realizar un estudio del comportamiento físico y químico del jugo de la caña de azúcar sometido a diferentes temperaturas.
- Se sugiere un estudio más exhaustivo del Gas Natural como combustible de planta, puesto que el costo de este combustible es bajo y el tipo de instalaciones es sencilla.
- Elaborar estudios de mercado a nivel nacional e internacional, incentivando la comercialización del papelón, a través de políticas agresivas de publicidad y mercadeo.
- Evaluar un sistema de control flujo de gas-temperatura del jugo, a fin de tener mayor control sobre la calidad de la panela y buscar la automatización e industrialización del proceso de elaboración de panela.
- Se sugiere la utilización del bagazo como sub-producto de planta, ya que éste puede ser vendido a ingenios en donde utilizan el bagazo para generar su propia energía. Puede utilizarse como materia prima para la elaboración de papel o para la fabricación de aglomerados decorativos, como fertilizante de suelos, como nutriente para la alimentación del ganado y como componente para la fabricación de explosivos.
- Diseñar un molino que permita obtener un porcentaje de extracción óptimo de hasta 72%.
- Diseñar un modelo mecánico para la limpieza del jugo en la etapa de clarificación.
- Diseñar un modelo mecánico para la realización del batido de las mieles, que disminuya el esfuerzo realizado por el operario.
- Automatización de los sistemas de moldeo y empaque.

- Seguir el plan de mantenimiento establecido, para mantener la planta en condiciones óptimas de operación.
- Estudiar la posibilidad de instalación de la planta en otras zonas del país, en las que se cultive caña de azúcar y se cuente con Gas Natural.
- Capacitar técnicamente a los operarios de la planta.

BIBLIOGRAFÍA

1. APRAIZ José. “Aceros Especiales y otras aleaciones”. (1986). Editorial Dossat. Madrid. 6^{ta} Edición
2. BACHMAN Forberg. “Dibujo Técnico”. (1973). Editorial Labor S.A. Barcelona.
3. BELLORÍN Nestor. “Diseño de un Sistema Procesador de Tamarindo Descascarado”. (2001). Tesis. Caracas. U.C.V. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Mecánica.
4. CAPECCHI Francisco. “Obtención de las Curvas Características del Motor RENAULT V-6 utilizando como combustible G.L.P.” (1981). Tesis. Caracas. U.C.V. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Mecánica.
5. CENGEL Yunus. “Termodinámica”. (1996). Mc Graw Hill. México.
6. Convenio de Investigación y Divulgación para el Mejoramiento de la Industria Panelera CIMPA. “Hornillas Paneleras”. (2000). Colombia.
7. Convenio de Investigación y Divulgación para el mejoramiento de la Industria Panelera CIMPA. “Mejoramiento de Hornillas Paneleras”. (1991). Colombia.
8. GÓMEZ A. Felipe. “Caña de Azúcar”. (1983). Endicanpa S.R.L. Venezuela.
9. HERNÁNDEZ Edith. “Avances Tecnológicos en el Proceso de Producción de Panela de Buena Calidad”. Táchira. Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias.
10. Instituto Centroamericano de Investigación y Tecnología Industrial. “Producción de Panela en Horno Semicontinuo”. Guatemala.

11. INTECO, S.A. “Estudio de Factibilidad Técnico – Económica Para la Instalación de un Central Papelonero en el Municipio Páez del Estado Yaracuy”. (2000). San Felipe.
12. KOHAN, Anthony L. “Manual de Calderas”. (2000). Mc Graw Hill. Madrid.
13. KRICK, Eduard V. “Fundamentos de Ingeniería”. (1991). Editorial Limusa. México.
14. LONCIN Marcel. “Técnica de Ingeniería Alimentaria”. (1965). Madrid.
15. MATHIU Jean B. “Materiales Refractarios”. (1973).
16. MORROW, L. C. “Manual de Mantenimiento Industrial”. (1973). Compañía Editorial Continental. México.
17. ORELLANA O. Irma T. “Estudio Riguroso del Sistema de Distribución de Gas Metano ramal Guarenas-Guatire de PDVSA-GAS”. (2002). Tesis. Caracas. U.C.V. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Química.
18. ROSALES, Robert C. y Rice Associates J.O. “Manual de Mantenimiento Industrial”. (1987). Mc Graw Hill. México.
19. SALVI Giuliano. “La Combustión, Teoría y Aplicaciones”. (1975). Editorial Dossat. Madrid.
20. SHIGLEY Joseph. “Diseño en Ingeniería Mecánica”. (1998). Mc Graw Hill. México.
21. SYBIL P. Parker. “Diccionario de Ingeniería Mecánica y Diseño”. (1991). Mc Graw Hill. México.
22. VAN Wylen. “Fundamentos de Termodinámica”. (1999). Editorial Limusa. México.

Páginas Web consultadas:

1. www.ceniap.gov.ve
2. www.contersa.com
3. www.fedemgas.com
4. www.imporinox.com
5. www.petrolatin.com
6. www.repsa.com
7. www.rieseindustrial.com
8. www.vencraftve.com

APÉNDICE A

MANUAL DE OPERACIÓN DE LA PLANTA

MANUAL DE OPERACIÓN DE LA PLANTA

El manual de operaciones fue realizado bajo las siguientes consideraciones:

- Obtención de 100kg/h de panela.
 - La masa de jugo crudo inicial es dividida en dos partes iguales y llamada de la siguiente manera: jugo₁ y jugo₂
1. Recolectar toda la caña a ser molida en la jornada y depositarla en el espacio destinado para la molienda.
 2. Encender el motor impulsor del molino para realizar la extracción del jugo.
 3. Abrir la llave correspondiente a la tubería encargada de conducir el jugo₁ al sistema de prelimpieza₁.
 4. Una vez que se halla llenado la paila N° 1, se debe cerrar la llave correspondiente al sistema de prelimpieza₁ y se debe abrir la del sistema de prelimpieza₂. Encender el quemador dispuesto bajo la paila N° 1.
 5. Retirar la cachaza que se ha formado en el jugo₁ en la paila N° 1.
 6. Como el tiempo de prelimpieza de los jugos es aproximadamente igual al tiempo de permanencia de los jugos en la paila N° 1 (15min), se debe abrir la llave dispuesta en la tubería encargada de trasladar el jugo₁ a la paila N° 2, y permitir el paso del jugo₂ del sistema de prelimpieza₂ a la paila N° 1. Encender el quemador dispuesto bajo la paila N° 2
 7. Agregar una solución de mucílago vegetal al jugo₁ en la paila N° 2, esperar y retirar la cachaza negra que se ha formado.

8. Después de haber transcurrido el tiempo de permanencia del jugo₁ (15min) en la paila N° 2, se debe abrir la llave dispuesta en la tubería encargada de conducir el jugo₁ a la paila N° 3. Encender el quemador dispuesto bajo la paila N° 3.
9. Una vez que se encuentre vacía la paila N° 2, se debe abrir la llave dispuesta en la tubería encargada de trasladar el jugo₂ de la paila N° 1 a la paila N° 2.
10. Retirar la cachaza blanca que se ha formado en el jugo₁ en la paila N° 3.
11. Repetir la operación 8, para el traslado del jugo₂ entre las pailas N° 2 y N° 3.
12. Transcurrido el tiempo de permanencia del jugo₁ en la paila N° 3, se debe abrir la llave dispuesta en la tubería para trasladar el jugo₁ de la paila N°3 a la N°4. Encender el quemador dispuesto bajo la paila N° 4
13. Añadir una pequeña cantidad de aceite vegetal al jugo₁ en la paila N° 4. El aceite absorbe parte del calor presente en el jugo y evita su desbordamiento, ya que en esta etapa el jugo tiende a aumentar su volumen.
14. Transcurrido el tiempo de permanencia del jugo₁ en la paila N° 4, se deben trasladar, por cucharadas, las mieles obtenidas en esta paila hasta la N° 5. Encender el quemador dispuesto bajo la paila N° 5.
15. Añadir una pequeña cantidad de cal a las mieles en la paila N°5, para aumentar el pH de las mismas.
16. Transcurrido el tiempo de permanencia de las mieles en la paila N° 5, se deben trasladar, por cucharadas hasta la paila N° 6. Encender el quemador dispuesto bajo la paila N°6.
17. Transcurrido el tiempo de permanencia de las mieles en la paila N° 6, deben ser trasladadas por cucharada hasta la batea para su posterior batido.
18. Realizar el batido de las mieles, abrir la llave para permitir el paso de agua entre la batea y sobre batea, para retirar el calor de las mieles y lograr la cristalización de las mismas.

19. Trasladar las mieles, o el polvo o granulado, según sea el caso, a la mesa de moldeo y empaque.
20. Repetir las operaciones 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18 y 19 para el jugo₂.
21. Mantener los quemadores apagados mientras no se encuentre jugo o miel contenido en las pailas correspondientes.

(Ver Anexo 12. Análisis de traslado del jugo)

(Ver Anexo 13. Lay-out de la planta)

ANEXOS

ANEXO I. Relación entre los grados Brix, la densidad o peso específico (g/cc) y los grados Baumé en soluciones de azúcar a 20°C

BRIX °B	DENSIDAD 20°/20°c	BAUME	BRIX °B	DENSIDAD 20°/20°c	BAUME
0.0	1.00000	0.00	65.0	1.31066	35.04
1.0	1.00389	0.86	66.0	1.32476	35.55
2.0	1.00779	1.12	67.0	1.33890	36.06
3.0	1.01172	1.69	68.0	1.35308	36.57
4.0	1.01567	2.24	69.0	1.36730	37.08
5.0	1.01965	2.79	70.0	1.38156	37.59
6.0	1.02366	3.35	71.0	1.39585	38.10
7.0	1.02770	3.91	72.0	1.41018	38.61
8.0	1.03176	4.46	73.0	1.42455	39.12
9.0	1.03586	5.02	74.0	1.43896	39.63
10.0	1.03998	5.57	75.0	1.45341	40.14
11.0	1.04413	6.13	76.0	1.46790	40.65
12.0	1.04831	6.68	77.0	1.48242	41.16
13.0	1.05252	7.24	78.0	1.49698	41.67
14.0	1.05677	7.79	79.0	1.51158	42.18
15.0	1.06104	8.34	80.0	1.42621	42.69
15.5	1.06319	8.62	81.0	1.44088	43.20
16.0	1.06534	8.89	82.0	1.45559	43.71
16.5	1.06751	9.17	83.0	1.47033	44.22
17.0	1.06968	9.45	84.0	1.48510	44.73
17.5	1.07186	9.72	85.0	1.49990	45.24
18.0	1.07404	10.00	86.0	1.51473	45.75
18.5	1.07624	10.27	87.0	1.52959	46.26
19.0	1.07844	10.55	88.0	1.54448	46.77
19.5	1.08065	10.82	89.0	1.55940	47.28
20.0	1.08287	11.10	90.0	1.57435	47.79
20.5	1.08510	11.37	91.0	1.58933	48.30
21.0	1.08733	11.65	92.0	1.60434	48.81
21.5	1.08958	11.92	93.0	1.61938	49.32
22.0	1.09183	12.20	94.0	1.63445	49.83
22.5	1.09409	12.47	95.0	1.64955	50.34
23.0	1.09636	12.74	96.0	1.66468	50.85
23.5	1.09863	13.02	97.0	1.67984	51.36
24.0	1.10092	13.29	98.0	1.69503	51.87
24.5	1.10321	13.57	99.0	1.71025	52.38
25.0	1.10551	13.84	99.5	1.72550	52.89
30.0	1.12098	16.57	100.0	1.74078	53.40
40.0	1.17853	21.97			
50.0	1.23174	27.28			
60.0	1.28873	32.49			
65.5	1.32171	35.29			

FUENTE: SPENCER WEADE.

ANEXO 2. Propiedades Físicas del Propano, Butano y Gas Natural.

NOMBRE	PROPANO	BUTANO	MEZCLA 70-30	GAS NATURAL
FORMULA QUIMICA	C ₃ H ₈	C ₄ H ₁₀	—	C H ₄
GRAVEDAD ESPECIFICA (Líquido)	0,508	0,534	0,531	0,3
GRAVEDAD ESPECIFICA (Vapor)	1,522	2,006	1,667	0,64
PESO POR GALON (Líquido)	4,24 lbs. 1,92 kgs.	4,84 lbs. 2,19 kgs.	4,42 lbs. 2,00 kgs.	— —
TEMPERATURA DE EBULLICION	- 43,7 °F - 42,1 °C	31,1 °F - 0,5 °C	— —	- 260,0 °F - 162,2 °C
TEMPERATURA MAXIMA DE LA LLAMA	3.497 °F 1.925 °C	3.443 °F 1.895 °C	3.481 °F 1.916 °C	3.400 °F 1.871 °C
LIMITES DE INFLAMABILIDAD (°/o gas en aire)	Sup. 9,5 Inf. 2,4	8,4 1,9	9,2 2,2	14,0 4,0
AIRE PARA LA COMBUSTION	24 x 1	31 x 1	26 x 1	10 x 1
PODER CALORIFICO				
BTU/pie ³ (vapor)	2.563	3.369	2.805	1.000
Kcal/litro (líquido)	6.105	6.910	6.347	—
BTU/litro (líquido)	24.238	27.432	25.196	—
Kcal/kg. (líquido)	12.007	11.780	11.938	—
BTU/kg. (líquido)	47.659	46.768	47.392	—
BTU/mt ³ (vapor)	91.000	119.000	99.000	—
Kcal/mt ³ (vapor)	23.000	30.000	25.000	—
METROS CUBICOS DE VAPOR POR GALON DE LIQUIDO	1,032	0,900	0,99	—
LITROS DE VAPOR POR LITRO DE LIQUIDO	272,72	237,93	262	—

Nota: datos suministrados por PDVSA GAS

ANEXO 3. Fuentes de suministro de G.L.P.

FUENTES DE SUMINISTRO GLP						
ANALISIS CROMATOGRAFICO						
COMPONENTES/ PROPIEDADES	JOSE	ULE	CARDON	GUATIRE (2)	REF. EL PALITO	NORMA COVENIN 904 MEZCLA (C3 y C4)
METANO (% vol)	0.083	-	0	0.083	0	*
ETANO (% vol)	3.484	2.91	0.33	3.484	0	*
PROPANO (% vol)	96.207	95.21	99.04	96.207	82.55	*
BUTANO (% vol)	0.211	1.88	0.63	0.211	17.45	*
CO2 (ppm)	0.015	-	-	0.015	-	*
PRESION DE VAPOR (psi)	197	190	187	197	166	120 - 208
GRAVEDAD ESPECIFICA	0.503	0.504	0.507	0.503	0.510	0.502 - 0.523
CORROSION COBRE	1	1	1	1	1	1
CONTENIDO H2O (ppm)	SECO	-	63	SECO	70	SECO

NOTA: 1) * LA NORMA COVENIN VIGENTE NO ESTABLECE COMPOSICION, LA MISMA ESTÁ ASOCIADA CON EL RESTO DE LAS PROPIEDADES.

2) EN EL CASO DE GUATIRE, LOS VALORES SEÑALADOS CORRESPONDEN A PROPANO COMERCIAL, EN CASO DE MANEJAR MEZCLA 75%C3 y 25%C4 LA GRAVEDAD ESPECIFICA ES DE .520 Y 120 PSI PRESION DE VAPOR.

Nota: datos suministrado por PDVSA Gas

ANEXO 4. Equivalencias de G.L.P. líquido y vapor.

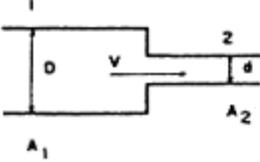
1 metro ³ de G.L.P. líquido	=	264,2 galones de G.L.P. líquido
1 metro ³ de G.L.P. líquido	=	531 kilogramos de G.L.P. líquido
1 kilogramo de G.L.P. líquido	=	1,88 litros de G.L.P. líquido
1 metro ³ de G.L.P. líquido	=	9.252 pie ³ de G.L.P. vapor
1 galón de G.L.P. líquido	=	35,05 pie ³ G.L.P. vapor
1 galón de G.L.P. líquido	=	0,99 metro ³ G.L.P. vapor

NOTA: Valores de G.L.P., mezcla de 70% Propano más 30% Butano

Nota: datos suministrado por PDVSA Gas

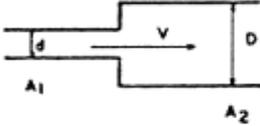
ANEXO 5. Coeficientes de pérdidas de Presión en el ducto.

CONTRACCION SUBITA



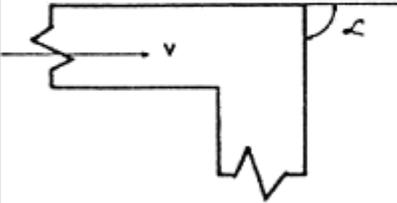
$\frac{A_1}{A_2}$	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	2.2
K	0	0.10	0.25	0.37	0.45	0.55	0.60

EXPANSION SUBITA



$\frac{A_2}{A_1}$	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	2.2
K	0	0.20	0.30	0.37	0.40	0.42	0.42

PERDIDAS EN LOS CAMBIOS DE DIRECCION



\sphericalangle	K
90°	1.25
60°	0.95
45°	0.63
30°	0.30

PERDIDAS A LA ENTRADA DEL SISTEMA

AREA LIBRE	50%	60%	70%
K	5	3	2

PERDIDAS A LA SALIDA DEL SISTEMA = 1.0
 PERDIDAS EN EL LECHO DE BAGAZO = 1.0

ANEXO 6. Descripción de los quemadores seleccionados.

Bulletin 2101

"Improvement Through Evolution"



ZEECO, INC.

SERIES GSF LOW NO_x BURNER

The Zeeco Series GSF Burner is a Low NO_x **staged gas burner** designed to provide reduced NO_x emissions levels while maintaining low excess air operation and flame stability.

The GSF Series Burner utilizes the technique of "Fuel Staging" to control the formation of NO_x. In this process design, the fuel is divided into two streams. A portion of the fuel is injected into the primary combustion zone where NO_x levels remain low due to low flame temperatures. The remainder is injected downstream of the primary zone. NO_x emissions from the secondary combustion zone are reduced as the products of combustion from the primary zone the peak flame temperatures.

APPLICATIONS

- Available for natural draft, forced draft, induced draft or preheated air
- Can be mounted vertically or horizontally
- Suitable for all types of combustion equipment

FEATURES

- Flame shape and size can be adjusted as required
- Turndown to 10:1
- Wide range of heat releases
- Gas Firing Assembly can be removed during operation for easy maintenance

CONFIGURATIONS

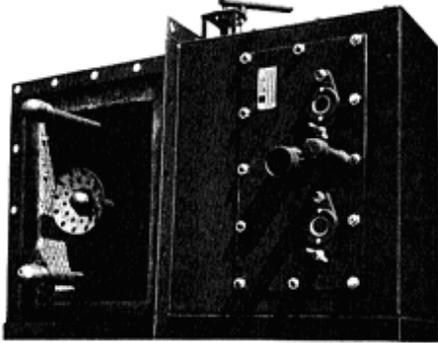
The Series GSF Burner is available in three standard configurations:

- Windbox for integral forced draft
- Plenum for natural or forced draft
- Register for natural draft

FUEL SELECTION

The GFS Series burner can utilize a wide range of gaseous fuels including:

Natural Gas	Refinery Gas
Waste Gases	High Hydrogen Gas
Propane & Heavier Gases	



GSF Burners for Downfired Reformer application firing high hydrogen gas. Two burners shown.

Bulletin 2100-30

**ZEECO, INC.***"Improvement Through Evolution"*

LOW NO_x BURNERS

Zeeco personnel have been involved in refining and improving low NO_x burner technology since the early 1970's. After extensive research, testing and field operation, Zeeco can now provide a complete line of burners that achieve NO_x levels well within mandated levels.

To understand how Zeeco's low NO_x burners reduce emissions, we must first look at how NO_x is formed.

NO_x FORMATION

In the combustion process there are basically two sources of Nitrogen Oxides (NO_x). These are generally referred to as "Thermal NO_x" and Fuel NO_x. "Thermal NO_x" is formed in the high temperature regions of the flame by oxidation of molecular nitrogen. "Fuel NO_x" results from the oxidation of nitrogen compounds incorporated in the fuel.

Thermal NO_x

NO_x which is formed from the reaction of N₂ and O₂ in the combustion air is commonly called "Thermal

NO_x". The reaction mechanism is complicated, but in general, "Thermal NO_x" is formed in the high temperature regions of the flames where oxygen and nitrogen atoms are available. The formation of "Thermal NO_x" is a kinetically controlled process and the rate of formation increases exponentially with temperature. Adiabatic flame temperature provides a good method for comparing the NO_x emission potential for various fuels. Also, operating conditions that increase the flame temperature will result in increased "Thermal NO_x" formation. For example, since preheated combustion air and hydrogen in the fuel increase the flame temperature, these factors also increase NO_x emissions.

Fuel NO_x

Compounds containing nitrogen are commonly found in both gaseous and liquid fuels. When these compounds burn, they can generate what is referred to as "Fuel NO_x". An example would be a fuel containing as ammonia (NH₃). The formation of "Fuel NO_x" is influenced by both the high temperature region of the flame, and is also sensitive to the local oxygen concentration. The amount of "Fuel

NO_x generated depends mainly on the nitrogen concentration in the fuel. NO_x emissions increase as the nitrogen content increases.

NO_x CONTROL

There are numerous methods of controlling the formation of NO_x through combustion modifications. Zeeco has successfully incorporated these methods into burner designs which reduce NO_x emissions either by controlling the peak flame temperature or by limiting the amount of oxygen available in the region of peak flame temperature.

LOW EXCESS AIR

Zeeco low excess air burners will provide limited control of both thermal and fuel NO_x by reducing the availability of oxygen atoms. The level of control attainable, however, is limited because combustion efficiency will suffer and carbon monoxide and soot emissions will increase as excess oxygen levels approach zero.

AIR STAGING

Air Staging is an effective way to control "Fuel NO_x". Zeeco staged air burners divide the combustion air into two or more streams. Only a portion of the air flows across the fuel injection zone and this forms a fuel-rich primary combustion zone in which the fuel is only partially burned. As a result of reduced oxygen availability, only a portion of the fuel nitrogen decomposes to form molecular nitrogen, thus reducing NO_x formation. Since excess oxygen is not available, "Thermal NO_x"

is also reduced. The rest of the air is then injected downstream of the fuel rich combustion zone forming a secondary combustion zone in which combustion is completed. NO_x formation in the secondary zone is limited because the products of combustion from the primary zone reduce flame temperatures and reduce oxygen concentrations.

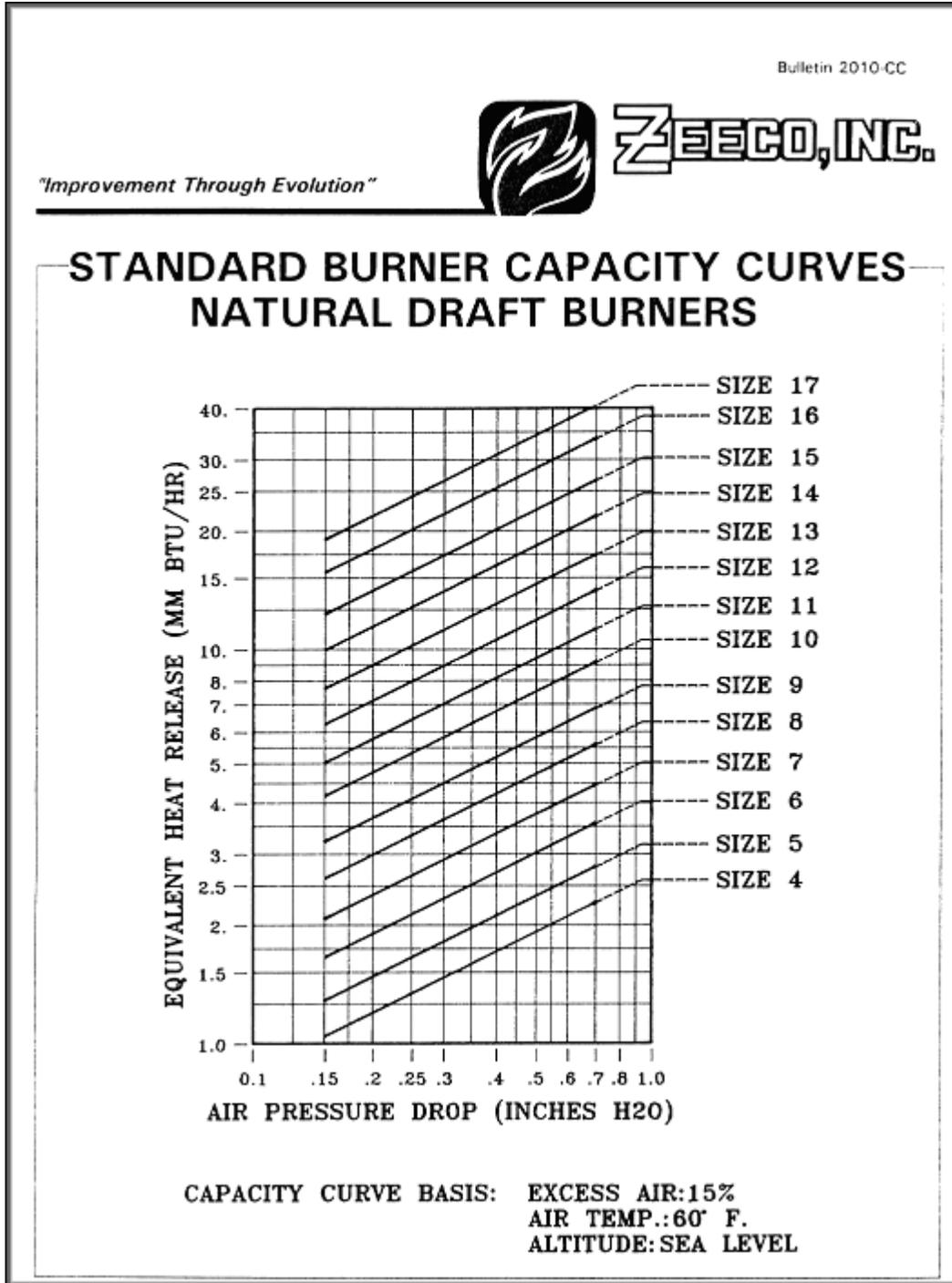
FUEL STAGING

A successful way to control "Thermal NO_x" when firing gaseous fuels is "Fuel Staging". In this design, the fuel gas is divided into two or more streams. Only a portion of the fuel is injected into the primary combustion zone. The NO_x levels from this zone are very low because flame temperatures are lower. The remainder of the fuel is injected downstream of the primary zone. NO_x emissions from this secondary combustion zone are reduced because the inerts from the primary zone combustion products depress the peak flame temperatures in this zone and reduce the local oxygen concentrations. Flame lengths for staged fuel flames are shorter and more defined than comparable staged air flames and very low excess air levels are possible.

FLUE GAS RECIRCULATION

In another Low NO_x design, Zeeco combines Flue Gas Recirculation (FGR) with low excess air operation to provide a further reduction in "Thermal NO_x". Recirculated products of combustion (flue gas) are mixed into the combustion air stream to provide inert gases that lower the adiabatic

ANEXO 7. Curva estándar de capacidad para quemadores de tiro natural.



ANEXO 9. Refractarios Sílico Aluminosos.

REFRACTARIOS SILICO ALUMINOSOS					
		HW-CROWN-V	HW-CROWN-MV	COLEMAN-V	COLEMAN-MV
CLASIFICACION		Refractario Sílico aluminoso para servicio fuerte	Refractario Sílico aluminoso para servicio fuerte	Refractario Sílico aluminoso para servicio mediano	Refractario Sílico aluminoso para servicio mediano
CARACTERÍSTICAS FÍSICAS TÍPICAS	Cono Pírométrico Ecuivalente (P.C.F.)	32 a 33	32 a 33	31	31 a 32
	Peso volumétrico, kgs/dm ³	2.10 a 2.20	2.10 a 2.24	1.95 a 2.05	2.10 a 2.20
	Porosidad aparente, %	16 a 20	15 a 19	17 a 23	15 a 18
	Resistencia a la compresión, Kgs/cm ²	250 a 400	300 a 450	200 a 350	200 a 400
	Modulo de rotura, Kgs/cm ²	65 a 80	65 a 100	40 a 70	60 a 90
	Ensayo de carga, 20psi 90" Aprietamiento a ()°C, %	0.5 a 1.5 (.360°)	0.1 a 1.7 (.350°)	---	---
	Ensayo de calentamiento, 5h Cambio lineal a ()°C, %	0.0 a - 0.8 (.400°)	0.0 a - 0.6 (.400°)	0.0 a - 0.6 (.350°)	0.0 (.350°)
ANÁLISIS QUÍMICO APROXIMADO	Sílice (SiO ₂)	30.2 %	30.4 %	64.3 %	61.3 %
	Alúmina (Al ₂ O ₃)	35.0	35.2	30.5	33.2
	Tiánia (TiO ₂)	1.4	1.3	1.3	1.5
	Oxido de Hierro (Fe ₂ O ₃)	1.3	1.9	1.7	2.0
	Ca (CaO)	0.3	0.2	0.3	0.2
	Magnesia (MgO)	0.2	0.2	0.2	0.2
	Alcalis (Na ₂ O + K ₂ O)	1.1	0.8	1.4	1.0

Los datos indicados representan propiedades promedio obtenidas con procedimientos y equipos descritos en las normas ASTM correspondientes, donde son aplicables, sobre lotes de producción comercial y no deben ser considerados como especificaciones garantizadas.

ANEXO 10. Aislantes Moldeables.

MOLDEABLES					
	HW- MOLD, LIVIANO 20	H-W MOLD, LIVIANO 22	HW-MOLD, LIVIANO 26	HW- MOLD LIVIANO 26 LI	
CARACTERÍSTICAS FÍSICAS TÍPICAS	Temperatura límite de servicio, °C	1.100*	1.200*	1.430*	1.430*
	Cantidad requerida para vaciado, kg/m ³	570	900	800	950
	Agua requerida por 100 Kgs. lts.	75	48	52	48
	Peso volumétrico, después de secado a 110°C Kgs/cm ³	0.78	1.06	0.95	1.05
	Módulo de rotura, Kps/cm ²				
	Después de: Secado a 110 °C	6 a 10	14 a 20	7 a 12	9
	Cocción a 815 °C	6 a 8	10 a 16	5 a 8	10
	Cocción a () °C	8 a 10	10 a 18	10 a 16	10
	Resistencia a la compresión, Kps/cm ²	(1.040*)	(1.150*)	(1.370*)	(1.370*)
	Después de: Secado a 110 °C	13 a 20	50 a 70	20 a 35	25
Cocción a 815 °C	10 a 15	40 a 60	15 a 22	50	
Cocción a () °C	9 a 15	30 a 50	25 a 30	25	
Cambio lineal, %					
Después de: Cocción a () °C	- 1.0 a - 1.5 (1.040*)	- 0.6 a - 1.0 (1.150*)	+ 1.0 a + 2.9 (1.370*)	- 0.5 (1.370*)	
CONDUCTIVIDAD TÉRMICA	200*	0.16	0.23	0.20	0.22
	Kcal/m.m ² , °C/m	0.17	0.24	0.21	0.23
	400*	0.19	0.26	0.22	0.23
	Temperatura media °C	0.20	0.28	0.24	0.25
	600*	0.22	0.31	0.27	0.27
800*					
1.000*					
ANÁLISIS QUÍMICO APROXIMADO (base anhidra)	Silicio (SiO ₂)	42.3 %	41.5 %	36.2 %	34.1 %
	Alúmina (Al ₂ O ₃)	33.8	37.5	47.7	56.2
	Titanio (TiO ₂)	0.3	0.6	1.0	1.0
	Oxido de hierro (Fe ₂ O ₃)	1.5	1.6	1.2	0.7
	Cal (CaO)	18.1	16.0	12.0	5.9
	Magnesia (MgO)	0.2	0.1	0.1	0.2
	Alcalis (Na ₂ O + K ₂ O)	3.6	2.8	1.8	1.9
DESCRIPCIÓN	Concreto refractario muy liviano elaborado de agregados livianos y de cemento leucocromo refractario bajo en Fe ₂ O ₃ .	Concreto refractario aislante elaborado de agregados livianos y cemento leucocromo refractario bajo en Fe ₂ O ₃ .	Un concreto refractario aislante elaborado a base de minerales de alta alúmina y cemento refractario puro.	Concreto refractario aislante elaborado a base de minerales de alta alúmina y cemento refractario puro.	
USOS:	Como material de aislamiento en hornos industriales y en calderas de altas temperaturas más refractarios donde el aislamiento es de tipo "block insulator".	Tiene aplicación muy amplia como material de aislamiento expuesto directamente al calor o como aislante dentro de moldes de bloques refractarios.	Este producto permite sustituir los ladrillos aislantes de tipo 23 y 26, ofreciendo las ventajas de una construcción mas sencilla en hornos para tratamientos térmicos, coladas, calentadores, hornos para cerámica, etc.	Como sustituto de ladrillos aislantes de los tipos 23 y 26, en usos generales hasta 1,430 °C y especialmente en aplicaciones en presencia de CO.	
VENTAJAS:	Al lado de sus propiedades de aislamiento excelentes, tiene resistencia mecánica comparable con los ladrillos aislantes. Se puede usar como un revestimiento ordinario usando un revestimiento de madera o de hierro. Se puede usar con seguridad en operaciones de secado hasta su temperatura límite de servicio.	Aislante liviano de baja conductividad térmica, suficiente resistencia mecánica, buena estabilidad química y de muy alta resistencia al choque térmico. Es fácil usarlo con el procedimiento de vaciado o con pasta.	Baja densidad y conductividad térmica, buena refractariedad y resistencia. Baja contenido de hierro. Puede utilizarse con vaciado o con pasta.	Baja densidad y conductividad térmica con muy bajo contenido de óxido de hierro. Puede ser aplicada por vaciado o con pasta de proyección.	
EMBALAJE:	Sacos múltiples impere-meblés de 25 Kgs. peso neto	Sacos múltiples impere-meblés de 25 Kgs. peso neto	Sacos múltiples de 25 Kgs. peso neto.	Sacos múltiples de 25 Kgs. peso neto	

Los datos indicados representan propiedades promedio obtenidas con procedimientos y equipos descritos en las normas ASTM correspondientes, donde son aplicables, sobre lotes de producción comercial y no deben ser considerados como especificaciones garantizadas.

ANEXO 11. Manta Aislante.

MANTA KAOWOOL 2300Descripción:

La manta Kaowool 2300 es producida utilizando una mezcla alúmino-silicosa de alta pureza. La fibra resultante de estos materiales tiene un límite normal de uso de 1260 °C, con un punto de fusión de 1760 °C. Durante el proceso de fabricación las fibras se entrelazan formando un producto resistente a la delaminación y por consiguiente sus características físicas son superiores a los productos fabricados con aglomerantes orgánicos.

Propiedades Físicas:

Color.....	Blanco
Diámetro promedio de las fibras, micrones....	2,6
Largo promedio de las fibras, cms.....	10-25
Gravedad específica.....	2,56
Temperatura límite de uso continuo, °C.....	1.260
Conductividad térmica, a temperatura media de 1090 °C, W/mk (Manta de 128 Kg/m3).....	0,245

Propiedades químicas típicas:

Al ₂ O ₃	46 %
SiO ₂	51 %
Fe ₂ O ₃	1.1 %
Otros	1.9 %

Excelente resistencia al ataque químico, excepto a los ácidos fluorídico, fosfórico y a los álcalis fuertes. No es afectada por el agua ni el aceite. Recupera las propiedades térmicas y físicas después de secado.

Unidad de Comercialización:

Rollos de 61 centímetros de ancho y una longitud de 762 centímetros. Espesores desde 0,64 hasta 5 cms. Densidades de 64, 96 y 128 Kgs/m3. Empacado en cajas de cartón.

U s o s:

- Aislamiento térmico de hornos, cámaras de combustión, turbinas de gas, etc.
- Juntas de expansión.
- Sellos de hornos de calentamiento.
- Filtros de alta temperatura.

Promedios resultantes de ensayos estandarizados que están sujetos a variaciones.

ANEXO 12. Análisis del traslado del jugo en la hornilla para obtener 100kg de panela.

