

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNOLOGOS

***CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO MECÁNICO DE
BATIDO PARA MEJORAR EL PROCESO DE
PRODUCCIÓN DE PANELA GRANULADA ARTESANAL***

**PROYECTO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE TECNÓLOGO EN PROCESOS DE PRODUCCIÓN
MECÁNICA**

KLEVER FERNANDO COLLAGUAZO MANOTOA

JENNY LUCIA JÀTIVA GAVILANES

TUTOR: ING. WILLAN MONAR

NOVIEMBRE 2007

DECLARACIÓN

Nosotros, Collaguazo Fernando y Játiva Jenny, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que nos ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedemos nuestros derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional según establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su reglamento y por la normatividad institucional vigente.

Atentamente,

Sr. Fernando Collaguazo M.

Srta. Jenny Játiva

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente proyecto de Titulación fue desarrollado por el Sr. Klever Fernando Collaguazo Manotoa y la Srta. Jenny Lucía Játiva Gavilanes, bajo mi dirección.

Ing. Willan Monar

DIRECTOR

AGRADECIMIENTO

Gracias al apoyo de la Hacienda Bellavista del Cantón Pangua fue posible entender el proceso de panela granulada y lo importante de conocer las técnicas para aprovechar al máximo la materia prima, gracias a mis padres por su apoyo constante, sus consejos y a mis maestros que conforman la Carrera de Procesos de Producción Mecánica que supieron inculcarnos el respeto y la confianza en lo que hemos aprendido y que servirá como proyecto de vida.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mi familia,

Compañeros y

Maestros de la Carrera.

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO I	4
1.0 EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE PANELA GRANULADA	4
1.1 Introducción	4
1.2 Historia	4
1.3 Caña de azúcar	5
– 1.3.1 Partes de la caña de azúcar	5
1.4 La caña de azúcar en Cotopaxi	6
– 1.4.1 Características de cosecha	7
1.5 Variedades	7
– 1.5.1 Caña de azúcar Cubana – criolla	8
– 1.5.2 Caña de azúcar Cunchibina	10
1.6 Aplicaciones de la caña de azúcar	11
1.7 Fraccionamiento de la caña de azúcar	14
– 1.7.1 Composición química de la caña	15
1.8 Factores importantes en la producción de panela	16
1.9 Descripción del proceso de producción de panela	17
– 1.9.1 Panela Granulada	17
– 1.9.2 Corte	19
– 1.9.3 Transporte	21
– 1.9.4 Molienda	21

– 1.9.5 Limpieza	23
– 1.9.5.1 Prelimpieza	23
– 1.9.5.2 Clarificación	24
– 1.9.5.3 Encalado	25
– 1.9.6 Evaporación	26
– 1.9.7 Concentración	27
– 1.9.8 Punteo	28
– 1.9.8.1 Guía de colores en la etapa de punteo	29
– 1.9.9 Batido	31
– 1.9.10 Granulado	32
– 1.9.11 Secado	33
– 1.9.12 Empaque	34
– 1.9.13 Almacenamiento	34
– 1.9.14 Distribución	35
CAPITULO II	36
1.0 IMPORTANCIA DE LA AGROINDUSTRIA PANELERA EN EL ECUADOR	36
2.1 Introducción	36
2.2 Producción mundial de panela	36
2.3 Producción de caña en el Ecuador	38
– 2.3.1 Áreas cultivadas de caña de azúcar	38

– 2.3.2 Zonas aptas para el cultivo de caña	39
2.4 Producción de panela en el Ecuador	40
– 2.4.1 Contexto socio-económico	40
– 2.4.2 Provincias paneleras	40
– 2.4.3 Organizaciones interesadas en la producción de panela en Ecuador	41
2.5 Análisis FODA en el sector panelero ecuatoriano	42
– 2.5.1 Fortalezas	42
– 2.5.2 Oportunidades	42
– 2.5.3 Debilidades	43
– 2.5.4 Amenazas	43
2.6 Rendimientos de producción de panela ecuatoriana	44
– 2.6.1 Exportaciones	45
2.7 Azúcar vs. Panela	45
– 2.7.1 Diferencias de la panela con el azúcar	45
– 2.7.2 Valor nutricional de la panela granulada	47
2.8 Distribución de planta de una industria panelera	48
– 2.8.1 Distribución de planta CIMPA	49
– 2.8.2 Recomendaciones para el mantenimiento en los procesos de producción de panela	52
2.9 Máquinas y Tecnología utilizada en la producción de panela	53
– 2.9.1 Trapiche de operación manual	54
– 2.9.2 Trapiche de operación mecánica	55
– 2.9.3 Factores que definen las condiciones de operación de un trapiche	56

– 2.9.3.1 Velocidad	56
– 2.9.3.2 Abertura entre mazas	57
– 2.9.3.3 Longitud de mazas	57
– 2.9.3.4 Eficiencia de funcionamiento del molino	58
– 2.9.3.5 Extracción	59
– 2.9.3.6 Potencia	60
– 2.9.4 Consideraciones para la selección de trapiches	61
– 2.9.4.1 Mantenimiento de los trapiches	61
2.10 Hornillas tradicionales para producir panela	61
– 2.10.1 Partes principales de la hornilla panelera	62
– 2.10.2 La combustión del bagazo	64
– 2.10.3 Mantenimiento de las hornillas paneleras	64
2.11 Control de calidad de la panela	65
– 2.11.1 Efecto de la materia extraña	66
CAPITULO III	67
3.0 CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO MECÁNICO	67
3.1 Introducción	67
3.2 Prototipo	67
3.3 Analogía	68
3.4 Parámetros que definen el sistema de prueba	69

– 3.4.1 RPM del sistema de prueba	69
– 3.4.2 Fuerza para granular	69
– 3.4.3 Potencia para granular	70
3.5 Criterios de selección de materiales	71
– 3.5.1 Corrosión	71
– 3.5.1.1 Tipos de corrosión	71
– 3.5.1.2 Protección contra la corrosión	72
– 3.5.1.3 Materiales utilizados en el prototipo	72
3.6 Identificación de los mecanismos del prototipo	74
– 3.6.1 Polea	74
– 3.6.1.1 Tipos de poleas	75
– 3.6.1.2 Relación de transmisión	75
– 3.6.1.3 Polea conductora	76
– 3.6.1.4 Correas trapeciales	77
– 3.6.1.5 Polea conducida	78
– 3.6.1.6 Distancia entre ejes de las poleas	79
– 3.6.1.7 Ángulo de abrazado de la correa (α)	80
– 3.6.1.8 Longitud de la correa	80
– 3.6.1.9 Número de correas (c) necesarias para transmitir la potencia dada	81
– 3.6.2 Engranajes cónicos	81
– 3.6.2.1 Parámetros de los engranajes cónicos	82

– 3.6.3 Volante	84
– 3.6.3.1 Eje axial	85
– 3.6.3.2 Potencia requerida en volante	86
– 3.6.3.3 Determinación del eje vertical	88
– 3.6.3.4 Determinación del soporte cilíndrico	89
3.7 Elementos del prototipo	91
3.8 Sistema mecánico de batido	92
– 3.8.1 Eje para paleta de batido	92
3.9 Dispositivo de mando, regulación y control	93
3.10 Actuador	93
3.11 Estructura	94
– 3.11.1 Uniones atornilladas	94
– 3.11.1.1 Selección de tornillería	95
– 3.11.1.2 Estática de la estructura	96
3.12 Soldadura	98
– 3.12.1 Posiciones de soldadura	99
– 3.12.2 Clasificación de la soldadura	100
– 3.12.3 Sistema de arco manual (AWS 5.1)	101
– 3.12.4 Electrodo	101
– 3.12.4.1 Clasificación de los electrodos	102
3.12 Motor	103

CAPITULO IV	104
4.0 PRUEBAS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	104
4.1 Introducción	104
4.2 Funcionamiento del prototipo mecánico	104
4.3 Ficha técnica	105
4.4 Seguridad en el prototipo	106
4.5 Protecciones de acciones mecánicas	106
4.6 Pruebas	107
– 4.6.1 Tiempo del proceso de batido	107
– 4.6.2 Calidad de la panela obtenida	107
– 4.6.3 Esfuerzo del operador	109
– 4.6.4 Check list del prototipo	110
4.7 Conclusiones	110
4.8 Recomendaciones	112
ANEXOS	114
1.1 Ficha técnica de la caña de azúcar para panela	115
1.2 Norma técnica ecuatoriana INEN	116
1.3 Fotografías del recinto Agua Santa y hacienda Bellavista	120

2.1 Mapa de la Zonificación Potencial del Cultivo de caña de azúcar	121
2.2 Principales países importadores de panela granulada	122
2.3 Trapiche de tracción animal	123
2.4 Los Mandamientos del Panelero	124
3.1 Tablas empleadas en el desarrollo de poleas	125
3.2 Tabla de los valores de la presión de rodadura	128
3.3 Tabla de los parámetros que definen a los engranajes cónicos	129
3.4 Tabla de los extremos cilíndricos de eje DIN 748	131
3.5 Tabla de biseles y alturas de los resaltes para rodamientos según DIN 5418 y UNE 18017	132
PLANOS	133
BIBLIOGRAFÍA	134

RESUMEN

Se investiga un problema tecnológico en la forma actual de producir la panela granulada, comenzando desde el corte de la caña hasta la distribución final de la panela. La zona de estudio es la Hacienda Bellavista localizada en el Recinto Agua Santa del Cantón Pangua de la Provincia de Cotopaxi caracterizada por la producción de alcohol y panela granulada, se considera las cantidades de producción, exportación, métodos e instrumentos que emplean nuestros productores, se toma como ejemplo para nuestro país el avance de la industria panelera colombiana y por ende llegar a realizar un adecuado control de calidad para dicho producto. Se tecnifica el proceso de batido con el objeto de mejorar la producción de panela granulada mediante un prototipo mecánico con capacidad de 16 litros de miel, el cual se compone de varios sistemas simples que se trata desde el punto de vista mecánico aplicando conceptos fundamentales de dibujo técnico, materiales, resistencia, elementos mecánicos, etc. El prototipo mecánico constituye una máquina conveniente por su alta velocidad y economía. El proceso de granulación se efectúa por una paleta que gira a 1200 RPM, movimiento proporcionado por un motor de 3HP llegando a mantener una velocidad constante y posición de mínima tolerancia para evitar la compactación de la panela. El batido es proporcionado a la miel con un movimiento circular uniforme, el movimiento cristaliza la sacarosa saturada obtenida en el punteo con cristales de tamaño entre 0.5 a 2mm.

INTRODUCCIÓN

La panela o azúcar no centrifugado es la base del sustento de algunas familias campesinas en nuestro país, quienes producen en unidades de pequeña escala, con mano de obra familiar y afrontan muchas dificultades para modernizar su producción y expandir sus mercados. Solo un pequeño segmento de la producción se desarrolla de forma industrial y el resto se realiza en establecimientos pequeños con capacidades inferiores a los 300 kilogramos de panela por hora, lo cual no permite ampliarse fácilmente. Es preciso indicar que el mercado de la panela está situado en las zonas rurales y en los pueblos pequeños de la costa, sierra y oriente.

Actualmente en el país la producción de caña de azúcar es muy limitada de un total de 70000 hectáreas cosechadas el 2005, el 72 % está asentado en Guayas y la producción de estos se reparte a los ingenios azucareros San Carlos y Valdez, por lo que la producción de panela se reduce a una fabricación artesanal a nivel nacional. En las grandes ciudades el consumo de panela es marginal, y representa un porcentaje pequeño con relación al azúcar, su principal competencia son los endulzantes sintéticos y bebidas artificiales debido sobre todo a factores sociales. En conjunto con la disminución del consumo, la panela ha tenido que enfrentar el deterioro de sus precios causado por la sobreoferta del azúcar derretido y de las expectativas creadas por la caña en la producción de alcohol carburante, lo cual se pretende hacer a largo plazo en las zonas paneleras. En esta perspectiva la agroindustria panelera ha afrontado una de sus crisis más graves con precios de caída y falta de organización para la comercialización del producto. Lo cual a la vez le ha impedido desarrollar nuevas y mejores tecnologías que le permita obtener un producto de mayor calidad y más atractivo para el consumidor.

Las instituciones agrícolas en el país hacen poca referencia a la materia prima de la panela que es el cultivo de caña de azúcar por el hecho de que no es un elemento de primera necesidad a pesar que sus productos como la panela son de gran demanda en los mercados de Europa y Japón. En países con niveles de ingreso superiores al de Ecuador, como Colombia y Venezuela, en los que

además se produce azúcar refinada, la panela sigue siendo preferida por una buena parte de la población por sus vitaminas y minerales, generando empleo al 12% de la población rural económicamente activa. Sería de mucha importancia que en el Ecuador, la panela incremente la confianza del público y por consiguiente se eleve su mercado, con lo que se obtendrían beneficios para el productor que aumentaría sus ingresos y para el consumidor, que aprovecharía un producto barato y con muchas cualidades nutritivas.

La panela conocida también como azúcar integral de caña, es un alimento básico para la mayor parte de la población rural que sustituye al azúcar refinado y, a diferencia de éste, contiene un alto porcentaje de nutrientes, vitaminas y minerales, ya que su proceso de elaboración es totalmente natural y, por lo tanto se evita la pérdida de los nutrientes propios de este producto.

La caña de azúcar (*saccharum officinarum*) se cultiva prácticamente en todas las regiones tropicales y subtropicales de la tierra, puede desarrollarse en forma productiva desde el nivel del mar hasta alturas de 2000 metros en las más variadas condiciones de temperatura, luminosidad, precipitación y calidad de suelos.

La tecnología de la producción de panela no ha variado sustancialmente a través de los años, ya que el producto se obtiene como resultado del cocimiento y evaporación del jugo de caña. El proceso en general consiste en moler la caña, separar las impurezas, calentar el jugo, descachazar, evaporar hasta el punto de miel, realizar el batido y finalmente el moldeo. Para las técnicas de granulación de la panela, se exige el mismo tratamiento, pero con un mayor cuidado en lo que se refiere al tiempo de proceso, limpieza y punto de miel. Además se ha incorporado en vez de moldeo, un desgranado y tamizado de la panela. Cuando la miel ha llegado a un estado ideal, la operación de batido se efectúa en recipientes de madera (batea), manualmente con remas y sirve para enfriar la miel, darle el color, la consistencia y textura requerida. Para granular es necesario llegar a un punto que permita un buen batido y luego un buen desgranado, luego se cierne de acuerdo a la granulación o presentación que se desee obtener.

Un problema en las molindas de caña de azúcar es la falta de una máquina que facilite el proceso de batido de la miel para que forme panela granulada, esto se debe a que en el país no existe el suficiente interés para industrializar la panela. Actualmente se realiza el proceso del batido de forma manual y artesanal, por lo tanto el operario está expuesto a vapores y altas temperaturas que se genera mientras se forma la panela; a la vez debe controlar diversos factores para empezar el batido como es que la panela consiga un punto de miel para conseguir el producto con buen color, también debe ejercer un esfuerzo que no es constante y no es lo mejor aprovechado para lograr la granulación; esta forma de realizar la panela granulada afecta al operario, puesto que tiende a fatigarse, perder la concentración por lo que se recurre a contratar otros operarios. Como resultado del batido efectuado por un operario el producto final no es homogéneo y contiene impurezas por realizar este proceso al aire libre y con riesgo de contaminación dando lugar a una baja productividad.

El proyecto permite conocer los diferentes procesos que ocurren en la producción de panela granulada, se hace énfasis en la forma actual del batido a mano, que puede ser sustituido por una máquina que garantice uniformidad de batido en la miel y evite la cercanía entre la batea y el operador. Las principales ventajas de la ejecución de este proyecto son: mejorar la productividad del proceso de batido optimizando el uso de los recursos en mejores condiciones de seguridad. Al mejorar la productividad en el batido se reducirá el tiempo y la panela granulada estará protegida del medio ambiente para evitar las impurezas y pérdida del producto lo que permitirá efectuar un control de calidad adecuado. Se dimensiona, se selecciona materiales y se construye el prototipo mecánico. Se probará el funcionamiento para asegurar la funcionalidad del mismo con el objeto de establecer la vida útil del sistema. Con el prototipo se asegura un producto homogéneo que cumpla con normas higiénico-sanitario y sobretodo conserva sus cualidades nutritivas por ser un producto terminado de manera natural y a la vez incorpora criterios de eficiencia y mayor valor agregado a la actividad panelera.

CAPITULO I

1.0 EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE PANELA GRANULADA.

1.1 Introducción

En el presente capítulo se explica la forma actual de producir la panela granulada, comenzando desde el corte de la caña hasta la distribución final de la panela. La zona de estudio es la Hacienda Bellavista localizada en el Recinto Agua Santa del Cantón Pangua de la Provincia de Cotopaxi (Fig 1.1) caracterizada por la producción de alcohol y panela granulada.

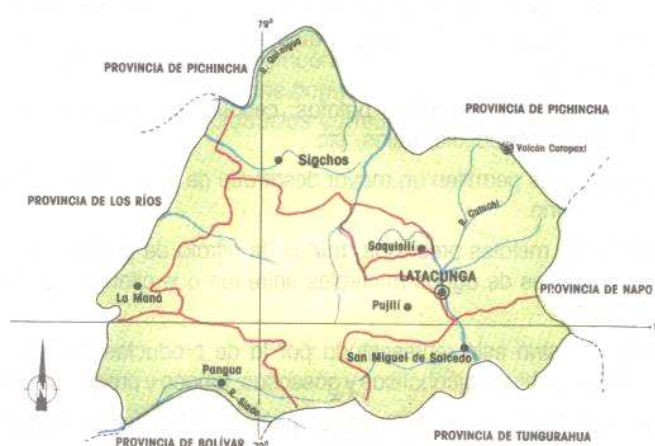


Fig. 1.1 MAPA DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI

1.2 Historia

“La caña de azúcar es uno de los cultivos más viejos en el mundo, se cree que empezó hace unos 3000 años en la isla de Nueva Guinea y de allí se extendió a Borneo, Sumatra e India.

El proceso del azúcar se escuchó primero en la India tan temprano como en el 3000 A.C. una leyenda local en las Islas Salomón dice que los antepasados de la raza humana se generaron de un tallo de la caña. Una corona hecha de caña

de azúcar se describe en el Atharvaveda, libro sagrado de los hindúes, escrito aproximadamente 800 A.C.

El general griego Nearchus, quien acompañó a Alejandro el Grande a la India en el siglo IV A.C. cuenta de una caña que produjo miel sin la ayuda de las abejas.

Cristóbal Colón introdujo la caña en América en su segundo viaje (1493) a la Isla de La Española, cañas que no prosperaron. Tan solo en 1501 fueron introducidas plantas que si crecieron. El éxito de las plantaciones de azúcar en Santo Domingo llevó a su cultivo a lo largo del Caribe y América del Sur.”¹ En 1515 Pietro Speciale inventa un trapiche gracias a lo cual surge la edad de oro del azúcar. El gran impulso de la industria de la caña empezó por 1920.

1.3 Caña de azúcar

Pertenece a la familia de las gramíneas, su forma es recta consta de una parte exterior formada por la corteza, comúnmente cubierta de una capa de cera de grosor variable que contiene el material colorante, una porción interna constituida por el parénquima y paquetes fibrovasculares dispuestos longitudinalmente, terminando en hojas o yemas. El tallo almacena sustancias de reserva en forma de carbohidratos, tales como: glucosa, fructosa y sacarosa; la sacarosa es sintetizada por la caña gracias a la energía tomada del sol durante la fotosíntesis y constituyente aproximadamente el 50% del total de la materia seca del tallo maduro de la caña.

1.3.1 Partes de la caña de azúcar

La raíz sostiene y permite la alimentación de la caña la cual puede desarrollar varias raíces, por ende es importante la selección del suelo.

El tallo tiene secciones compuestas con nudos y entrenudos, de donde brotan yemas que sirven para dar origen a nuevas cañas.

¹ [http: / www.procana.org/canazuc.htm](http://www.procana.org/canazuc.htm)

El tallo está lleno de tejido esponjoso y es importante por su capacidad de almacenar azúcar, son cilíndricos de 2 a 5 metros de altura. Su diámetro es variable de 2 a 4 cm esto depende de la variedad de caña y de la zona.

Las hojas permiten la fotosíntesis y se insertan alternadamente las hojas delgadas nuevas.

1.4 La caña de azúcar en Cotopaxi

El cultivo de caña en la Provincia de Cotopaxi lleva ya más de 100 años, y la más común es la caña “cunchibina” o RAGNAR aunque la cosecha de la planta se realiza aproximadamente cada año (en las regiones cálidas), su rápida capacidad de rebrote permite varias cosechas sucesivas a partir de la siembra inicial. En el Ecuador las renovaciones del cultivo se realizan entre cada cuatro y ocho años, es común encontrar en las zonas paneleras cultivos con más de 20 años. Al ser un cultivo de ciclo largo permite una captura permanente de la luz solar, disminuye los riesgos asociados a la siembra en los cultivos de ciclo corto y anuales, manteniendo una cobertura constante sobre el suelo lo que disminuye el control de malezas y permite un uso más eficiente del agua para su riego. La caña se cosecha seleccionando la más madura, dejándose el resto de caña en desarrollo hasta que complete su madurez.

La zona estudiada sobre cultivos de caña de azúcar comprende desde la parroquia Pinllopata al norte y la parroquia Quinsaloma al sur, correspondiendo tanto a la provincia de Cotopaxi y Los Ríos respectivamente.

En la tabla 1.1, se evidencia las Unidades de producción agrícola (UPAs) y la superficie plantada en la provincia de Cotopaxi:

PROVINCIA	Caña de azúcar para alcohol y panela	
	UPAs (Unidad de Producción Agrícola)	Superficie plantada hectáreas
Cotopaxi	2821	6900

TABLA 1.1 NÚMERO DE UPAs Y SUPERFICIE PLANTADA DE CAÑA DE AZÚCAR EN COTOPAXI

FUENTE: III Censo Nacional Agropecuario Año 2000

1.4.1 Características de cosecha

- La cosecha se realiza en intervalos de 3 a 4 meses.
- El crecimiento de la caña de azúcar desde semilla hasta tallo maduro toma 1 año cuando el terreno es nuevo; y hasta 1.5 años en terrenos duros y viejos.
- En zonas altas que sobrepasan los 1000 msnm como por ejemplo en El Corazón cabecera del Cantón Pangua, el crecimiento de la caña de azúcar va de 2 a 3 años aproximadamente.
- La caña de azúcar es óptima para la zafra cuando la caña no se voltea, ni crece a nivel del piso; esto sucede más en zonas que sobrepasan los 850 msnm, en este caso hasta el recinto Providencia Baja en el Cantón Pangua.
- La caña de azúcar presenta dificultad de zafra cuando es cultivada en zonas bajas menores a 850 msnm, tal como sucede en la parroquia Moraspungo, en esta zona la caña tiende mucho a voltearse y no existe un adecuado crecimiento.
- La caña de azúcar crece con normalidad y con rectitud en las cimas de las colinas, o se recomienda su cultivo en zonas de bajada. No se recomienda la siembra en zonas planas.
- La caña de azúcar no tiende a voltearse mucho cuando es sembrada en suelos de barro.
- La caña de azúcar es cultivable suficientemente con la siembra del cogollo teniendo 2 nudos. Produciendo de la misma, un retoño hasta de 6 cañas por cogollo sembrado.

1.5 Variedades

La variedad de caña utilizada es un factor que incide en los costos de producción porque las distintas variedades producen diferentes rendimientos en panela. Por ende deben seleccionarse las que se desarrollan mejor en las

condiciones ambientales de cada zona productora. Desde el punto de vista agrícola se deben seleccionar las variedades resistentes a las enfermedades, plagas, insectos y deben preferirse las variedades que producen el mayor tonelaje por hectárea, que tienen el mayor contenido de sacarosa. La introducción de variedades comerciales que existen en el país es la forma más económica de mejorar la producción.

Las variedades POJ-2878 o Cubana - Criolla y Cunchibina son las más cultivadas en el Cantón Pangua de la Provincia de Cotopaxi. Los nombres característicos van de acuerdo con la tradición de la zona.

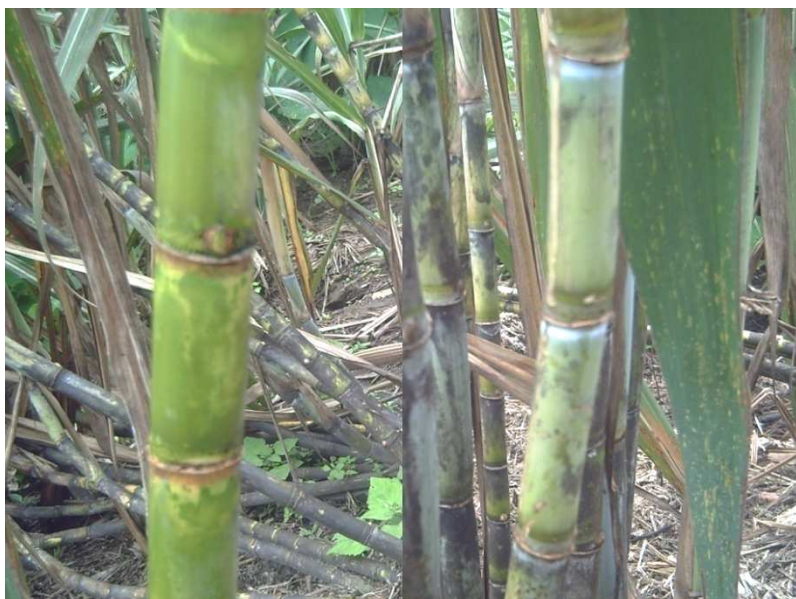
Las variedades que se pueden y las que no se pueden sembrar deberán ser aprobadas por los directivos de los centros de investigaciones como por ejemplo el INIAP (Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias), MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería).

1.5.1 Caña de Cubana – Criolla

La caña cubana – criolla cuya designación técnica es POJ-2878 según el Ministerio de Agricultura y Ganadería, presenta las siguientes características:

- Aspecto verdoso claro en invierno.
- Maduración en verano con aspecto verdoso amarillento.
- Gran calidad y sabor.
- Contextura delgada – media.
- Longitud promedio: 2-3 m (para producción) excepto base raíz y cogollo, longitud máxima de la caña cubana: 3.5 m.
- Hojas verde limón.
- Longitud entre nudos: 9-12 cm.
- Tiene forma decreciente hacia el cogollo hasta formar nudos de 5 a 6 cm de distancia entre nudos.

En la figura 1.2 se evidencia la diferencia entre una caña madura y tierna del ejemplar de la caña cubana-criolla que se encuentra en la región:



MADURA

TIERNA

Fig. 1.2 EJEMPLAR DE LA CAÑA "CUBANA-CRIOLLA"

Un promedio del grosor de la caña cubana-criolla del sector mencionado – Hacienda Bellavista en la Provincia del Cotopaxi se muestra en la tabla 1.2:

Nº	DIÁMETRO mm		
	TALLO MEDIO	TALLO BASE	TALLO ALTO (COGOLLO)
1	48.05	58.20	38.60
2	44.40	51.10	34.90
3	45.00	60.30	39.85
4	47.80	58.80	33.00
5	45.50	59.15	34.20
6	43.30	59.00	36.35
7	44.40	57.75	35.10
8	43.55	57.70	34.30
9	43.35	59.50	32.20
10	43.25	56.35	36.75
\bar{x}	44.10	58.53	34.60

TABLA 1.2 PROMEDIO DEL GROSOR DE LA CAÑA CUBANA-CRIOLLA
HACIENDA BELLAVISTA - CANTÓN PANGUA - PROVINCIA COTOPAXI

1.5.2 Caña de azúcar Cunchibina

Su designación técnica es RAGNAR de acuerdo al Ministerio de Agricultura y Ganadería.

Esta variedad de caña de azúcar es exclusiva para producción panelera y de aguardiente, presentando las siguientes características:

- Aspecto rojo marrón y amarillo anaranjado de hojas verdes limón.
- Buen sabor de contextura gruesa y media.
- Para la determinación de la madurez se considera el color del tallo y no la flor.
- Longitud promedio: 4 – 5 m.
- Longitud máxima de caña para la producción: 6 m, exceptuando cogollo y base.
- Longitud entre nudos 12 – 15 cm.
- La caña tiene nudo decreciente hacia arriba de 3.5 – 4 cm del nudo.

La figura 1.3 evidencia la coloración que adopta la caña cunchibina desde su parte baja y media hasta la parte más alta incluyendo el cogollo.



TALLO MEDIO

TALLO ALTO

Fig. 1.3 EJEMPLAR DE LA CAÑA “CUNCHIBINA”

Un promedio del grosor de la caña cunchibina se muestra en la tabla 1.3:

Nº	DIÁMETRO mm		
	TALLO MEDIO	TALLO BASE	TALLO ALTO (COGOLLO)
1	53.10	68.80	35.30
2	53.40	64.45	34.10
3	54.55	64.20	35.80
4	55.50	60.05	33.85
5	59.40	62.35	33.60
6	53.60	61.45	32.80
7	56.60	62.70	35.00
8	58.45	64.10	32.00
9	57.00	66.55	36.85
10	53.80	61.15	33.75
X̄	54.69	62.56	34.31

**TABLA 1.3 PROMEDIO DEL GROSOR DE LA CAÑA CUNCHIBINA
HACIENDA BELLAVISTA - CANTÓN PANGUA - PROVINCIA COTOPAXI**

Existen otras variedades de caña en la zona, tales como: la caña Gallinaza de aspecto morado tanto en hojas, tallo y cogollo, la caña Limeña de aspecto amarillento con líneas verdes similar que en la localidad de Baños y la caña Cuencana de aspecto morado y contextura delgada.

El Centro de Investigación de la Caña de Azúcar del Ecuador “Cincae” presento en el 2007 la primera variedad ecuatoriana de caña de azúcar denominada ECU-01 que permite un crecimiento cercano al 18% en la productividad por hectárea.

Las dos primeras variedades de caña de azúcar: cubana – criolla y cunchibina son las que más extensiones de territorio ocupan en la zona del Cantón Pangua de la Provincia de Cotopaxi en la actualidad; este proyecto está enfocado en estas dos variedades.

1.6 Aplicaciones de la caña de azúcar

Una caña de azúcar bien dulce tiende a tener una gran producción de subproductos que se pueden obtener de ella como por ejemplo: alcohol, licores, azúcar blanca, panela granulada y sólida, alimentos para animales como melazas, biocombustibles, abono, papel a base del bagazo, etc.

Al ser un producto terminado de manera natural, la panela se puede utilizar en la preparación de bebidas refrescantes y calientes, repostería, conservas de frutas y verduras, endulzar jugos, tortas, bizcochos, galletas y postres, mermeladas, y es preferida en algunos países por sus cualidades nutritivas.

También la caña de azúcar al ser mezclada con urea y balanceado es ideal para alimentar el ganado vacuno, esta aplicación se descubrió en Brasil en 1950. Desde esa época se han realizado variables genéticas de la especie, hasta lograr tres variedades que son las de mayor cultivo en las haciendas brasileñas. Entre los beneficios de alimentar a los vacunos con caña están: incremento del 60% en la producción de leche, mayor resistencia a las enfermedades y un mejoramiento en el peso del ganado. En la zona de Alluriquín, Baeza y Quito se aplica este alimento en el ganado vacuno. Se puede impulsar el cultivo de caña en la zona de Santo Domingo de los Colorados de acuerdo con las características que presenta el suelo.

“La panela granulada tiene aplicación médica como cicatrizante para el tratamiento de heridas en humanos, registrándose tasas de cicatrización de 0.61 a 4.01 cm²/día, similares a las de productos farmacéuticos del mercado pero a menor costo. De acuerdo con las pruebas médicas este producto se puede utilizar para el tratamiento de úlceras vasculares, dehiscencias de heridas, complicaciones quirúrgicas, y úlceras de presión. Se determinó, además que la panela de uso médico debe elaborarse, bajo estrictas normas de calidad que eviten la contaminación microbiana del producto,”² también se recomienda para malestares de los resfriados y gripas.

²<http://www.corpoica.org.co>

En las molindas se obtiene el bagazo como resultado de la extracción del jugo en el trapiche, el mejor aprovechamiento del bagazo como combustible contribuye a rebajar los costos de producción, pero en ocasiones conserva una humedad con un contenido de jugo que no se extrae ocasionando pérdidas de jugo y disminuyendo el poder calórico del mismo. Es necesario someterlo a un proceso de secado al ambiente en sitios llamados bagaceras, bajo cubierta y por algunos días, revolviéndola en forma esporádica para que se seque antes de quemarla.

Los subproductos más importantes son: la Melaza que se usa para la elaboración del alcohol y como alimento para el ganado. Se puede obtener de 17 a 32 lt por cada tonelada de caña. La Cachaza es un subproducto que se obtiene de la extracción del jugo y que se utiliza como alimento y fertilizante (abono orgánico), por cada tonelada de caña se obtiene 0.04 TM.

Una aplicación importante del bagazo es producir energía eléctrica como hacen los Ingenios Azucareros San Carlos y Valdez; este último genera 6 MW, de los cuales 4.5 MW se vende al Sistema Nacional Interconectado (SIN), además el bagazo sirve como abono para el mismo suelo donde se cultiva la caña y de alimento para el ganado equino, vacuno, porque es rico en azúcares y el 50 % está constituido por fibra.

El alcohol que se obtiene de la destilación del jugo fermentado de la caña sirve para la obtención de los "biocombustibles" que son combustibles obtenidos del agro para ser usados puros o mezclados con los combustibles fósiles tradicionales para mejorar su calidad y sus emisiones ambientales.

El Bioetanol obtenido por la fermentación de productos ricos en azúcares, almidones o celulosas y el biodiesel obtenido de aceites vegetales como la palma africana, girasol, higuera, soya, el alcohol carburante mezclada con la gasolina súper y extra, no requiere modificaciones en el automóvil.

La producción en el Ecuador de Etanol Anhidro es aproximadamente 60000 litros/día.

El porcentaje de alcohol en la formulación de gasolina extra, se irá incrementando conforme incrementa la disponibilidad de etanol anhidro en el país, hasta llegar al 10%. Cuando la mezcla sea del 10% hasta el 20% se tendrán modificaciones en el carburador que no podrá ser aluminio expuesto; y si lo es deberá de ser sustituido o protegido con tratamiento superficial o anodizado.

En motores con inyección electrónica no se necesita hacer modificaciones. Las ventajas que se obtienen con el bioetanol y biodiesel son:

- Reducción de la contaminación ambiental y consumo de combustibles fósiles.
- Incremento de uso de biocombustibles por ser más económico.
- Reducción de emisiones que contribuyen al efecto invernadero (CO, CO₂, SO_x), el efecto invernadero absorbe y retiene una parte de la energía radiada por el sol.
- Reducción de daños a la capa de ozono.
- Reducción de contenido de Aromáticos, Bencenos, Olefinas y Azufre.
- Nuevas plazas de trabajo.
- Incremento de cultivos de caña de azúcar y plantas oleaginosas.”³

1.7 Fraccionamiento de la caña de azúcar⁴

En el siguiente mapa conceptual (Fig. 1.4) se expresa la división en peso de la caña que resulta de su proceso.

³ Ministerio de Energía y Minas – MAG, Programa Nacional de Biocombustibles, 2007

⁴ Duarte, 1981 F. *Conservación de jugo de caña con amoníaco y alimentación de novillos con jugo de caña y forrajes de leucaena. Tesis para optar por el título de Maestro en Ciencia Animal Tropical. Universidad de Yucatán – Mérida, México.*

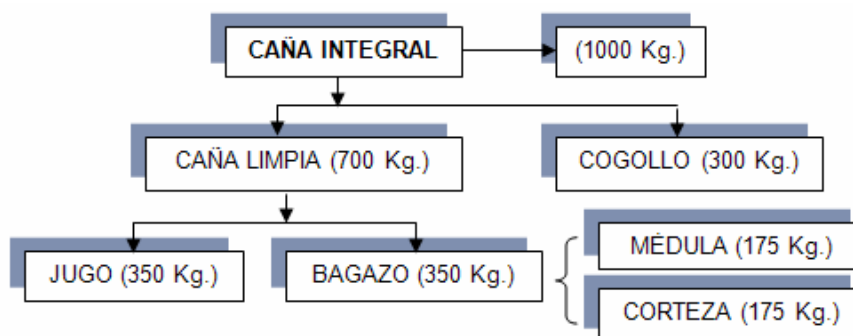


Fig. 1.4 FRACCIONAMIENTO DE LA CAÑA

1.7.1 Composición química de la caña

El flujograma de la Fig. 1.5 describe la constitución de una caña indicando la composición química de la fibra, los sólidos solubles, desarrollando el fenómeno de la inversión de la sacarosa.

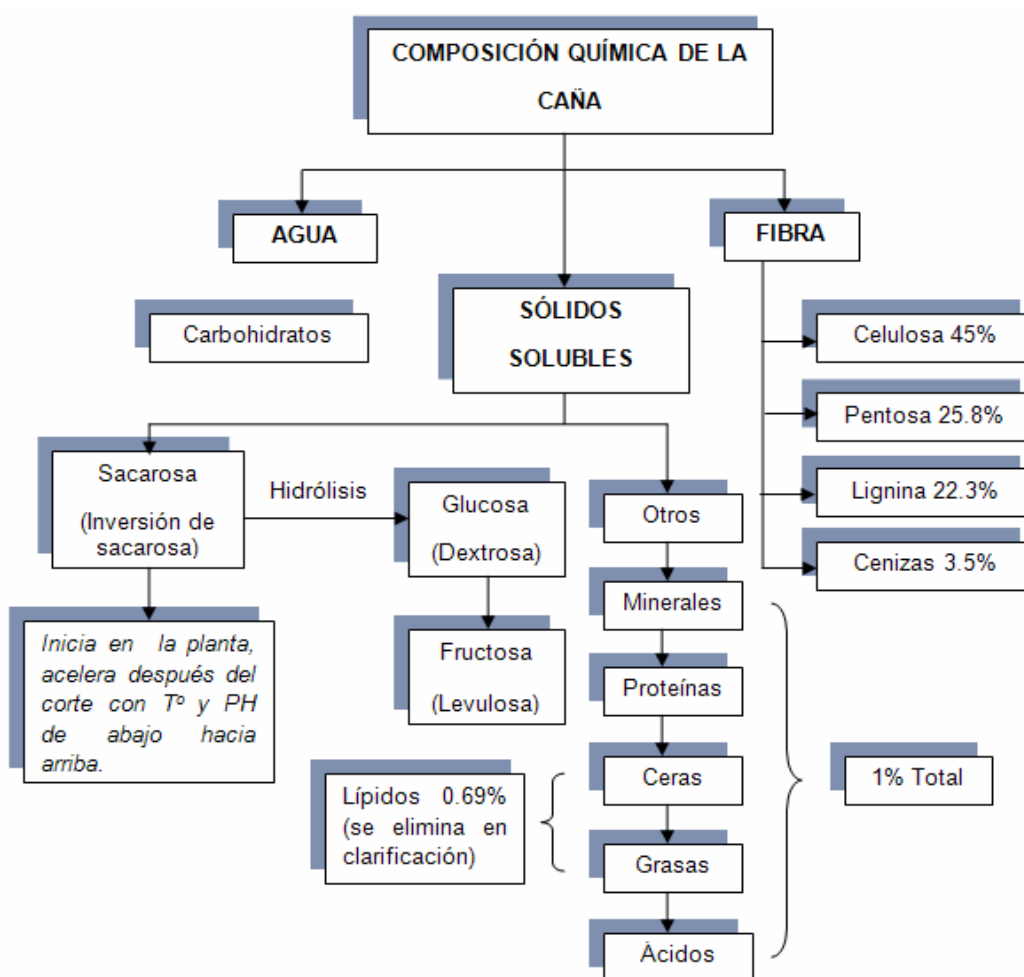


Fig. 1.5 COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA CAÑA

En el Ecuador el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) emplea una ficha técnica exclusiva para la descripción de las características generales de la caña de azúcar que se cultiva a nivel nacional. (ANEXO 1.1).

1.8 Factores importantes en la producción de panela

En la industrialización de la producción de panela para obtener una mejora en la calidad del producto se controlan tres factores importantes: el PH, la acidez y el BRIX.

- El PH que indica el medio ácido, básico o neutro de una solución cualquiera, del PH depende la estabilidad de la dispersión coloidal, la actividad enzimática y la acción de sustancias clarificantes.

- La acidez donde las fermentaciones de los azúcares está siendo transformados a ácidos orgánicos reportándose un valor promedio de 1.54 % de ácido aconítico en el jugo de caña natural.

- El BRIX es el porcentaje en peso de los sólidos de sacarosa totales contenidos en el jugo de caña. Los valores de grados Brix está relacionado con fermentaciones naturales que se producen en el jugo de la caña, al medir en temperatura ambiente y refrigerada el descenso de Brix es diferente, pues en refrigeración los procesos biológicos se retardan. Su medición en la panela resulta muy compleja puesto que la temperatura es elevada y la textura (miel) no permite una adecuada apreciación. Una solución de 25 °Bx tiene 25 gramos de azúcar (sacarosa) por 100 gramos de líquido o, hay 25 gramos de sacarosa y 75 gramos de agua en los 100 gramos de la solución.

Sin embargo la caña de azúcar tiende a perder sacarosa perjudicando su rendimiento en la elaboración de panela, las causas principales que inciden en la pérdida de sacarosa son: Inversión y Deshidratación.

- Inversión, proceso donde la sacarosa se desdobra en un medio ácido en glucosa y fructosa, son productos que se fermentan fácilmente disminuyendo por lo tanto el contenido de azúcares, el poder edulcorante y el rendimiento final.
- Deshidratación, proceso que disminuye el agua de la caña y aumenta la concentración de sacarosa en las fibras, quedando una mayor cantidad de sacarosa sin extraer en el bagazo después de la molienda.

1.9 Descripción del proceso de producción de panela

En el Ecuador, la producción de panela tanto en los ingenios como en las pequeñas fincas tiene una secuencia de producción casi semejante difiriendo en la forma como la desarrollan, iniciando con los procesos de corte, transporte, molienda, etc., culminando con su almacenamiento y distribución.

1.9.1 Panela Granulada

La panela o azúcar integral de caña es un alimento básico obtenido por concentración de los jugos de la caña de azúcar (*saccharum officinarum*) constituyendo un edulcorante natural que no se obtiene por procesos de síntesis química, se deshidrata y se cristaliza la sacarosa solo por evaporación y es más pura que el azúcar, por mantener todos los nutrientes. La granulación se obtiene por batido. En el diagrama de la Fig. 1.6 se indica la secuencia de la producción recalando el proceso que se desea mejorar con el prototipo.

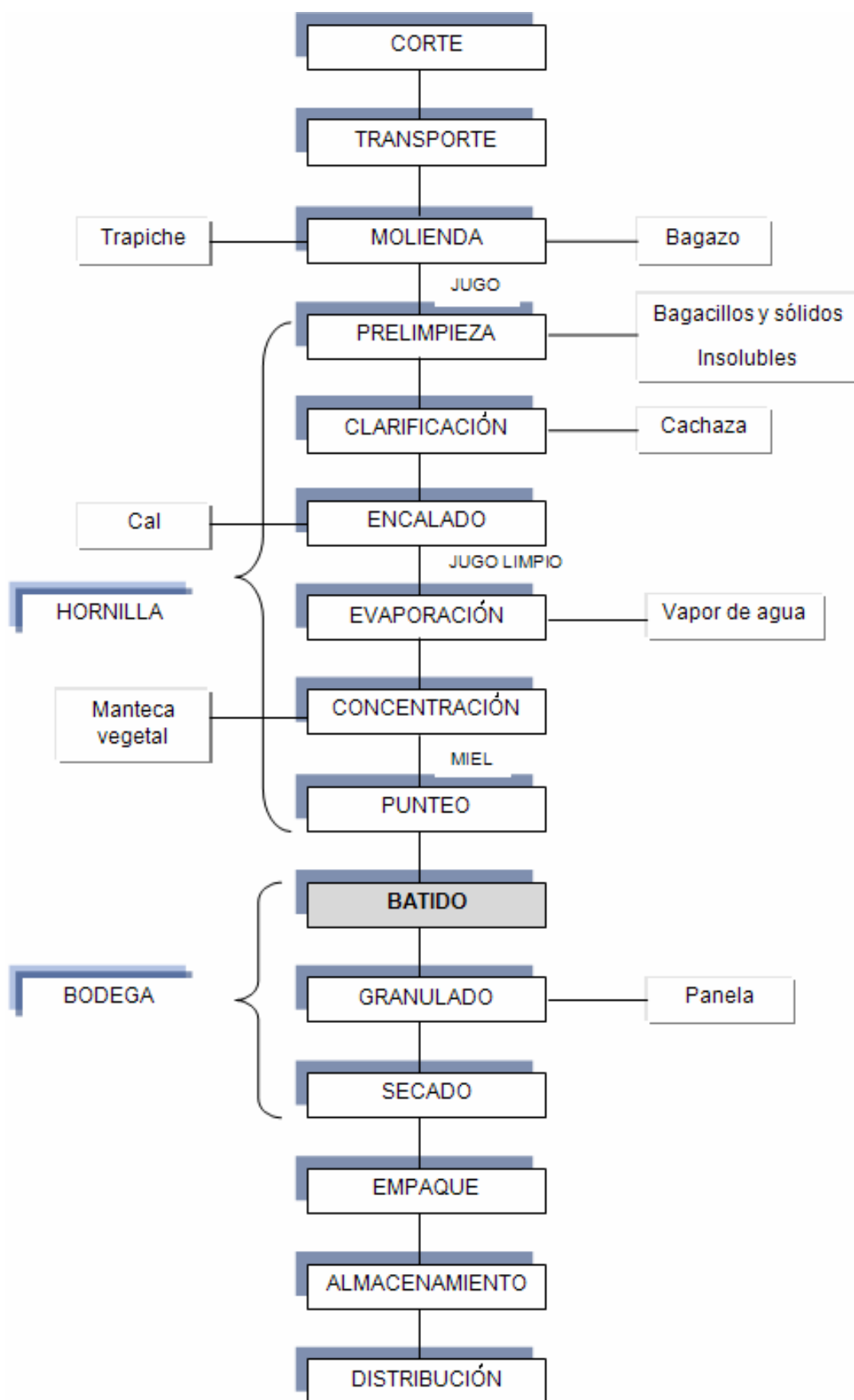


Fig. 1.6 PROCESO DE FABRICACIÓN DE PANELA

Durante muchos años la panela se ha producido en el Ecuador en forma artesanal sin darle mayor valor agregado al producto y sin haber sido objeto de cambios tecnológicos significativos en su proceso de obtención. En el país se cuenta con la Norma Técnica Ecuatoriana INEN AL2 332:2002 relacionada con la Producción de Panela Granulada. (ANEXO 1.2).

1.9.2 Corte

En otros países como por ejemplo Brasil, en donde la producción de caña de azúcar es muy grande, se emplean cosechadoras exclusivas para el cultivo de caña, siempre y cuando el terreno permita el manejo de las mismas.

En el Ecuador el proceso de corte de la caña se lo realiza en forma manual porque la caña de azúcar es cultivada en su mayor parte en terrenos irregulares especialmente en laderas y colinas por lo cual no es factible que se utilice maquinaria de cosecha como ocurre en la Hacienda Bellavista del Recinto Agua Santa (ANEXO 1.3). El proceso consiste en el empleo de personas que con un machete cosechan la caña, actividad denominada zafra. (Fig. 1.7). El corte debe ser hecho en bisel, inclinado aproximadamente unos 45° permitiendo de esta manera que el corte se realice en una pasada por ende hay más facilidad.



Fig. 1.7 ZAFREROS

El corte de la caña se debe realizar cuando obtiene la mayor concentración de sólidos solubles, y alcanza la madurez en sacarosa. Las cañas inmaduras y sobremaduras dan rendimientos menores y poseen mayor cantidad de azúcares reductores lo que influye negativamente en la dureza y el color de la panela, ésta debe llegar al trapiche libre de hoja y cogollo, materiales que contienen compuestos que generan coloraciones indeseables en los jugos y azúcares reductores, desmejorando la dureza y textura de la panela.

Una vez cortada la caña debe almacenarse máximo por tres días, después del cuarto día la inversión es alta, aumentando el porcentaje de reductores. El pH de los jugos al iniciar el proceso en la hornilla cuando ha tenido un buen manejo agronómico es de 5.2. La maduración ideal es alcanzada en un período de 12 a 18 meses después del cultivo, dependiendo de la variedad. Debe ser cultivada en suelos debidamente corregidos en cuanto a nitrógeno, fósforo y potasio.

El corte de la caña debe acontecer en el mismo día en que va a ser procesada, observándose la capacidad de producción diaria de la unidad de procesamiento. El rendimiento de corte en una cosecha por entresaque es menor que el rendimiento para el corte por parejo. El sistema de corte predominante en la zona de Cotopaxi es el corte por entresaque.

El proceso se inicia con el corte de la caña. Hay dos formas de realizar esta tarea: una es por parejo que es el más usado y recomendado, la otra por entresaque o desguíe. En el primer caso el corte es general, mientras en el segundo sólo se cortan los tallos maduros, dejando los tiernos en el lote. El corte por entresaque es el más común en las zonas cañicultoras por que solo se deben utilizar cañas maduras, permitiendo que la cosecha sea de forma continua con intervalos de 3 a 4 meses aproximadamente.

“El Ingenio Valdez en el año 2006 realizó la zafra número 122 que concentra a 3350 jornaleros cada año siendo el más antiguo del país, logró en el 2004 una producción de 3´134.000 sacos de azúcar de 50 kilogramos.”⁵

⁵ El Comercio NEGOCIOS 2006-07-07

1.9.3 Transporte

La caña puede ser transportada hasta la molienda a través de camiones cuando el lugar es lejano y existen carreteras habilitadas, depende las condiciones topográficas de las zonas paneleras.

En la zona estudiada para el transporte se utilizan equinos (mulares, acémilas, caballo) ensillados, colocándoles una estructura de madera “angarilla” con cuatro soportes de madera o metal, introducidas en las bases de la misma (Fig. 1.8). En forma equilibrada se colocan las cañas sobre estos soportes, utilizando sogas propias de la angarilla esta se puede sujetar con fuerza.

La capacidad de carga de cada animal va de 2 a 3 quintales de caña. El mular debe tener la suficiente fuerza y resistencia para llevar este peso al área de molienda (trapiche) desde el interior del cañaveral.



Fig. 1.8 MEDIO DE TRANSPORTE EN ZONAS CAÑICULTORAS

1.9.4 Molienda

La máquina para la obtención de panela es el trapiche que consta generalmente de dos rodillos o mazas alineados paralelamente entre sí que pueden ser de madera o de metal.

Una de las mazas va sujetado a un brazo de palanca que es de madera, obteniéndose una fuerza necesaria para el accionamiento del mecanismo lo que permite la extracción del jugo de la caña. En molindas más modernas el

brazo de palanca es sustituido por poleas sujetas al eje de un motor por medio de bandas generando la misma fuerza o mayor gracias a la potencia que genera un motor eléctrico o de combustión interna.

En la extracción de jugos se obtienen dos productos: el jugo crudo como producto principal y el bagazo húmedo. El nivel de extracción y la concentración de sólidos solubles de los jugos como la sacarosa, afectan directamente el rendimiento en la producción.

El porcentaje de extracción (*peso del jugo x 100 / peso de la caña*) depende de las condiciones de operación del molino y tiene efectos marcados sobre la calidad y cantidad de jugo que se obtiene; se consideran satisfactorias aquellas relaciones que están entre 58 a 63%, se obtienen de 580 a 630 litros de jugo por tonelada de caña. En términos generales para molinos de 3 rodillos una extracción óptima está en 58 – 60% y para molinos de 6 rodillos hasta el 68%. En la tabla 1.4 se observa la cantidad de componentes del jugo en porcentajes promedio de una caña de azúcar.

COMPONENTES DEL JUGO DE CAÑA	CANTIDAD %
Azúcares	72 – 92
Sacarosa	70 – 88
Glucosa	2 – 4
Fructosa	2 – 4
Sales	3 – 4.5
Ácidos orgánicos libres	1.5 – 5.5
Carboxílicos	1.1 – 3
Aminoácidos	0.5 – 2.5
<i>Componentes orgánicos menores</i>	
Proteínas	0.5 – 0.6
Almidón	0.001 – 0.05
Gomas	0.3 – 0.6
Cera, grasas fosfatadas	0.05 – 0.15
Otros	3 – 5

TABLA 1.4 COMPOSICIÓN QUÍMICA PROMEDIO DE LOS SÓLIDOS EN LOS JUGOS.

FUENTE: <http://www.quassab.com/Es/LaPanela/Default.asp#Corte>

1.9.5 Limpieza

En la operación de limpieza se retiran todas aquellas impurezas gruesas y de carácter no nutricional que se pueden separar de los jugos por medios físicos por la decantación –precipitación- y la flotación, así como por medios térmicos y bioquímicos que buscan obtener un producto de óptima calidad. Esta etapa consta de las operaciones de: prelimpieza, clarificación y encalado.

1.9.5.1 Prelimpieza

Consiste en limpiar el jugo crudo, tan pronto sale del molino (Fig. 1.9 a) utilizando un sistema denominado “prelimpiador” el cual retiene por decantación las partículas pesadas (tierra, lodo, arena), y por flotación las partículas livianas (bagacillos, hojas, insectos, etc.).



(b)

Fig. 1.9 (a) SALIDA DE JUGOS DEL MOLINO

(b) PAILA RECIBIDORA DE JUGOS

Las impurezas flotantes se deben retirar varias veces al día durante la molienda, 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, el prelimpiador debe estar situado entre la salida del molino y la paila recibidora (Fig. 1.9 b).

Cuando el volumen de molienda es significativo, es recomendable ubicar un segundo prelimpiador a continuación del primero, para asegurar una limpieza completa de los jugos. Para una buena limpieza del jugo se recomienda coladores, tamizadores de tela intermediarias (media, fino, y finísimo). Mientras más limpio el jugo, más fácil será la etapa de purificación, y mejor será la calidad del producto.

1.9.5.2 Clarificación

Terminada la prelimpieza se pasa el jugo a la paila recibidora a una temperatura ambiente para iniciar su calentamiento hasta 50 – 55°C, calentamiento suministrado por la hornilla. El calentamiento del jugo acelera su velocidad de movimiento, lo que permite la coagulación o formación de partículas de mayor tamaño y densidad, estas partículas son fácilmente removibles por medios físicos. Así, cuando los jugos llegan a temperaturas entre 75° y 82°C, se forma en la superficie la llamada “cachaza negra” –capa inicial de impurezas resultantes-, la cual se retira usando tamizadores conocidos como cachaceras (Fig. 1.10).

A continuación se forma una segunda capa conocida como cachaza blanca, más liviana que la anterior, que se debe retirar con prontitud, pues si los jugos alcanzan la ebullición, se hace muy difícil remover las impurezas y la panela se torna en un medio susceptible de crecimiento de hongos y levaduras, al mismo tiempo que disminuye ostensiblemente su estabilidad y tiempo de almacenamiento. Por tanto, una clarificación adecuada determina, en gran parte, la calidad final de la panela y su color. Cuando se observa el jugo brillante y transparente, se considera listo para pasarlo a la segunda etapa, la evaporación. La cachaza se lleva a la paila cachacera donde se concentra hasta formar el melote.



Fig. 1.10 DESCACHAZADO o CLARIFICADO

Parte de las sustancias precursoras y generadoras de color e impurezas en el producto final, permanecen en solución, sin poder ser removidas debido a su tamaño y requieren la adición de sustancias que permitan su eliminación manual, para ello es recomendable adicionar una porción del 1% de agua con respecto al jugo para extraer al máximo la cachaza presente en el jugo.

1.9.5.3 Encalado ⁶

En la última fase de limpieza se adiciona cal con el objeto de regular el pH de los jugos, evitar la hidrólisis, mejorar el grano y dureza de la panela. Un valor de 5.8 previene la formación de azúcares reductores y ayuda a la clarificación de los jugos porque hace flotar la materia orgánica. La cal usada debe ser de grado alimenticio para que no contamine la panela con sustancias indeseables; para facilitar la disolución en los jugos, el diámetro de las partículas de cal (su granulometría) debe ser fino.

⁶ http://www.fedepanela.org.co/historia_gremios3.htm

La calidad de la cal es un factor importante a tener en cuenta en el proceso de producción de panela pues si la cal no es grado alimenticio, su adición aporta impurezas al producto final. La calidad de la cal se determina por análisis de laboratorio, lo más importante es porcentaje de CaO aprovechable.

El sobrecalentamiento de los jugos deriva en la formación de panela con colores oscuros de poca aceptación en el mercado. Contrariamente, una deficiente adición de cal, favorece el incremento de azúcares invertidos en el producto final, lo que estimula su contaminación por hongos y reduce su vida útil. Se ha observado que requiere mayor inclusión de cal aquella caña que proviene de suelos recién desmontados y/o ricos en materia orgánica, así como la que viene de cortes inmaduros o pasados de madurez (florecidos), de primer corte, con cuatro o más días de aprontada y de tallos fuertemente afectados por el ataque de barrenadores.

1.9.6 Evaporación

Es la etapa donde se produce el cambio de fase del agua (de líquido a vapor), se elimina cerca del 90% del agua presente, los jugos permanecen a la temperatura de ebullición del agua (Fig. 1.11).

La evaporación permite alcanzar la concentración de sólidos apropiada para la consolidación y moldeo de la panela, también permite eliminar cachaza fina o blanca. Los jugos se desplazan entre estos recipientes por paleo manual y, al finalizar su tránsito, se denominan mieles, con contenido de sólidos solubles cercano a los 70° Brix. Estas operaciones se llevan a cabo en pailas o recipientes dispuestos en línea y debe ser un proceso rápido, pues el tiempo de permanencia de los jugos al fuego determina la calidad de la panela.



Fig. 1.11 ESTADO DE EBULLICIÓN DE LOS JUGOS

1.9.7 Concentración

Es la fase final del proceso, se presentan temperaturas superiores a las de ebullición, es importante enfatizar que los jugos en este estado tienden a agitarse mucho, con tendencia al rebote, por lo que los artesanos recurren al venteo o agitado (Fig. 1.12 a), además adicionan agentes antiadherentes como manteca vegetal o cera de laurel (*10 gr., por cada 30 litros de jugo*) con el propósito de evitar que la miel se derrame, agite y se queme en las paredes de la paila. La inversión de la sacarosa es función de la temperatura, el pH y el tiempo de permanencia de los jugos en la hornilla. A partir de los 100°C la inversión se acelera notablemente, por lo que se debe procurar mantener los jugos el menor tiempo posible en esta etapa y a un pH cercano a 5.8, para evitar el aumento de los reductores. Una vez que el jugo está bastante concentrado (Fig. 1.12 b), la meladura llega al punto de concentración preciso para la obtención de panela granulada o “azúcar ecológica”.



Fig. 1.12 (a) MIEL AGITADA CON TENDENCIA AL DERRAME
(b) MIEL EN ESTADO DE CONCENTRACIÓN

1.9.8 Punteo

Durante la concentración se obtiene el punto de panela a temperaturas entre 118 y 125°C, con un porcentaje de sólidos solubles entre 88 y 94° Brix, el punto se determina por la consistencia, color y densidad de las mieles. La temperatura final de punteo depende, en orden de importancia del Brix de las mieles, de la altura sobre el nivel del mar del trapiche, color y la pureza de las mieles. La velocidad de respuesta que determine el punto de la panela debe ser alta, porque los cambios de las características ocurren rápidamente en las mieles en su punto final y éstas se pueden caramelizar fácilmente y en caso contrario se dificultará la solidificación.

La determinación del Brix, de las mieles, es un poco complicada y como la determinación de la pureza llevaría demasiado tiempo, es imposible realizarla cuando no se tiene un laboratorio químico. La temperatura de ebullición de las mieles se relaciona con la presión atmosférica del lugar. En general las propiedades físicas valoradas para la panela son la viscosidad, color y adherencia de las mieles, que el operario evalúa a ojo, específicamente emplean un método práctico en la que se procede a introducir una porción de miel a punto en agua, su contextura debe ser quebradiza y de color caramelo-marrón tal como se observa en la Fig. 1.13 a y b.

En esta etapa es importante tener en consideración que el producto obtenido durante el punteo debe estar libre de contaminación microbiológica para no contaminar el producto y con ello disminuir su vida útil.



(a)

(b)

Fig. 1.13 (a) PUNTO DE MIEL

(b) CARAMELO DE CONSISTENCIA ELÁSTICA Y QUEBRADIZA

1.9.8.1 Guía de colores en la etapa de punteo

Para el desarrollo de la guía de colores en la determinación aproximada del punto de miel, se realizó panela granulada en la zona del Cantón Pangua – Hacienda Bellavista, considerando específicamente tiempos, temperaturas con sus respectivas muestras, tal como se observa en las tablas 1.5 y 1.6. Tiempo de inicio de la producción **2.25 pm (22/01/2007)**.

Tiempo	Temperatura	Muestra
2:33 pm	20° C	M1 jugo
2:45 pm	65° C	M2 cachaza
3:09 pm	93° C	M3 jugo
3:22 pm	94° C	M4 cachaza
3:26 pm	96° C	M5 jugo
4:40 pm	97° C	M6 jugo
5:21 pm	99° C	M7 jugo
5:32 pm	99° C	M8 punto de miel
6:11 pm	25° C	M9 granulado

TABLA 1.5 VALORES OBTENIDOS EN LA REALIZACIÓN DE PANELA GRANUALDA

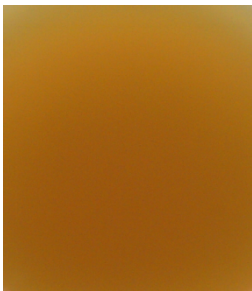

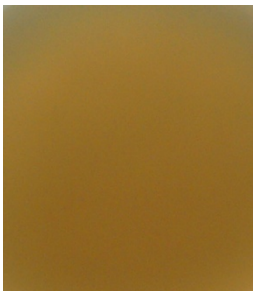






<i>GUÍA DE COLORES PARA DETERMINAR EL PUNTO DE MIEL</i>			
Nº MUESTRA	M1	M2	M3
<i>Color</i>			
<i>Elemento</i>	JUGO	CACHAZA	JUGO
<i>Temperatura</i>	20°C	65°C	93°C
<i>Tiempo</i>	8 min	12 min	24 min
Nº MUESTRA	M4	M5	M6
<i>Color</i>			
<i>Elemento</i>	CACHAZA	JUGO	JUGO
<i>Temperatura</i>	94°C	96°C	97°C
<i>Tiempo</i>	13 min	4 min	74 min
Nº MUESTRA	M7	M8	M9
<i>Color</i>			
<i>Elemento</i>	JUGO	PUNTO DE MIEL	GRANULADO
<i>Temperatura</i>	99°C	99°C	25°C
<i>Tiempo</i>	41min	11 min	43 min

TABLA 1.6 GUÍA DE COLORES PARA LA DETERMINACIÓN APROXIMADA DEL PUNTO DE MIEL

1.9.9 Batido

Una vez obtenido el punto, la miel pasa a bateas de madera, acero inoxidable, aluminio e inclusive bronce, en donde se revuelve mediante un batidor largo de madera en forma manual (Fig. 1.14) contra las paredes de la batea con el fin de disminuir la humedad, enfriarla y evitar que se queme.

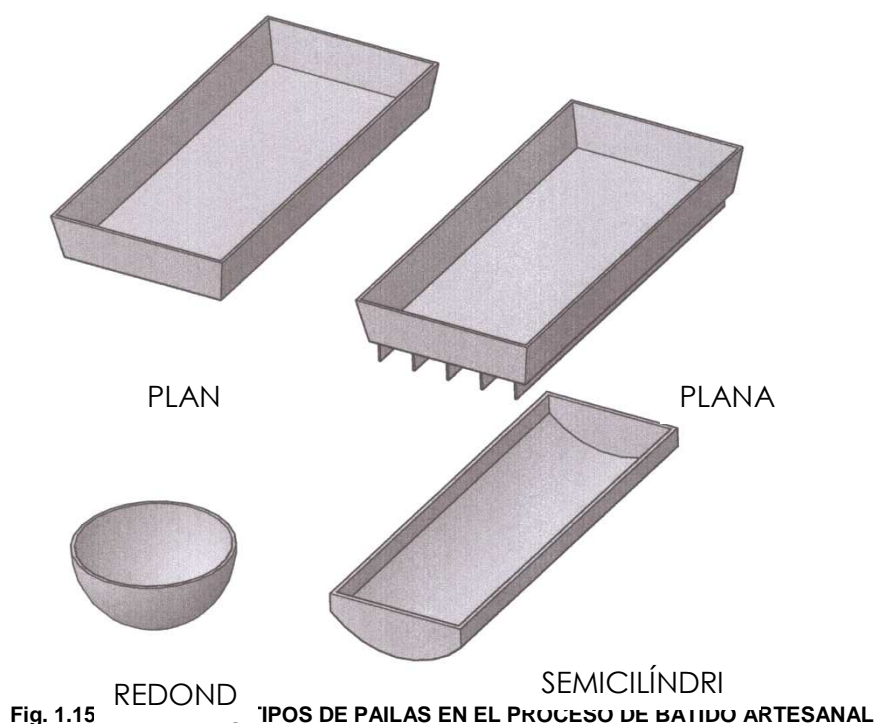
Tanto el conocimiento del pH, el tiempo de proceso, la limpieza, el punto adecuado de la miel y el mismo batido, son técnicas especiales que requieren de personas con gran experiencia y que depende mayormente de la habilidad del operador; pudiéndose dañar el producto si no se realizan adecuadamente. Se ha comprobado que el batido influye en el color de la panela, en su consistencia, y en la textura requerida, de manera que es una etapa de importancia fundamental, pues todas las operaciones y precauciones anteriores pueden no servir si se da un batido inadecuado.

El agua donde se levantan los utensilios debe cambiarse mínimo cada cuatro horas y adicionándose cal para disminuir la fermentación causada por los residuos orgánicos, mantener el máximo de cuidado para no contaminar el producto y con ello disminuir su vida útil. El personal, equipos y utensilios deben estar limpios y libres de contaminación, en todo momento, al igual que el cuarto de batido y moldeo. Este debe estar libre de la presencia de insectos y animales.



Fig. 1.14 PROCESO DE BATIDO ARTESANAL

Existen pailas semiesféricas, semicilíndricas, planas, planas aleteadas. El tamaño y la forma varían de acuerdo con la capacidad de la hornilla y las costumbres regionales tal como se observa en al Fig. 1.15



1.9.10 Granulado

Es otra opción aparte del moldeo; en esta fase la acción de batido debe efectuarse lo más rápido posible para evitar que la masa se seque y se requiere aplicar una agitación constante para garantizar uniformidad de la miel usando palas de madera, además se ha incorporado un cernido de la panela por medio de un tamiz dependiendo del tamaño de grano deseado y los cristales mayores al diámetro de los orificios dados deberán ingresar nuevamente al proceso (paila evaporadora). Una vez tamizado se homogenizan los lotes para obtener un solo color y textura, en un recipiente de acero inoxidable.

En la Fig. 1.16 se evidencia la forma de granulado artesanal que se efectúa en la Hacienda Bellavista con un remo de madera.



Fig. 1.16 GRANULADO ARTESANAL

1.9.11 Secado

La panela es un producto con cualidades higroscópicas, lo cual significa que absorbe o pierde humedad por su exposición al ambiente; ello depende de las condiciones climáticas del medio y de la composición del producto, también es propensa a sufrir alteraciones cuando presenta bajos contenidos de sacarosa. A medida que aumenta su absorción de humedad, la panela se ablanda, cambia de color, condiciones aptas para la contaminación por microorganismos. La humedad ambiental en términos generales, es alta ya que la mayoría de centros productores de panela en Ecuador se encuentran en estribaciones andinas, tanto orientales como occidentales, que tienen un clima predominantemente húmedo, lo cual es desfavorable para la conservación de la panela, por ende el lugar donde se realice se adaptará una ventilación e iluminación apropiada que permiten disminuir la humedad ambiental. La temperatura de secado no debe ser muy alta. El secado es muy importante para evitar que el azúcar se compacte, el tiempo dependerá de la cantidad a secar.

1.9.12 Empaque

El producto se debe empacar en frío en un sitio limpio. El empaque no solo debe proteger el producto sino identificar la industria alimenticia que lo produce, el producto y propiedades nutricionales, y hacerlo atractivo al consumidor. El polietileno biorientado de 300 micras ofrece una buena presentación y preserva la panela de la humedad.

Los materiales más usados para empacar y embalar la panela, son en nuestro medio, las hojas de plátano, hojas de bijao, hojas de caña, los costales, el cartón y el plástico termoformable. Sin embargo, el más adecuado es el cartón, material que cumple con la función de aislar el producto del ambiente externo, previniendo la absorción de humedad, además de ser reciclable. Los materiales plásticos termoformables y las láminas de aluminio plastificado son ideales para almacenar la panela durante largos períodos sin que se modifiquen sus características; adicionalmente, facilitan el diseño de empaques individuales higiénicos que satisfacen las expectativas del consumidor.

1.9.13 Almacenamiento

La velocidad de las reacciones químicas de degradación microbiológica o enzimática, que experimentan los productos biológicos, se relaciona siempre con la humedad relativa y la temperatura predominantes en el medio donde se almacena el producto. Si la panela elaborada posee entre 7 y 10% de humedad, es necesario transportarla, distribuirla y consumirla con rapidez, ya que un almacenamiento prolongado deteriora su calidad. A partir del 10% de humedad, la superficie aparece brillante por la aparición de gotitas de melaza; en estas condiciones es imposible almacenarla por el riesgo de invasión microbiológica y de alteración fisicoquímica. Esta área también debe estar alejada de las otras para evitar el fuego y plagas.

1.9.14 Distribución

La distribución y comercialización del producto debe realizarse en un vehículo que lo proteja de las condiciones climáticas, sin mezclarlo con otros productos que puedan alterar sus propiedades físico químicas. En el punto de venta se debe tener en cuenta la rotación del producto, la higiene del sitio donde se exhibe o almacena el producto y la ubicación, no colocarlo cerca de otros productos aromáticos como ambientadores, jabones o detergentes.

CAPITULO II

2.0 IMPORTANCIA DE LA AGROINDUSTRIA PANELERA EN EL ECUADOR

2.1 Introducción

En el presente capítulo se desarrolla la actualidad de la producción de la panela tanto en el mundo como en nuestro país considerando no solo las cantidades de producción y exportación que se haya generado en los últimos años, sino conociendo más ampliamente los métodos e instrumentos que emplean nuestros productores en la fabricación de panela como son los trapiches y hornillas. Finalmente se puede tomar como ejemplo para nuestro país el avance de la industria panelera colombiana específicamente por el Centro de Investigaciones para Moliendas Paneleras CIMPA referente a distribuciones de planta, conformación de hornillas paneleras, etc., a la vez se hace constar en este capítulo ciertas referencias para un adecuado control de calidad para dicho producto.

2.2 Producción mundial de panela

Según cifras de la FAO, 25 países en el mundo producen panela ocupando el primer lugar la India que concentró el 86% de la producción mundial en el período 1998 – 2000, en segundo lugar Colombia con el 13.9%. Otros países como Pakistán, China y países latinoamericanos como Brasil, México y Perú fabrican panela, no obstante su nivel es mínimo, a nivel mundial la producción de panela ha tenido un descenso. En la tabla 2.1 se indica los países con mayor producción de panela en el mundo.

<i>PUESTO</i>	<i>PAÍS</i>	<i>1992</i>	<i>2002</i>	<i>Acumulado Producción 1998-2002</i>	<i>Part. (%) 1998 - 2002</i>	<i>Crecimiento (%) 1998 - 2002</i>
1	India	8404000	7214000	42448000	86.1	-1.1
2	Colombia	1175050	1740000	6858840	13.9	1.9
3	Pakistán	823	800	2872	0.0058	-8.2
4	Myanmar	183	810	2486	0.0050	11.5
5	Bangladesh	472	295	2145	0.0043	-1.3
6	China	480	400	2112	0.0043	-2.1
7	Brasil	240	210	1320	0.0027	1.2
8	Filipinas	101	127	565	0.0011	2.1
9	Guatemala	56	44	228	0.0005	-2.8
10	México	51	37	183	0.0004	-4.6
11	Perú	25	28	129	0.0003	0.7
12	Kenya	25	23	120	0.0002	-0.6
13	Honduras	32	21	106	0.0002	-6.7
14	Haití	40	21	106	0.0002	-8.6
15	Uganda	13	15	75	0.0002	1.6
16	Nigeria	24	14	74	0.0002	-4.8
	Mundo	9582301	8686525	49319714	100%	-0.8

TABLA 2.1 PRODUCCIÓN MUNDIAL DE PANELA GRANULADA

FUENTE: FAO

De color marrón oscuro, al a panela se le conoce con diversos nombres: en Ecuador y Colombia, comúnmente panela; en Perú y Chile como: canchaca; en Venezuela y algunos países centroamericanos se conoce como: papelón; en México y Costa Rica como piloncillo; en Cuba, Brasil y Bolivia como raspadura; en la India, y probablemente en muchas otras partes del Oriente, el producto se llama jaggery, o a veces gur o gul. La FAO registra la panela para efectos de su información estadística como azúcar no centrifugado.

En la Fig. 2.1 se observa la Producción Regional Andina en el año 2006 donde Colombia produjo 2`240.000 millones de toneladas y representó el 55.50% de la producción del mercado andino. Perú produjo 600.000 toneladas y le correspondió el 14.50%. Venezuela produjo 550.000 toneladas y le

correspondió el 13.50%. Ecuador produjo 450.000 toneladas y le correspondió el 11%, mientras Bolivia produjo 220.000 toneladas y le correspondió el 5.50%.

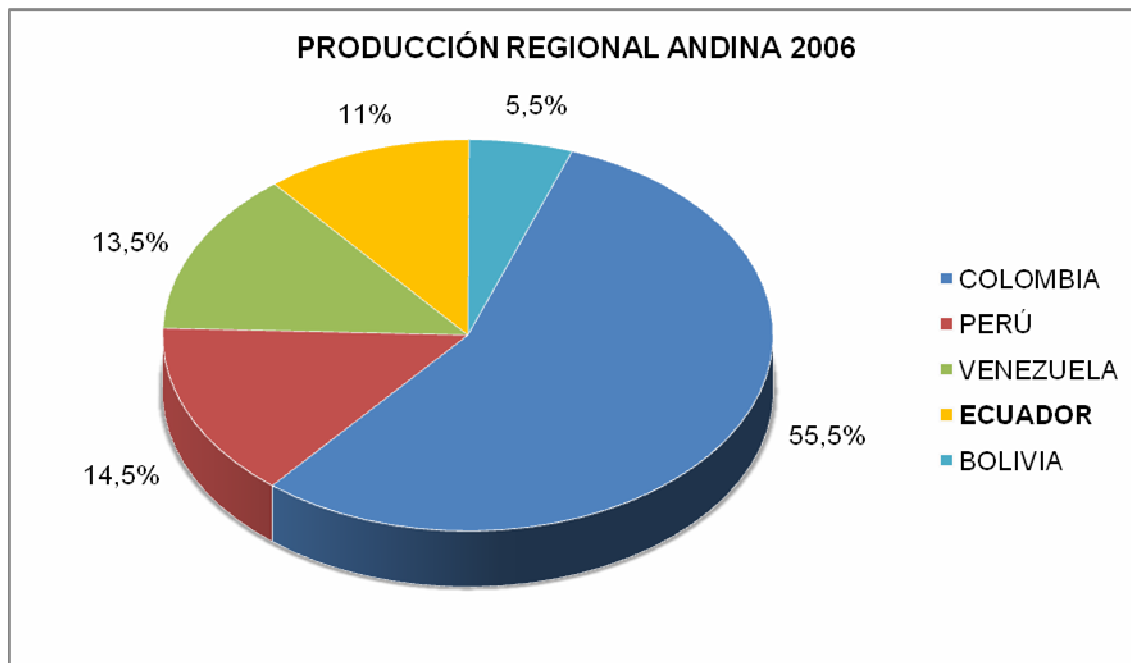


Fig. 2.1 PRODUCCIÓN ANDINA DE PANELA

FUENTE: BANCO CENTRAL DEL ECUADOR

2.3 Producción de caña en el Ecuador

El aprovechamiento industrial de la caña de azúcar en nuestro país se reduce a la obtención de azúcar cruda, blanca, refinada, alcohol, melaza, y panela.

Los volúmenes de producción han tenido un comportamiento creciente anual, este crecimiento se debe principalmente a las grandes inversiones realizadas por los ingenios azucareros y el sector cañicultor.

2.3.1 Áreas cultivadas de Caña de azúcar

La caña de azúcar en el Ecuador se presenta en la mayoría de provincias puesto que el clima existente es apropiado para su desarrollo, a continuación en la tabla 2.2 se indica el número de hectáreas por provincia.

<i>PROVINCIA</i>	<i>SUPERFICIE (Ha)</i>
Azuay	2600
Bolívar	6660
Cañar	17848
Chimborazo	451
Cotopaxi	6900
El Oro	2155
Esmeraldas	448
Guayas	53170
Imbabura	5494
Loja	11810
Los Ríos	1710
Manabí	4065
Morona Santiago	2000
Orellana	10
Pastaza	3800
Pichincha	6700
Sucumbíos	2830
Napo	47
Zamora Chinchipe	1890
TOTAL	130588

TABLA 2.2 CULTIVOS DE CAÑA DE AZÚCAR
FUENTE: MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERÍA

2.3.2 Zonas aptas para el cultivo de caña

La superficie potencial en cada provincia para el desarrollo del cultivo de caña se muestra en al tabla 2.3.

<i>PROVINCIA</i>	<i>SUPERFICIE (Ha)</i>
Azuay	1062.20
Bolívar	13766.80
Cañar	13034.85
Chimborazo	2387.52
Cotopaxi	4117.68
El Oro	10350.60
Esmeraldas	73856.66
Guayas	161551.98
Imbabura	720.90
Loja	6292.43
Los Ríos	254873.63
Manabí	85238.19
Morona Santiago	3975.27
No delimitado	10082.90
Orellana	2733.69
Pastaza	100057.75
Pichincha	3344.56
Zamora Chinchipe	12705.86
TOTAL	760153,47

TABLA 2.3 SUPERFICIE POTENCIAL DEL CULTIVO DE CAÑA DE AZÚCAR
FUENTE: MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERÍA

En el ANEXO 2.1 se indica un mapa de la zonificación potencial del cultivo de caña en el Ecuador.

2.4 Producción de panela en el Ecuador

La producción panelera en nuestro país al ser una industria de gran potencialidad, abarca todos los aspectos sociales y económicos. Enmarcándonos dentro de lo artesanal, poco ha sido la información de la producción panelera en este sector, pero se puede establecer las localidades que se dedican a esta actividad gracias a organizaciones que están involucradas.

2.4.1 Contexto socio-económico

El sector panelero constituye una población marginada en donde la mano de obra está constituida por niños, mujeres y jefes de familia; actividad que no les permite acceder a la educación, pasando a engrosar la población analfabeta del país. La manifiesta incapacidad financiera económica del productor panelero, lo hace víctima propicia de los intermediarios de la comercialización. En la actualidad, para los productores de panela de comercio justo, quien pone las reglas de juego de la comercialización es el productor panelero.

La elaboración artesanal tiene una ventaja sobre la industrial, pues el producto no pasa por un proceso de refinamiento y por ende no contiene químicos. El problema que existe es de competitividad pues los costos de producción son altos.

2.4.2 Provincias paneleras

La panela es un producto tradicional en el país, se produce en Imbabura, Bolívar produciéndose en Guaranda y Echeandía, en Pichincha se destaca

Santo Domingo y la Parroquia de Pacto, Cotopaxi produciéndose en el Cantón Pangua, Manabí, Guayas, El Oro destacándose la localidad de Paccha, Morona Santiago Y Pastaza en el sector del Puyo, que realiza el calentamiento directo de los jugos en pailas de acero inoxidable. También es producida en la provincia de Zamora Chinchipe por la Asociación de cañicultores agro ecológicos de Zamora, en la provincia de Loja la panela se produce en los Valles de Vilcabamba y Malacatos.

El trabajo de estas familias es aún artesanal, pero poco a poco han adaptado máquinas industriales a sus fincas. Algunas han dejado de lado el trapiche y han instalado hornos industriales y molinos de acero inoxidable.

Estos cañicultores trabajan en la producción cada semana: los miércoles y los jueves cortan la caña y la procesan los viernes.

2.4.3 Organizaciones involucradas en la producción de panela en Ecuador

En Ecuador existen 6 Ingenios Azucareros: San Carlos, La Troncal, Valdez, Isabel María, Monterrey y la Federación Nacional de Azucareros FENAZUCAR.

Además, existe la Unión Nacional de Cañicultores del Ecuador UNCE que agrupa a todas las asociaciones de cañicultores del país. Entre ellos los principales competidores de los pequeños productores de panela son los ingenios: San Carlos y Valdez. Hay dos Cooperativas: Santa Teresita y Vilojubema, ambas situadas en Pacto, en la provincia de Pichincha.

Una vez elaborada, la panela es comercializada en nuestro país por el Sistema Solidario de Comercialización del Ecuador (Camari), organización que apoya a los pequeños productores proporcionándoles capacitación y asistencia técnica en la producción, manejo, post cosecha, transformación y comercialización, dando así a sus habitantes la posibilidad de salir de la crisis económica que sufre el país. Para ello, se fijaron tres objetivos básicos: liberarse de los intermediarios, mejorar la calidad del producto y conseguir mejorar en la educación de los hijos de los campesinos y mejorar su calidad de vida.

“Camari está formada por 25 pequeñas fincas integrales logrando exportar 70000 kilogramos anuales, cerca de 350000 dólares y produce más de 3500 qq (159091 kilogramos) al año. Otra organización importante en Ecuador es la Fundación Maccita Cushunchic (Mcch), que exporta 300 toneladas (272727 kilogramos) al año con la participación de 21 fincas integrales”.⁷

2.5 Análisis FODA del sector panelero ecuatoriano.

Este análisis se realiza en nuestro país con el fin de entender el desarrollo del sector panelero, enmarcado las ventajas y desventajas en la que se desenvuelve la producción de panela.

2.5.1 Fortalezas

- Disponibilidad de una infraestructura de producción de acuerdo con las necesidades del mercado.
- Disponibilidad de información pública y privada por parte de la Federación Nacional de Azucareros FENAZUCAR, la Unión Nacional de Cañicultores del Ecuador UNCE, y otros.
- Relaciones de cooperación fuertemente establecidas entre las organizaciones de los gremios que fueron mencionados.
- La panela es un producto 100% natural, donde sus cualidades nutritivas no se pierden durante su elaboración.

2.5.2 Oportunidades

- Apertura de la panela a mercados internacionales, especialmente a EEUU, Japón y Europa por ser un producto natural.
 - Desarrollo de PYMES en el Ecuador para la producción de panela o sus afines.
-

⁷ El Comercio AGROMAR 2006-10-21

- Ecuador tiene un clima adecuado para el cultivo de caña de azúcar como por ejemplo: en la cuenca baja del río Guayas, Milagro, en el valle del Chota en Imbabura, en el valle Catamayo en Loja, en Santo Domingo y en la parroquia de Pacto en Pichincha, en el cantón Pangua de la Provincia de Cotopaxi, Echeandía en Bolívar, Babahoyo en Los Ríos, Paccha en la provincia de El Oro, etc.
- Buenos niveles de luminosidad, principalmente en la zona de Milagro y Babahoyo, según estudios se ha comprobado que se tiene mil horas de sol al año.

2.5.3 Debilidades

- No existen incentivos por parte del estado para la inversión.
- Alta dependencia de una sola variedad de caña, como es la RAGNAR.
- Tamaño de panela no estandarizados.
- No se cuenta con un mecanismo amplio de publicidad para incentivar la demanda y oferta de la panela en el país.
- Bajos volúmenes de panela de buena calidad para mercados regionales.
- Mal manejo de residuos resultantes del proceso de elaboración de la panela, tal es el caso de los conchos, bagacillos, hojas.

2.5.4 Amenazas

- Factores climáticos variables como es la presencia del Fenómeno del Niño, erupciones volcánicas, etc.
- Presencia de insectos muertos o residuos como bagacillos en la panela.
- Posibles enfermedades de la caña de azúcar o presencia de plagas.

2.6 Rendimientos de producción de panela ecuatoriana

La materia prima para la producción de panela es la caña de azúcar. Los rendimientos en el proceso de fabricación de la panela granulada, esto es la relación entre cantidad de panela producida y cantidad de caña empleada varían considerablemente según el tipo de caña, trapiche, forma del proceso, tipo de suelo, etc. Los principales rendimientos considerados son:

- Una hectárea de cultivo produce 100 toneladas métricas de caña de azúcar.
- 50 Kg de caña produce 17 litros de jugo.
- Un litro de jugo produce 0.53 lb (0.24 kg) de panela.

La tabla 2.4 muestra los rendimientos por provincia de acuerdo a la superficie de caña sembrada, producción, costos de producción y precio.

RENDIMIENTO DE PANELA EN EL ECUADOR							
PROVINCIA	SUP.SEMBRADA (ha)	PRODU. CAÑA TM	RENDIMIENTO DE CAÑA TM/ha	PRODU. PANELA (Kg)	RENDIMIENTO DE PANELA Kg/TMC	COSTO DE PRODU. PANELA USD/Kg	PRECIO DE VENTA Kg
REGIÓN SIERRA	58933	3532560	59.94	351171790	99.41	0.18	0.37
Azuay	2600	182000	70.00	28938000	159	0.12	0.31
Bolívar	6660	259740	39.00	29090880	112	0.29	0.50
Cañar	17848	1249360	70.00	149923200	120	0.30	0.25
Carchi	470	37600	80.00	3008000	80	0.08	0.22
Cotopaxi	6900	383370	55.56	49454730	129	0.08	0.33
Chimborazo	451	27060	60.00	1894200	70	0.1	0.40
Imbabura	5494	384580	70.00	26828300.8	69.76	0.09	0.30
Loja	11810	767650	65.00	104400400	136	0.24	0.40
Pichincha	6700	241200	36.00	11698200	48.5	0.2	0.60
REGIÓN COSTA	61548	4536028	73.70	364016247	80.25	0.2	0.49
El Oro	2155	142528	66.14	9406848	66	0.15	0.30
Esmeraldas	448	33600	75.00				
Guayas	53170	3987750	75.00	139571250	35	0.15	0.35
Los Ríos	1710	128250	75.00	12825000	100	0.4	0.50
Manabí	4065	243900	60.00	29268000	120	0.1	0.80
REGIÓN AMAZÓNIC	10577	470730	44.51	45307762.5	96.25	0.35	0.49
Morona Santiago	2000	70000	35.00	5600000	80	0.45	0.47
Pastaza	3800	209000	55.00	16720000	80	0.15	0.45
Zamora Chinchipe	1890	13230	7.00	1455300	110	0.39	0.33
Sucumbíos	2830	59430	21.00	6834450	115	0.40	0.70
TOTAL	131001	8539318	65.19	739846512	86.64	0.24	0.45

TABLA 2.4 RENDIMIENTOS DE PANELA EN EL ECUADOR

FUENTE: DIRECCIÓN PROVINCIAL AGROPECUARIA (MAG) 2006
http://www.sica.gov.ec/agronegocios/directorios/direcciones_mag.htm-3k-

2.6.1 Exportaciones

Ecuador actualmente comercializa panela granulada dando los primeros pasos para posicionarse como un reemplazo del azúcar por sus cualidades nutritivas al ser un producto natural. El precio de la panela en Europa supera en un 10 o 15% el del azúcar, la tabla 2.5 presenta las exportaciones globales de panela del Ecuador por año. En el (ANEXO 2.2) dichas exportaciones son especificadas de acuerdo a los principales países de destino.

EXPORTACIONES DE PANELA GRANULADA	
AÑO	TOTAL TONELADAS
2000	106,51
2001	211,47
2002	190,01
2003	128,07
2004	175,25
2005	199,39
2006	195,47

TABLA 2.5 EXPORTACIONES DE ECUADOR DE PANELA GRANULADA

FUENTE: BANCO CENTRAL DEL ECUADOR

2.7 Azúcar vs. Panela

En los últimos años las personas buscan productos que además de alimentar puedan ayudar a prevenir enfermedades y a mantener la buena salud como es el caso de la panela, por no contener químicos ni preservantes.

2.7.1 Diferencias de la panela con el azúcar

La tabla 2.6 presenta un esquema de las diferencias de calorías y minerales de la panela y el azúcar.

	PANELA	AZÚCAR BLANCA	
Calorías	220	400	
Vitaminas B	(mg por cada 100 g.)		Función de la vitamina
B1 (Tiamina)	245	0	Liberación de energía
B2 (Riboflavina)	240	0	Crecimiento, energía
B3 (Niacina)	4	0	Liberación/energía, quemar grasas
B5 (Pantotenato)	260	0	Gland. Suprarrenales, piel lozana
B6 (Piridoxina)	270	0	Desintoxicación, hígado, riñones, cerebro. Síntesis de aminoácidos
B7 (Biotina) o vita. H	16	0	Crecimiento
Minerales			
Calcio	258	1	Huesos, dientes
Fósforo	30	Trazas	Energía, duplicación celular
Hierro	8	0.04	Energía, transporte de oxígeno
Cobre	2	0.02	Síntesis de sangre
Magnesio	0.04	0	Tejidos blandos, corazón
Cloruro	317	Trazas	Sangre, nervios
Sodio	90	0.3	Nervios, corazón
Potasio	1500	0.5	Corazón, nervios

TABLA 2.6 DIFERENCIAS ENTRE PANELA Y AZÚCAR BLANCA

FUENTE: <http://www.germanalberti.com/documentos/links/PANELA%20VS%AZUCAR.doc>

“El azúcar está constituido por sacarosa, con carencia absoluta de minerales, vitaminas. En el proceso de refinamiento del azúcar, a la molécula de la sacarosa se une un compuesto químico llamado bisulfito, que proviene de filtros de ácido sulfúrico, por los cuales tiene que pasar el azúcar para su proceso de refinamiento y blanqueo. La presencia de este producto en la alimentación conlleva problemas para la salud, como pueden ser lesiones a nivel genético, problemas de tipo alérgico y asmático, trastornos que van desde cefaleas a náuseas, sudoración y problemas cutáneos.

En el proceso de refinamiento del azúcar se eliminan el 93% de las cenizas esenciales para el metabolismo, el 61% del manganeso, el 92% de cobalto, el 76% del cobre, el 67% del zinc y la mayor parte del cromo y del magnesio.”⁶

⁶ http://www.consumosolidario.org/tienda/view_product.php?product=PAN00JVP1-27k-

2.7.2 Valor nutricional de la panela granulada

Los principales componentes de la panela son los azúcares, como la sacarosa, glucosa y fructosa; también contiene vitaminas y minerales tales como: potasio, calcio, fósforo, magnesio, hierro, cobre, zinc y manganeso, entre otros.

Las vitaminas son sustancias muy importantes para el funcionamiento diario y el crecimiento del organismo, el cual no es capaz de sintetizarlas y, por lo tanto, debe ingerirlas de manera regular y balanceada en los alimentos. La panela aporta un conjunto de vitaminas esenciales que complementan el balance nutricional de otros alimentos. La tabla 2.7 presenta las funciones vitamínicas de la panela, recomendación diaria y su aporte nutricional.

<i>Vitamina</i>	<i>Función</i>	<i>Recomendación diaria (mg/día)</i>	<i>Aporte por 70 g. de panela diarios (mg.)*</i>	<i>Aporte a la recomendación diaria (%)</i>
A Retinol, axeroftol	Mejora la visión nocturna, participa en el crecimiento y restaura la calidad de la piel; mejora la absorción de hierro en el organismo.	6 – 10	1.4	1.5
B1 Tiamina	Nutre y protege el sistema nervioso; indispensable en el metabolismo energético de azúcares.	2	0.0084	0.42
B2 Riboflavina	Es la vitamina de la energía; previene los calambres musculares y mejora la visión.	2	0.046	2.3
B5 Pantotenato	Es la vitamina de la piel y de cabello; aumenta la resistencia ante el estrés y las infecciones.	10	0.007	0.35
B6 Piridoxina	Participa en la construcción de tejidos y contribuye al metabolismo de proteínas. Importante para dientes y encías; previene una clase de anemia.	2	0.007	0.35
C Ácido ascórbico	Ayuda poderosa para todos los mecanismos de defensa del cuerpo; vitamina anti estrés.	40 – 60	5	10
D2 Ergocalcifero I	Participa en la asimilación de calcio por parte de los huesos. Actúa en la formación del conjunto de tejidos.	10 – 30	0.046	0.23
E Tocoferoles	Protege el organismo del envejecimiento. Interviene en el metabolismo de las grasas.	1 - 30	0.08	0.27

*Calculado con base en un consumo de 25 Kg/habitante/año.

TABLA 2.7 FUNCIONES VITAMÍNICAS DE PANELA

FUENTE: INSTITUTO ANBOISSE DE FRANCIA (*Instituto Francés de Estudios Andinos*) 2002
<http://www.quassab.com/Es/Default.asp>

Desde el punto de vista nutricional, el aporte energético de la panela oscila entre 310 y 350 calorías por cada 100 gramos. El adulto que ingiera 70 gramos diarios de panela obtendrá un aporte energético equivalente al 9% de sus necesidades.

2.8 Distribución de planta de una industria panelera

Los ingenios paneleros o moliendas son los sitios donde se procesa la caña para obtener la panela. Es necesario mantener el espacio de las moliendas cerrado con malla para evitar la contaminación de los insectos y tener los pisos de cemento con un drenaje adecuado para desalojar lo que se derrame al piso.

De acuerdo al proceso empleado en la producción de panela granulada la distribución de planta está dividido en cinco áreas: apronte, molienda, hornilla, batido, moldeo, almacenamiento de panela y de bagazo.

El área de apronte es el lugar donde se almacena la caña cortada.

El área de molienda es el sitio donde se muele la caña para extraer sus jugos, en ésta área está el trapiche que puede ser operado por tracción mecánica sea mediante máquinas, animales o humana; que requiere de motores de combustión interna o eléctricos. En esta misma área se encuentra un prelimpiador que elimina impurezas.

El prelimpiador no es más que un tamizador que está ubicado junto al molino que recibe el jugo de la caña, atrapando sólidos como bagacillos, hojas, trozos de caña, etc. Luego el producto pasa al tanque de almacenamiento y luego a la paila descachazadora y, se recomienda construirlo en lámina de acero inoxidable, es durable e higiénico. Las ventajas del equipo prelimpiador es que permite retirar gran cantidad de impurezas, facilita la clarificación, evita la formación de costras en las pailas y permite obtener panelas de excelente calidad.

La hornilla es el lugar donde se cocina el jugo de la caña hasta que se evapora el agua y se obtiene la miel que se transformará en panela, de la eficiencia térmica de la hornilla depende el manejo ambiental del entorno.

El área de batido y moldeo es donde se bate la miel, se vacía en molde, se pone a enfriar y se empaca el producto. Este proceso se realiza en el cuarto de batido y moldeo, el cual consiste en un espacio aislado, enmallado, donde se ubican mesas, bateas y un depósito para lavado y escurrido de las cubas del batido. El tamaño de este cuarto depende de la cantidad de panela que se produce en el trapiche.

El almacenamiento tan pronto se empaca, la panela debe alejarse del área de moldeo y llevarse a un sitio cerrado, seco y ventilado; debiendo colocarse sobre tarimas de madera alejada de las paredes y la contaminación.

El área de almacenamiento del bagazo es el sitio donde se lo pone a secar, es un subproducto de la caña que sirve como combustible para las hornillas. Este lugar debe estar alejado de la molienda y la hornilla, para evitar contaminación de la miel y la panela.

2.8.1 Distribución de planta CIMPA

La mejor molienda es la desarrollada por el Centro de Investigaciones para Moliendas Paneleras CIMPA (Colombia), en donde se ha ido realizando mejoras tecnológicas con el fin de obtener el mayor rendimiento en la producción de panela. En la Fig. 2.2 se indica como aprovecha el espacio en la molienda CIMPA.

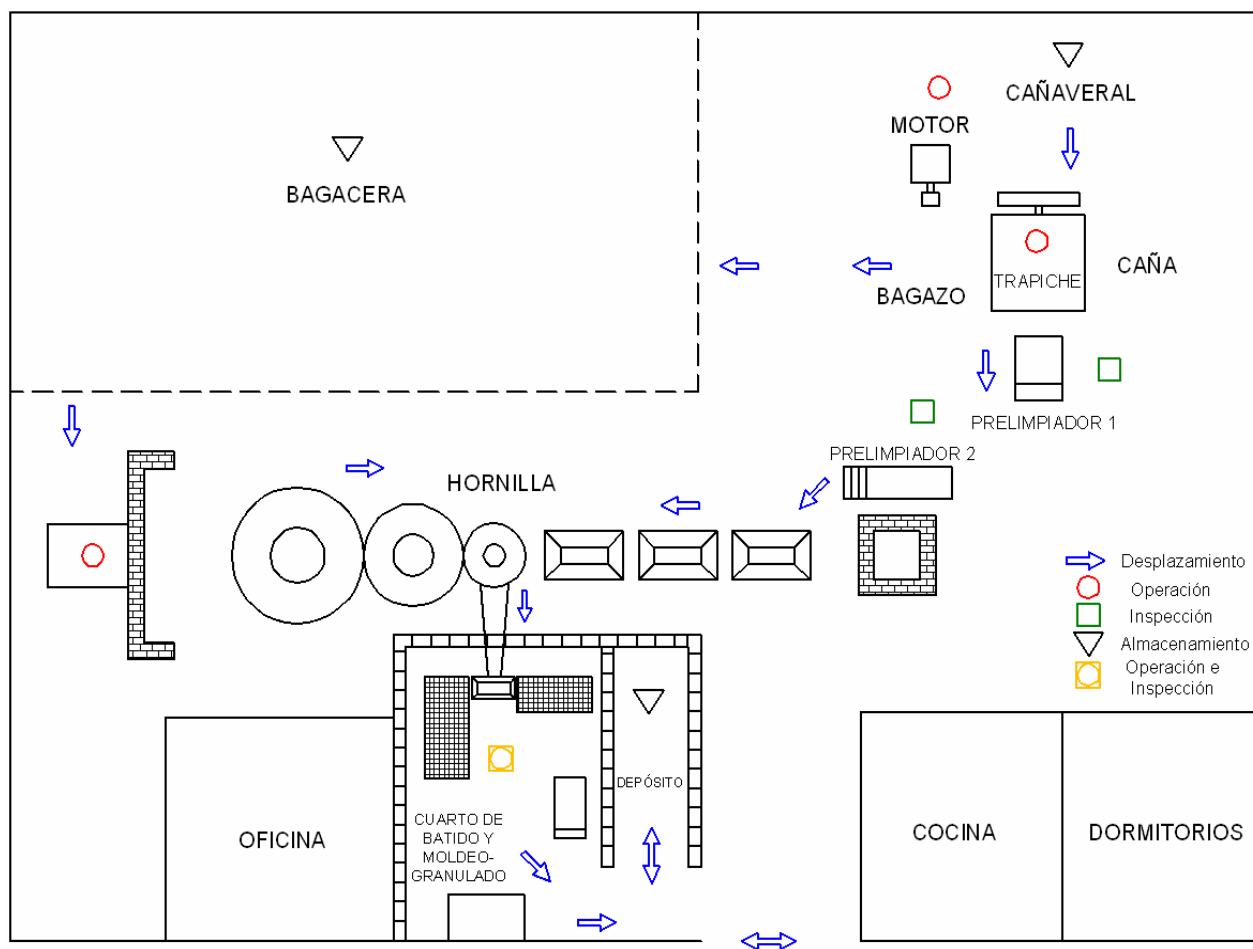


Fig. 2.2 DISTRIBUCIÓN EN PLANTA Y DIAGRAMA DE PROCESO DE LA MOLIENDA CIMPA

Las dimensiones de este conjunto se definen de acuerdo con la capacidad de producción de la molienda y la construcción del mismo.

Las pailas son los recipientes dispuestos en línea en donde se depositan los jugos que reciben el calor producido por la combustión del bagazo. El molino panelero se debe ubicar en la parte más alta del terreno en donde se construye el trapiche, para facilitar el transporte de los jugos por gravedad, tal como se observa en la Fig. 2.3.

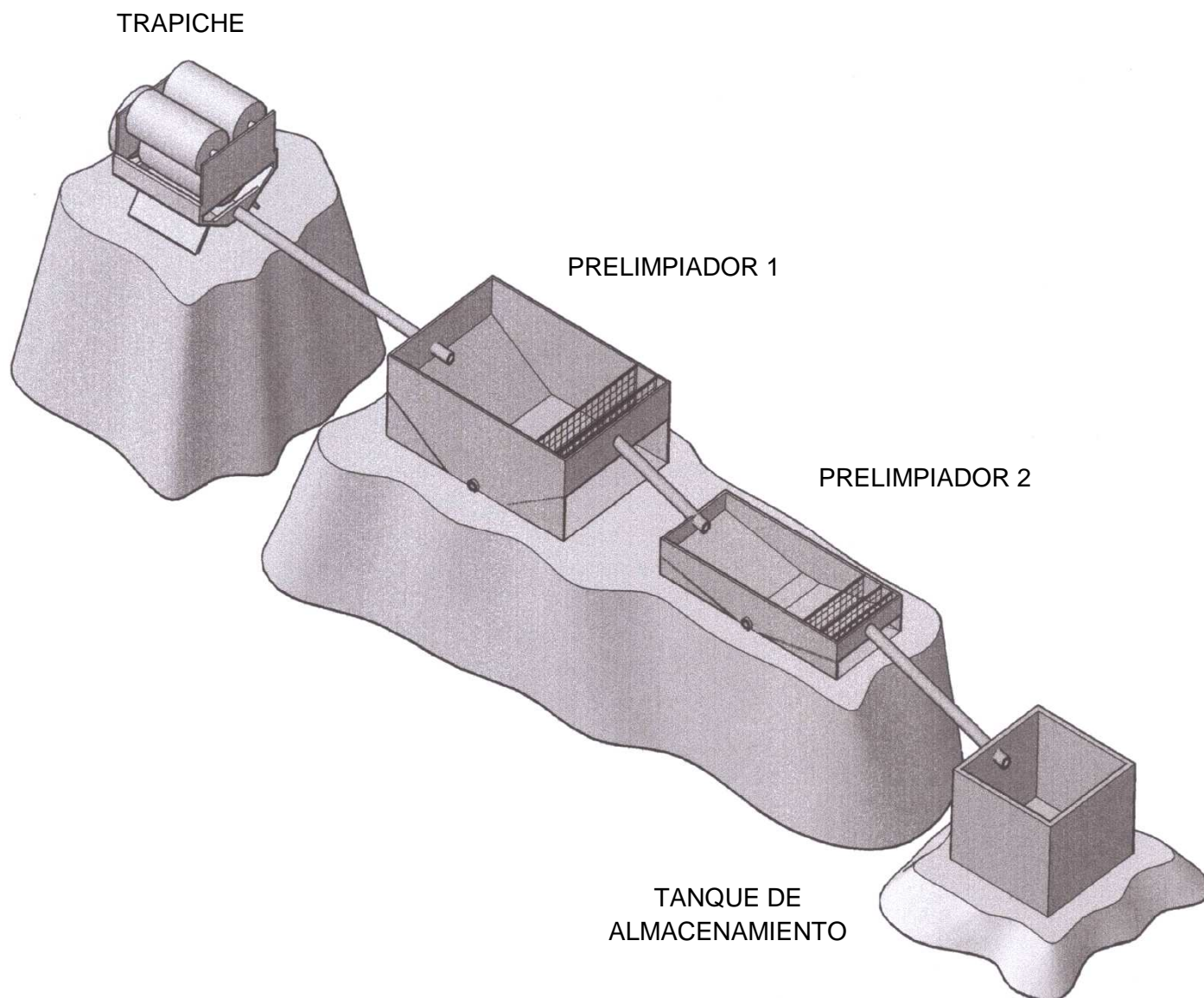


Fig. 2.3 UBICACIÓN DE LOS PRELIMPIADORES CIMPA

Entre las condiciones físicas del cuarto de moldeo se recomienda que el piso sea de cemento, lo cual facilita un cuidadoso y frecuente aseo. Así mismo, debe disponer de un suministro regular de agua potable que garantice la limpieza e higiene de los implementos de moldeo.

La Fig. 2.4 presenta una vista en planta del cuarto de batido y moldeo para la elaboración de panela granulada.

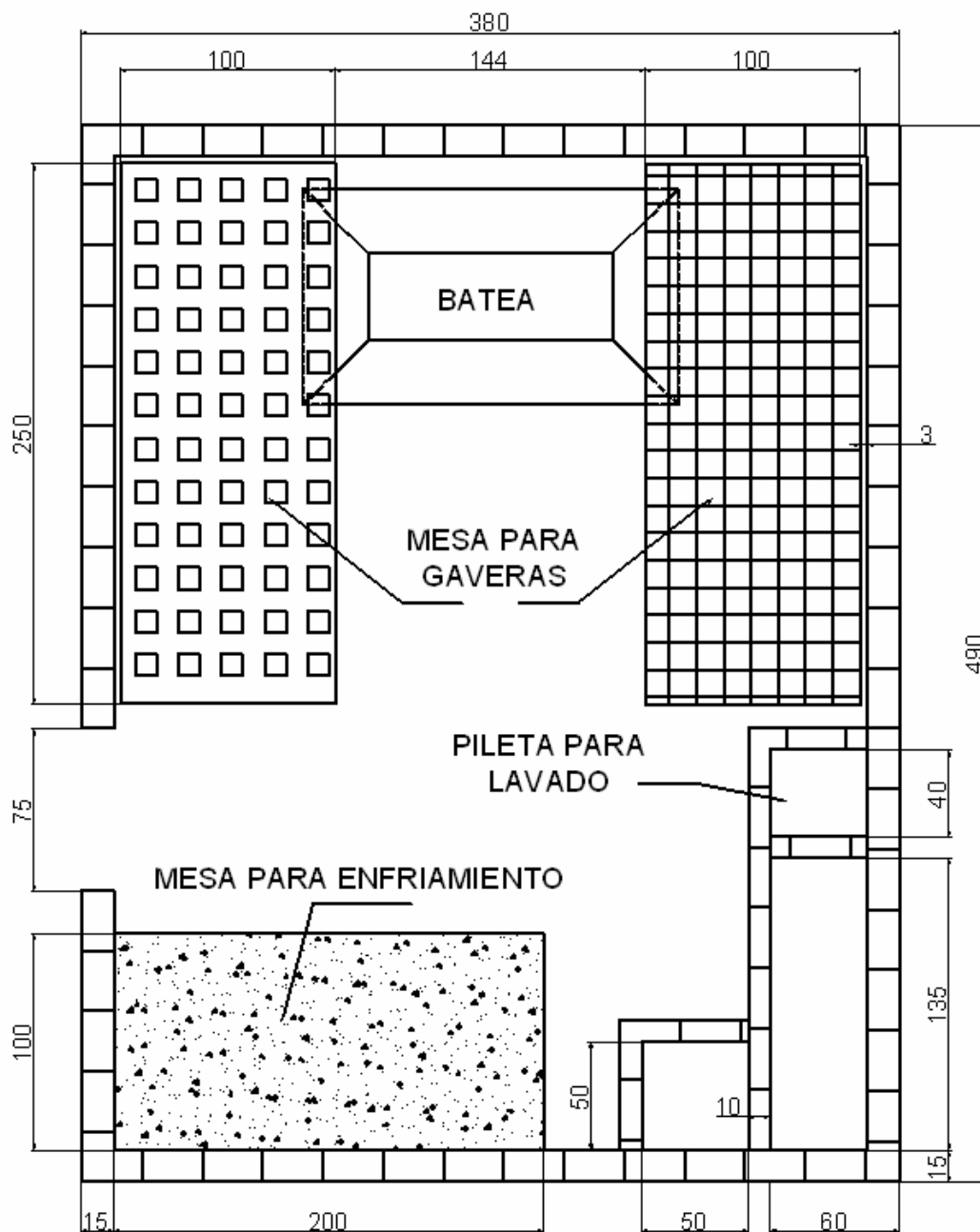


Fig. 2.4 VISTA EN PLANTA DEL CUARTO DE BATIDO Y MOLDEO PARA ELABORACIÓN DE PANELA

2.8.2 Recomendaciones para el mantenimiento en los procesos de producción de panela

- Durante la molienda se deben retirar frecuentemente las impurezas que flotan.

- Al terminar la molienda, se debe asear el prelimpiador con agua limpia y luego rociar las paredes internas con una lechada de cal para evitar su deterioro por fermentación de los jugos.
- La tabla retenedora de impurezas no debe moverse de su sitio.
- Con una tabla o lámina se debe cubrir la parte superior del prelimpiador para evitar la caída de residuos.

Estas medidas mejoran las condiciones higiénicas de la panela, evitan su contaminación por insectos y hacen más apropiadas las condiciones de trabajo del personal del trapiche.

2.9 Máquinas y tecnología utilizada en la producción de panela

La unidad productiva tradicional de panela se conoce como trapiche utilizando para la obtención de jugo de caña, el trapiche puede usar implementos metálicos o de madera, constituidos por dos o tres rodillos lisos o estriados conocidos como mazas a través de los cuales pasa la caña la cual es sometida a una acción de aplastamiento, efectuándose un rompimiento de las células que contienen la sacarosa, la cual se libera junto con otras sustancias solubles.

La mayor o menor cantidad de jugo y la calidad de este están íntimamente relacionados con las características de la caña y la eficiencia lograda en la operación de molienda, viéndose afectada ésta por las condiciones de operación del molino, así como por el mantenimiento y estado de sus partes constituyentes. La Fig. 2.5 muestra la disposición general de las mazas en el trapiche.

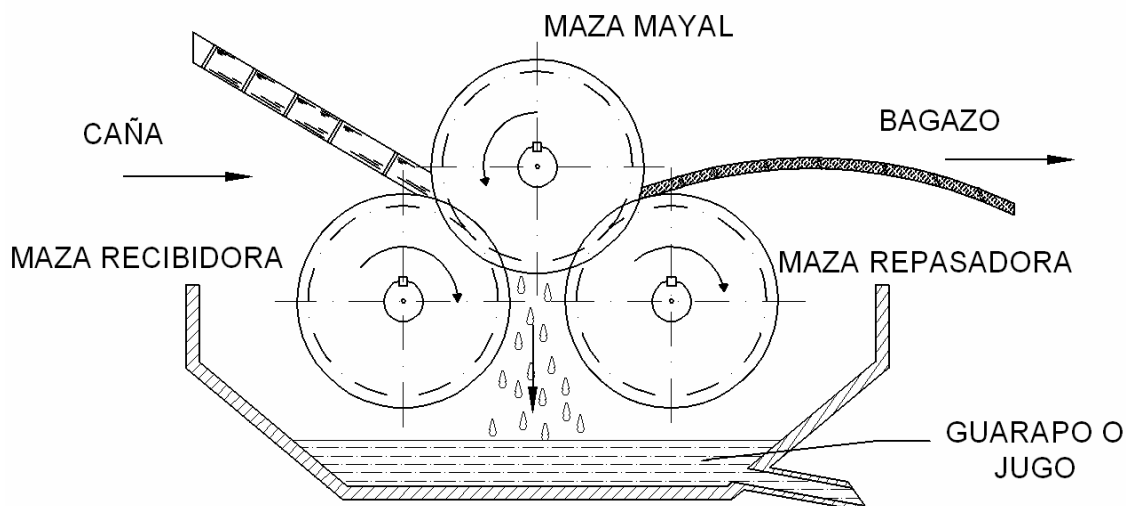


Fig. 2.5 MAZAS COMPONENTES DE LOS TRAPICHES

2.9.1 Trapiche de operación manual

Los molinos de madera tienen bajo rendimiento de extracción; los accionados por animales entre los cuales cabe destacar el trapiche vertical de tres mazas de fundición de hierro, en el que se cuenta con un madero horizontal fijado a una plancha acanalada en la parte saliente de la maza principal, para amarrar de él, el animal que lo acciona, son muy usados en la pequeña industria panelera (ver ANEXO 2.3). La Fig. 2.6 indica el trapiche tradicional de estructura de madera y de mazas verticales.



Fig. 2.6 (a) TRAPICHE DE TRACCIÓN ANIMAL

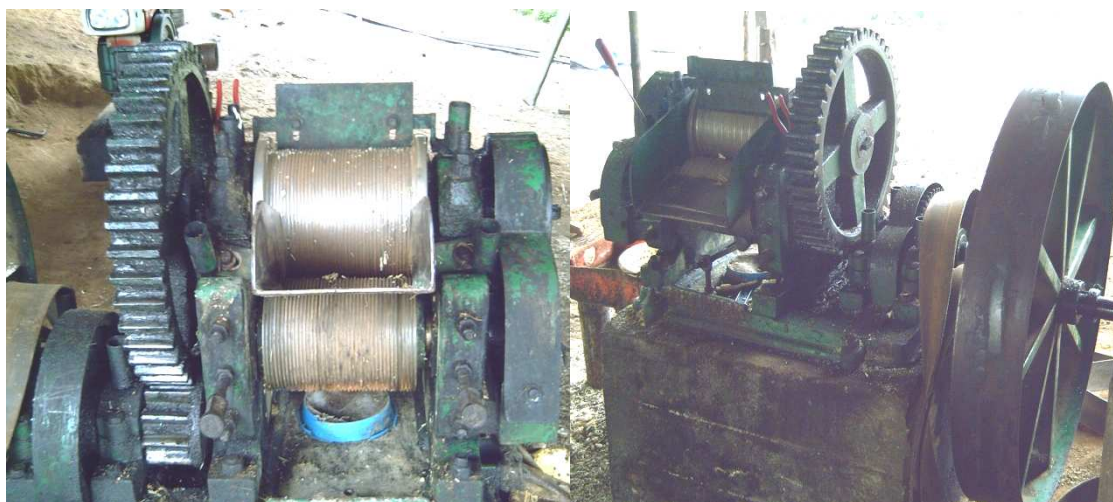
(b) MAZAS VERTICALES

2.9.2 Trapiche de operación mecánica

Está constituida por tres mazas tipo horizontal (Fig. 2.7 a) recibe la potencia del motor de combustión interna a diesel, mediante una correa plana de caucho, la potencia es transmitida a la maza mayal o maza quebradora a través de un convertidor y engranajes reductores de velocidad, las mazas quebrantadoras y repasadoras reciben el movimiento por medio de piñones colocados en el extremo de sus ejes.

La eficiencia de extracción se mide en términos del peso de la caña que se recupera en jugo, el rendimiento varía entre el 55 y el 70 por ciento, y cambia según la variedad de la caña utilizada, el ajuste y tipo de trapiche y otros factores como el clima, manejo, etc.

La distancia entre el eje del motor y el eje del volante del trapiche debe estar entre 3 y 4 metros. El portacañas debe estar a un metro del piso.



(a)

(b)

Fig. 2.7 TRAPICHE: (a) VISTA ANTERIOR y (b) VISTA POSTERIOR

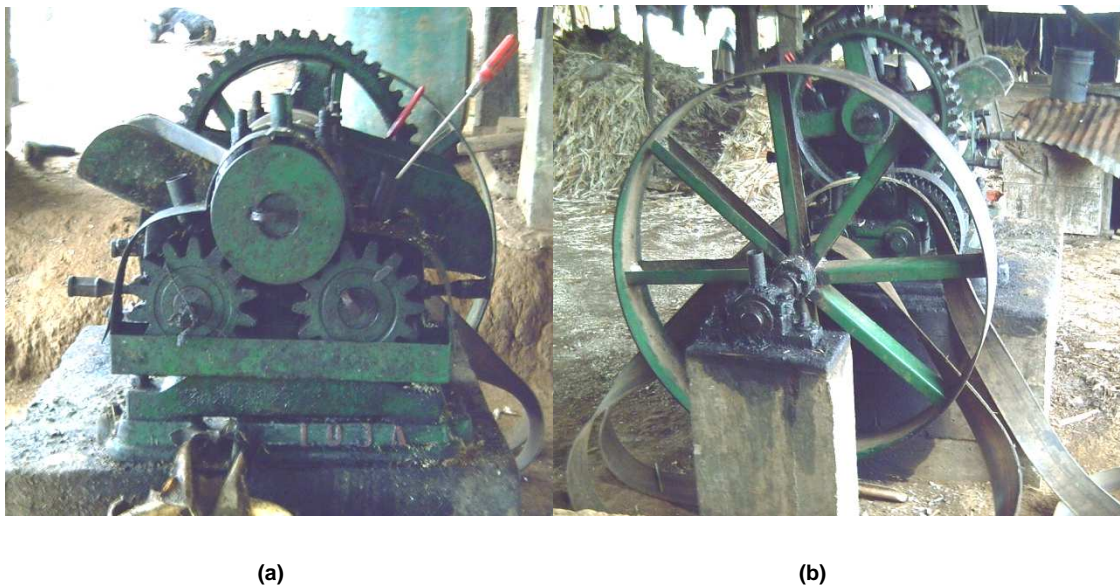


Fig. 2.7 TRAPICHE: (a) VISTA LATERAL DERECHA y (b) VISTA LATERAL IZQUIERDA

2.9.3 Factores que definen las condiciones de operación de un trapiche

Los factores que definen las condiciones de operación de un trapiche son: la velocidad, abertura entre mazas, longitud de mazas, eficiencia de funcionamiento, la capacidad de extracción y la potencia.

2.9.3.1 Velocidad

La velocidad guarda una relación importante con la capacidad de molienda y la extracción, al aumentar la velocidad aumenta la capacidad pero disminuye la extracción ya que la rapidez impide que el jugo sea extraído normalmente.

La velocidad de un trapiche se expresa como velocidad periférica que es útil para comparar trapiches de diferentes diámetros, es decir si se tiene trapiches de mazas con iguales diámetros, el que tiene mayor velocidad periférica tiene mayor capacidad, pero cuando los trapiches son de diferente diámetro con igual longitud todas las mazas funcionan con la misma velocidad periférica y la capacidad dependerá únicamente de la cantidad de caña que puede recibir y de la potencia del motor dependerá la revolución en RPM.

2.9.3.2 Abertura entre mazas

El ajuste entre mazas debe ser preciso ya que el jugo puede afectar su calidad al mezclarse con sustancias colorante y gomas presentes en la caña que impiden la formación de los cristales de sacarosa desmejorando la calidad de la panela. Se recomienda una abertura de 8 a 10 mm entre la maza mayal y quebradora, y de 2 a 5 mm entre la maza mayal y la repasadora.

Pese a que se respete las recomendaciones establecidas pueden ocurrir los siguientes inconvenientes:

- El trapiche puede detener su marcha con cañas muy gruesas
- El bagazo puede salir muy desecho que no es muy adecuado para el empleo de combustible.
- El jugo que se obtenga presentará mucha suciedad si el trapiche despidе mayor cantidad de bagacillos de caña.
- En las estrías de las mazas se depositan fibras de bagazo disminuyendo su capacidad de extracción.

2.9.3.3 Longitud de mazas

La capacidad de un trapiche está relacionada con la longitud de mazas, es decir a mayor longitud de mazas mayor incremento de capacidad. La relación entre longitud y diámetro debe cumplir que:

$$L / D > 1$$

Donde, L es la longitud y D es el diámetro de las mazas.

A la vez el aumento de la longitud implica también un mayor diámetro del eje de las mazas por efecto del diseño, todo trapiche tiene un portacañas que reduce la longitud nominal de las mazas mayal y quebradora, si no existiera esta reducción las mazas de todas formas traen disminución de longitud debido a que la maza mayal tiene pestañas a ambos lados las cuales encajan la quebradora y repasadora. Así mismo existen otros factores de operación que

influyen en la máquina como por ejemplo el rayado de las mazas, el desgaste de las mismas y posición de los raspadores de bagazo.

2.9.3.4 Eficiencia de funcionamiento del trapiche

La eficiencia de funcionamiento de un trapiche está definida por la capacidad, extracción y potencia.

La capacidad es la cantidad de caña que el trapiche es capaz de moler por unidad de tiempo; la extracción corresponde a la cantidad de sacarosa recuperada del total contenido de la caña, de acuerdo a sus condiciones. La potencia es la fuerza por la velocidad necesaria para accionar el trapiche.

La capacidad se expresa como toneladas de caña por hora, e implica que no hay interrupción del funcionamiento del trapiche. Cuando se expresa en Toneladas de caña por día no se deducen pequeñas interrupciones.

Según el programa de procesos agropecuarios del Instituto Colombiano Agropecuario ICA, llevó a cabo un trabajo que permitió desarrollar una expresión para calcular la capacidad de un trapiche panelero:

$$C = -2205.73 + 169.96D + 73.70V + 47.065A_e + 116.79A_s + 142.36L - 7.35f$$

Donde:

C = capacidad (ton. Caña / hora)

D = diámetro de maza mayal (pulg.)

V = velocidad periférica del trapiche (m/min.)

A_e = ajuste a la entrada de la caña (mm)

A_s = ajuste a la salida del bagazo (mm)

L = longitud de alimentación (pulg.)

f = fibra de la caña (%)

Para disminuir la capacidad del trapiche se puede realizar las siguientes operaciones:

- Disminuir la velocidad del trapiche y dejando constante el ajuste
- Disminuir las aberturas de trabajo y dejando constante la velocidad
- Disminuir ambas, la abertura y la velocidad

Sin embargo, se recomienda disminuir la velocidad y no el ajuste por las siguientes razones:

- Si se disminuye la velocidad, la potencia consumida disminuirá, caso contrario sucede con el ajuste.
- El desgaste por fricción de los rodillos se reduce.
- La alimentación se aumenta y es más uniforme, incrementando la extracción.
- El ajuste se puede reducir hasta el punto en el cual la alimentación del trapiche comienza a presentar problemas.
- Cambiar la velocidad del trapiche cuando se acelera o desacelera el motor, aumentando o disminuyendo el diámetro de la polea del motor o el diámetro de la polea del trapiche, con un eje intermedio o un variador de velocidad.

2.9.3.5 Extracción

La cantidad y calidad del jugo extraído de la caña depende de preparación y características de la caña, diámetro de mazas (rodillos), velocidad, ajustes y longitud del trapiche. El tamaño del trapiche se selecciona a base de factores diferentes pues incide sobre la extracción, debido a que un mayor diámetro ofrece una mayor superficie de contacto y de un mayor tiempo de permanencia de la caña dentro del trapiche, lo cual permite un incremento de extracción.

La velocidad de las mazas es inversamente proporcional a la extracción, por otra parte la presión que recibe la caña está dada por la abertura entre los

rodillos y la longitud de alimentación la cual permite introducir más o menos cañas variando la presión lateral que ejercen unas contra otras.

2.9.3.6 Potencia

Depende de las características de la caña en términos de contenido de fibra, ya que valores altos de esta incrementa la resistencia al aplastamiento, el grosor y dureza de la caña en el trapiche panelero ocasiona fluctuaciones en el consumo de potencia.

La máquina exige para su funcionamiento: potencia consumida por la comprensión de la caña, potencia consumida por la fricción de los cojinetes, potencia consumida por los raspadores u la cuchilla torna bagazo y la potencia consumida por lo engranajes.

Los consumos de potencia en la industria panelera pueden ser mayores que en la industria azucarera por la forma en que se muele la caña, las deficiencias en el mantenimiento y ajuste de sus partes.

Según el Instituto Colombiano Agropecuario ICA, la potencia consumida por los trapiches paneleros es:

$$P = -17.09 + 1.10D + 0.47V + 0.33A_e - 1.82A_s + 141L + 0.30f$$

Donde:

P = potencia nominal (HP)

D = diámetro de maza mayal (pulg.)

V = velocidad periférica del trapiche (m/min.)

A_e = ajuste a la entrada de la caña (mm)

A_s = ajuste a la salida del bagazo (mm)

L = longitud de alimentación (pulg.)

f = fibra de la caña (%)

2.9.4 Consideraciones para la selección de trapiches

Depende de la producción de caña, frecuencia de moliendas, costo del equipo, instalación y mano de obra. Al determinar cuantas toneladas de caña se van a moler por hora o por jornada de trabajo, se pueden seleccionar el trapiche en los catálogos de los fabricantes.

2.9.4.1 Mantenimiento de los trapiches

- Lubricar el trapiche porque además de favorecer el movimiento, se reduce el consumo de potencia y el desgaste de las piezas, obteniéndose una mayor vida útil de la máquina.
- Los engranajes deben estar permanentemente protegidos con una cubierta metálica o de madera. Observar que los depósitos de lubricación estén llenos de aceite y no estén tapados los tubos de salida.
- Procurar que la corrosión no actúe en la estructura del trapiche, en ambientes cálidos y húmedos típico de la costa es necesario la pintura como un recubrimiento superficial.

El Tiempo real de trabajo de los equipos (T_r). Es el tiempo que operan los equipos, luego de desconectar el tiempo empleado en el mantenimiento de las máquinas y en el descanso de los obreros. Para las condiciones de los trapiches el tiempo real fluctúa entre el 40 y el 90% del tiempo total, considerándose de un 70 a un 80% como necesario.

2.10 Hornillas tradicionales para producir panela

La hornilla es el implemento de la molienda encargado de transformar la energía del bagazo en energía calórica, su utilización permite una evaporación del agua contenida en los jugos de la caña hasta obtener el punto de miel.

La eficiencia térmica de la hornilla debe ir a la par con la disminución de la contaminación, por lo cual, es importante reemplazar cierto tipo de

combustibles tales como leña y llanta, por el uso exclusivo del bagazo que lo proporciona la misma caña, con el fin de conservar el recurso maderable y reducir costos.

2.10.1 Partes principales de la hornilla panelera

Una hornilla consta de dos partes: la cámara de combustión y la zona de evaporación del jugo de caña o zona de proceso.

En la cámara de combustión el bagazo reacciona con aire para obtener energía térmica, produciendo gases calientes y cenizas. Los gases calientes contribuyen a la evaporación del jugo de caña como muestra el flujograma de la Fig. 2.8. La evaporación es abierta, porque se realiza en pailas expuestas a la atmósfera y el calentamiento es a fuego directo, porque los fondos de las pailas se exponen directamente a la flama de combustión.

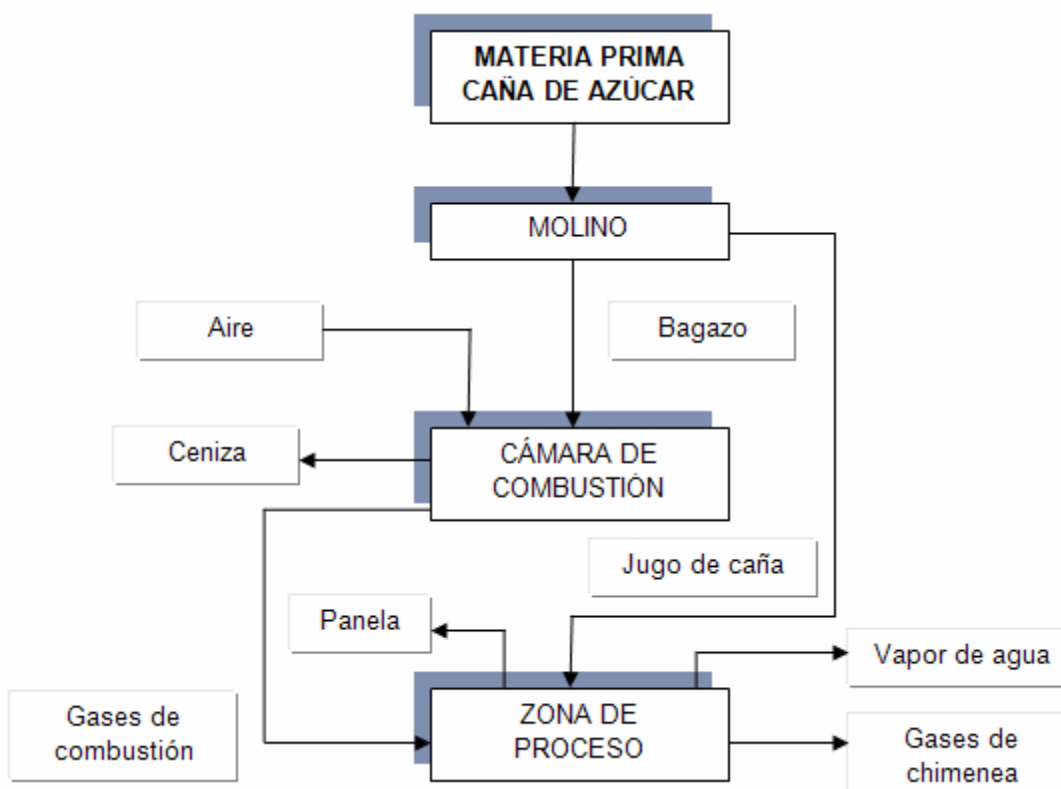


Fig. 2.8 PROCESO DE UNA HORNILLA TRADICIONAL

La cámara de combustión consta de cenicero, boca de alimentación y parrilla.

El cenicero está ubicado debajo de la parrilla. Su función es almacenar las cenizas y precalentar el aire necesario para la combustión. La boca de alimentación, es la abertura por donde se introduce el bagazo. Se construye generalmente de fundición gris, que soporta temperaturas altas sin deformarse. La parrilla sirve de lecho para el bagazo, permite la entrada de aire para la combustión y el paso de cenizas hacia el cenicero. Al igual que la boca de alimentación, se fabrica de fundición gris.”⁹

En la Fig. 2.9 se observa la hornilla panelera tradicional que se utiliza en la Hacienda Bellavista del Cantón Pangua, cuyo recipiente con capacidad máxima de 30 litros de jugo permite procesar 16 libras (7.27 kg.) de panela granulada.



(a)

(b)

Fig. 2.9 HORNILLA: (a) VISTA ANTERIOR y (b) VISTA POSTERIOR

⁹ <http://www.caucasider.org/normas.php> - 29k -

2.10.2 La combustión del bagazo

El bagazo es el residuo fibroso de la caña después de la extracción del jugo en el trapiche (Fig. 2.10); es el principal combustible utilizado en las panelerías. Tiene una densidad de 200 Kg/m³ cuando está apilado y 112 Kg/m³ suelto. El bagazo es un combustible de bajo poder calorífico, completamente seco libera 4600 Kcal/Kg; con una humedad del 40% libera 2050 Kcal/Kg. Para obtener una buena combustión es importante tener en cuenta:

- Introducir el bagazo en pequeñas cantidades pero continuamente.
- Limpiar la parrilla para garantizar una correcta entrada de aire.
- La cantidad de bagazo introducido debe responder al tamaño y características de la hornilla.



Fig. 2.10 BAGACERA

2.10.3 Mantenimiento de las hornillas paneleras

Después de cada molienda se deben realizar cuatro labores de mantenimiento esenciales para garantizar un buen funcionamiento de la hornilla:

- Retirar la ceniza del cenicero y del ducto.
- Retirar el hollín formado en la superficie de las pailas.
- Raspar la capa de mieles pegada en el fondo de las pailas y en las paredes. Posteriormente, aplicar una lechada de cal para evitar la corrosión.
- Lavar los pasillos de trabajo de los operarios.

Para la construcción y mejora de las hornillas se consideran los siguientes parámetros: capacidad en volumen para jugos, condiciones de operación, condiciones ambientales, y propiedades fisicoquímicas del jugo, gases y bagazo.

2.11 Control de calidad de la panela

El criterio generalmente aceptado para evaluar la calidad de la panela se refiere a cuatro factores principales: sabor, color, uniformidad y dureza.

El sabor es característico de la panela y es un factor que lo hace muy solicitado en varios usos y aplicaciones. El color refleja la calidad y tiene mayor demanda y mejor precio para el productor, la panela de color claro. La uniformidad en todos sus puntos también refleja la calidad al igual que el color. La dureza de la panela debe ser tal que conserve perfectamente la forma, pero que pueda partirse con relativa facilidad. En el (ANEXO 2.4) se presenta los Mandamientos del Panelero que son recomendaciones para la obtención de una panela de calidad.

La Norma NTE INEN 2 332:2002 del Instituto Ecuatoriano de Normalización establece los requisitos que debe cumplir la panela granulada expuesta en la tabla 2.8.

Requisito	Mínimo	Máximo	Método de ensayo
Azúcar reductor %	5.5	10	NTE INEN 268
Sacarosa %	755.5	83	NTE INEN 266
Humedad %	-	3	NTE INEN 266
pH	5.9	-	NTE INEN 265

TABLA 2.8 REQUISITOS DE LA PANELA GRANULADA

FUENTE: NTE INEN 2 332:2002

2.11.1 Efecto de la materia extraña

El cogollo de la planta constituye el 60% de la materia extraña, aumenta el material que debe aumentarse para obtener una cantidad de panela, contiene más cenizas que el tallo y esto aumenta las melazas y reduce la cristalización. Se recomienda cortar la caña sin el cogollo, hasta donde pierde el tallo la coloración. Las hojas verdes tienen efectos similares a los de los cogollos como baja pureza, y alto contenido de cenizas. Las raíces contienen poco azúcar así como la tierra ocasiona serios problemas a los trapiches.

CAPITULO III

3.0 CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO MECÁNICO

3.1 Introducción

El prototipo mecánico se compone de varios sistemas simples que se trata desde el punto de vista mecánico aplicando conceptos fundamentales de dibujo técnico, materiales, resistencia, elementos mecánicos, etc. En el prototipo mediante un motor de 3HP se transmite el movimiento a las poleas, cuya conducida transmite a la paleta utilizándola para granular la miel. En la construcción del prototipo se toma en cuenta la forma partiendo que se desea granular 16 litros de miel, soportes para los árboles de transmisión y demás elementos necesarios para lograr un correcto funcionamiento del prototipo.

3.2 Prototipo

Las máquinas son aparatos que reducen el esfuerzo necesario para realizar un trabajo, en casi todas las máquinas podemos encontrar: mecanismos, actuadores, dispositivos de regulación, mando o control, estructura, motor y circuitos.

El prototipo mecánico de este proyecto se caracteriza por ser rígido, puesto que no sufre deformación relativa de sus partes y la fuerza se aplica por contacto directo puesto que el motor transmite al sistema reductor de poleas y permite el funcionamiento de la máquina. Se analiza la fuerza del prototipo y se deduce que cumple el principio de transmisibilidad ya que la fuerza puede considerarse aplicada a un punto cualquiera de su línea de acción sin que se alteren los efectos exteriores al cuerpo rígido de la fuerza que sobre el actúa. La fuerza que ejerce la miel sobre la paleta se considera como un vector deslizante ya que es una acción exterior al prototipo que se aplica a lo largo de su línea de circular de acción sin que altere el efecto que produce sobre el cuerpo.

3.3 Analogía

Para llegar a la construcción del prototipo mecánico se procedió a realizar pruebas inicialmente con una entenalla que sujetaba a un esmeril de banco que proporcionaba el movimiento a la paleta en vez de la piedra como se observa en la figura 3.1, en el sistema de prueba se granuló 2 litros de miel; esta experiencia fue importante para deducir la velocidad necesaria de batido, la forma que constituye el prototipo llegando a la conclusión de que si es factible obtener panela granulada por medio de una máquina.



FIGURA 3.1 SISTEMA DE PRUEBA

3.4 Parámetros que definen el sistema de prueba

Los cálculos del sistema de prueba constituyeron la base para llegar a diseñar el prototipo mecánico ya que se procedió a calcular las RPM (revoluciones por minuto), potencia (P) y velocidad (v) para granular 2 litros de miel.

3.4.1 RPM del sistema de prueba

El sistema de prueba está constituido por engranajes rectos en donde se transmite el movimiento por medio de una palanca, se observa que la conductora tiene 63 dientes y la conducida 8 dientes. La conductora realizó 155 RPM. Aplicando la relación de transmisión:

$$Z_1 n_1 = Z_2 n_2 \quad (1)$$

Donde:

Z1: numero de dientes de la conductora

n1: RPM de la conductora

Z2: numero de dientes de la conducida

n2: RPM de la conducida

Se obtiene que la conducida gira a 1200 RPM en la prueba y fue una velocidad adecuada puesto que la miel no tiende a rebotar exageradamente, además el tiempo de granulado fue menor que el realizado manualmente.

3.4.2 Fuerza para granular

Es necesario calcular la fuerza de granulado puesto que la fuerza genera movimiento a la paleta de batido, para ello se parte de hallar la fuerza necesaria en el sistema de prueba y luego estimar en el proyecto. Al endurecer la panela se requiere de un gran esfuerzo para contrarrestar la fuerza de la misma. En 2 litros de miel se estimó una fuerza de 2.5 kilos aproximadamente, por ende para granular 16 litros de miel se requiere una fuerza de 100 kilos en

donde se consideró también un factor de seguridad de 1.5 y se obtiene 150 kilogramos-fuerza.

3.4.3 Potencia para granular

Desde el punto de vista tecnológico la potencia es un factor importante en la selección de un motor, pues la rapidez con que efectúa el trabajo interesa más que la cantidad total de trabajo que pueda realizar la máquina. La potencia queda determinada por el producto de la fuerza por la velocidad. Se plantea calcular la potencia requerida en el sistema de prueba:

$$P = T * W \quad (2)$$

Donde:

P=potencia

T=torque

W=velocidad angular

Para 2 litros se necesita 0.16HP, se estima que para 16 litros se deberá requerir 1.26HP. Los cuales al multiplicar por 1.5 (*factor de seguridad*) se obtiene 1.89HP.

El rendimiento del motor (μ) es necesario puesto que en la transmisión siempre se tiene cierta pérdida de trabajo a efecto de su utilización conocido como rendimiento el cual se encuentra en un rango de 75% a 95% y es menor que la unidad. En el proyecto se realiza el cálculo con 75%. Entonces,

$$P_{\text{motor}} = P_{\text{obtiene}} / \mu \quad (3)$$

Se utilizará para el proyecto un motor de 3 HP por acercarse más a 2.52 HP, y encontrarse en el mercado.

3.5 Criterios de selección de materiales

Para determinar los materiales es esencial saber el tamaño de la máquina, las condiciones de trabajo, tipo de corrosión, adecuada información de los materiales sobre su comportamiento frente a la corrosión y por último el costo del mismo.

3.5.1 Corrosión.

La corrosión se puede definir como el deterioro que sufre un material por su interacción con el medio ambiente. Esta definición abarca los materiales metálicos y los no metálicos, casi todos los metales se corroen en mayor o menor grado por el agua y la atmósfera. La velocidad a que un material se corroe es lenta y continua dependiendo del ambiente donde se encuentre, a medida que pasa el tiempo se va creando una capa fina de material en la superficie, que van formándose inicialmente como manchas hasta que llegan a aparecer imperfecciones en la superficie del metal.

3.5.1.1 Tipos de Corrosión

Se clasifican de acuerdo a la apariencia del metal corroído, dentro de las más comunes están:

- Corrosión uniforme: Donde la corrosión química o electroquímica actúa uniformemente sobre toda la superficie del metal
- Corrosión galvánica: Ocurre cuando metales diferentes se encuentran en contacto, ambos metales poseen potenciales eléctricos diferentes lo cual favorece la aparición de un metal como ánodo y otro como cátodo, a mayor diferencia de potencial el material con mas activo será el ánodo.
- Corrosión por picaduras: Aquí se producen hoyos o agujeros por agentes químicos.
- Corrosión intergranular: Es la que se encuentra localizada en los límites de grano, esto origina pérdidas en la resistencia que desintegran los bordes de los granos.
- Corrosión por esfuerzo: Se refiere a las tensiones internas luego de una deformación en frío.

3.5.1.2 Protección contra la corrosión

Dentro de las medidas utilizadas industrialmente para combatir la corrosión están las siguientes:

- Uso de materiales de gran pureza.
- Presencia de elementos de adición en aleaciones, ejemplo aceros inoxidable.
- Tratamientos térmicos especiales para homogeneizar soluciones sólidas, como el alivio de tensiones.
- Inhibidores que se adicionan a soluciones corrosivas para disminuir sus efectos, ejemplo los anticongelantes usados en radiadores de los automóviles.
- Recubrimiento superficial: pinturas, capas de óxido, recubrimientos metálicos
- Protección catódica.

3.5.1.3. Materiales utilizados en el prototipo

Se optó por utilizar materiales estandarizados tales como acero SAE (Sociedad Americana de Ingenieros) porque permite conocer el material al interpretar la norma, presenta buenas características y es de fácil adquisición en el mercado por ende son baratos.

Para el prototipo se optó utilizar acero de transmisión SAE 1018 en lo referente a ejes, soportes y estructura por presentar las siguientes características: resistencia a cargas no muy severas, pero con ciertos grados de tenacidad importante, excelente soldabilidad, excelente maquinabilidad, bajo costo con respecto a otra calidad de acero. La dureza es 163 HB. El peso específico es 7.86. Punto de fusión 1400°C.

El análisis de una cero SAE 1018 se ve en la tabla 3.1.

ANÁLISIS TÍPICO ACERO SAE 1018				
	%C	%Mn	%P	%S
SAE 1018	0.15-0.20	0.6-0.9	0.04	0.05

TABLA 3.1 ANÁLISIS TÍPICO DE ACERO SAE 1018

Se utilizó acero de construcción SAE 1010 en los elementos restantes de la máquina tales como: perfiles rectangular y cuadrado, platinas, planchas de acero laminado en caliente por ser un material de excelente soldabilidad y ser un acero estructural al carbono. A continuación el análisis:

ANÁLISIS TÍPICO ACERO SAE 1010				
	%C	%Mn	%P	%S
SAE 1010	0.8-1.2	0.6-0.9	0.04	0.05

TABLA 3.2 ANALISIS TÍPICO DE ACERO SAE 1010

La olla empleada para efectuar el batido es de acero inoxidable AISI 304 y es la indicada por ser utilizada en alimentos. El acero inoxidable presenta muy buena resistencia a la corrosión, su análisis se ve en la siguiente tabla:

ANÁLISIS ACERO INOXIDABLE AISI 304							
	%C	%Si	%Mn	%P	%S	%Ni	%Cr
AISI 304	≤0.08	≤1.00	≤2.00	≤0.045	≤0.03	(8.0-12)	(18.0-20.0)

TABLA 3.2 ANÁLISIS TÍPICO DE ACERO INOXIDABLE AISI 304

Para los bocines se empleó Bronce SAE 40 (Bronce fosfórico), presenta una aleación de cobre de buenas cualidades elásticas y de resistencia al desgaste. Alta pureza del material, con eliminación total de porosidad interna, buena conductividad térmica, resistencia a la corrosión y facilidad al maquinado.

ANÁLISIS TÍPICO BRONCE SAE 40 (FOSFÓRICO)				
	%Cu	%Sn	%Pb	%Zn
BRONCE SAE 40	85	5	5	5

TABLA 3.3 ANÁLISIS TÍPICO DEL BRONCE SAE 40

Se aplica donde hay cargas ligeras y velocidades de baja a media, con sistema de lubricación normal, la dureza es mínimo 70 HB, el análisis químico se observa a continuación:

3.6 Identificación de los mecanismos del prototipo

Los mecanismos son elementos o combinaciones de elementos que transforman las fuerzas y los movimientos. Así permiten modificar su dirección e intensidad hasta lograr lo que se necesita. Algunos tipos de mecanismos son: ruedas de fricción, engranajes, u órganos flexibles como: correas, cable o cadena. La mayoría de las máquinas tiene varios componentes que realizan movimientos. Los cuatro movimientos básicos, que dan lugar a múltiples movimientos combinados, son: lineal, rotativo, alternativo, oscilante.

3.6.1 Polea¹⁰

La polea es un mecanismo mecánico que se compone de una rueda que gira en torno a un eje y que tiene el perímetro exterior diseñado especialmente para facilitar el contacto con cuerdas o correas.

Básicamente la polea se utiliza para dos fines: *cambiar la dirección de una fuerza* mediante cuerdas o *transmitir un movimiento giratorio de un eje a otro* mediante correas. En toda polea se distinguen tres partes: cuerpo, cubo y garganta. En la Fig. 3.2 se indica los diferentes tipos de gargantas:

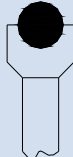
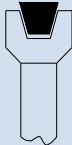
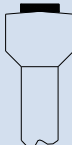
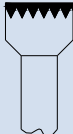
Para cuerdas	Para correas		
			
Semicircular	Trapezoidal	Plana	Estriada

Fig. 3.2 TIPOS DE GARGANTAS

¹⁰STRANEO y R. CONSORTI, DIBUJO TECNICO MECÁNICO (1969), Ed. MONTANER Y SIMON. Barcelona. Pg. 387-396.

Las medidas de las gargantas se han determinado de modo que se evite el contacto de la correa con el fondo de la garganta, es decir la correa trabajara sobre sus flancos.

3.6.1.1 Tipos de poleas

La polea puede ser fija cuando no se mueve al desplazar la carga, móvil cuando se desplaza al desplazar la carga, el punto de apoyo no está en el eje sino en la cuerda y los polipastos combinaciones de poleas, fijas y móviles, logrando cambiar la dirección del esfuerzo y amplificación de la fuerza. Para ello hay que aumentar también la longitud de la cuerda que se deberá desplazar. A continuación se procede a definir los parámetros que constituyen las poleas:

3.6.1.2 Relación de transmisión

La relación de transmisión en el caso de poleas y correa es el cociente entre el diámetro de la rueda conducida y el de la rueda motriz. En correas trapeciales la relación de transmisión no debe ser inferior a 1/12.

Se puede calcular la relación de transmisión a partir de la siguiente ecuación:

$$R = \frac{D}{d} = \frac{n}{N} \quad (4)$$

Donde:

R: relación de transmisión

D: diámetro polea mayor (ext.)

d: diámetro ext. Polea menor

n: # RPM polea menor

N= #RPM polea mayor

Por lo tanto, la relación de transmisión teórica es igual a 1.42

3.6.1.3 Polea conductora

En el prototipo mecánico tiene lugar una considerable reducción de velocidad de 1700 RPM a 1200 RPM, por lo tanto será la polea motriz rápida y de pequeño diámetro, mientras la conducida de gran diámetro. Las poleas empleadas serán acanaladas con correas trapeciales.

Tomando en cuenta la potencia que se dedujo de la ecuación 2, la velocidad angular y la fuerza a transmitir y combinando las ecuaciones 5 y 6 se determina el radio de la polea $r = 76.09\text{mm}$; por lo tanto el diámetro es $d=152.18\text{mm}$.

$$P = L \times W_t \quad (5)$$

$$L = F \times r \quad (6)$$

Donde:

P= Potencia del motor

Wt= velocidad angular

L= Momento Par o Torque

F= Fuerza

r= Radio de la polea

Con este resultado teórico del diámetro, se observa en la tabla del ANEXO 3.1, la velocidad periférica (v) con la siguiente fórmula:

$$V = \frac{n \times d}{19100} \quad (7)$$

Donde:

n: RPM de la conductora

d: diámetro primitivo de la conductora

Por lo tanto, la velocidad calculada es 13.54m/seg.

En la tabla 165 de CONSORTI se tiene $V=15\text{m/seg}$, siendo más próxima al $V_{\text{calculado}}$ y $d=140\text{mm}$ más próximo a 152.18 mm, por lo tanto la correa corresponde a la sección 17*11 tipo B. La misma que se hace referencia en el

ANEXO 3.1. La construcción de la polea conductora se hace referencia en el plano 013.

3.6.1.4 Correas trapeciales

Las correas trapeciales o en v se emplean para transmitir potencia de un eje a otro, cuando no se necesita mantener una razón de velocidades exacta entre los dos ejes. En la mayor parte de las transmisiones por correa, las pérdidas de potencia debidas al deslizamiento y al arrastre son de 3 a 5%.

El diseño de una correa implica selección de la correa adecuada para transmitir una determinada potencia o bien, la determinación de la potencia que se puede transmitir con una correa plana o con una correa en V dada.

En el proyecto se utiliza transmisión por correa abierta Fig. 3.3, el cual se emplea en árboles paralelos si el giro de estos es un mismo sentido. Es la transmisión más difundida. En estas transmisiones la flexión en la correa es normal y depende fundamentalmente del diámetro de la polea menor.

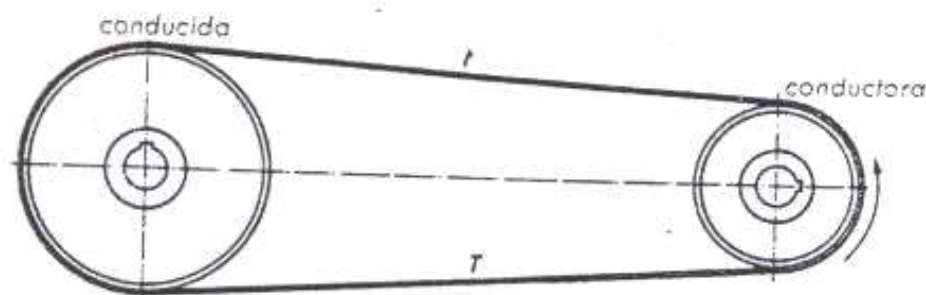


Fig. 3.3 TRANSMISION POR CORREA ABIERTA

Las transmisiones por correas trapeciales se van extendiendo rápidamente por las grandes ventajas tales como: gran adherencia, debido a los materiales de la correa como al efecto de cuña de la misma sobre la garganta de la polea. La posibilidad de elevadas relaciones de transmisión 1:12, empleando motores rápidos. Reducción de espacio, no teniéndose que preocupar por el ángulo abrazado de la polea, menor presión en comparación con ruedas cilíndricas. La anchura de las poleas se calcula en función de la distancia de ejes (J) y de

los diámetros d_1 y d_2 de las poleas. Tanto las poleas y correas están unificadas en las normas UNI 488 y UNI 490.

Se establece los elementos de las correas trapeciales. Con el Diámetro primitivo (d) $d=140\text{mm}$ según la tabla 165 de la polea conductora se procede a calcular el diámetro exterior de la polea conductora aplicando:

$$d=D-11 \quad (8)$$

Entonces $D = 151\text{mm} \cong 6'' = 152.40\text{ mm}$ en el mercado existe una polea de 22 mm de ancho. De la tabla 164 se determina lo siguientes parámetros:

$$p = 5.5\text{mm}$$

$$H = 17\text{mm} \text{ (mínimo)}$$

$$A = 13\text{mm}$$

$$\text{Ancho de la polea} = 24 = 13 \cdot 2 = 26\text{mm}$$

$$g = 17\text{mm}$$

$$\beta = 34^\circ$$

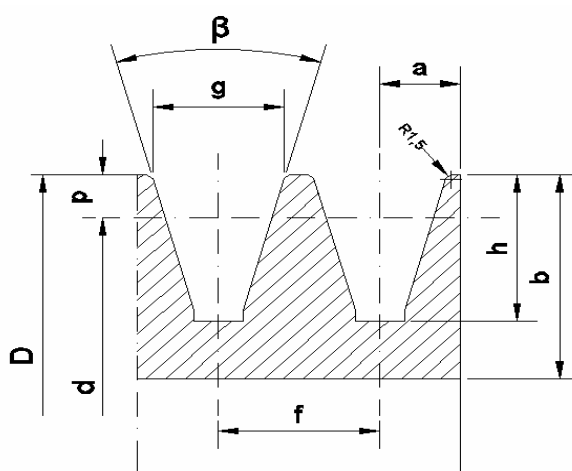


Fig. 3.4 ELEMENTOS DE LA CORREA TRAPEZIAL

3.6.1.5 Polea conducida

Con la relación de transmisión se tiene que la polea conducida tiene un diámetro de 213 mm aproximadamente es $211\text{mm} = 8''$. Según ANEXO 3.1.

Se trabajara con una polea de $\varnothing 203.20\text{mm}$ ($8''$) por ser el valor existente más próximo en el mercado.

Cabe aclarar que esta polea ($8''$) existe en el mercado reduciendo así la relación de transmisión a: $R = 1275\text{ RPM}$, de los cuales se determinan los parámetros de la figura 3.4:

$$\text{Diámetro exterior (D')} \quad D' = 211\text{mm}$$

$$\text{Diámetro primitivo: (d')}$$

$$d' = 200\text{mm}$$

$$P = 5.5\text{mm}$$

$$h = 17\text{mm}$$

$$a = 13\text{mm}$$

$$\text{Ancho de la polea} = 2 \cdot a = 13 \cdot 2 = 26\text{mm}$$

$$g = 17\text{mm}$$

$$\beta = 38^\circ$$

La construcción de la polea conducida se hace referencia en el plano 014.

3.6.1.6 Distancia entre ejes de las poleas

Para el empleo racional de las correas trapeziales es necesario proveer que el motor este montado sobre carriles tensores u otro órgano para que al colocar las correas se pueda acercar el motor, y luego alejarlo para tensar las correas y mantener en la tensión exacta.

Cuando no se da la distancia entre ejes puede determinarse así:

$$J \geq \frac{(k+1)d}{2} + d \quad (9)$$

Donde

k: relación de transmisión entre 1 y 3.

d: diámetro primitivo polea menor

J: distancia entre ejes.

Se tiene como resultado $J \geq 308\text{mm}$ pero por cuestión de establecer la distancia entre el motor y el recipiente de batido se considera $J=500\text{mm}$.

3.6.1.7 Ángulo de abrazado de la correa (α)

El ángulo de abrazado de una correa es el formado por los puntos de contacto de la correa, no siempre es 180° pues depende de las poleas a unirse. Para el cálculo del ángulo de abrazado de la correa (α) se utiliza la siguiente fórmula:

$$\alpha = 180 - 57 \frac{d(k+1)}{J} \quad (10)$$

Se determina que $\alpha = 173.62$

3.6.1.8 Longitud de la correa

El ángulo de abrazado se utiliza para obtener la longitud de la correa mediante la siguiente fórmula:

$$L = 2Js + \pi d \quad (11)$$

$$L \cong 60'' = 1524\text{mm}$$

s: se deduce de la siguiente tabla, donde $\alpha = 175^\circ$.

Valores del coeficiente s en función de α													
α	18	175	170	165	160	155	150	145	140	135	130	125	120
°	0												
s	1	1,0	1,1	1,2	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,6	1,7	1,8	1,9
		7	4	1	9	6	4	2	0	8	5	3	1

TABLA 3.4 VALORES DEL COEFICIENTE s EN FUNCION DE α

Donde:

s: coeficiente en función del ángulo de abrazado.

J= distancia entre ejes

d: diámetro polea menor primitivo

L: longitud de la correa.

Se optó por el valor más próximo en el mercado que es 60" de longitud total.

3.6.1.9 Número de correas (c) necesario para transmitir la potencia dada

Se tiene que el $v_{\text{calculado}} = 13.54 \text{ m/seg} \cong V = 14 \text{ m/seg}$, por lo tanto el valor del coeficiente (q) $q = 12.6$. Según la tabla 3.5:

Valores del coeficiente q en función de V												
V (m/seg)	5	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	25
q	4,9	5,8	7,7	9,4	11,	12,	13,	14,	15,	16,	16,	16,
	3	9	3	7	1	6	8	9	8	4	6	7

TABLA 3.5 VALORES DEL COEFICIENTE q EN FUNCION DE V

$$c = \frac{75 + m + P'}{T + q + f} \quad (12)$$

Donde:

P' = potencia a transmitir CV

T = fuerza tangencial

F = coeficiente de corrección de potencia

M = sobrecarga

q = coeficiente en función de la velocidad

c = #de correas.

Por lo tanto, $c = 1.25$ veces o 1 correa

3.6.2 Engranajes cónicos

Los engranajes cónicos se emplean para la transmisión del movimiento rotatorio entre ejes perpendiculares, esto es cuando los ejes de transmisión se

cortan o cruzan en el espacio. La tabla 3.6 indica los tipos y características de engranajes cónicos:

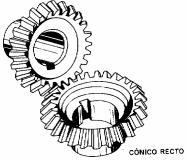
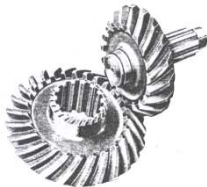

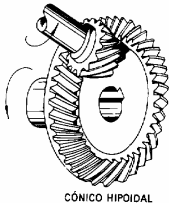
ENGRANAJES CÓNICOS				
TIPOS	RECTOS	HELICOIDALES	ESPIRALES	HIPOIDE
CARACTERÍSTICAS				
EJES EN QUE SE CORTA	90°	90°	90°	90°
DIENTE	Convergen en un punto de intersección	Menor superficie de contacto	Depende de la maquina a dentar	Parecido a helicoidales
RUIDO	si	no	no	No
USO	escaso	Camiones automóviles	Velocidades elevadas	Maquinas industriales, embarcaciones
ESQUEMA	 CÓNICO RECTO			 CÓNICO HIPOIDAL

TABLA 3.6 TIPOS DE ENGRANAJES CONICOS

3.6.2.1 Parámetros de los engranajes cónicos¹¹

Tanto la conducida como la conductora en el prototipo mecánico serán las mismas puesto que se quiere mantener igual RPM. Al ser iguales los engranajes, el ángulo del cono o ángulo de paso o ángulo primitivo será 45°.

$$\alpha = 45^\circ \quad i = 1 \text{ (relación de transmisión).}$$

La relación de transmisión viene dada por la relación entre el número de dientes de la conductora y el de la conducida. Se trabajara con $Z=17$, según ⁽¹¹⁾ 17 dientes *17dientes.

En esto se consideró que el movimiento manual de la olla no requiere algún cambio de velocidad.

$$\lambda = b / m \quad (13)$$

¹¹ ARRIZABALAGA Nicolás, MAQUINAS PRONTUARIO (2001). Ed. PARANINFO, España. Pg. 342- 557

Donde:

λ : 10 Relación práctica recomendada (¹¹)

i: 1 relación de transmisión.

N: potencia a transmitir = 0.006768941 CV

m: módulo

dp: diámetro primitivo

Z: # revoluciones

n: RPM #revoluciones

$$m = \frac{dp}{z}$$

$$M_t = 71620 * \frac{N}{n}$$

$$M_t = 8.08 \text{ Kg} * \text{cm}$$

Para la determinación del diámetro primitivo en función del ancho del diente se utiliza la fórmula 14:

$$bd^2 = \frac{6.25M_t}{k} * \sqrt{\frac{i^2+1}{i^2}} \quad (14)$$

Donde:

b : Ancho del diente

d : Diámetro primitivo

M_t = Momento torsor

i = relación de transmisión

k = presión de rodadura para el acero a 5000 horas de duración.

El valor de k (kgf/cm^2) para 5000 horas de duración se le determina en el ANEXO 3.2. Empleando un acero semisuave (F-113= SAE 1018) donde $K= 31 \text{ kgf}/\text{cm}^2$ para $n= 60 \text{ RPM}$ siendo aprox. En la table $n=50 \text{ RPM}$.

$m = 0.0927\text{cm} = 0.927\text{ mm} \approx 1\text{mm}$ *NORMALIZADO*. (TABLA 3.7).

El módulo se aumenta a 4mm por cuestiones de construcción y ensamble, de lo contrario los engranajes resultan muy pequeños.

VALORES RECOMENDADOS		VALORES A EVITAR	
0.5	4	0.55	4.5
0.6	5	0.7	5.5
0.8	6	0.9	7
1	8	1.125	9
1.25	10	1.375	11
1.50	12	1.75	14
2	16	2.25	18
2.5	20	2.75	22
3	25	3.5	-

TABLA 3.7 MÓDULOS NORMALIZADOS

Los parámetros de los engranajes cónicos se observa en el ANEXO 3.3.

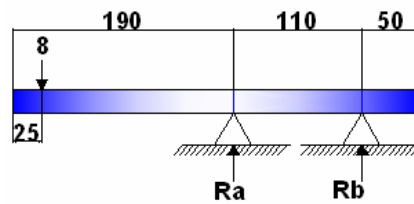
3.6.3 Volante

Un volante es una rueda constituida por un cubo, un disco macizo o de brazos, y una llanta, en la cual está concentrada la mayor parte de la masa del volante, con objeto de que tenga un gran momento de inercia. En el volante y en otras ruedas se aprovecha la propiedad de la palanca. La potencia se aplica en el exterior y la resistencia está en el mismo punto de apoyo que se sitúa en el centro. Para la construcción del volante (plano 002) se empleará varilla de acero de construcción SAE 1010 forjado en caliente y mediante el rolado se le dio el diámetro de 9", a la vez se soldó 6 brazos con el objeto de centrar en un eje y sujetar con pasador de aletas el volante al eje.

El movimiento del volante se facilitará con el empleo de una manija plástica según el plano 019.

3.6.3.1 Eje axial

Se procedió a calcular el momento flector en forma analítica:



$$\sum F_y = 0$$

$$R_a + R_b - 8 = 0$$

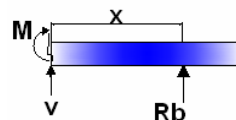
$$R_a = -12 \text{ Kgf}$$

$$\sum \tau_o = 0$$

$$R_a(110) + 8(275) = 0$$

$$R_a = 20 \text{ Kgf}$$

- $0 \leq X \leq 110 \text{ mm}$



$$\sum F_y = 0$$

$$R_b + V = 0$$

$$V = 12 \text{ Kgf}$$

$$\sum \tau_o = 0$$

$$-M + RB_x = 0$$

$$M = -12x$$

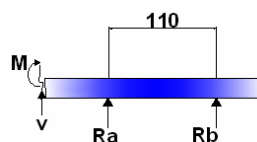
Si: $X=0$

$$M = 0$$

$X=110$

$$M = -1320 \text{ Kgf}$$

- $110 \leq X \leq 275 \text{ mm}$



$$\sum F_y = 0$$

$$R_a + R_b + V = 0$$

$$-M + R_b X + R_a(X - 110) = 0$$

$$\sum \tau_o = 0$$

$$V = -8 \text{ Kgf}$$

$$M = 8X - 2200$$

Si: $X=110$ $M = -1320 \text{ Kgf}$

$X=275$ $M = 0 \text{ Kgf}$

Por lo tanto: $M = -1320 \text{ Kgf}$

Se obtiene que el momento flector es 1320 Kgf. En el plano 003 se detalla el eje axial de maniobra.

Considerando que:

$$T = \frac{63000P}{n} \quad (15)$$

Donde:

T= momento torsor

P=potencia en HP

n = Velocidad de rotación

Se establece $n=60\text{RPM}$ por ser manual.

3.6.3.2 Potencia requerida en volante

Se procede a obtener la potencia requerida para mover el recipiente con 16 litros de miel, se considera un volante de 9" de diámetro de acuerdo a la construcción. Sabiendo que:

$$P = L \cdot Wt \quad (16)$$

$$L = F \cdot r \quad (17)$$

Donde:

P: potencia a transmitir

L: momento par de la rueda

Wt: velocidad angular

F: fuerza aplicada

r: radio de la rueda.

Con el momento par de la rueda $L=914.4 \text{ Kgf.mm}$ y la Potencia a transmitir es $P= 8.96\text{W}$. Desarrollando la fórmula se obtiene $T = 12.62\text{lb}\cdot\text{pulg}$

Tomando n cuenta el momento flector calculado: $M_f= 114.33 \text{ lbf}\cdot\text{plg}$.

De acuerdo con la teoría de elementos mecánicos con respecto al dimensionamiento de ejes consideramos:

$$d^3 = \left(\frac{32n}{\pi S_y} \sqrt{M^2 + \frac{3}{4}T^2} \right) \quad (18)$$

Donde:

d : Diámetro del eje (pulgadas)

n : Factor de Seguridad

S_y : Límite de fluencia

M : Momento Flector

T : Momento Torsor

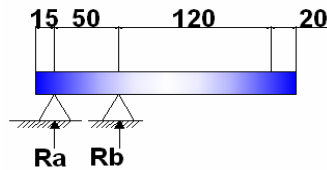
Por lo tanto se tiene $d = 0.39'' = 9.86\text{mm}$, para un adecuado maquinado duplicamos d . Entonces $d=20\text{mm}$.

$$19 \leq d \leq 21\text{mm}.$$

Los detalles específicos de este eje se muestran en el plano 003, para lo cual los resaltes a considerarse para la elaboración de dicho plano se toma como referencia la tabla del ANEXO 3.3.

3.6.3.3 Determinación del eje vertical

Se procedió a calcular el momento flector en forma analítica:



$$\Sigma F_y = 0$$

$$R_a + R_b - 20 = 0$$

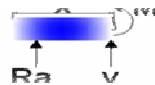
$$R_a = -48 \text{ Kgf.}$$

$$\Sigma \zeta_o = 0$$

$$R_b (50) - 20(170) = 0$$

$$R_b = 68 \text{ Kgf}$$

- $0 \leq x \leq 50\text{mm}$



$$\Sigma F_y = 0$$

$$R_a + V = 0$$

$$V = 48 \text{ Kgf.}$$

$$\Sigma \zeta_o = 0$$

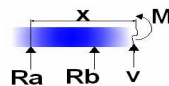
$$M - R_a (X) = 0$$

$$M = 118 \text{ Kgf}$$

$$\text{Si: } X=0 \quad M=0$$

$$X=50 \quad M = -2400 \text{ kgf}$$

- $50 \leq x \leq 170\text{mm}$



$$\Sigma F_y = 0$$

$$R_a + R_b + V = 0$$

$$V = -20 \text{ Kgf.}$$

$$\Sigma \zeta_o = 0$$

$$M - R_a (X) - R_b (x-50) = 0$$

$$M = -20X + 3400$$

$$\text{Si: } X=50 \quad M = 2400$$

$$X= 170 \quad M = 0 \text{ kgf}$$

Por lo tanto: $M = 2400 \text{ Kgf}$

En el plano 004 se detalla el eje vertical de maniobra. Por lo tanto considerando la ubicación se calcula σ e I con las ecuaciones 19 y 20.

$$\sigma = \frac{M \cdot c}{I} \quad (19)$$

$$I = \frac{\pi d^4}{64} \quad (20)$$

Donde:

σ : esfuerzo

M : momento flector

c : distancia del centro de la parte exterior

I : inercia

d : diámetro

Se establece que se puede usar un acero SAE 1018 (mínimo) donde:

$$\tau_y = 31 \text{ Kgf/mm}^2$$

$M_f: 2400 \text{ Kgf} \cdot \text{mm}$ (calculado)

$c = 102.5 \text{ mm}$ Establecido por gráfico aprox.

Por lo tanto, $d = 20 \text{ mm}$.

Los detalles específicos de este eje se muestran en el plano 004, para lo cual los resaltes a considerarse para la elaboración de dicho plano se toma como referencia la tabla del ANEXO 3.4.

3.6.3.4 Determinación del soporte cilíndrico

Se procedió a calcular el momento flector en forma gráfica:

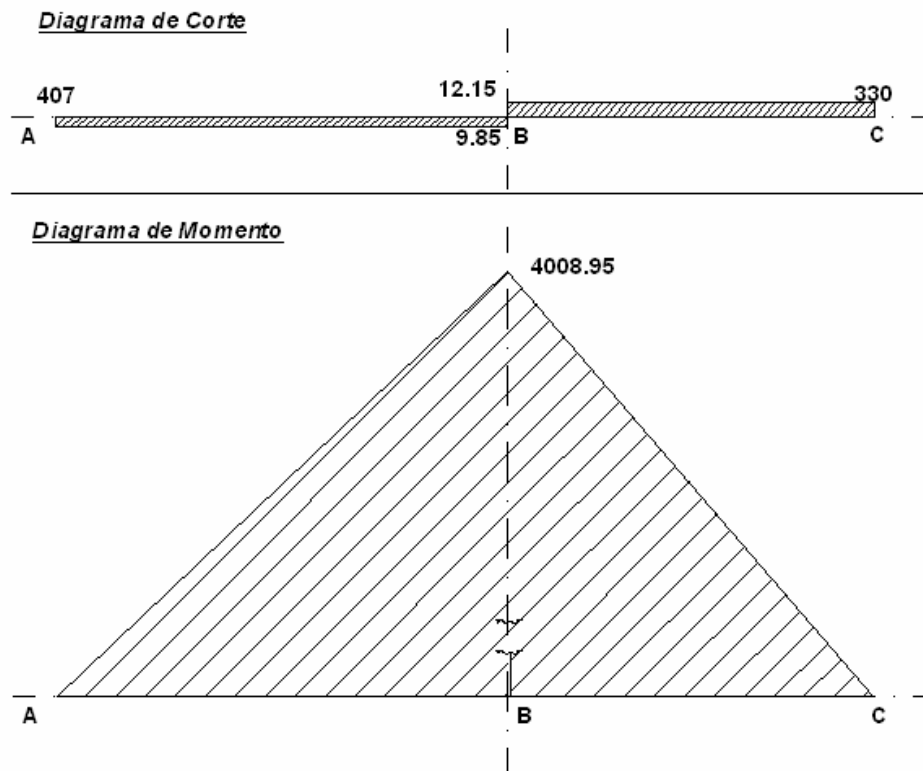


Fig. 3.5 DIAGRAMA DE MOMENTO FLECTOR DE SOPORTE CILÍNDRICO

Se obtiene que $Mf: 4008,95 \text{ Kg} \cdot \text{mm}(\text{calculado})$,

Considerando la disposición del material, en este caso un tubo de acero galvanizado de diámetro $2 \frac{3}{8} = 6.33 \text{ mm}$, y espesor 3mm:

Cuyo diámetro interior (d) es igual a 54.33mm. Se determina el momento M.

$$\sigma = \frac{M+c}{I} \quad (21)$$

Donde:

M: momento flector máx.

c: distancia del centro a la parte exterior

I: inercia

D: Ø exterior del tubo

d: Ø interior del tubo

σ : Esfuerzo

$$\sigma_y = 31 \frac{\text{Kgf}}{\text{mm}^2} \text{ Acero SAE 1018.}$$

M= 4008.95 Kgf/mm (obtenido gráficamente)

$$c = \frac{l}{2} = 368.5 \text{ mm}$$

$I = 737$ mm (teórico, gráfico)

I: inercia del cilindro hueco

$I = 0.05 (D^4 - d^4)$, se debe tomar en cuenta que es un cilindro hueco

$$D = 55.76 \text{ mm}$$

En el resultado se observa que no difiere considerablemente las medidas calculadas con respecto a las medidas del tubo, por lo que es apto para su uso.

3.7 Elementos del prototipo

El tensor de banda se utiliza para montar y desmontar la banda. Este consta de una placa soporte del motor (plano 011), seis pernos M10 que unen al soporte de la parte superior de la estructura evitando la fricción de los pernos. Se puede así, por medio de un tensor ejercer un notable esfuerzo de tracción, valiéndose de la ventaja del mecanismo tornillo tuerca.

Las chavetas se usan en el ensamble de partes de máquinas para asegurarlas contra su movimiento relativo, por lo general rotatorio, como es el caso entre flechas, cigüeñales, volantes, etc. Aún cuando los engranajes y las poleas están montados con un ajuste de interferencia, es aconsejable usar una chaveta diseñada para transmitir el momento torsor total. Cuando las fuerzas relativas no son grandes, se emplea una chaveta redonda, una chaveta de silleta o una chaveta plana. Para trabajo pesado son más adecuadas las chavetas rectangulares.

3.8 Sistema mecánico de batido

Un sistema mecánico se define como un cuerpo o grupo de cuerpos que pueden aislarse de los demás cuerpos. Dicho sistema puede ser un cuerpo único o una combinación de cuerpos conectados.

3.8.1 Eje para paleta de batido

Tomando al momento flector máximo calculado tenemos mediante método gráfico:

Diagrama de Corte

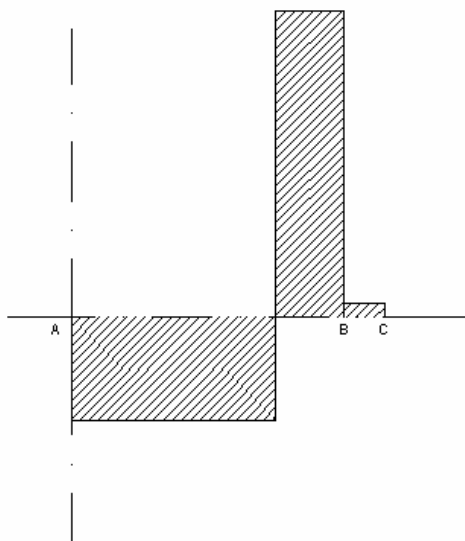


Diagrama de Momento

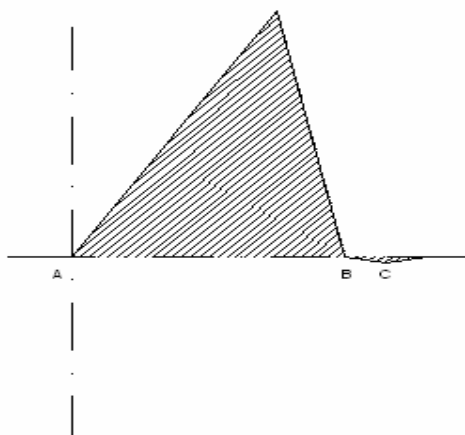


Fig. 3.6 DIAGRAMA DE MOMENTO FLECTOR DEL EJE PALETA DE BATDO

Se tiene: $Mf_{max} = 45000 \text{ Kgf*mm}$. Se compara con el resultado de la siguiente formula:

$$T = \frac{63000H}{n} \quad (22)$$

De acuerdo con la teoría de elementos mecánicos con respecto al dimensionamiento de ejes, se tiene:

$$d = 1.26plg. = 31.93\text{mm} \cong 32\text{mm NORMALIZADO.}$$

Reconsiderando el diámetro del eje por el motivo de selección de rodamiento en cuyo caso el más próximo es el 6006 RIGIDO DE BOLAS. \emptyset interior = 30mm; los detalles de este eje se expresa en el plano 015 tomando como referencia los resaltes de la tabla del ANEXO 3.5. El eje de paleta de batido se construyó según el plano 015.

3.9 Dispositivo de mando, regulación y control

Es el dispositivo que controla el funcionamiento del prototipo en este caso es un selector de dos posiciones definido como un aparato dotado de poder de corte, destinado a efectuar la apertura y el cierre de un circuito. Tiene dos posiciones en las que permanece fijo en ausencia de acción exterior y que corresponden: una, a la apertura y la otra, al cierre del circuito.

El volante también permite la rotación de la olla en sentido contrario al de la paleta.

3.10 Actuador

Los actuadores son elementos mecánicos que transforman el movimiento en trabajo.

La paleta (plano 016) constituye el actuador del prototipo ya que al estar en contacto con la miel la transforma en panela granulada.

La olla también se considera un actuador porque ejecuta el movimiento contrario a la miel, permitiendo que la panela no tenga un solo sentido de giro; esto se debe al mecanismo de engranajes cónicos.

3.11 Estructura

La estructura es un sistema de miembros unidos entre si y construido para soportar con seguridad las cargas a el aplicadas. La estructura principal (plano 017), consta de un soporte para la placa del tensor de banda y paleta tal como se muestra en el plano 012 y otro soporte para peso del motor según plano 008; ambos soportes se sujetan al tubo galvanizado mediante pernos prisioneros. También se tiene un soporte del mecanismo manual (plano 005). En el prototipo se cuenta con un soporte del recipiente (plano 009) el mismo que sirve de soporte a la olla de inox.

El tubo galvanizado que constituye parte de la estructura principal en el cual se tiene problema de presencia de sales de cinc, puntos de óxido rojo, desprendimiento parcial de pintura por corrosión interior, pérdida del brillo de cinc, en la cual se utiliza pintura como recubrimiento superficial para su protección y acabado decorativo.

3.11.1 Uniones atornilladas

El objeto del perno es aplicar y mantener la presión entre dos o más piezas en los cuales es importante distinguir:

Paso (P) es la distancia entre dos hilos adyacentes; d es el diámetro mayor de la rosca, d_r o d_1 es el diámetro menor en la rosca y el avance es la distancia que se desliza una tuerca en una vuelta completa.

En el perno estándar de cabeza hexagonal, los puntos de concentración de esfuerzo están en el entalle y en el inicio de filete de las roscas; es necesaria utilizar la arandela ya que impide las rebabas de los agujeros roscados después de su formado pues podrían penetrar en el entalle y aumentar la

concentración de los esfuerzos el diámetro de la arandela es igual al ancho entre las caras planas de la cabeza hexagonal.

La longitud de un perno ideal es aquella en que solo sobresalen uno o dos hilos desde la tuerca después de su apriete. La fuerza de sujeción tensiona el elemento esa fuerza se obtiene apretando la tuerca, si no se afloja la tuerca dicha tensión en el perno permanece como fuerza de sujeción o *precarga del perno*, ocasionando también compresión de placas. El apriete se realiza manteniendo fija la cabeza del perno, con esto no resistirá la acción del momento de fricción de la rosca.

El material de la tuerca debe ser de metal templado ya que la carga se dividirá entre unos tres hilos de la rosca, por esta razón nunca se deben volver a usar tuercas desmontadas.

3.11.1.1 Selección de tornillería

En el prototipo se necesita seleccionar pernos tal como se determinan en los planos, además por considerar el montaje y desmontaje de ciertos elementos.

En el soporte el diámetro nominal (d) del perno es el de la espiga en frío, el diámetro del agujero es $a = d + 1$ en mm, a duplicar

$$d = \frac{3(L - \Sigma e)}{4} \quad (23)$$

Donde:

d = diámetro nominal del perno

Σe = suma de espesores de los elementos que forman la unión

L = longitud de la espiga para el perno.

Por lo tanto, $d = 9,75 \text{ mm} \approx 10 \text{ mm}$

En el plano 100 se observan que el motor está apoyado en el soporte triangular de la estructura principal por lo tanto el tensor de bandas soporta la mitad del peso del motor 10 kg y la placa soporta el peso del tensor 5 kg.

El número de tornillos necesarios para la unión del tensor de bandas es:

$$n = \frac{\text{fuerza de tracción}}{\text{solicitud por cortadura}} \quad (24)$$

$$n = \frac{10}{1.8} = 5,55 \approx 6 \text{ pernos}$$

El número de tornillos necesarios para la unión del tensor de banda al soporte de la estructura es:

$$n = \frac{5}{1.2} = 4,16 \approx 4 \text{ pernos}$$

3.11.1.2 Estática de la estructura

La estática de la estructura del prototipo es importante determinar puesto que se dirige a la descripción cuantitativa de las fuerzas, esto se obtiene aplicando leyes de Newton, Varignon; además las relaciones matemáticas para definir los efectos que se producen en el cuerpo previamente aislado de las fuerzas externas "*Diagrama de cuerpo libre*".

Para calcular el momento de fuerza establecido en la estructura se observa respecto al punto O en la Fig.3.7, este permite establecer las reacciones de la estructura, el recorrido sistemático del contorno revelará todas las fuerzas que se ejercen incluyendo pesos apreciables, fuerzas con dirección y sentido indicado, etc. El equilibrio de un cuerpo es la condición en la cual la resultante de todas las fuerzas que actúan sobre la máquina es nula. Se aplica los requisitos para el equilibrio:

$$\sum F = 0 \quad (25)$$

$$\sum M = 0 \quad (26)$$

Las ecuaciones 25 y 26 en el análisis de la estructura indicaron una descompensación de 6 Kg. Los cuales serán suministrados para conseguir el equilibrio de la misma.

(23) y (24) ARRIZABALAGA Nicolás, MAQUINAS PRONTUARIO, 2001 Ed. PARANINFO, España. Pg. 342- 557

(25) y (26) MERIAM L, PRINCIPIOS DE LA ESTÁTICA, Barcelona, 1981. Pág. 75

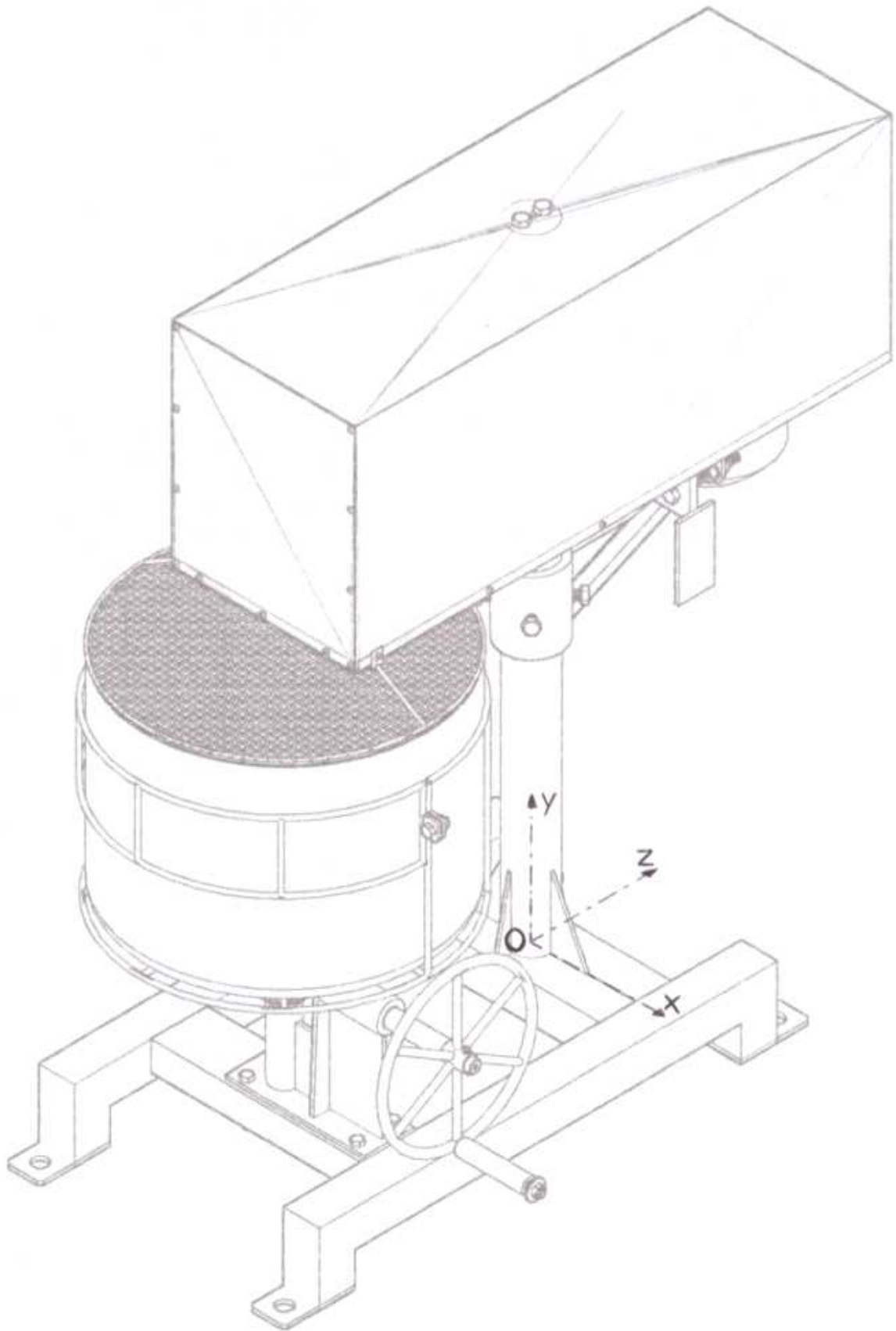


Fig. 3.7 PROTOTIPO MECÁNICO PARA GRANULAR PANELA

3.12 Soldadura

La AWS define una soldadura como una coalescencia localizada de metal, en donde esa conglomeración se produce por el calentamiento a temperaturas adecuadas, con o sin la aplicación de presión y con o sin la utilización de metal de aporte. El metal de aporte sólo se puede emplear si este y el metal base son compatibles, si no son compatibles es necesario emplear un proceso en el cual no se fundan o un metal de aporte que sea diferente a los de base, pero que se fusione con ellos. Se produce un efecto calórico en la estructura del metal base próximo a la soldadura y se llama ZONA ALTERADA POR EL CALOR (HAZ heat-affected zone). A continuación se presenta los diferentes tipos de soldadura (Fig.3.8):

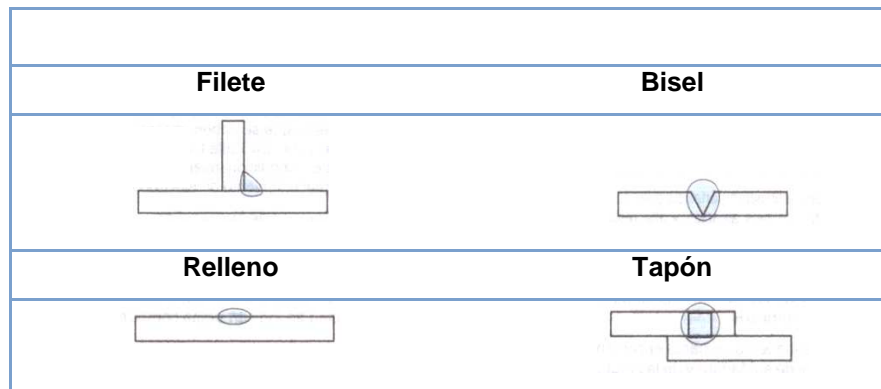


Fig. 3.8 TIPOS DE SOLDADURA

Los tipos de unión de soldadura se presentan a continuación (Fig. 3.9):

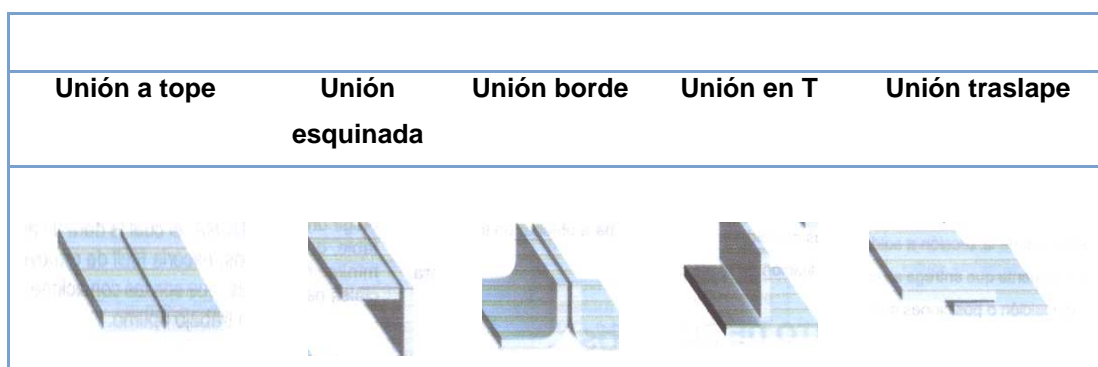


Fig. 3.9 TIPOS DE UNIÓN DE SOLDADURA

Las variaciones de bisel se observa (Fig. 3.10):

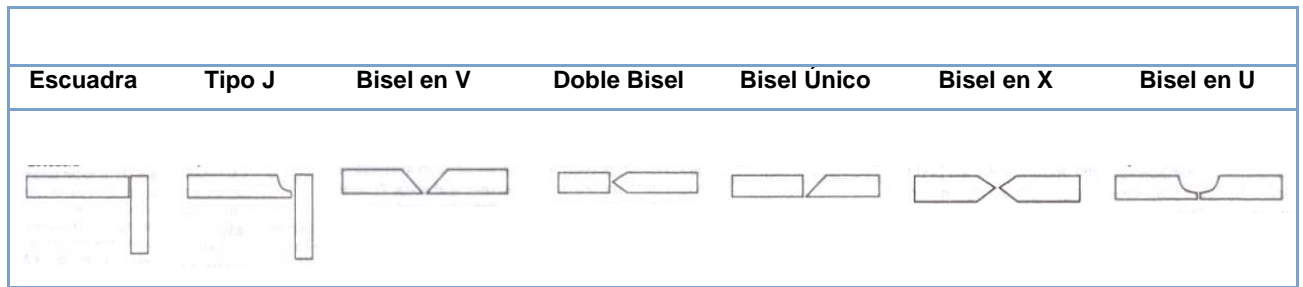


Fig. 3.10 VARIACIONES DE BISEL

3.12.1 Posiciones de Soldadura:

Las posiciones de soldadura se presentan a continuación (Fig. 3.11):

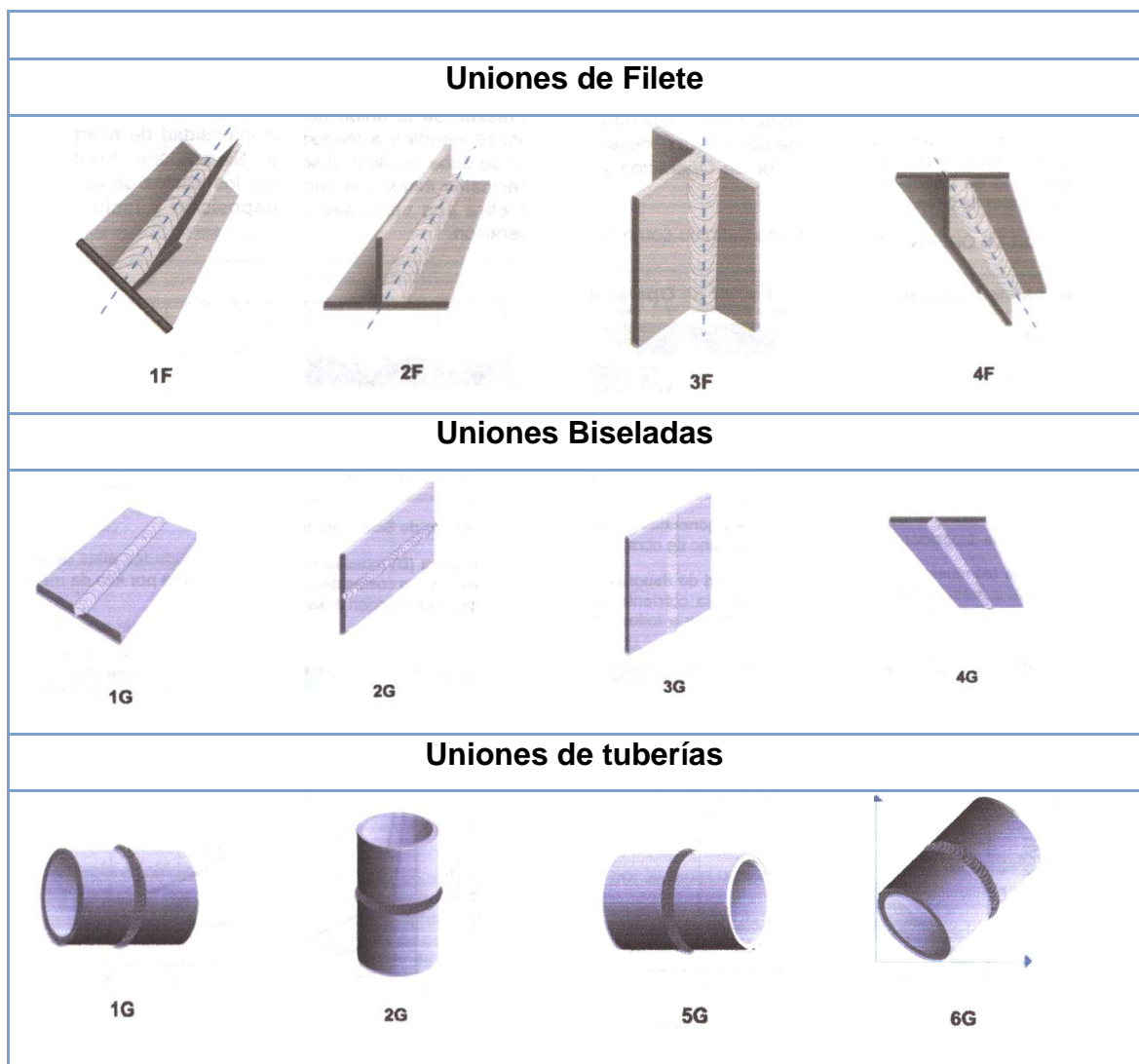


Fig. 3.11 POSICIONES DE SOLDADURA

3.12.2 Clasificación de la Soldadura

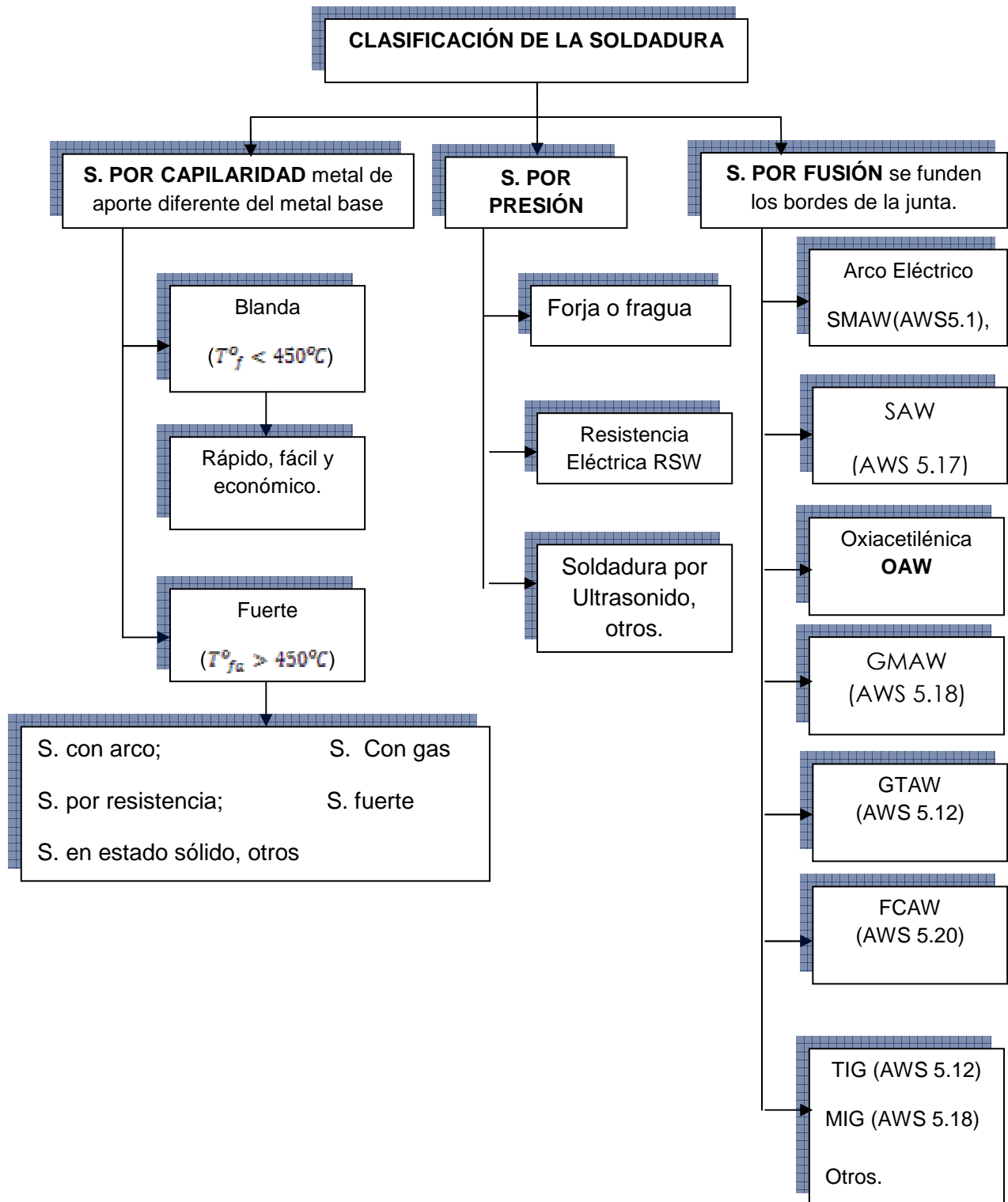


Fig. 3.12 CLASIFICACIÓN DE SOLDADURA

3.12.3 Sistema de arco manual (AWS 5.1)

En la estructura del proyecto se utiliza sistema de arco manual Fig. 3.13 pues une dos metales mediante una fusión localizada, producida por un arco eléctrico entre un electrodo metálico y el metal base que se desea unir. El arco para soldadura es una compleja mezcla de partículas de gas ionizado aceleradas a través de un campo eléctrico y que ejerce un profundo efecto sobre la transferencia del metal de aporte, el comportamiento depende del metal de aporte, metal base, características de circuito, y otros factores.

Los procesos más importantes son: soldadura con arco metálico protegido, soldadura con gas y arco de tungsteno, soldadura con gas y arco metálico y soldadura por puntos de arco.

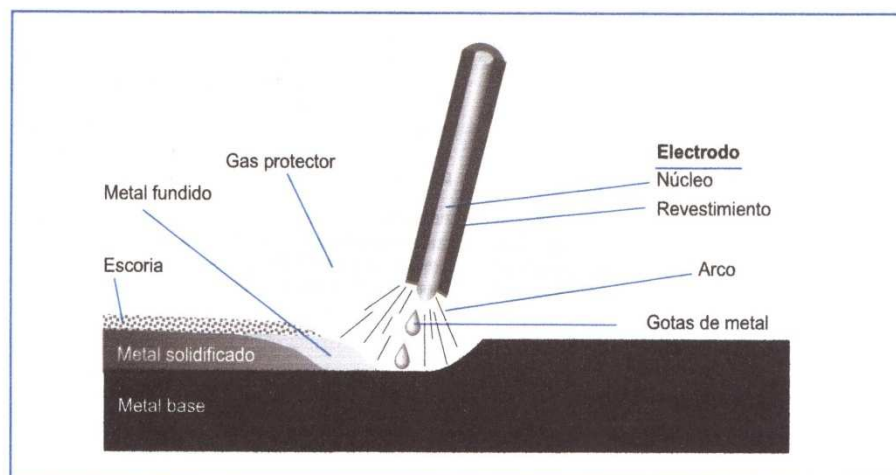


Fig. 3.13 SOLDADURA POR ARCO ELÉCTRICO

3.12.4 Electrodo

El electrodo consiste en un núcleo o varilla metálica rodeada por una capa de revestimiento, donde el núcleo es transferido hacia el metal base a través de una zona eléctrica generada por la corriente de soldadura. El revestimiento del electrodo, que determina las características mecánicas y químicas de la unión, está constituido por un conjunto de componentes minerales y orgánicos que cumplen funciones tales como: producir gases protectores para evitar la contaminación atmosférica y gases ionizantes para dirigir y mantener el arco, producir escoria para proteger el metal ya depositado hasta su solidificación, suministrar materiales desoxidantes, elementos de aleación y hierro en polvo

En la especificación para electrodos para soldadura con arco recubiertos con acero dulce (AWS A5.1) se incluyen clasificaciones de los electrodos basadas en requisitos químicos, propiedades mecánicas, tipo de recubrimientos de electrodos, su utilidad (capacidad de un electrodo para pasar la prueba de soldadura de filete cuando se utiliza en las posiciones y con el tipo de corriente para los que se destina) y solidez (basada en comparación de las radiografías del metal soldado contra gráficas estándar de porosidad).

3.12.4.1. Clasificación de los electrodos

La identificación de clasificación, está compuesta de la letra E y cuatro dígitos. Esta letra significa "Electrodo". Los primeros dos dígitos indica la resistencia mínima a la tracción del metal depositado en miles de libras por pulgada cuadrada. El tercer dígito indica la posición para soldar del electrodo. El último dígito indica el tipo de revestimiento del electrodo. A continuación se presenta la clasificación de los electrodos según la AWS:

E-6010	Celulósico Sódico	CC.EP	P.V.SC.H
E-6011	Celulósico Potásico	CA.CC.EP.	P.V.SC.H
E-6012	Rutílico Sódico	CA.CC.EN	P.V.SC.H
E-6013	Rutílico Potásico	CA.CC.AP	P.V.SC.H
E-7014	Rutílico H.P.	CA.CC.AP	P.V.SC.H
E-7015	Rutílico Sódico B.H.	CC.EP.	P.V.SC.H
E-7016	Rutílico Potásico B.H.	CA.CC.EP	P.V.SC.H
E-7018	Rutílico Potásico B.H.-H.P	CA.CC.EP.	P.V.SC.H
E-6020	Oxido de hierro	CA.CC.AP	P.H. Filete
E-7024	Rutílico H.P.	CA.CC.AP	P.H. Filete
E-7027	Oxido de hierro H.P.	CA.CC.AP	P.H. Filete
Nomenclatura:	CC: Corriente Continua	E.P: Electrodo Positivo	P: Planta
HP: Hierro en Polvo	CA: Corriente Alterna	E.N: Electrodo Negativo	H: Horizontal
BH: Bajo Hidrógeno	AP: Ambas Polaridades	SC: Sobrecabeza	V: Vertical

Fig. 3.14 CLASIFICACIÓN DE ELECTRODOS SEGÚN LA AWS

CAPITULO IV

4.0 PRUEBAS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Introducción

El prototipo mecánico para granulado ha llegado a constituir una máquina conveniente por su alta velocidad y su economía en el mejoramiento del proceso del batido. Dicho proceso es proporcionado por una paleta que gira a 1200 RPM, movimiento proporcionado por un motor llegando a mantener una velocidad constante y posición de mínima tolerancia para evitar la compactación de la panela. El batido es proporcionado a la miel con un movimiento circular uniforme.

4.2 Funcionamiento del prototipo mecánico

Las pruebas servirán para comprobar el correcto funcionamiento de todas las partes móviles que constituye el prototipo mecánico. La verificación visual y funcional de todas las partes es importante por seguridad, se tomará en cuenta la medición del voltaje con el fin de mantener los datos de placa del motor, también lo referente al ajuste de sus piezas, componentes del prototipo, lubricación, entre otras.

Antes de comenzar las operaciones de batido, el operario debe cerciorarse que las piezas en movimiento estén libres y sin juegos excesivos y que la maquina este en buenas condiciones de funcionamiento.

Las regulaciones se efectúan en el orden descrito a continuación:

- Regulación de la placa tensor de banda por medio de los pernos guías.
- Regulación del soporte para peso de motor, cerciorándose que este sujeta con los prisioneros a la estructura.
- Regulación del recipiente de batido al soporte mediante los pernos, verificando su adecuada sujeción.

- Regulación de la paleta con respecto al recipiente, evitando su rozamiento entre sí.
- Regulación del giro del recipiente con el sistema de mecanismo manual, evitando desbalance.

4.3 Ficha técnica

Las características más importantes que constituyen el prototipo Fig. 4.1 se presenta a continuación, en la siguiente ficha técnica:

FICHA TECNICA DEL PROTOTIPO MECANICO DE BATIDO

Producción de panela granulada

Diámetro de recipiente de batido	400 mm
Altura total del prototipo	980 mm
Ancho total del prototipo	575 mm
Largo total del prototipo	890 mm
Motor eléctrico	Trifásico 3 HP
Trasmisión	Por correa abierta Tipo B17 x 11 trapecial
Capacidad de producción	16 litros de miel (máx.)
Producción por hora	80 libras de panela granulada (máx.)
Lubricación de los órganos de movimiento	Manual
Estructura	Acero estructural SAE 1010
Ejes	Acero SAE 1018
Bocines	Bronce (fosfórico) SAE 40
Paleta de batido	Acero inoxidable AISI 304
Recipiente	Acero inoxidable AISI 304
Peso aproximado del prototipo	90 kg

TABLA No. 4.1 FICHA TÉCNICA DEL PROTOTIPO



FIGURA No. 4.1 PROTOTIPO MECÁNICO PARA GRANULAR PANELA

4.4 Seguridad en el Prototipo

- Se prohíbe manipular la panela sin haber apagado la máquina.
- No introduzca las manos, u otras partes del cuerpo en el cuadro eléctrico, o bien en partes de la maquina que estén bajo tensión.
- No lleve indumentes, adornos y/o accesorios que puedan engancharse en las partes en movimiento.
- Asegurar que quede fija la paleta antes de iniciar el proceso.
- Verificar que todos los elementos de la máquina estén acoplados correctamente para un correcto funcionamiento.

4.5 Protecciones de acciones mecánicas

Todos los elementos de la máquina que esté en movimiento y que puedan constituir un peligro para los operadores (paleta, partes salientes, poleas, correas, ejes, engranajes, etc.) se han protegido con idóneos dispositivos de

aislamiento tales como tapa, malla metálica y distancias prudentes con el fin de evitar posibles cortes, golpes, enganches, arrastres, etc.

Las zonas de protección mecánica de la máquina son *Protecciones fijas* porque no se desmontan con frecuencia, tales como: soporte para recipiente, tapa siempre y cuando no se realice mantenimiento, la caja de protección de engranes.

4.6 Pruebas

Las pruebas son muy importantes para determinar las ventajas y desventajas de la construcción del prototipo mecánico. El conjunto de pruebas realizadas en cada sistema permitió el correcto funcionamiento de la misma.

4.6.1 Tiempo del Proceso de Batido

Se realizó una comparación de los tiempos utilizados en la forma de granular la panela lo cual permite demostrar el resultado obtenido la siguiente gráfica:

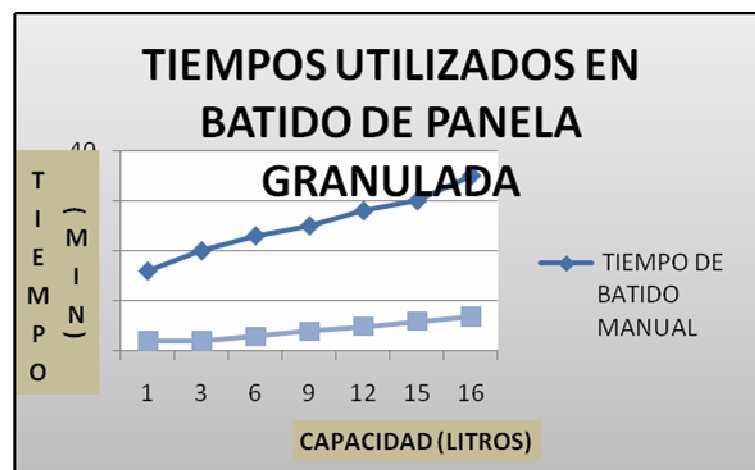


FIGURA No. 4.2 TIEMPOS UTILIZADOS EN EL BATIDO DE PANELA GRANULADA

Con este prototipo se logró que la producción se proyecte hasta unos 80 libras de granulado por día, se logró que la máquina produzca una granulación de 14-16 libras de panela en tan solo 10 min, consiguiendo así uno de los objetivos, que es el de reducir el tiempo de granulación artesanal, el cual bordeaba por 30 min aproximadamente.

4.6.2 Calidad de la panela obtenida

Para obtener un producto con calidad es necesario seguir cada proceso de la producción de panela granulada recomendado en el capítulo I.

Durante el batido realizado en el prototipo el uso de una tapa de aluminio de diámetro 40cm con malla tal como se observa en la fig. 4.3 evitó la contaminación del producto y el operador no estuvo expuesto a los vapores que genera el batido.



FIGURA No. 4.3 TAPA CON MALLA UTILIZADA EN EL PROTOTIPO

El prototipo logró vencer fácilmente la fuerza de la miel al efectuar mayor velocidad de batido por medio de un motor de 3HP (Fig. 4.4), generando mayor rendimiento de la panela y una uniformidad en la misma.



FIGURA No. 4.4 MOTOR DE 3 HP UTILIZADO EN EL PROTOTIPO

La uniformidad en su mayor parte se obtiene cuando se ha obtenido un buen punto de miel, complementándose también con la velocidad constante que ejerce el motor y por ende la paleta.

El prototipo mecánico respondió de una forma aceptable con lo proyectado, la influencia de la humedad y de la baja temperatura no afectó a la máquina, debido a que sus respectivas pruebas se las realizó en la ciudad de Machachi.

4.6.3 Esfuerzo del operador

La forma de realizar el batido se mejoró puesto que se redujo el esfuerzo que empleaba el operador (150 kgf.) y ahora la tarea está dirigida a un control visual para evitar que la panela se concentre en la paleta y de lugar a un atrancamiento, si esto ocurre el operador deberá utilizar el mecanismo inferior constituido por engranajes cónicos que permite el movimiento contrario de la olla mediante un pequeño esfuerzo aplicado al volante.



FIGURA No. 4.5 MECANISMO INFERIOR UTILIZADO EN EL PROTOTIPO

Después del proceso de batido es muy importante aislar el recipiente a un lugar limpio y libre de humedad para evitar la contaminación y proceder inmediatamente a su empaquetamiento.

4.6.4 Check List del Prototipo

Las poleas de aluminio maquinadas para una banda trapecial tipo B17x11, por el motivo que solo son construidas para una banda de ½" soportaron el esfuerzo que ejerce la miel y la potencia del motor para ejecutar el trabajo.



FIGURA No. 4.6 POLEAS UTILIZADAS EN EL PROTOTIPO

La desviación de 0.5 mm en la mayoría de las piezas con respecto a las medidas de los planos del prototipo, no afectó en su ensamble, pero desafortunadamente existen partes en las que se evidencia rozamiento y vibración especialmente cuando se la pone en marcha para la granulación respectiva.

La olla de acero inoxidable esta centrada con respecto a la paleta de batido y para evitar rayones fue necesario dejar una distancia de 6mm, en las pruebas no se tuvo problemas con la panela puesto que la misma velocidad y calidad de panela permitió que no se pegue en la olla.

4.7 Prueba de batido

Para la obtención de calor se dispuso de un quemador semi - industrial Fig. 4.7(a) el tiempo de cocción de la panela fue de 1 hora y 40 minutos, después se realizó la prueba de punto de miel mediante agua y batiendo en un recipiente. Se coloca la miel en la máquina con el motor encendido. Fig. 4.7(b).



(a)



(b)

Se inicia el granulado Fig 4.7(c) y con la ayuda de un venterol se provee de aire a la olla puesto que favorece para evitar que retenga el calor. Fig. 4.7 (d)



(c)



(d)

Se granuló en 10 minutos, la máquina no muestra ningún problema.



(e)



(f)

FIGURA No. 4.7 PRUEBA DE BATIDO EN PROTOTIPO

4.8 Conclusiones

- La producción de panela ecuatoriana de forma artesanal tiene gran potencial de desarrollo siempre y cuando exista apoyo para el mismo en la parte técnica, económica, de capacitación y se de lugar a la investigación en el cultivo y obtención de subproductos.
- Para la elaboración de panela granulada es necesario verificar correctamente el punto de miel ya que permite facilidad al momento de granular y el producto se obtiene totalmente libre de humedad.
- El Ecuador en estos últimos años ha experimentado un crecimiento en la producción de panela llegando a exportar hasta 70000 Kg anuales gracias a la unión de pequeños productores.
- El Ecuador por ser un país con gran diversidad y tierras aptas para cualquier cultivo tropical y subtropical, es idóneo para el desarrollo de la caña de azúcar, materia prima para la elaboración de panela, gracias al estudio geográfico –agropecuario de este cultivo por parte del MAG-SIGAGRO, se concluye que la potencialidad de cultivo, siembra y cosecha quintuplica a los cultivos actuales de caña de azúcar aseverando que los productos obtenibles del mismo declaran un gran crecimiento a futuro.
- El diseño del prototipo se acopla muy bien a los requerimientos para la granulación de la panela, se ha dejado en claro que el proceso de batido puede ser mecanizado y mediante una investigación profunda se podrá automatizar la máquina para mayor control de velocidades y grandes volúmenes de producción y a la vez que permita su producción en serie.
- Para la construcción del prototipo es importante el uso y el manejo de Autocad 2D y 3D ya que permitió un prediseño del mismo, lo cual ayudó

a visualizar distancias, elementos, sistemas, resultando ser un punto de partida para el diseño y construcción.

- Los elementos mecánicos del prototipo son diseñados con las normas que se consideran en nuestro país como son las DIN, UNE, AISI, etc., e incluso las normas INEN con respecto al dibujo técnico mecánico. Facilitando así su construcción y empleo.
- La mejora continua del prototipo permite que la actividad de la producción de panela granulada crezca en el medio al que se la ha relacionado, no implicando que se la aplique en cualquier rincón de nuestro país. El prototipo fue diseñado no solo desde el punto de vista netamente mecánico sino considerando aspectos agroindustriales y tecnológicos alimenticios.
- Se ha demostrado con este proyecto que el desarrollo de prototipos o máquinas nuevas que traten de reemplazar o mejorar los procesos, no son difíciles de ejecutarlos. El ser humano se puede considerar que ha llegado al conocimiento siempre y cuando ponga en práctica lo aprendido de la teoría. Finalmente se ha logrado cristalizar los conocimientos básicos de la mecánica y sus procesos, para la ayuda y mejora de las una de las tantas necesidades de nuestro país como es la mejora y desarrollo de los procesos, especialmente de la agroindustria, permitiendo que algún día llegue a ser una fuente de trabajo y bienestar.

4.9 Recomendaciones

- Para la obtención de un producto de calidad, es necesario controlar cada etapa del proceso de producción de panela, con el fin de evitar anomalías que perjudique al consumo humano.
- Al momento de elaborar panela, se debe considerar que la obtención de una granulación perfecta se basa en el punto de miel por lo que se recomienda seguir los pasos para la obtención del punto de miel expuesto en el capítulo 2 y si el lector se basa en este documento tomar como referencia también la *Guía de colores para la obtención de la miel*.
- La panela permite alcanzar los niveles nutricionales apropiados por su contenido de vitaminas, sales minerales, al obtenerse de manera natural, es por ello que es recomendable su consumo en la dieta diaria.
- Se recomienda en una molienda distribuir correctamente las áreas de proceso con el fin de evitar contaminación del producto.
- Para que el prototipo tenga una adecuada funcionalidad, se recomienda construirlo a las medidas de los planos, respetando tolerancias, ajustes, normas para asegurar la calidad del producto, también mejorar el diseño de la estática para que los pesos estén correctamente distribuidos y la máquina no se voltee.
- Cuando se ensamblan las partes del prototipo se debe procurar retirar totalmente la escoria de la soldadura para evitar contaminación de la panela en el momento de batir y a la vez precautelar el estado de los elementos mecánicos con respecto a la corrosión y oxidación.
- Se recomienda evitar el empleo de utensilios de bronce especialmente de aquellos fabricados artesanalmente, debido a su composición en alto

grado de plomo, elemento altamente cancerígeno. Por lo que este material fue completamente descartado para que forme parte de los elementos que estén en contacto con el producto. Lastimosamente en nuestro país este tipo de materiales son utilizados no solo para la producción de pequeñas producciones de panela, sino también en la elaboración de otros como alimentos comestibles, helados, etc.; por lo que el objetivo de este proyecto también es el de concientizar el uso de utensilios que no contaminen nuestros alimentos.

- El prototipo es construido sin que se permita la manipulación del producto mientras este en funcionamiento, por lo que se recomienda apagar el motor cuando se constata una granulación completa y se requiera la colocación del producto a otro recipiente para su consumo.

BIBLIOGRAFÍA

- ARRIZABALAGA Nicolás, (2001), *Máquinas Prontuario*, Ed. Paraninfo, España.
- AVNER Sydney H., (1979), *Introducción a la Metalurgia Física*, Ed. McGraw Hill, México.
- BANCO CENTRAL DEL ECUADOR (BCE), (2007), *Exportaciones de Panela Granulada y producción regional andina*, Quito – Ecuador.
- BARRAGÁN Homero, (2004/10 – 2005/03), *Apuntes de Materiales*, Escuela de Formación de Tecnólogos / Procesos de Producción Mecánica, Quito.
- CENDES (Centro de Desarrollo), (1968), *Mejoramiento de la Producción de Panela*, Quito – Ecuador.
- CIMPA, (1992), *Manual para elaboración de panela y otros derivados de la caña*, CIMPA, Barbosa – Santander.
- Dirección Provincial Agropecuaria (MAG), 2006.
- DUARTE F., (1981) *Conservación de jugo de caña con amoníaco y alimentación de novillos con jugo de caña y forrajes de leucaena*. Tesis para optar por el título de Maestro en Ciencia Animal Tropical. Universidad de Yucatán – Mérida, México.
- EL COMERCIO – AGROMAR 2006-10-21.
- EL COMERCIO – NEGOCIOS 2006-07-07.
- EQUIPO TÉCNICO EDEBE, (1981), *Dibujo Mecánica 4*, Ed. Don Bosco, Barcelona.
- ESPINOSA Diego, (2004/10 – 2005/03), *Apuntes de Resistencia de Materiales Mecánicos*, Escuela de Formación de Tecnólogos (ESFOT) / Procesos de Producción Mecánica (PPM), Quito.
- ESPINOSA Diego, (2005/10 – 2006/03), *Apuntes de Soldadura de Producción*, Escuela de Formación de Tecnólogos (ESFOT) / Procesos de Producción Mecánica (PPM), Quito.
- FOOD and AGRICULTURAL ORGANIZATION (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación), (2006), *Anuario estadístico de la FAO*, Programa Conjunto FAO/OMS, Vol. 2, Roma.

- GRANJA Mario, (2005/03 – 2005/08), *Apuntes de Elementos Mecánicos*, Escuela de Formación de Tecnólogos (ESFOT) / Procesos de Producción Mecánica (PPM), Quito.
- III CENSO NACIONAL AGROPECUARIO, (2000), *Resultados Nacionales y Provinciales*. SICA, INEN, Ministerio de Agricultura y Ganadería, Ecuador.
- Instituto ANBOISSE de Francia, (2002), (*Instituto Francés de Estudios Andinos*), París.
- INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO (ICA), (1981), *Industrialización de la caña*, Gobernación de Antioquia, Secretaría de Agricultura y Fomento, Publicación del ICA, Compendio No. 42. Medellín.
- INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS (ICONTEC), (1990), *Productos Agrícolas. Panela requisitos (NTC 1311)*, Segunda Revisión ICONTEC, Bogotá.
- INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN (INEN), (2002), *Panela Granulada Requisitos (NTE INEN 2 332:2002)*, Biblioteca INEN, Quito.
- PAREDES ALBUJA Jorge, (1989), *Las condiciones de la producción de panela en el noroccidente de Pichincha*, Tesis de Economía. - Universidad Central del Ecuador, Quito.
- LÓPEZ José, *Mecánica de taller, Soldaduras, uniones y caldería*, Ed. CULTURAL S.A., Madrid.
- MERIAM L., (1981), *Principios de la estática*, Barcelona.
- MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS – MINISTERIO DE AGRICULTURA y GANADERÍA (MAG), (2007), *Programa nacional de Biocombustibles*, Quito – Ecuador.
- MONAR Willan, (2005/10 – 2006/03), *Apuntes de Conformado Mecánico II*, Escuela de Formación de Tecnólogos (ESFOT) / Procesos de Producción Mecánica (PPM), Quito.
- MONAR Willan, (2004/03 – 2004/08), *Apuntes de Estática y Dinámica*, Escuela de Formación de Tecnólogos (ESFOT) / Procesos de Producción Mecánica (PPM), Quito.
- PAZMIÑO Darwin, (2005/03 – 2005/08), *Apuntes de AUTOCAD*, Escuela de Formación de Tecnólogos / Procesos de Producción Mecánica (PPM), Quito.

- RUIZ Rodrigo, (2005/03 – 2005/08), *Apuntes de Máquinas Herramientas I*, Escuela de Formación de Tecnólogos (ESFOT) / Procesos de Producción Mecánica (PPM), Quito.
- SHIGLEY Joseph, (1992), *Diseño en Ingeniería Mecánica*, Ed. McGraw Hill, México.
- STRANEO y R. CONSORTI, (1968), *Dibujo Técnico Mecánico*, Ed. Montaner y Simón, Barcelona.
- TOAPANTA Vicente, (2006/03 – 2006/08), *Apuntes de Dibujo Técnico III*, Escuela de Formación de Tecnólogos (ESFOT) / Procesos de Producción Mecánica (PPM), Quito.
- TOAPANTA Vicente, (2004/10 – 2005/05), *Apuntes de Metrología*, Escuela de Formación de Tecnólogos / Procesos de Producción Mecánica, Quito.
- UCHUYA Héctor, (2002), *El mundo de la soldadura*, Ed. HEUR, Lima.

INTERNET

- <http://www.caucasider.org/normas.php> - 29k -
- http://www.ceniap.gov.ve/fundagri/Sitio_fundagri/proyectos/valorizacion/panela/central_panelero.htm - 15k -
- <http://www.colciencias.gov.co/agenda/pn09.html> - 19k
- http://www.consumosolidario.org/tienda/view_product.php?product=PANOOJVP1
- http://www.fedepanela.org.co/historia_gremios3.htm
- <http://www.fiagro.org.sv/archivos/0/596.pdf>
- <http://www.germanalberti.com/documentos/links/PANELA%20VS%AZUCAR.doc>
- http://www.oit.org.pe/.../del_conferencia_lima_10_12_agosto_2005_presentacio_defopro_exp_sto_domingo_oit.ppt
- <http://www.panelagranuladaelcanamelar.com/> - 10k -
- <http://www.procana.org/canazuc.htm>
- <http://www.quassab.com/Es/Default.asp>
- <http://www.qussab.com/ES/LaPanela/Default.asp#Corte>
- http://www.sica.gov.ec/agronegocios/directorios/direcciones_mag.htm
- <http://corpoica.org.co>