

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA

Carrera Interdisciplinaria en Tecnología de Alimentos

**DISEÑO DE UNA PLANTA PARA EL BENEFICIO
DE CACAO EN LA ZONA DE QUEPOS**

Proyecto de Graduación

Presentado a la Carrera Interdisciplinaria en Tecnología de
Alimentos como requisito parcial para optar al grado de
Licenciado en Tecnología de Alimentos

LOIS ALONSO JIMENEZ SILVA

Ciudad Universitaria Rodrigo Facio
1989

DISEÑO DE UNA PLANTA PARA EL BENEFICIO DE CACAO

EN LA ZONA DE QUEPOS

LUIS ALONSO JIMENEZ SILVA

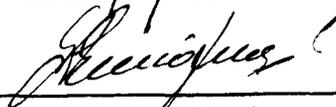
Proyecto de Graduación presentado a la Carrera
Interdisciplinaria en Tecnología de Alimentos
como requisito parcial para optar por el grado
de: LICENCIADO EN TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

APROBADO POR:



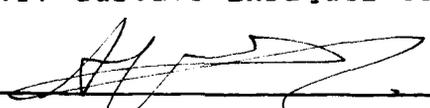
Ing. Manuel Morina Córdoba

Director



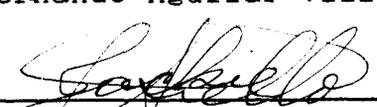
Ph.D. Gustavo Enriquez Calderón

Profesor Asesor



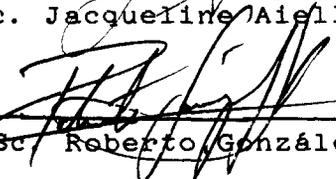
Ing. Fernando Aguilar Villarreal

Profesor Asesor



Lic. Jacqueline Aiello Ramírez

Presidenta del Tribunal



M.Sc. Roberto González Ramírez

Profesor Designado

*A mi compañera
de cuarto . . .
sin la que nada
de esto hubiera
sido posible . . .*



AGRADECIMIENTO

Quisiera expresar mi más sincero agradecimiento a todas aquellas personas que de una forma u otra colaboraron con la realización de este proyecto de graduación.

A mi grupo asesor, por su orientación y aliento a través de todo el proyecto.

Al Centro de Investigaciones en Tecnología de Alimentos (CITA), por su apoyo logístico.

Al Ing. Milton Ramírez por brindarme sus conocimientos en el tema.

A los personeros de la biblioteca del CATIE por toda su ayuda en la búsqueda de bibliografía.

A todas las personas que conocí durante la investigación de campo, por su invaluable colaboración.

A Marjorie Henderson por su apoyo en la corrección de borradores y por su amistad.

A todos mis compañeros de trabajo en el CITA, por su ayuda desinteresada, especialmente a: Ricardo Quirós Murillo, Miguel Urruela, José Antonio Barquero y Guisselle Cascante.

A mi familia, por su colaboración y apoyo; a mi padre por la compra de la computadora, a mi madre por su ayuda en la redacción del documento final, a Gabriela por su apoyo en la traducción de artículos vitales, a Arlette y Modesto por su guía en el uso de la computadora y los diversos programas y a Giovanni por su apoyo y paciencia.

Gracias a todos por su invaluable colaboración, espero algún día poder ayudarles como ustedes lo han hecho conmigo, gracias...

INDICE GENERAL

I. INTRODUCCION.....	1
II. OBJETIVOS.....	3
III. MARCO TEORICO.....	5
3.1 Generalidades.....	5
3.2 Cosecha.....	7
3.3 Fermentación.....	8
3.4 Métodos de fermentación.....	17
3.4.1 Fermentación en montones.....	17
3.4.2 Fermentación en sacos.....	18
3.4.3 Fermentación en canastos.....	19
3.4.4 Fermentación en cajas.....	19
3.4.5 Fermentación en bandejas.....	25
3.4.6 Pasos para adecuada fermentación.....	28
3.5 Lavado y pulido.....	29
3.6 Secado.....	30
3.7 Métodos de secado.....	34
3.7.1 Secado natural.....	34
3.7.2 Secado artificial.....	43
3.8 Calidad.....	64
3.9 Almacenamiento.....	70
IV. INVESTIGACION DE CAMPO.....	73
4.1 Situación nacional.....	73
4.1.1 Producción nacional.....	73
4.1.2 Situación actual y análisis de zonas productoras.....	76

V. DISEÑO DE PLANTA BENEFICIADORA.....	85
5.1 Localización de planta.....	85
5.2 Radio de acción de la planta.....	86
5.3 Condiciones climáticas de la zona.....	88
5.4 Capacidad requerida.....	92
5.5 Definición de sistemas operativos.....	102
5.5.1 Sistema de recolección y transporte de materia prima.....	102
5.5.2 Sistema de fermentación.....	104
5.5.3 Sistema de secado.....	107
5.5.4 Sistema de empaque y almacenamiento.....	113
5.5.5 Sistema de control de calidad.....	114
5.6 Etapas del proyecto.....	117
5.7 Distribución de planta propuesta.....	119
5.7.1 Primera etapa.....	119
5.7.2 Segunda etapa.....	129
5.8 Línea de flujo recomendada para el proceso.....	133
VI. CORROBORACIONES E INVESTIGACIONES REQUERIDAS.....	139
VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES FINALES.....	144
VIII. BIBLIOGRAFIA.....	149
IX. MUESTRA DE CALCULO.....	154
APENDICE 1.....	156
APENDICE 2.....	161

INDICE DE FIGURAS

	pag.
FIGURA 1: Caja en cuadro.....	22
FIGURA 2: Caja en escalera.....	23
FIGURA 3: Caja Trinidad.....	24
FIGURA 4: Caja tabicada CEPEC.....	26
FIGURA 5: Bandejas Rohan.....	27
FIGURA 6: Secador Autobús.....	37
FIGURA 7: Secador Balanceante.....	39
FIGURA 8: Secador Mixto.....	42
FIGURA 9: Barcaza modificada.....	44
FIGURA 10: Secador Samoa.....	46
FIGURA 11: Secador Burareiro.....	51
FIGURA 12: Plataforma CEPEC.....	53
FIGURA 13: Intercambiador de calor (Plataf. CEPEC).....	54
FIGURA 14: Secador CEPEC-Morganti.....	56
FIGURA 15: Secador Infrarrojo.....	60
FIGURA 16: Secador Pinhalense.....	62
FIGURA 17: Secador Zacarías.....	63
FIGURA 18: Terreno a utilizar.....	87
FIGURA 19: Mapa de la región involucrada.....	89
FIGURA 20: Precipitación (promedios mensuales).....	91
FIGURA 21: Temperaturas (máx. y mín. mensuales).....	93
FIGURA 22: Brillo solar vrs humedad.....	94
FIGURA 23: Fermentadores recomendados.....	108
FIGURA 24: Distribución de planta de I etapa.....	120
FIGURA 25: Vista superior de I etapa.....	121

FIGURA 26: Vista lateral de I etapa.....	122
FIGURA 27: Sistema de techos.....	126
FIGURA 28: Movimientos de planta.....	127
FIGURA 29: Distribución de planta de II etapa.....	130
FIGURA 30: Vista superior de II etapa.....	131
FIGURA 31: Vista lateral de II etapa.....	132
FIGURA 32: Diagrama de flujo recomendado.....	134

INDICE DE CUADROS

	pag.
CUADRO 1: Recirculación de aire-Secador CEPEC-Morganti.....	58
CUADRO 2: Calidad de fermentación (comparación).....	66
CUADRO 3: Clasificación de calidad de cacao según la FAO.....	67
CUADRO 4: Clasificación del cacao seco Norma Nacional.....	69
CUADRO 5: Producción de cacao en grano en Costa Rica.....	74
CUADRO 6: Exportación de cacao en grano.....	75
CUADRO 7: Estimación del área cultivada de cacao por regiones (1987).....	79
CUADRO 8: Registros meteorológicos Quepos-Damas.....	90
CUADRO 9: Distribución en el tiempo de cultivos de cacao en el cantón de Aguirre.....	96
CUADRO 10: Estimación de productividad según edad del cultivo.....	97
CUADRO 11: Producción de cacao proyectada para el cantón de Aguirre.....	98
CUADRO 12: Distribución mensual de la producción nacional según COCOA PRODUCTS.....	100
CUADRO 13: Capacidades requeridas en los diferentes equipos.....	101
CUADRO 14: Características funcionales de los secadores escogidos.....	112
CUADRO 15: Capacidad máxima de almacenamiento.....	115
CUADRO 16: Capacidad máxima de las instalaciones.....	118
CUADRO 17: Composición estructural de las paredes.....	124

RESUMEN

Este proyecto de graduación tuvo por objeto el diseño de una planta beneficiadora de cacao en la zona de Quepos, que aumentara la calidad de las almendras beneficiadas a un costo razonable, de acuerdo a las posibilidades económicas existentes.

Se definieron sistemas de recolección, transporte, fermentación, secado, empaque, almacenamiento y control de calidad que garantizaran, de acuerdo a las posibilidades económicas, un adecuado tratamiento poscosecha de alta eficiencia operacional. Se propuso un diseño que incluye:

- Cajones en escalera parcial para la fermentación del cacao recolectado y quebrado (en baba).
- Plataformas de madera con techo móvil para el pre-secado solar.
- Plataforma CEPEC de circulación forzada de aire caliente, por la combustión de leña, para el secado artificial de las almendras fermentadas o pre-secadas.
- Area para el empaque y almacenamiento del cacao seco.
- Area para el almacenamiento de la leña.

La distribución de planta se propuso de forma que se permitiera el transporte rápido y eficiente de materiales entre las diferentes etapas del proceso.

Una vez instalada la planta deberán realizarse una serie de corroboraciones e investigaciones para su adecuado funcionamiento desde la perspectiva de costos y calidad, de forma que se sientan las bases para el establecimiento de plantas similares en otras zonas productoras del país.

I. INTRODUCCION

En los últimos años el cultivo de cacao en nuestro país se ha incrementado notablemente gracias al impulso de nuevas variedades híbridas, de mayor producción y resistencia a enfermedades, obtenidas en el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Dicho incremento se ha dado en mayor proporción en regiones en las que el cacao no ha sido un cultivo tradicional, tales como, San Carlos, Quepos, Parrita, Puriscal, Palmar Sur y otras. Esto ha provocado la necesidad de diseñar e implementar técnicas de tratamiento poscosecha, que garanticen la obtención de almendras beneficiadas de alta calidad, al costo más bajo posible, en zonas donde el conocimiento al respecto es escaso o inexistente; de modo que se eviten desde un principio los problemas de proceso y comercialización que por lo general se han dado en la pasado. El presente proyecto de graduación pretende precisamente dar uno de los primeros pasos en ese sentido, teniendo en mente que Costa Rica en un futuro próximo deberá competir en el mercado mundial con la calidad de su cacao y no por el volumen de su producción.

El proyecto de graduación forma parte de una propuesta elaborada por el Centro de Investigaciones en Tecnología de Alimentos (CITA) para el establecimiento de un proyecto de producción, beneficio y comercialización del cacao y las especias producidas por la cooperativa COOPEFRUTA R.L., localizada en la población de Villanueva, cantón de Aguirre, Quepos.

El proyecto de producción, beneficio y comercialización es financiado por la Fundación Interamericana y su ejecución corre por cuenta de la cooperativa, con el asesoramiento del CITA en la fase de poscosecha. Inicialmente, se pretende que la producción, de tener la calidad adecuada, sea vendida en su totalidad a la compañía ORGANIC de los Estados Unidos de Norteamérica.

Mediante el presente proyecto de graduación se pretende lograr el diseño de una planta que garantice un adecuado tratamiento poscosecha del cacao producido, a través de una mayor eficiencia operacional. El cual, eventualmente, podría utilizarse como base para el establecimiento de plantas similares en otras zonas productoras.

II. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL.

Diseñar una planta beneficiadora de cacao que aumente la calidad de las almendras beneficiadas a un costo razonable de acuerdo a las posibilidades económicas existentes.

2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS.

1- Procurando minimizar los costos y maximizar la calidad del producto, definir:

- a- Sistema de recolección y transporte de materia prima
- b- Sistema de fermentación
- c- Sistema de secado
- d- Sistema de control de calidad
- e- Sistema de empaque y almacenamiento

2- Definir los equipos para llevar a cabo las diferentes tareas, de acuerdo a las siguientes alternativas:

- Diseños ya utilizados de efectividad comprobada
- Diseños ya utilizados con modificaciones
- Diseños nuevos según necesidades específicas

3- Definir la capacidad requerida en los equipos a utilizar en los diferentes sistemas.

4- Recomendar una línea de proceso que permita llevar a la práctica las técnicas de beneficiado.

5- Proponer una distribución de planta que permita un aumento de la eficiencia del proceso beneficiador.

6- Recomendar la localización de la planta, de acuerdo a las posibilidades económicas y, a las recomendaciones técnicas.

III. MARCO TEORICO

3.1 GENERALIDADES.

El árbol de cacao (Theobroma cacao L.), es originario de América del Sur, posiblemente del valle del Alto Amazonas, del Orinoco y de Mesoamérica (Jacobs,1951). Pertenece al orden Malvales y la familia Sterculiaceae; se reconocen dos tipos comerciales: "Criollo" y "Forastero".

El fruto del cacao (mazorca) posee una cáscara dura y gruesa, que protege las semillas presentes en un número de 30 a 40 por mazorca. Estas se encuentran envueltas en una pulpa o mucílago, unidas a una membrana central denominada placenta.

El cacao tipo "Criollo" posee mazorcas de apéndice puntiagudo, bastante rugoso y que al madurar son de color amarillo o anaranjado, siendo verdes o rojas antes de la madurez. Por otra parte, los del tipo "Forastero" son de formas redondeadas, de mazorcas lisas y que al madurar adquieren color amarillo, pues en ellos predominan los colores verdes antes de la madurez (Rohan,1960).

Las semillas de cacao "Criollo" incluyen aquellos tipos cuyas semillas son incoloras , redondeadas, generalmente grandes y de calidad superior; debido a su delicado sabor y aroma (Jacobs,1951). Su cultivo demanda mucha humedad y una serie de cuidados especiales por su crecimiento poco vigoroso, siendo además muy susceptible a las enfermedades comunes del cacao (Moreno et al,1968)

Las semillas de tipo "Forastero", son de color púrpura y de forma achatada, su cultivo es más resistente y productor,

siendo asimismo de crecimiento vigoroso. Según las características de la mazorca se han establecido grupos entre los que se reconocen: Angoleta, Calabacillo, Cundeamor y Amelonado (Rohan, 1960).

La forma y el tamaño de la semilla varía mucho, estos caracteres pueden estar fuertemente alterados por el ambiente, el número de semillas de cada fruto, el tipo de cacao etc. (Enriquez, 1982).

Como todas las semillas, la almendra de cacao contiene proteínas, carbohidratos y grasas. Además contiene teobromina, una pequeña cantidad de cafeína y compuestos polifenólicos, todos contenidos en las células de almacenamiento de polifenol. Los pigmentos de las variedades coloreadas también están encerrados en dichas células, de modo que los cotiledones de esas variedades se ven moteados ("Forasteros").

La teobromina y algunos polifenoles son amargos en extremo; otros polifenoles son astringentes. Esta es la causa del sabor desagradable de los cotiledones frescos de cacao (Quesnel, 1975).

La mayoría del cacao sembrado en los últimos años, en Costa Rica, es conocido como Trinitario, su origen es de híbridos interclonales, producidos en el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Este material presenta alta variabilidad genética, debido a que los padres seleccionados vienen de la cuenca del Amazonas, la costa pacífica de Sur América y del área del Caribe. El manejo de este material Trinitario, que se acerca más al "Forastero", debe ser realizado en forma ligeramente diferente al manejo

tradicional del tipo "Criollo", especialmente en lo que se refiere al beneficio de la almendra (Enríquez,1982).

3.2 COSECHA.

La cosecha consiste en separar las mazorcas del árbol, recolectarlas, abrirlas y sacar las almendras frescas. El color de la mazorca madura, lista para ser cosechada, depende de la variedad, pero en general, las mazorcas verdes cuando jóvenes se tornan amarillas cuando maduran y las mazorcas rojas se tornan anaranjadas (Enríquez,1982). No obstante, para ciertos frutos que tienen una pigmentación rojo-violeta muy acusada, el cambio de color puede resultar no muy aparente y se corre el riesgo de no cosechar a tiempo las mazorcas que han alcanzado su plena madurez (Braudeau,1970).

No se debe esperar mucho tiempo para recolectar una mazorca madura, en razón a los riesgos de podredumbre, germinación de las almendras y daños por animales o aves; pero todavía es más grave recolectar las mazorcas antes de su madurez, pues de este modo influyen muy desfavorablemente sobre la fermentación, dando un elevado porcentaje de almendras violetas y pizarrosas, reduciendo de manera sensible el rendimiento en cacao seco. La cosecha debe ser efectuada a intervalos regulares de 8 a 15 días de acuerdo a la producción y no deberían en ningún caso exceder las tres semanas.

La parte de la cosecha llamada desgrane consiste, en partir las mazorcas y extraer las semillas o almendras, que serán posteriormente sometidas a la fermentación. En los pequeños

cultivos el desgrane debe hacerse después de la recolección, de manera que se pueda reunir en un mismo día la cantidad suficiente de almendras para obtener una fermentación homogénea. El periodo entre el desgrane y la fermentación no debe en ningún caso exceder las 24 horas; es posible, no obstante, conservar sin impedimentos las mazorcas recolectadas durante tres o cuatro días, antes de proceder al desgranado.

El desgrane, cuando la cosecha es importante, precisa de mano de obra abundante; si se admite que un hombre puede realizar la recolección diaria de 1500 mazorcas, debe contarse también con otra jornada de trabajo para la apertura de dichas mazorcas (Braudeau, 1970).

Con el fin de evitar el alto costo que representa esta mano de obra, se han diseñado numerosos dispositivos con el objeto de realizar la operación de desgrane, entre ellos:

- Máquina extractora de granos de cacao (3000 mazorcas/h), diseñada por Coral y Donalesio (Coral y Donalesio, 1982).

- Zumex 11-10 (3500 mazorcas/h) y M-35 (10000 mazorcas/h), diseñadas por Talleres Miguel de España (Enríquez, 1982).

3.3 FERMENTACION.

Se entiende por fermentación o cura del cacao el proceso por el cual las semillas, después de extraídas del fruto, son colocadas en depósitos especiales y en condiciones apropiadas para que transformaciones físicas y químicas,

mejoren su calidad, facilitando el secado y conservación y así lograr una mejor presentación del producto comercial. Los objetivos de la beneficiado del cacao (fermentación y secado) se pueden resumir como sigue:

1. Descomposición y remoción del mucílago azucarado que cubre el grano fresco para facilitar el secado y la conservación o almacenamiento.

2. Elevar la temperatura que junto con la producción de ácido acético matan el embrión para facilitar el desarrollo del sabor a chocolate y evitar la germinación.

3. Mejorar el sabor y aroma de las almendras.

4. Facilitar la separación final del cotiledón y la cutícula que las recubre.

5. Dar una adecuada apariencia para su comercialización.

Cuando las almendras de cacao recién extraídas de las mazorcas se dejan por varios días en un montón pronto comienzan a "sudar", liberando considerable cantidad de líquido (exudaciones) y desprendiendo mucho calor. Al mismo tiempo las células de la pulpa se desintegran rápidamente y las almendras se vuelven menos viscosas y más fáciles de manejar. Pueden secarse entonces más fácilmente y almacenarse antes de que se les embarque, con menos posibilidades de daño a causa de mohos o de insectos.

Los líquidos exudados al principio contienen alcohol, producto de la fermentación, mediante levaduras, de los azúcares del mucílago. Durante esta etapa (alcohólica) se produce mucho anhídrido carbónico, atrayendo por lo general, grandes cantidades de moscas de las frutas (Drosophila) a

los montones y éstas infestan las almendras con bacterias acéticas que oxidan el alcohol producido a ácido acético. Estrictamente hablando, solo las etapas en el proceso de cura que dependen de la actividad de los microorganismos vivos deberían llamarse fermentación (Etapas Alcohólica y Acética), por esta razón se considera que la cura es el proceso que incluye: 1-Fermentación, controlada por microorganismos y 2-Actividad enzimática interna. Sin embargo, dado que es difícil desligar una etapa de la otra, resulta conveniente referirse a la fermentación como el proceso que incluye ambas.

Durante el beneficiado, dentro de las almendras, se producen cambios tales como: la muerte del embrión, la difusión del color púrpura en los tejidos incoloros, el cambio gradual del color púrpura o violeta a café especialmente durante el secado, una disminución del sabor amargo, desarrollo de la base del sabor a chocolate que se manifestará cuando las almendras secas sean tostadas y la separación de los cotiledones de la testa o cutícula de la almendra (Enríquez,1982).

La fermentación de las semillas es un proceso necesario puesto que todas las industrias procesadoras están de acuerdo en que el verdadero aroma no se desarrolla en el tostado a menos que las almendras hayan sido fermentadas correctamente (Braudeau,1970).

Los microorganismos encargados de la fermentación pueden dividirse en tres grupos, como se desprende de lo expuesto anteriormente:

1-Levaduras (Saccharomyces sp. y Bitabacterium sp.):
Actúan en la primera parte de la fermentación (24-28 h),

favorecidas por un pH inferior a 4.0, el mucílago azucarado y la escasa proporción de aire.

2-Bacterias Aeróbicas-Acéticas(Acetobacter sp.): Cuando el pH sube, las bacterias lácticas, se ven favorecidas, pero pronto son superadas por las acéticas, debido a una mayor aereación y a la presencia de grandes cantidades de alcohol.

3-Bacterias anaeróbicas (Butíricas): Actúan en aquellos casos en que la aereación no es muy buena produciendo la putrefacción de los granos (Cascante,1984).

En lo que se refiere a los jugos de la fermentación, se tiene que durante las primeras cinco horas de abierta la mazorca, ocurre la máxima emisión, de cuatro a seis litros por cada 100 kg de masa; durante las 6 h siguientes, se produce un poco menos de la mitad, 2 litros por 100 kg de masa. La emisión cesa casi completamente cuando han transcurrido 24 horas (Enríquez,1982).

Los procesos que tienen lugar durante la fermentación comprenden dos fases, las que se detallan a continuación.

- FASE I(Fermentación e hidrólisis): En la actualidad generalmente se cree que los efectos realmente importantes de la fermentación, además de la eliminación de la pulpa mucilaginoso con lo cual se facilita el manipuleo y secado de la almendra, son la producción de ácido acético y calor. Estos dos agentes unidos causan la muerte del embrión y preparan el cambio para la etapa siguiente en el proceso de cura (Enríquez,1982).

La cantidad limitada de aire, el pH bajo debido a la presencia de ácido cítrico y la riqueza en azúcar del mucílago (Braudeau,1970), hacen que se desarrollen principalmente levaduras y no mohos. Las levaduras,

presentes por la contaminación debida a la manipulación o a los insectos atraídos por el mucílago azucarado, convierten el azúcar de la pulpa en alcohol etílico y anhídrido carbónico. Conforme se produce el colapso de las células de la pulpa, entra aire y la condición favorece entonces la rápida oxidación del alcohol a ácido acético, a través de las bacterias acéticas que llegan a la masa en fermentación por medio de las moscas de las frutas, esta reacción es exotérmica, lo que colabora a la elevación de la temperatura de la masa. Hacia el tercer día del proceso de cura se ha establecido el equilibrio entre las bacterias acéticas y las levaduras.

Durante el segundo día se produce la muerte del embrión, principalmente por la penetración del ácido acético en los tejidos de los cotiledones. La muerte del embrión está acompañada de un aumento en la permeabilidad de las paredes celulares, lo cual permite la interdifusión de los componentes del jugo celular. En esa forma las enzimas se ponen en contacto con los polifenoles y las proteínas; los primeros son hidrolizados por la glicosidasa a 45°C y un pH de 4,0 a 4,5, las segundas son hidrolizadas a aminoácidos, los pigmentos púrpuras cianidinglucósidos sufren un cambio profundo y se cree que se produce el precursor o precursores del sabor característico a chocolate, esta es quizás la reacción más importante de todo el proceso de cura del cacao.

Posteriormente las leucocianidinas y las proteínas o los productos de su degradación se combinan. Después de transcurrido un día y medio comienzan a desaparecer los pigmentos de cianidina, y de los tres y medio a los cinco y

medio han desaparecido por completo. Las leucocianidinas parecen aumentar al principio, a los dos y medio o tres y medio días, pero luego desaparecen como tales al combinarse con las proteínas. La epicatequina permanece inalterada durante los dos próximos días, y luego desaparece lentamente. Ninguna de estas reacciones incluye oxígeno.

Durante esta fase de fermentación, sin embargo, debe mantenerse una ligera aeración, de forma que permita la multiplicación de las levaduras y bacterias acéticas, evitando una reducción en la cantidad de ácido acético y calor generado; de ser excesiva, no solamente daría lugar al crecimiento de mohos sino que también se impediría la formación del o de los precursores del sabor.

En la práctica este equilibrio se logra compactando debidamente las almendras en el montón o en la caja, cuidando de que haya drenaje adecuado y evitando la pérdida excesiva de calor por medio del empleo de cajas debidamente aisladas y con perforaciones, o cubriendo el montón con un material aislante tal como hojas de banano o sacos. El tiempo que se requiere para que el embrión muera a consecuencia de la penetración de ácido acético y de la elevación de la temperatura, varía de 2 a 5 días, dependiendo de las condiciones ambientales en que se encuentren las almendras (Enríquez, 1982).

Una temperatura de 44 a 47°C, alcanzada en 48 h, se considera generalmente satisfactoria para la muerte del embrión. Para masas en fermentación apreciablemente grandes (más de 250 kg), es necesario, debido a la gran discrepancia de temperaturas en su seno, efectuar algunas remociones destinadas a permitir una fermentación homogénea, evitando

la proliferación de mohos y la desecación de las almendras en la superficie; el ritmo que generalmente se adopta es el de una removida cada 24 h (Braudeau,1970).

- FASE II(Oxidación): Esta fase sigue a la anaeróbica hidrolítica, y frecuentemente se sobrepone a ella. Las dos fases pueden ocurrir en diferentes almendras en momentos distintos, y en un mismo momento en diferentes partes de una almendra según la forma en que se manipula la masa en fermentación. Además la oxidación continúa en la fase de secado.

La segunda fase consiste esencialmente en la oxidación y condensación química de los compuestos polifenólicos en productos complejos insolubles que tienen poco o ningún sabor. Ha sido llamada por tanto, fase de condensación oxidativa; la que continua hasta que el contenido de humedad se reduce al punto en que se impide la actividad enzimática. La superficie de los cotiledones de almendras púrpuras no es uniforme sino que tiene especie de puntitos, dado que el pigmento solamente lo contiene una célula de cada diez del tejido del cotiledón. Después de que la almendra ha muerto sólo la parte central tiene puntitos, siendo la parte exterior de color púrpura uniforme por razón de la difusión del pigmento a las células que inicialmente no lo contenían. Con el tiempo la apariencia de puntos se desvanece y el color se vuelve más pálido, debido a la descomposición gradual de los cianidinglucósidos púrpura, por la influencia de la enzima anaeróbica hidrolítica.

Cuando el oxígeno tiene acceso a las células de los cotiledones durante la fase de condensación oxidativa, el color de la superficie se vuelve pardo y posteriormente toda

la almendra se torna parda conforme se reduce el contenido de humedad durante el secado y el aire penetra en el interior del cotiledón. Por lo tanto la aparición del color pardo señala la transición entre la primera y la segunda fase de la cura.

Todo lo anterior indica que la presencia de una proporción elevada de almendras púrpuras significará que el proceso de cura fue incompleto o no adecuado. Este inconveniente parece ser evitado manteniendo una temperatura alta, no menor a los 45°C, durante los días que dure el proceso de cura. La caída de la temperatura puede evitarse regulando el tamaño de la masa y asegurando su aislamiento adecuado de temperaturas externas inferiores.

La presencia de un anillo de color pardo, periférico, bien marcado en la superficie de corte, en, por lo menos, el 50% de una mezcla representativa de almendras, es un índice de fermentación satisfactoria, que indica que la primera fase de la cura se ha completado.

El desarrollo del sabor a chocolate está gobernado por una serie de pasos, no muy bien comprendidos aún, que transforman, una vez muerto el embrión, algunas sustancias que completan sus transformaciones al momento que las semillas son tostadas durante el procesamiento, luego de un secado más o menos lento.

No se conoce la identidad de esta sustancia o sustancias aromáticas que dan al chocolate su sabor característico, y las cuales solo existen en pequeñas cantidades en almendras curadas y tostadas. Se cree que es una resina aromática y no un aceite esencial volátil. La opinión actual atribuye

su origen al componente de la leucocianidina de los polifenoles de los cotiledones.

En una buena fermentación, la mayoría de las almendras ya han muerto hacia el principio del tercer día. Un corte seccional de la almendra antes de su muerte presenta una zona de tejido pigmentado en la cual ha penetrado ácido acético destruyendo la semipermeabilidad de las membranas celulares. Pronto todo el tejido del cotiledón incluyendo radícula y plúmula, se ponen de color púrpura uniforme.

Las almendras se ponen entonces hinchadas y rollizas llenas de jugo púrpura; de ahí en adelante, el color del tejido, se vuelve progresivamente más pálido y finalmente pardo canela. Hacia principios del quinto día las células de la pulpa se han desintegrado y la masa de las almendras se vuelve pegajosa, disminuyendo rápidamente la flora microbiológica, no generándose más anhídrido carbónico, aún cuando algo de él puede ser liberado por la oxidación de los carbohidratos en los cotiledones. Los cambios químicos posteriores, que ocurren dentro de la almendra son: pérdida de humedad, pérdida de astringencia, coloración parda más pronunciada, contracción de los cotiledones separándose de la testa y su división en mitades. También tiene lugar el desarrollo gradual del aroma y del sabor.

Numerosos factores afectan la rapidez y terminación del beneficio del cacao; por ejemplo, madurez de la mazorca, tiempo transcurrido desde que se recoge la mazorca hasta que se abre, tiempo desde la quiebra de las mazorcas hasta que las almendras se ponen en el montón o en la caja de fermentación, el grado de aislamiento del calor que presentan las paredes de la caja o la cobertura del

montón, la frecuencia con que se revuelven las almendras y el método y tiempo de secado. Algunos factores pueden variarse dentro de límites amplios, sin que se afecten apreciablemente los caracteres del producto final, pero otros ejercen profunda influencia cuando se alteran, por ejemplo, el tiempo transcurrido desde la apertura de la mazorca y la colocación de las almendras en la caja o montón (Enríquez, 1982).

En lo que se refiere a la duración de la fermentación, ninguna regla general puede ser enunciada, lo mismo ocurre con el número óptimo de remociones. Pueden ser observadas, en efecto, grandes variaciones según: tipo de cacao cultivado y su origen genético, condiciones climáticas, magnitud de la masa a fermentar y método de fermentación usado (Braudeau, 1972).

3.4 METODOS DE FERMENTACION.

Se describen a continuación la mayoría de los métodos de fermentación utilizados hasta ahora en los países productores. Se excluyen aquellos que por primitivos y poco eficientes, han dejado de ser usados casi por completo.

3.4.1 FERMENTACION EN MONTONES.

Es quizás el método más usado por pequeños productores. Consiste en amontonar las almendras sobre un piso de madera o cemento, cubriendolas con hojas de plátano. Estos pisos deben estar acanalados y perforados, de tal manera que los jugos puedan escurrirse. En general, el piso de tierra no es recomendable para la fermentación, debido a que el grano puede adquirir malos olores y perder su valor comercial, si

no se dispone de facilidades, la fermentación puede llevarse a cabo sobre una cama de hojas (Hojas-ramas radialmente-hojas). Se estima que el piso más conveniente es el de madera con canales o perforado.

Es muy importante la remoción del montón durante la fermentación, en montones grandes lo más conveniente es remover la masa cada 24 h, con el objetivo de airear las almendras para una buena fermentación final, en caso contrario fermentará adecuadamente solo la capa superior o donde pueda penetrar el aire. Esta remoción permite así mismo una mejor distribución de los microorganismos de la fermentación.

La masa preferiblemente debe estar cubierta, de modo que no se pierda el calor producido por la fermentación y no afecten las condiciones ambientales; si el montón está al descubierto lo más indicado es tenerlo dentro de un edificio en el que no haya corrientes de aire (Enríquez, 1982).

3.4.2 FERMENTACION EN SACOS.

Es muy común que el pequeño agricultor abra sus mazorcas de cacao en el campo y llene sacos de plástico o yute, en los que transporta, hacia el centro de fermentación, las almendras, que permanecen en dichos sacos de 4 a 6 días fermentándose. Estos sacos en ocasiones son colgados de tal manera que tengan mejor aireación y sufran menos ataques de animales dañinos.

En algunos casos también se acostumbra cambiar de sacos cada uno o dos días, de tal forma que se mezcle bien la masa; solo en estos casos se puede decir que ocurre cierta fermentación sobre toda la masa (Enríquez, 1982).

3.4.3 FERMENTACION EN CANASTOS.

En algunos lugares de Venezuela y Ghana, se fermenta en canastos hechos de diferentes materiales, generalmente leñosos. La capacidad de los canastos depende de su tamaño; en general, pueden tener una capacidad de 140 kg, con una profundidad de aproximadamente 10 cm. En este tipo de fermentador la aireación y el drenaje ocurren tanto en el fondo como en los lados del canasto. Es necesario, sin embargo, hacer remociones del material, especialmente si la profundidad supera los 10 cm. Es un sistema muy recomendable para fincas pequeñas o cuando hay una pequeña cantidad de almendras para fermentar (Enríquez,1982).

3.4.4 FERMENTACION EN CAJAS.

Es el método más utilizado en América y el único usado de modo práctico en las grandes plantaciones.

La dimensión de estas cajas, la mayoría de las veces construidas de madera, es muy variable y debe estar adaptada a las posibilidades de recolección de la explotación. Las cajas pequeñas, con dimensiones interiores de 45x45x45 cm, pueden contener de 80 a 85 kg de almendras frescas y permiten obtener una buena fermentación. Pueden ser usadas también cajas grandes que pueden contener hasta más de una tonelada de cacao (1000 kg), pero se deberá vigilar que la altura de la masa de cacao no sobrepase unos 80 o 90 cm. Las cajas de fermentación deben poseer obligatoriamente agujeros que aseguren el drenaje de los jugos y la aireación de la masa. Cuando la caja está llena, se recubre el cacao con hojas de banano antes de colocar un cobertor, no impermeable, que evita la pérdida de calor (Braudeau,1970).

Se estima que un metro cúbico de caja, puede contener de 800 a 850 kg de material fresco, dependiendo del clima y del material genético; siendo más adecuado hacer una estimación práctica. Si se toma en cuenta el sistema de fermentación y el número de días que se va a fermentar, entonces se pueden calcular las necesidades básicas para la fermentación.

Deben considerarse algunos detalles para la construcción de las cajas. La primera caja debe tener un buen sistema de drenaje, para permitir una rápida eliminación de los exudados, que se dan en apreciable cantidad los primeros días.

El piso de las cajas debe estar sobre algo impermeable, no debe descansar directamente sobre el suelo, si es de madera, debe de estar construido por lo menos 20 cm por encima del suelo; además, las cajas deben estar bajo techo, en un lugar bien aireado, libre de corrientes fuertes de aire.

La separación entre las cajas debe ser hecha de tal manera que al momento de pasar las almendras de una caja a la otra, el material que estuvo en la parte superior quede en la parte inferior de la próxima caja, lo que se puede lograr dividiendo las compuertas en dos o tres secciones.

Si se dispone de un solo cajón de fermentación, se debe tener cuidado al momento de remover las almendras, ya que debe hacerse vigorosamente para lograr la homogeneidad de la masa, pero sin causar daños mecánicos a las almendras (Enríquez, 1982).

Los diferentes tipos de cajas utilizadas se detallan a continuación:

- CAJA EN CUADRO: Consiste en un cajón grande cuadrado con las divisiones suficientes, para obtener una buena

fermentación pasando la masa de un lugar a otro durante los días que dure ésta. El número de cajas, formadas por las divisiones, puede variar de 4 a 8 dependiendo de la cantidad de días de fermentación. En este tipo de caja se tiene la ventaja de que la carga y la descarga se hacen por el mismo lugar, evitando la necesidad de hacer ambas instalaciones. Para la remoción de las almendras de una caja a otra, por lo general, se usan palas de madera y divisiones removibles (Figura 1) (Enríquez,1982).

- CAJAS EN ESCALERA: En este conjunto fermentador se colocan de 3 a 6 cajas en forma de escalera, de forma que la carga se verifique en la caja superior y la descarga en la inferior. El número de días que permanece la masa en cada caja dependerá de la cantidad de estas. En este diseño se tiene la ventaja de aprovechar el desnivel del terreno (Figura 2).

- CAJA CON AISLAMIENTO TRINIDAD: En este diseño las cajas pueden tener cualquiera de dos dimensiones, según las necesidades: 90x90x60 cm o 60x60x60 cm (largo, ancho, alto). Las cajas se aíslan con una pared de 15 cm de espesor, constituida por tablas de 2,5 cm de grueso y una capa de 10 cm de aserrín seco o cascarilla de arroz. El fondo de la caja está formado por listones de madera de 7,5x0,5 cm, separados entre sí por 0,5 cm, para permitir el drenaje y la aireación. Tiene las ventajas de mantener mejor la temperatura de la masa y de trabajar con capacidad incompleta (Figura 3) (Ordoñez,1966).

- CAJA TABICADA CEPEC: En esta caja la masa de cacao queda dividida en rebanadas verticales de 25 cm de espesor, por medio de tabiques inmóviles formados por una rejilla,

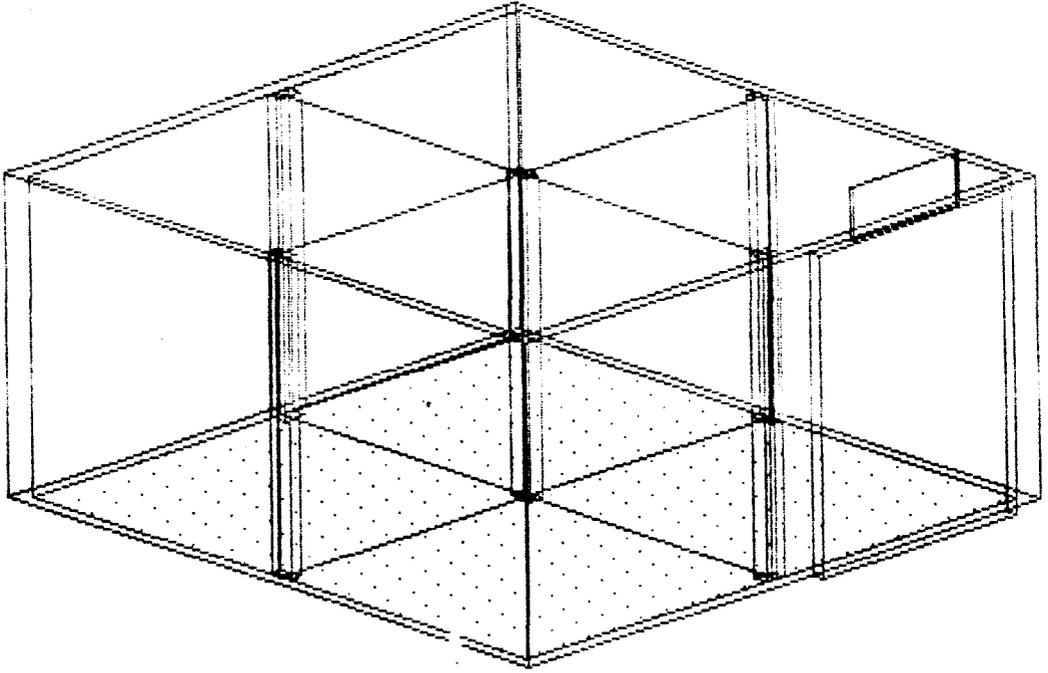


Figura 1: Caja en cuadro (3D)

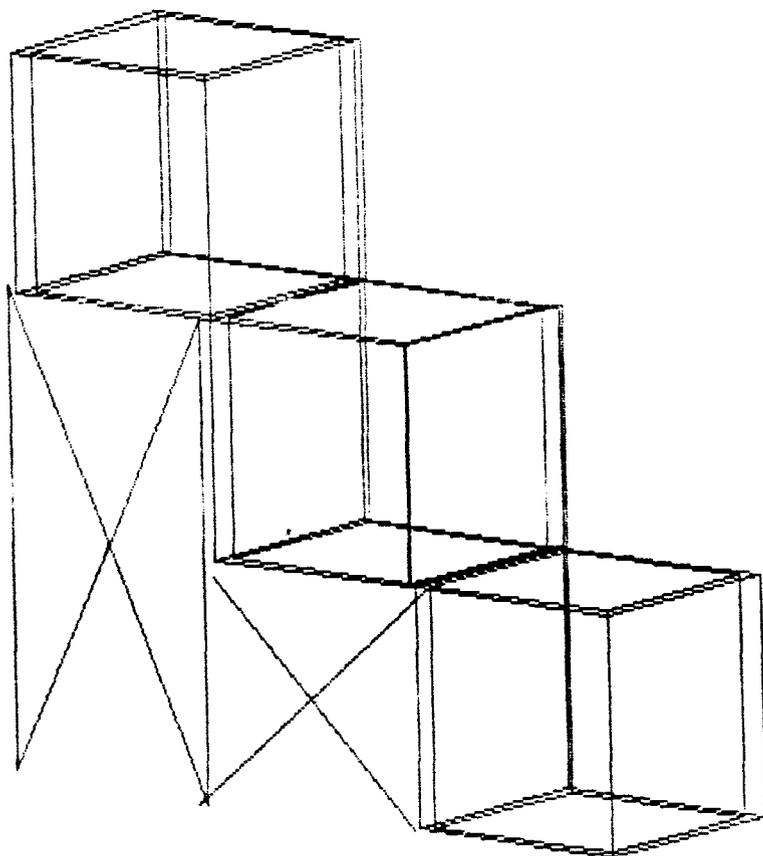


Figura 2: Caja en escalera (3D)

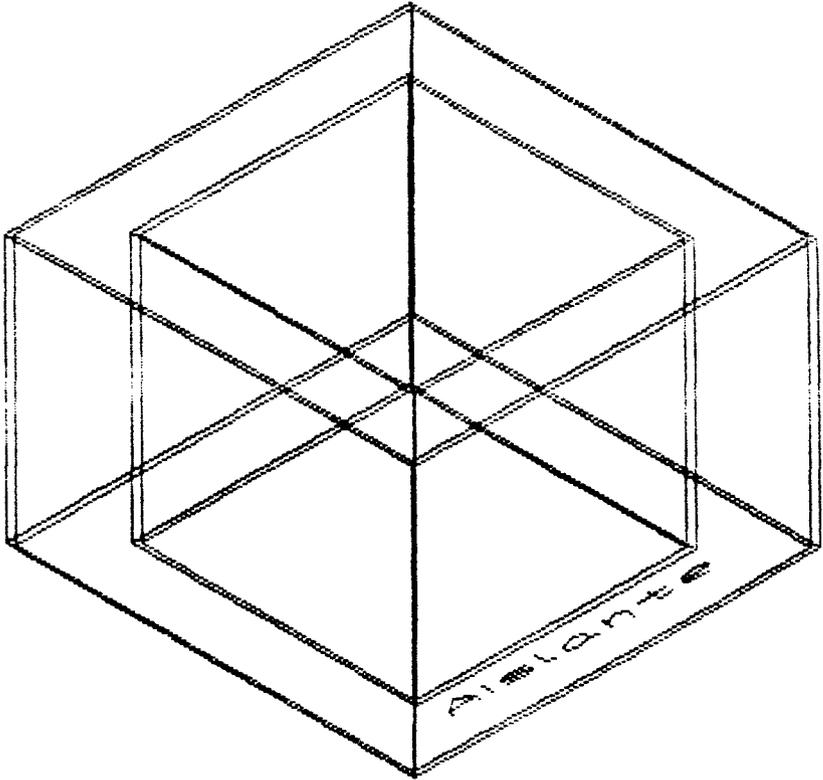


Figura 3: Caja Trinidad (3D)

con un espacio intermedio de 15 mm. Estos tabiques están hechos de listones de madera de 12 mm de espesor y 17 mm de ancho, separados entre sí, por un intervalo de 6 mm y encolados uno al otro por un travesaño de 15 mm de espesor. En el fondo, coincidiendo con el emplazamiento de los tabiques, unas hileras de agujeros de 2 cm de diámetro, permiten la aireación del espacio en medio de cada tabique. El paso de aire se controla mediante una regla deslizante perforada que permite abrir o cerrar los agujeros. Una de las paredes de la caja puede ser quitada fácilmente cuando la caja debe ser vaciada. Este diseño tiene la ventaja de hacer innecesaria la remoción, una vez la caja esté llena; los agujeros de aireación se mantienen abiertos solamente las primeras 24 h, logrando una buena calidad de fermentación (Figura 4) (Braudeau,1970).

3.4.5 FERMENTACION EN BANDEJAS(Fermentador Rohan).

En este método el cacao se fermenta en bandejas que deben medir 1,8x0,8x0,1 m; las mismas se ponen unas sobre otras formando una pila, en un máximo de 12. El factor determinante en la bandeja de Rohan es el grosor de la capa de almendras, pues la máxima fermentación se produce en los primeros 10 cm de espesor. El fondo de las bandejas tiene rendijas de 5 mm cada 5 cm, para permitir la exudación y la aireación (Figura 5). No es necesaria la remoción, pero sí es recomendable rotar diariamente, al menos por tres días, la posición de las bandejas en el conjunto (Enríquez,1982). Sin embargo, en investigación realizada por Vivas y Reyes (1972), en la Estación Experimental de Caucagua, Venezuela; se encontraron los siguientes resultados, de acuerdo con los

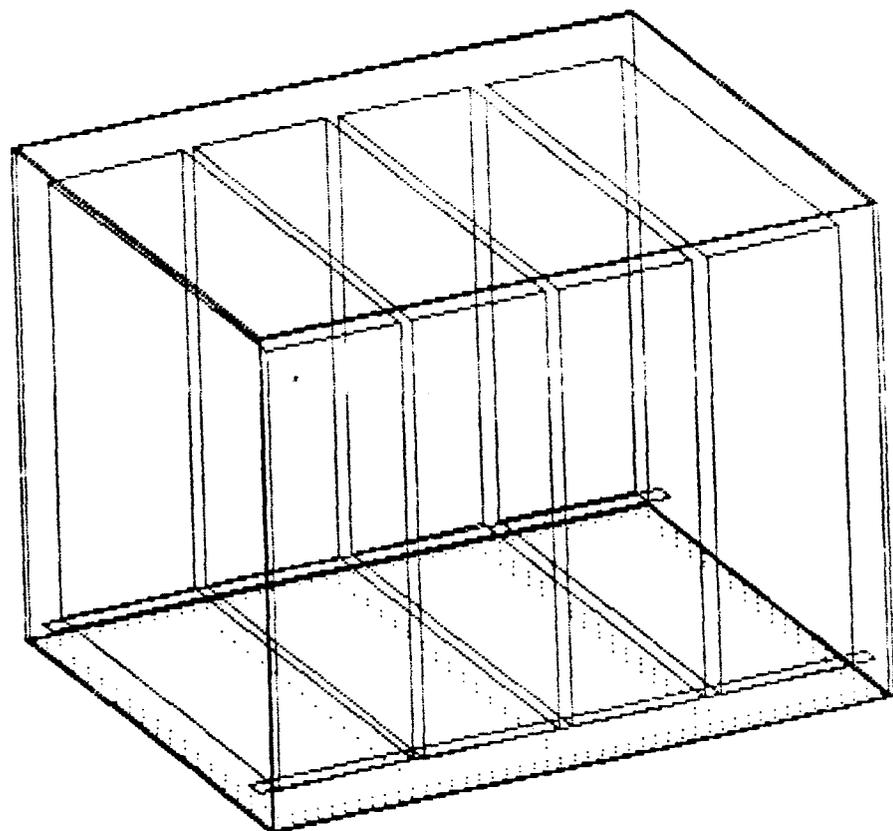


Figura 4: Caja tabicada CEPEC (30)

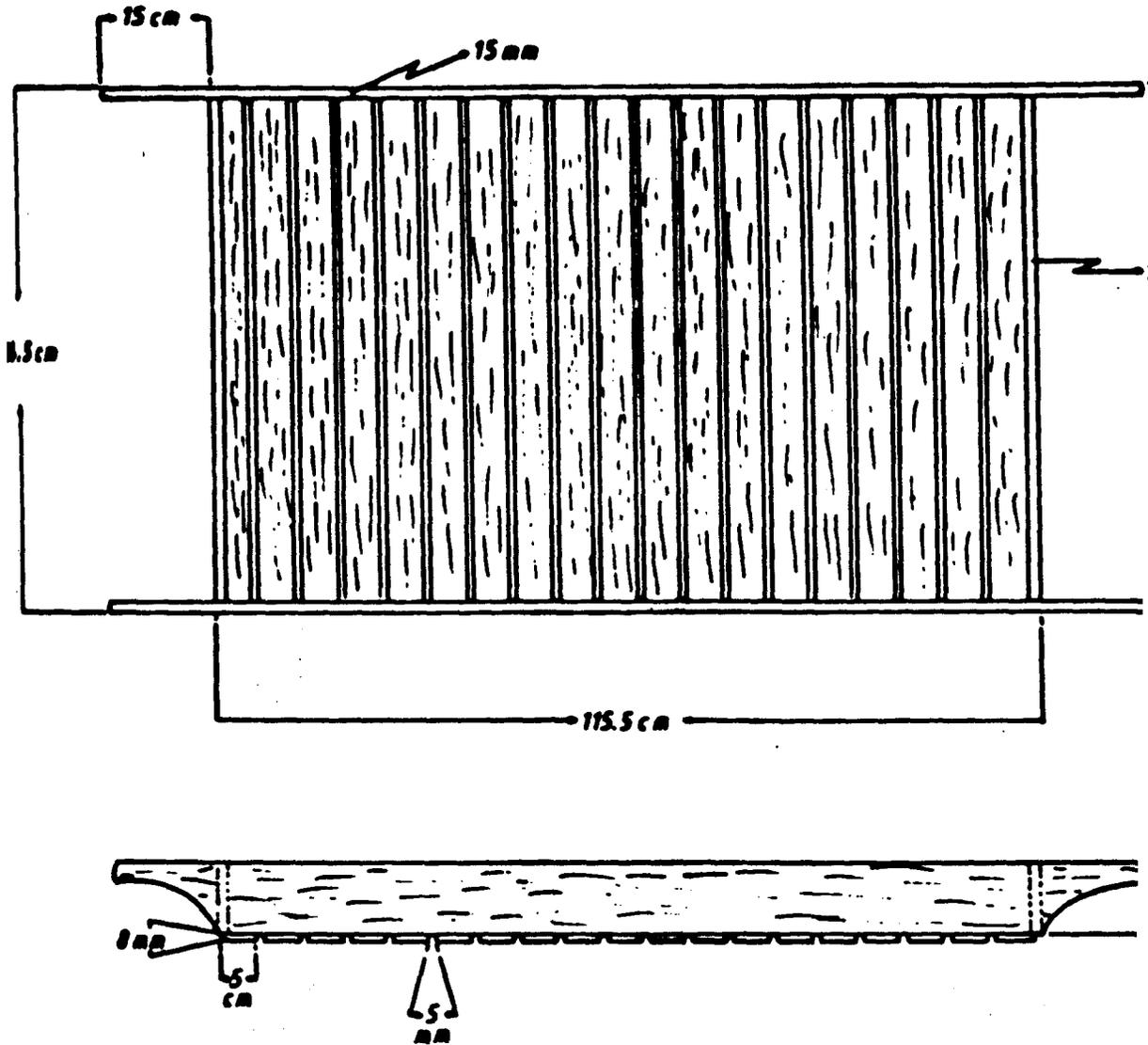


Figura 5: Bandejas Rohan

tipos de cacao empleados y bajo las condiciones imperantes en la zona:

1-Las pilas no deben tener más de 5 bandejas, siendo un mínimo adecuado 3.

2-La bandeja que sirve de base a la pila se debe llenar de aserrín, pues así se aumenta el porcentaje de fermentación de la bandeja inmediata.

3-El área de las bandejas, largo y ancho, no influye en forma negativa en la fermentación.

4-El tiempo de fermentación para los tipos de cacao Trinitarios y Trinitarios x Amazónicos es de seis días, en Criollos x Amazónicos de cinco días.

5-Es conveniente remover las almendras para lograr el aumento del porcentaje de fermentación, la disminución de la incidencia de hongos, un producto final de mejor aspecto y evitar la compactación de la masa (Vivas y Reyes,1972).

3.4.6 RESUMEN FINAL DE PASOS PARA UNA ADECUADA FERMENTACION.

Sea cual fuere el método de fermentación utilizado, los siguientes paso habrán de seguirse si se desea realizar una adecuada fermentación:

1-Es preferible reunir mazorcas por varios días que hacerlo con las almendras.

2-La cosecha y el material maduro deben ser lo más uniformes posible.

3-Las mazorcas deben ser abiertas en el lugar de la fermentación o cerca de él; siendo el tiempo máximo entre la cosecha y el desgrane de tres días.

4-No se debe mezclar material enfermo, inmaduro o germinado con el destinado a la fermentación.

5-El fermentador debe estar limpio y libre de insectos o materiales que perjudiquen la fermentación.

6-El fermentador debe aislarse adecuadamente, si su diseño no lo prevé, ya sea con hojas de plátano o sacos, para mantener la temperatura y la aireación.

7-Se debe remover la masa cada 24 h de manera uniforme, si el diseño no lo prevé.

8-Los drenajes de los fermentadores deben ser revisados antes de cada nueva carga, con el objeto de prevenir su obstrucción.

9-El fermentador que no ha sido usado debe "curarse", dejando una carga de almendras por cinco a siete días.

10-Se deben hacer pruebas de calidad permanentemente, para verificar que la fermentación es correcta (Enríquez,1982).

3.5 LAVADO Y PULIDO.

Por muchos años, varios países latinoamericanos y algunos africanos han acostumbrado lavar las almendras antes del secado, con el propósito de remover todos o casi todos los residuos de la pulpa, que normalmente quedan adheridos a las semillas luego de la fermentación y secado normales.

La principal ventaja del lavado es la de dar al cacao una muy buena apariencia comercial. Cuando el secado es realizado correctamente, entonces, las almendras adquieren un color oro muy brillante y atractivo, en lugar de las tiras café oscuro que presentan los remanentes de la pulpa sobre la almendra, cuando esta no es lavada.

Otra importante ventaja es que esos residuos son altamente higroscópicos, por lo que si no son eliminados se convierten en un punto ideal para el crecimiento de microorganismos, que más tarde pueden perjudicar la almendra. Asimismo, la almendra puede ser secada más fácilmente; una vez seca y limpia es más fácil de calificar exteriormente, puesto que presenta su verdadera forma.

Una de las desventajas del lavado es la pérdida de peso comercial del material, por lo tanto, la decisión de usar o no el lavado, se debe hacer tomando en cuenta los siguientes aspectos: costo, aumento en el precio y necesidades del mercado (Enríquez,1982).

3.6 SECADO.

Una vez terminada la fermentación, habiéndose llevado a cabo o no el lavado o el pulido, la humedad de las almendras de cacao esta alrededor del 60% (Rohan,1960). Esta humedad debe reducirse, mediante el secado, a un contenido final entre 6 y 8% para asegurar el mantenimiento de las cualidades obtenidas (Ghosh,1972b). Si la humedad se reduce demasiado, la cáscara se vuelve excesivamente quebradiza; por otro lado, si no se reduce lo suficiente existe el peligro de que se desarrollen mohos durante el almacenamiento subsiguiente (Rohan,1960).

Son varios los métodos que se pueden utilizar para el secado del cacao fermentado; de manera general éstos se pueden dividir en tres grupos: secado natural (uso de energía solar), secado artificial (uso de otras fuentes de energía) y secado combinado (solar-artificial).

El contenido final y estable de humedad, obtenido con el secado, varía necesariamente según la humedad inicial y las condiciones atmosféricas, tales como temperatura y humedad del aire. La recuperación del peso del grano, luego del secado, está determinada en gran parte por estas condiciones; durante la estación seca la recuperación del peso es hasta del 35%, en tanto que durante la estación lluviosa puede llegar al 45%. Para efectos prácticos se puede considerar que la recuperación promedio es del 40% en peso seco.

Dado que varias enzimas toman parte en los cambios químicos que ocurren en las primeras etapas del secado, dicho proceso no debe ser muy rápido, de lo contrario la temperatura alta y el bajo contenido de humedad pueden causar la inactividad de las enzimas antes de que se hallan completado los cambios químicos esenciales.

Algunos problemas asociados con el secado del cacao, independientemente del método empleado; se refieren a sus primeras etapas. Las almendras recién fermentadas son bastante pegajosas, hecho por el cual necesitan ser revueltas ocasionalmente, para prevenir que se forme una masa que impida el secado adecuado; sin embargo, si se revuelven en exceso se crea un problema secundario aún más dañino: almendras quebradas (Enríquez, 1982).

En el caso de ser necesaria la remoción de las almendras debido a la profundidad de la capa, Ghosh opina, que un mezclado eficiente, sin que los granos sufran daño mecánico, se logra con un rastrillo manual de madera, cada hora (Ghosh, 1973).

La temperatura de secado es uno de los factores más importantes del proceso, por lo que debe ser controlada adecuadamente durante todo el secado. Se han usado temperaturas de 80 a 90°C para el secado en las primeras horas como límite máximo para el trabajo experimental, sin ningún deterioro en la calidad, a pesar de ello, la mayoría de los secadores artificiales se usan normalmente a temperaturas más bajas, y térmicamente menos eficientes, de 45 a 60°C.

La rapidez del secado no debe ser muy alta, por las razones ya expuestas y para evitar el endurecimiento o quiebra de la cáscara de las almendras; sin embargo, un secado muy lento puede inducir el crecimiento de mohos durante el proceso.

Para un material vegetal como la almendra o grano de cacao hay dos factores que afectan la rapidez de secado. Primeramente, la rapidez con que la humedad puede ser removida por unidad de área de superficie expuesta al secado; que es constante para cualquier condición externa dada e independiente del grado de humedad que permanece en el material. Seguidamente, cuando toda la humedad superficial ha sido eliminada, el factor que afecta la rapidez de secado, es la velocidad a la que la humedad puede atravesar las almendras desde su interior hacia la superficie, la misma, usualmente decrece conforme el secado progresa. En esta etapa las condiciones externas del secado si determinan la velocidad de éste por unidad de área de superficie expuesta, siendo más o menos independiente del material.

El cambio de la rapidez de secado ocurre a un nivel de humedad llamado humedad crítica. El momento en que cualquier

incremento en el tiempo de secado no remueve más humedad del material, está dado por un equilibrio entre la humedad del material, y la del aire exterior (Ghosh,1972b).

Todo lo anterior queda comprobado en un estudio realizado por Prado y colaboradores sobre el secado de cacao en camas finas a diferentes temperaturas y humedades relativas. En dicho estudio, se establecieron curvas de secado para almendras de cacao recién fermentado, en camas finas, sometidos a temperaturas de 60 y 80°C con velocidades de 35 m/min. Los resultados obtenidos evidencian la existencia de dos periodos distintos de secado; en los primeros 30 minutos, para ambas temperaturas, la tasa de remoción de agua fue elevada, con evaporación rápida del agua superficial de las almendras, siendo el comportamiento de este periodo decreciente lineal, en el segundo periodo (0,5 a 11 h para 60°C y 0,5 a 8 h a 80°C), se observó que la remoción de agua se dificulta por la resistencia interna al movimiento desde el interior de las almendras, siendo la tendencia durante este periodo decreciente exponencial, con estabilidad final a las 11 y 8 h respectivamente (Prado et al.,1981).

En lo que se refiere a la aplicación del calor durante el secado, Ghosh (1972b), asegura que la aplicación desde la parte de arriba, a una capa de material secándose, es un método ineficiente en comparación a aquel en el que el calor proviene desde el fondo. El calor aplicado desde arriba es recibido, como rayos incidentes, solo por la capa superior de los granos, forzando la utilización de una fina capa de granos, usualmente de 2 cm aproximadamente. Desde el fondo el calor se levanta a través de toda la masa por secar; a

pesar de que la resistencia al flujo de calor se incrementa con la profundidad de la capa, disminuyendo la rapidez del secado, el calor aplicado de esta forma permite utilizar una capa de mayor profundidad.

Para poder establecer adecuadamente los parámetros de procesamiento, deben conocerse las propiedades físicas del cacao a procesar y las características del proceso, a saber: peso húmedo y seco, volumen y densidad, forma y tamaño, características del flujo de aire, rapidez y etapas del secado y densidad volumétrica (Ghosh,1973).

3.7 METODOS DE SECADO.

Los métodos de secado pueden dividirse en: secado natural, secado artificial y secado combinado. Para cada uno de estos grupos existe gran variedad de equipos, generalmente similares entre sí, diseñados bajo el mismo concepto básico: mantener la masa de cacao fermentado a una temperatura entre 45 y 60°C por el tiempo que sea necesario para que la humedad de las almendras llegue a 6 o 7%.

A continuación se describen los principios básicos y algunos de los equipos usados en secado natural y artificial; el secado combinado, específicamente los equipos utilizados, se incluyen alternativamente en alguno de los primeros grupos, según se considere cual es la fuente principal de energía y cual la alternativa.

3.7.1 SECADO NATURAL.

Este método busca el aprovechamiento de la energía solar, para eliminar el agua de las almendras de cacao hasta la humedad deseada, permitiendo su almacenamiento y

conservación. Es el más común en los países productores; sin embargo, los últimos años han significado un auge para los métodos artificiales y combinados, sobre todo en aquellas zonas en las que las condiciones climáticas no son favorables (Costa Rica, Camerún, Congo, Samoa y Brasil). El secado natural requiere, en general, de 6 a 10 días de acuerdo a las condiciones climáticas y al equipo utilizado (Braudeau, 1970).

Es aconsejable no exponer de golpe el cacao al sol durante los primeros días, removiéndolo regularmente para separar las almendras y homogenizar las condiciones de aireación y secado; es igualmente necesario, buscar y eliminar todas las impurezas, restos de mazorca o placenta y todas las almendras dañadas.

En las pequeñas explotaciones, el cacao es a veces simplemente extendido sobre esteras hechas con tiras de bambú y estiradas en el suelo. Para evitar la intromisión de los animales domésticos, se suelen colocar sobre una rústica base que permite mantenerlas por encima del suelo; en momentos de lluvia u oscuridad la estera es enrollada y colocada bajo techo o una cubierta protectora.

3.7.1.1 Plataformas.

Método de secado muy utilizado en Africa, consiste en plataformas de madera, que en condiciones favorables, son expuestas al sol. Esta estructura, de fácil construcción, consta de una plataforma con bambú de aproximadamente 1,20 m de ancho, por el largo necesario o conveniente, colocada a 0,8 o 1,0 m del suelo; la plataforma puede ser de madera o del mismo bambú hecho "tablones". Se puede colocar un travesaño a 1,50 o 1,80 m del suelo, a lo largo del

secador, con el objeto de sostener un techo de plástico, que puede ser enrollado si se colocan tiras finas de madera o bambú, de esta forma se protege la masa de la lluvia.

3.7.1.2 Secador Autobús.

Un secador de similar diseño al anterior, llamado "autobús", ha sido usado en Africa, sobre todo en Camerún y Costa de Marfil; se puede construir fácilmente, su única diferencia estriba en que la plataforma es móvil, de forma que, a través de rieles, la masa se coloque o no bajo un techo no móvil. Este secador ha sido mejorado a través de los años usando materiales más seguros y resistentes y superponiendo varios pisos de rieles, con lo que se logra mayor durabilidad y superficie de despliegue, ver Figura 6. En América se han utilizado secadores bajo el mismo principio en los que la parte móvil es el techo, de forma que cuando las condiciones lo permiten el techo se desliza.

3.7.1.3 Secador solar balanceante.

Otro género de secador ha sido ensayado con éxito para el secado solar de cacao en Costa de Marfil y Camerún. Desarrollado en Costa de Marfil, el secador solar balanceante esta constituido por un marco de madera de 4 a 5 m de largo por 0,8 m de ancho, dividido por un listón de madera en dos porciones iguales, provisto de un fondo de rejilla metálica o zarzo de bambú sobre el cual se pone el cacao a secar, recubierto de un toldo de polietileno. El secador reposa en su parte media sobre una barra horizontal situada a 1 m por encima del suelo, de forma que sea posible inclinar el marco para que reciba el máximo de energía solar (posición perpendicular a los rayos del sol) durante todo el día. En ambos extremos, los aleros están pintados de negro,

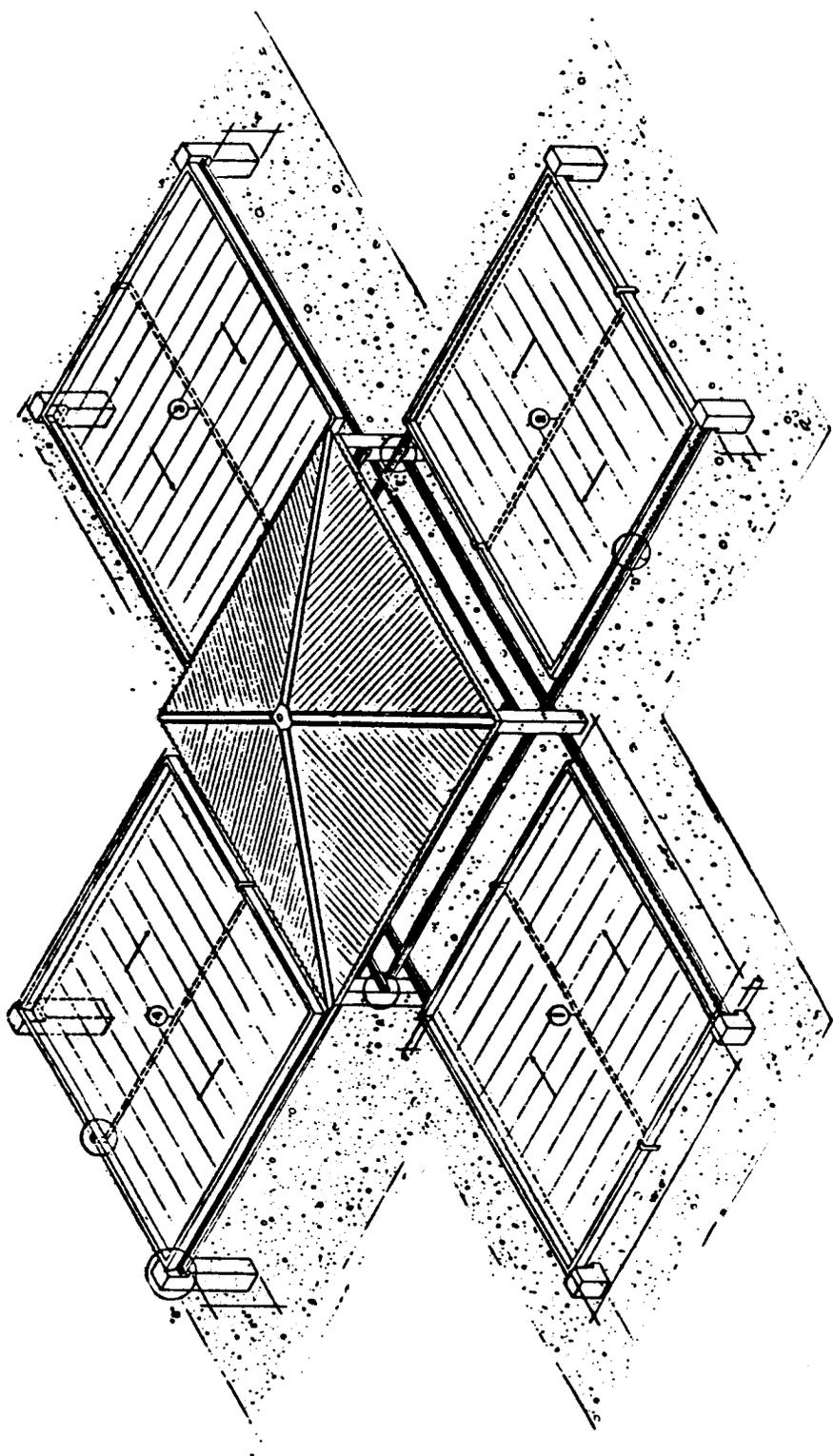


Figura 6: Secador Autobús

para favorecer el movimiento ascendente del aire, que se establece bajo el toldo, en ambas porciones del secador, ver Figura 7 (Enríquez, 1982).

3.7.1.4. Secador mixto.

En lo que se refiere a nuevos métodos de secado solar, se describe a continuación un nuevo sistema probado en Brasil, con el fin de sustituir la barcaza, donde tradicionalmente se lleva a cabo el secado; el diseño sirve de base para la transformación de secadores artificiales en secadores mixtos, donde se empleen ambas fuentes de energía.

En el nuevo sistema el equipo utilizado consiste en un ventilador, acoplado por medio de ductos, a una plataforma de secado y un colector solar. El ventilador es de tipo centrífugo, accionado por un motor eléctrico trifásico de 1,5 cv. La plataforma de secado de 2x2 m es hecha con tablas de madera, con una cámara plena de 0,20 m de altura, teniendo en su parte superior dos planchas de las comunmente usadas en la plataforma de secadores, cruzadas para reducir el área agujereada, dejándola en un 20% sobre el total. El colector solar es plano con una extensión longitudinal de 20 metros, un largo de un metro y 15 cm de altura, hecho de latas de zinc pintadas de negro para mejor aprovechamiento de la radiación incidente.

A fin de evitar la pérdida de energía, bajo la forma de ondas largas, el equipo se cubre con plástico transparente. El colector se orienta en sentido este-oeste e inclinado adecuadamente en relación al sol.

En comparación a la plataforma típica de 6x12 m, donde 18 kg de almendras por m², constantemente revueltas, son secadas

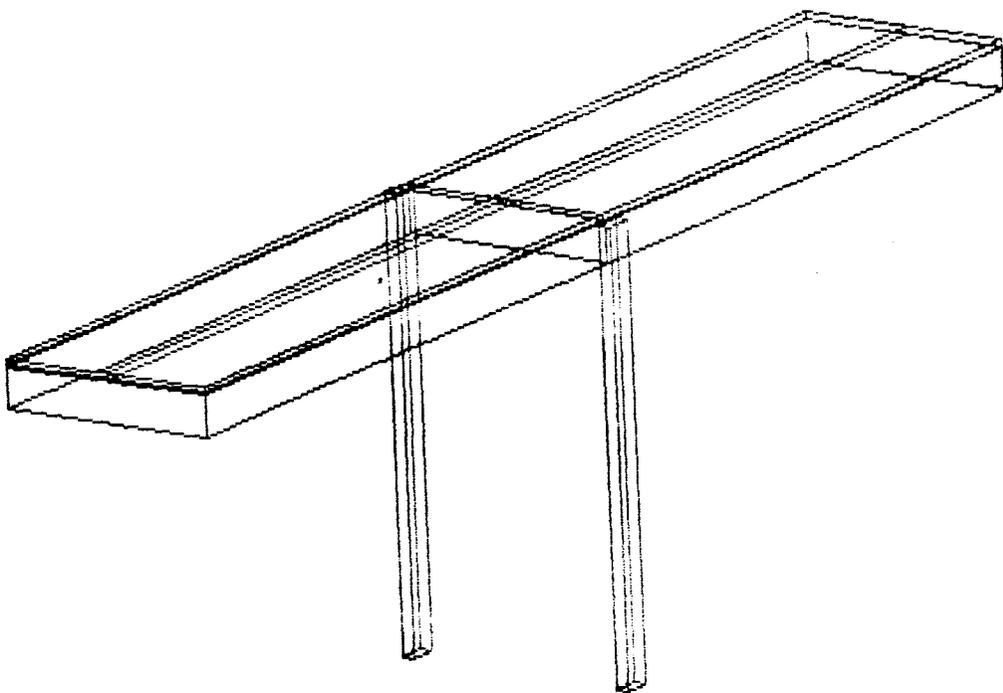


Figura 7: Secador Balanceante (3D)

entre 6 y 10 días en condiciones climáticas normales; se obtuvieron los resultados siguientes:

1-Un aumento del rendimiento por área de secado, llegando a ser de cinco a seis veces mayor que la barcaza, lo que trae una considerable reducción en el costo del proceso, considerando la compra de ventiladores y colectores.

2-La mano de obra se restringe a un simple mezclado en vez del movimiento constante de las almendras en el proceso tradicional.

3-Los costos de energía eléctrica son relativamente bajos (Brasil,1981).

4-La reducción del tiempo de secado es relativamente pequeña.

Tomando en cuenta los buenos resultados obtenidos, se decidió desarrollar un secador con la misma capacidad de la barcaza tradicional (100 kg de cacao seco al 7% de humedad). Una vez finalizado el estudio se obtuvieron las siguientes conclusiones preliminares:

1-El proceso descrito, para el secador grande, es válido técnica y económicamente para el secado de cacao.

2-En comparación con el secado natural en barcasas, el nuevo proceso, sin la pérdida de calidad, tuvo las siguientes ventajas:

a-Disminución del área de secado 1:4.

b-Economía en el costo de instalación 1:2.

c-Reducción del tiempo de secado 1:1,6.

d-Disminución de la mano de obra 1:14.

e-Eliminación del desarrollo superficial de hongos y por lo tanto del pisoteo.

(Figura 8) (Borges et al.,1981)

3.7.1.5 Barcaza modificada.

Las barcazas están esencialmente constituidas de una plataforma de madera y un techo móvil; en la plataforma, que mide por lo general 12x6 m, el cacao es expuesto al sol en camas de 5 a 6 cm de grosor, siendo revuelto durante todo el secado. El techo, que se puede deslizar sobre la plataforma, cubre al cacao durante las lluvias y durante las noches. No obstante su gran uso, la barcaza presenta ciertos inconvenientes importantes, a saber: área relativamente grande, alto costo de construcción y mano de obra operacional elevada.

Cuando el secado en barcaza es bien llevado, en condiciones climáticas favorables, el producto obtenido es de óptima calidad; en caso de prolongadas lluvias, la demora en el proceso da origen al desarrollo de hongos en la superficie de las almendras, haciendo necesario el pisoteo para eliminarlos, operación adicional costosa y lenta.

Un intento para eliminar las desventajas de las barcazas en Brasil, realizado por el CEPEC, consiste en la colocación de un techo de vidrio sobre las barcazas y la incorporación de un secado artificial.

El diseño básicamente consiste en dos líneas de plataforma de secado, cada una de 11 m de largo, 1,75 m de ancho y 0,8 m de alto; con un pasaje central de 1 m de ancho, con el objeto que un operador remueva los granos mediante un rastrillo de madera. Sobre la barcaza se dispuso un techo de vidrio en forma de tijera abierta, a una altura máxima de

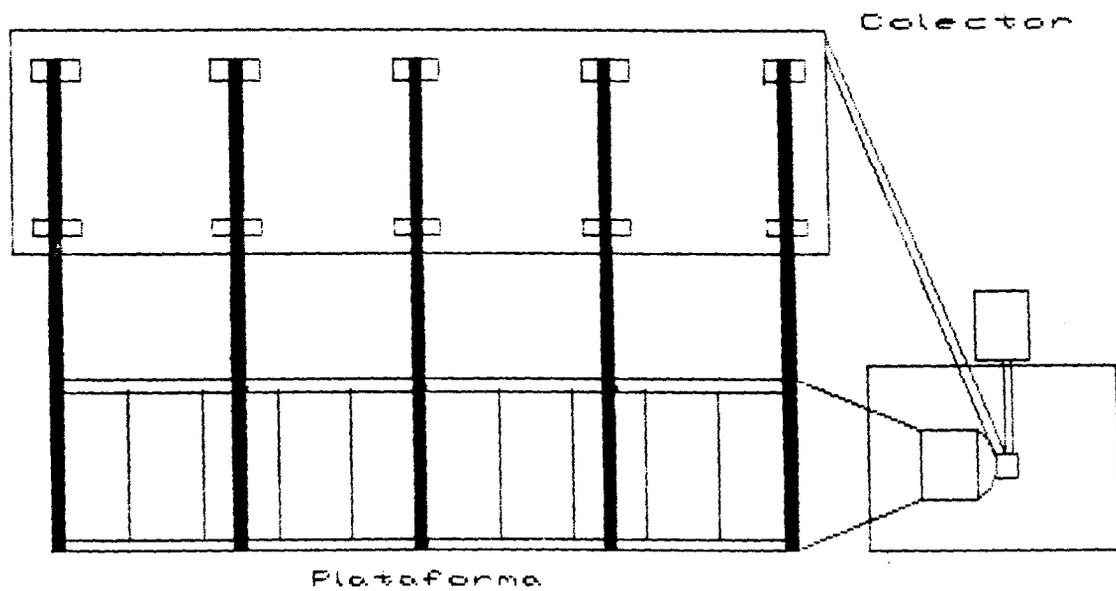


Figura 8: Secador Mixto (20)

2 m y una mínima de 1 m. Todas las superficies dentro de la barcaza fueron pintadas de negro, para facilitar la absorción de la radiación solar. La barcaza se coloca de norte a sur; entre la parte más baja del techo y las orillas de la plataforma se colocaron ventilas ajustables, para controlar la circulación de aire dentro de la barcaza. Bajo condiciones normales la temperatura dentro de la barcaza se eleva de 10-12 °C sobre la temperatura ambiente. En caso de que las condiciones climáticas sean desfavorables, o según se determine, funciona el secado artificial, que calienta el aire bajo la plataforma, mediante quemadores de gas, el aire caliente sube por convección a través de la cama de cacao, ver Figura 9 (Ghosh, 1972b).

3.7.2 SECADO ARTIFICIAL.

Cuando las condiciones climáticas no son favorables al secado solar o cuando el tamaño de la plantación es tal, que se hace necesaria superficies considerables para el secado natural en el período de producción pico, deben ser aplicados métodos artificiales, más rápidos y eficientes.

La capacidad de estos secadores, que por lo general funcionan por tandas, depende de la cantidad de material que puede ser secado a un tiempo y el período de tiempo necesario para secarlo. Como la superficie de la plataforma está dada, la capacidad dependerá de la profundidad de la capa de granos, que determina el volumen total y el peso del material. La relación entre el volumen y el peso, llamada densidad de volumen, depende del contenido de humedad del material.

La densidad de volumen de los granos de cacao fermentados, con una humedad aproximada de 55%, es de 900 kg/m³. Este

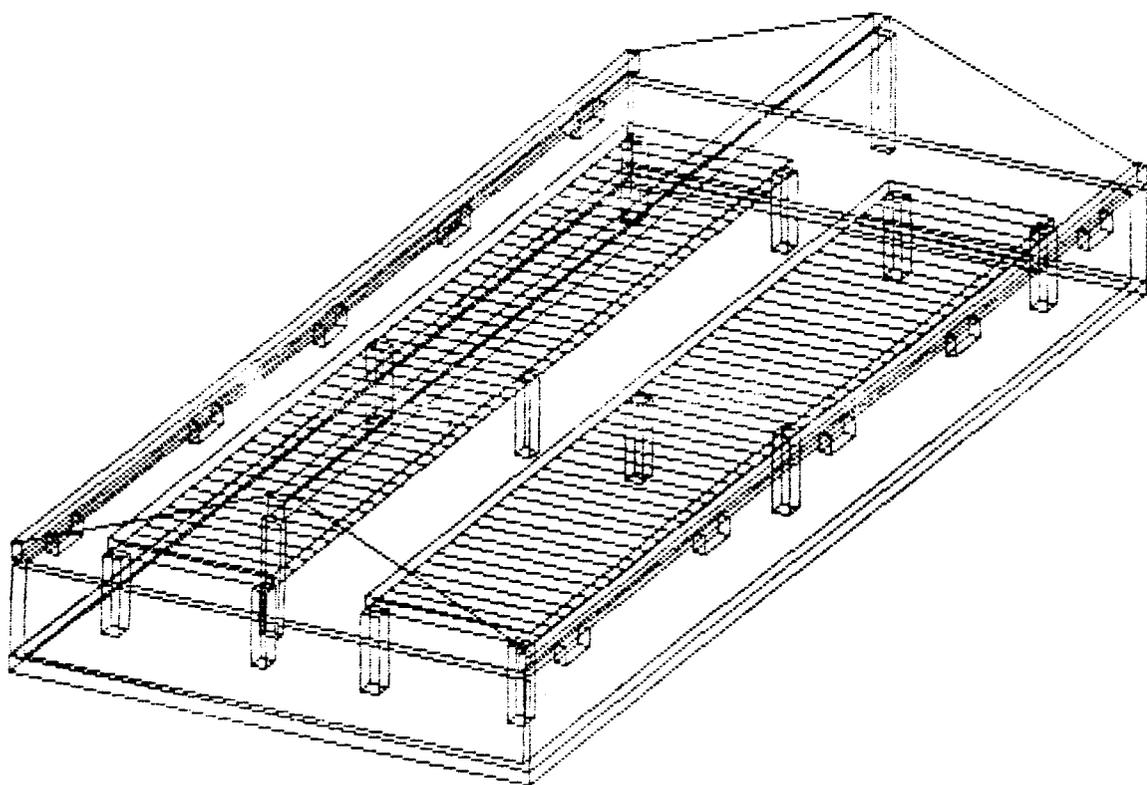


Figura 9: Barcaza Modificada (3D)

valor baja rápidamente a 585 kg/m^3 cuando el contenido de humedad decrece hasta el 20% , para luego subir a 680 kg/m^3 a una humedad del 7%.

La medida del tiempo necesario para secar los granos de cacao, a un contenido de humedad dado, depende principalmente del contenido de humedad inicial y de las condiciones del aire de secado (temperatura, humedad y velocidad de flujo).

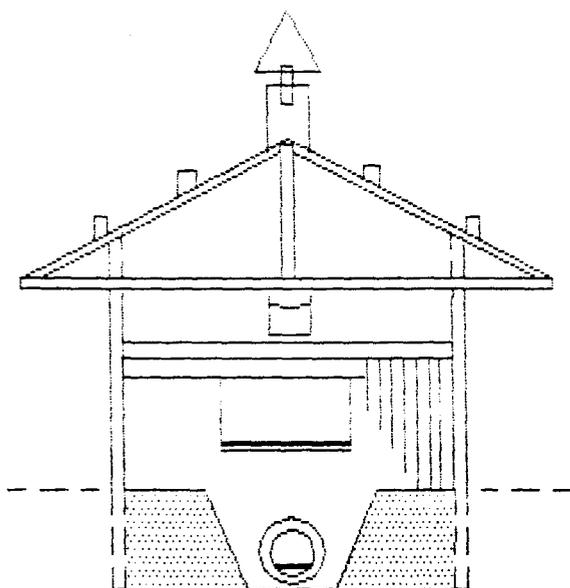
A continuación se describen varios de los secadores artificiales más utilizados, en especial, aquellos diseñados en Brasil durante los últimos años.

3.7.2.1 Secador Samoa.

Este tipo de secador de fácil construcción y bajo costo, es el más utilizado para el secado artificial de granos de cacao en las zonas productoras de Africa, su fuente de calor es la combustión de leña en un tubo hoguera, el aire calentado en una cámara plena sube por convección natural y atraviesa la cama de almendras.

Se presenta el diseño de este secador en dos diferentes dimensiones, con una capacidad de 500 kg y 270 kg de granos, respectivamente.

El secador se construye preferiblemente en terrenos con un pequeño declive, abriéndose una zanja de 0,61 m de profundidad en dirección a la pendiente, la tierra extraída se coloca posteriormente alrededor del secador, de tal forma que el nivel del suelo sea adecuado para efectuar la remoción de los granos, en tanto que la hoguera queda a la altura del suelo. Como se muestra en la Figura 10, el secador consta de un tubo hoguera colocado en la zanja, atravesando de un extremo a otro el secador; la figura al



Vistas frontal y lateral

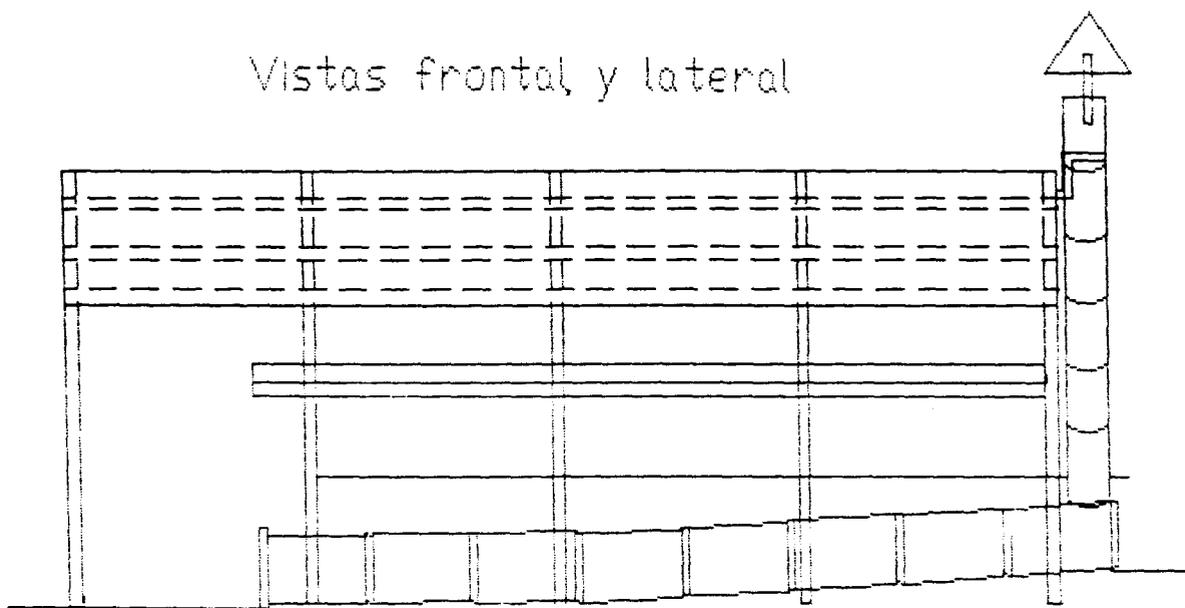


Figura 10: Secador Samoa (2D)

igual que en las anotaciones siguientes se refieren al secador más grande.

La plataforma de 7,3x3 m está colocada a 0,9 o 1,2 m del tubo hoguera. El espacio entre el suelo y la plataforma se cubre, de modo que el aire frío entre solamente por los extremos del tubo hoguera, lo que provoca que el aire ya caliente escape únicamente subiendo y atravesando la capa de granos.

El tubo hoguera se construye con diez tambores, a los cuales se les quita la base y las tapa, éstos se unen por los extremos dando un largo total de 9,1 m, sobresaliendo un poco en ambos extremos de la plataforma. Los tambores se unen con cintas de asbesto y de una faja de aluminio sostenida por alambre. Este tipo de unión, por ser más flexible, se recomienda cuando los tambores no son perfectamente circulares o cuando sus diámetros son ligeramente diferentes.

El tubo hoguera se coloca sobre ladrillos, de forma que quede separado del fondo de la zanja, con una inclinación hacia la chimenea de 0,30 m. La chimenea consta de tambores de menor diámetro (0,60x0,38 m) encajados entre sí. Para asegurar una distribución uniforme del calor, se cuelga una plancha de asbesto sobre el primer tambor del tubo hoguera, donde ocurre la combustión y se colocan piedras o ladrillos dentro del mismo tubo, lo que aumenta la capacidad de calor total.

Un diámetro suficientemente grande en la chimenea, impedirá que el humo salga por la boca del tubo hoguera, en general, es conveniente que la superficie transversal de la chimenea

no sea menor a la décima parte de la superficie transversal del diámetro del tubo hoguera.

Todo el conjunto secador se protege de las condiciones climáticas adversas, mediante una armazón de madera, forrada de asbesto o hierro corrugado, con pequeñas ventilas en la parte inferior; algunas de las planchas son móviles, para permitir la remoción de la masa.

La plataforma de secado, sostenida por esta armazón, se construye con listones de madera de 0,025 m de ancho y 0,04 m de grueso, separadas por un espacio de 0,005 m.

Las dimensiones del secador pequeño son las siguientes: plataforma (3,7x3 m), tubo hoguera (4,9 m), galerón (12,2x6,1 m), zanja (6,1x1,2 m), diámetro para tubo hoguera (0,56 m) y chimenea (0,23 m).

La operación del secador se lleva a cabo fácilmente; los troncos de madera que sirven como combustible, se colocan en la rejilla dispuesta en los primeros 1,2 m del tubo hoguera, añadiéndose combustible cada 30 o 40 minutos. Los granos recién fermentados se colocan en la plataforma en una capa de 0,05 m, siendo revueltas cada hora con una pala de madera. Existe muy poca variación de la temperatura de la plataforma, pero como es de esperar, es más baja cerca del final del tubo hoguera, aspecto que debe tomarse en cuenta al remover los granos.

Con un fuego bastante fuerte la temperatura se mantiene entre 60 y 80°C, con lo cual una partida puede secarse en 40 o 44 horas con un consumo de leña de 15 kg por kg de grano seco obtenido. Luego de cada operación es necesario barrer, para eliminar pedazos de pulpa seca, de la zanja en torno al tubo hoguera (IICA, 1960).

Este secador presenta las siguientes ventajas:

- 1-Secado relativamente rápido.
- 2-De fácil construcción.
- 3-Materiales disponibles en cualquier zona.
- 4-Posibilidad de trabajar con una porción menor a la capacidad total, mediante el uso de deflectores en el sector desocupado.

Por otro lado se pueden citar la siguientes desventajas:

- 1-Requiere mantenimiento frecuente para evitar la contaminación con humo.
- 2-La vida útil de los estañones es muy corta(1-2 años).
- 3-Baja eficiencia térmica total.

3.7.2.2 Secador Martín.

Secador muy similar al Samoa; en lo que se refiere a diseño solo se diferencia en la forma del tubo hoguera, pues el secador Martín lo posee en forma de U. La plataforma de secado de 13,7x7,6 m, está a una distancia del tubo hoguera de 1,4 a 1,8 m.

Posee un rendimiento de 1,75 TON (1750 kg) de granos secos en 20 h, tiempo bastante bajo, debido en parte a que posee un techo corredizo, de forma que se aprovecha la energía solar cuando las condiciones lo permiten.

Sin embargo, a pesar de sus aparentes ventajas, es poco utilizado en la actualidad, como consecuencia de su excesiva capacidad y alto costo de construcción (IICA,1960).

3.7.2.3 Secador Burareiro.

Este secador diseñado para pequeñas fincas de cacao, llamadas "Buraras", en la región cacaotera del Estado de Bahía, Brasil, es compatible con las capacidades técnicas y económicas del pequeño agricultor.

Con un principio de funcionamiento similar al secador Samoa, el secador Burareiro posee tubos intercambiadores de calor, que calientan el aire en una cámara, para que este suba por convección natural a través de la masa de cacao.

El secador, de construcción artesanal, consta de: una plataforma de secado de 2x2 m, con chapas de hierro perforadas y un área de vaciado de 20-35%; horno externo, construido con ladrillos comunes asentados con una argamasa especial (arena, barro y aserrín); una reja para el horno construida con barrotes de 1,59 cm de grueso; un intercambiador de calor compuesto de dos tubos de hierro de 15 cm de diámetro interno y revestido con chapa de 3,17 mm; chimenea hecha de dos tubos de cemento amianto de 10,16 cm de diámetro interno o uno de 15,24 cm, ver Figura 11.

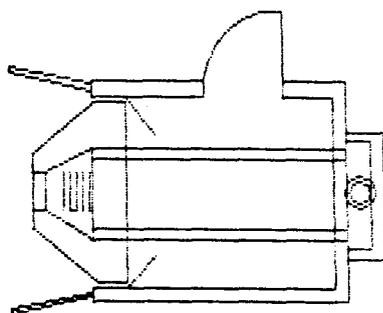
En su fase actual de desarrollo presenta los siguientes datos medios de comportamiento: carga de 305 kg de cacao recién fermentado (164 kg de cacao seco), tiempo de secado de 52 h, consumo de 3 kg de leña por hora.

La variación máxima de temperatura en el tubo intercambiador de calor es de solo 16°C entre los extremos, lo que unido a su fácil revolución da un secado muy uniforme del producto, a un bajo costo (Cunha, 1985).

Por todo lo anterior este secador posee las ventajas de bajo costo, fácil construcción y mayor vida útil; con la desventaja de tener poca capacidad para fincas de alta producción.

3.7.2.4 Secador Barico.

Secador de bajo costo y alta eficiencia térmica, similar a los secadores de tubo hoguera; posee, a diferencia de éstos, tres pisos secadores, una cama abierta de 37,2 m² y dos



Vistas superior y lateral

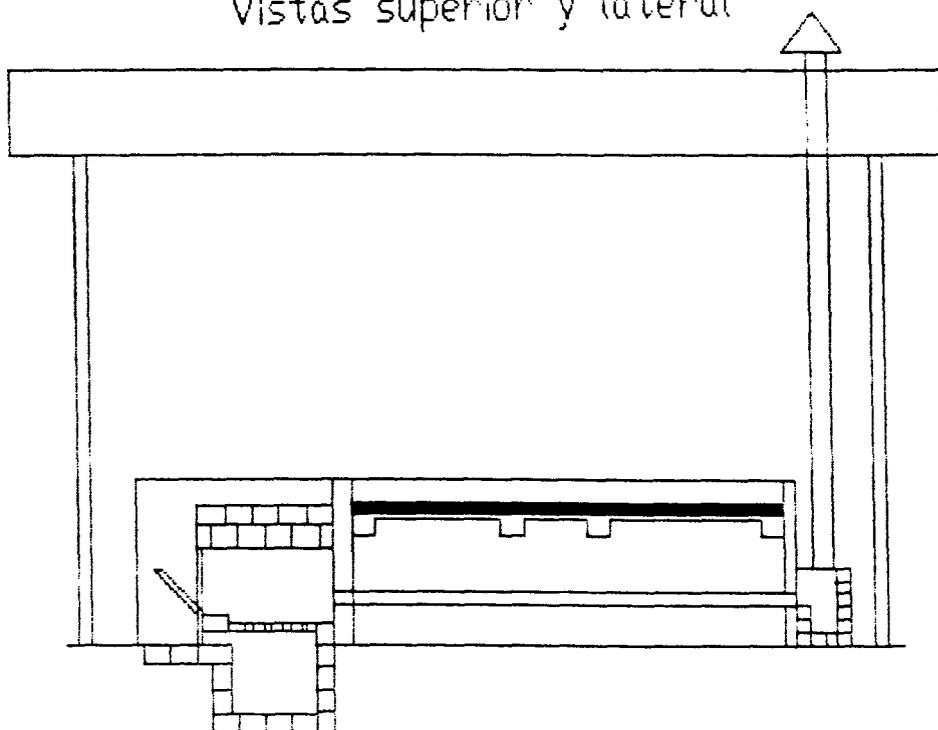


Figura 11: Secador Burareiro (2D)

contenedores cerrados de 18,6 m² cada uno. El aire es calentado por un tubo intercambiador de calor, de diámetro parecido al del Samoa, accionado por un quemador de madera. Un ventilador impulsa el aire caliente a través de las camas.

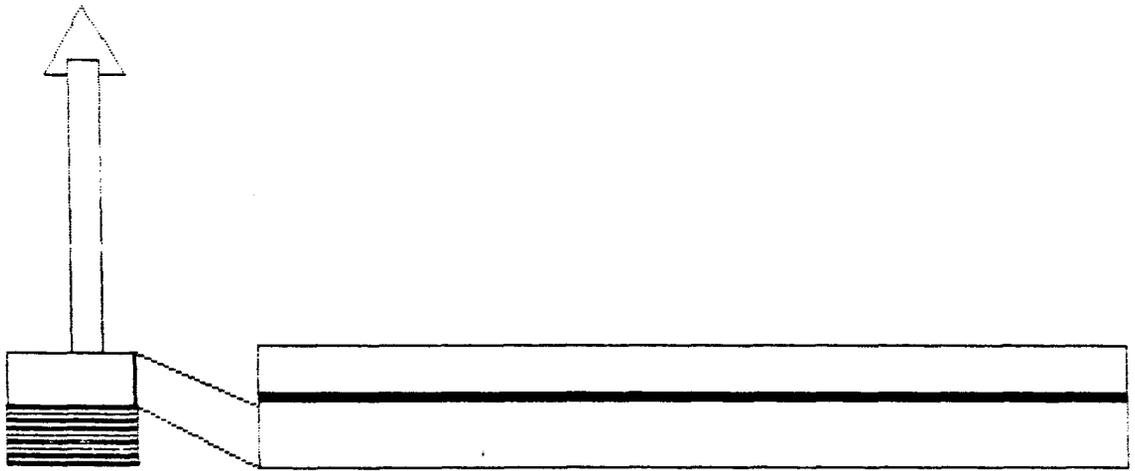
Los granos recién fermentados se colocan en la cama abierta, siendo removidos durante aproximadamente 24 h hasta que su superficie esté seca, luego este cacao se traslada a uno de los contenedores, donde la profundidad de la cama es el doble, una vez el cacao está prácticamente seco se pasa al último contenedor donde se completa el secado, al cabo de aproximadamente 72 h desde el inicio del proceso (Mc Donald et al.,1981).

Entre las ventajas de este secador las más importantes se refieren a su alta eficiencia térmica y gran capacidad en menor espacio; sin embargo, el control de la temperatura debe ser muy riguroso, para evitar el resecado del cacao en el último contenedor.

3.7.2.5 Secador de plataforma CEPEC.

Este secador, diseñado de acuerdo a la Figura 12, posee una extensión de cámara de 10 m para una altura de 0,8 m. El secado se lleva a cabo por convección forzada de aire caliente; el aire, calentado por un intercambiador de calor (Figura 13) a base de combustión de leña a razón de 30 kgleña/h, es impulsado por medio de un ventilador axial con motor eléctrico de 1,5 Hp, manteniendo la temperatura a 60°C durante todo el tiempo de secado.

La plataforma tiene capacidad para secar 3600 kg de cacao en 42-45 h con 2 m³ de leña, no requiriendo carga completa para operar (McDonald,et al.,1982).



Vistas lateral y superior

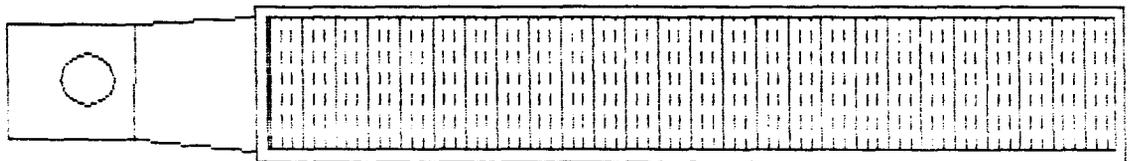


Figura 12: Plataforma CEPEC (20)

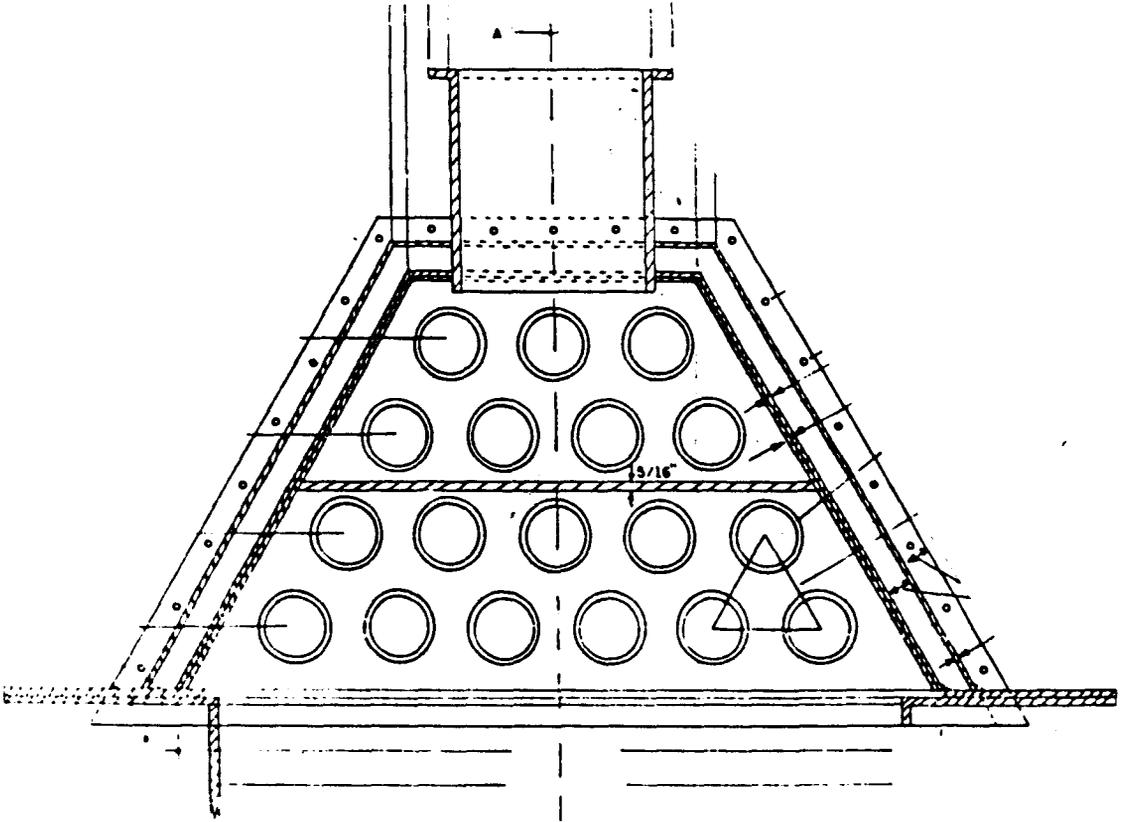


Figura 13: Intercambiador de calor (Plat. CEPEC) (2D)

La plataforma CEPEC tiene las siguientes ventajas: alta capacidad para relativo bajo costo, alta eficiencia térmica y no requerir de carga completa. Su desventaja principal es la necesidad de energía eléctrica para forzar la circulación del aire.

3.7.2.6 Secador CEPEC-Morganti.

Diseñado con el propósito de secar pequeñas o grandes cantidades de cacao sin mayor desperdicio de energía, este secador es similar a la plataforma CEPEC.

Fundamentalmente consiste en un túnel de secado con capacidad para 1200 kg de cacao seco en un tiempo previsto de 20 h, cuando se utiliza cacao recién fermentado con más de 50% de humedad. Para cacao con dos o más días de secado solar, la capacidad se eleva a 1500 kg y el tiempo se reduce a 7 h. El túnel mide, en planta útil, 9x2 m y está compuesto por dos cámaras superpuestas, la inferior de albañilería y la superior en paneles de material aislante, estructurado en perfil de aluminio. Las dos cámaras están separadas por la plataforma de secado, de hierro perforado.

El aire de secado, calentado por un generador de aire caliente a base de gas, es inyectado a la cámara plena inferior, donde se distribuye uniformemente, para luego pasar a través de la plataforma. El aire es recolectado por medio de captadores en el techo de la estufa; una abertura regulable permite la mezcla adecuada con aire exterior. Todo el conjunto es cubierto por un techado de 13x8 m, ver Figura 14.

El desempeño del secador se puede resumir de la siguiente forma: la calidad del cacao obtenido es altamente satisfactoria, el equipo es totalmente seguro, el

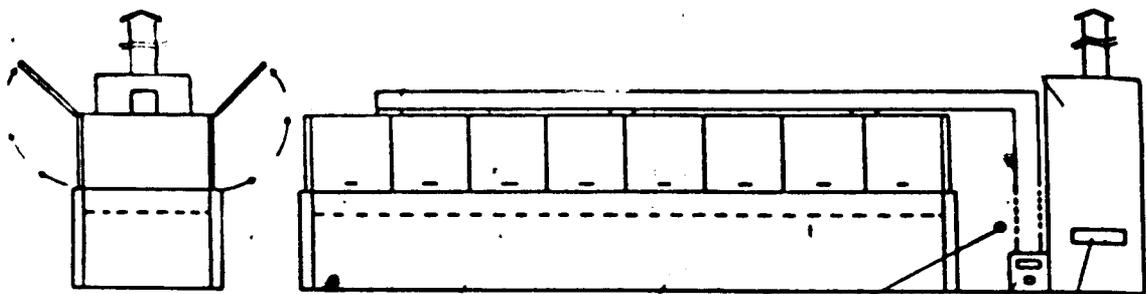


Figura 14: Secador CEPEC-Morganti (20)

funcionamiento y operación del secador se puede realizar con solo un operador, el tiempo de secado es de 20-22 h para el cacao recién fermentado y de 7-18 h para el cacao secado parcialmente de acuerdo a la humedad inicial, en tanto, que el consumo de gas es de 1,30-1,40 y 0,25 kg de gas por arroba de cacao seco (11,502 kg) producido respectivamente (Marvalhas,1976).

En la recirculación de aire, McDonald y Freire recomiendan el procedimiento que se muestra en el Cuadro 1, de acuerdo al tiempo de secado; este procedimiento permite el mayor aprovechamiento del aire de secado, ya que éste sale prácticamente saturado de agua.

A pesar de todas las ventajas que presenta este secador, puede resultar desventajoso por el costo de las instalaciones, el del gas y la necesidad de electricidad; sobre todo en operaciones en pequeña escala.

3.7.2.7 Secador de gas o infrarrojo.

El gas, la mayoría de las veces, de bajo costo y comercialmente disponible, puede ser usado para el secado de granos de cacao, aplicando el calor mediante calentadores de rayos infrarrojos (quemadores de gas) desde el fondo de una plataforma secadora. El movimiento de aire se da por convección natural, gracias a la entrada de aire frío por el fondo de la cámara plena.

El calor está disponible para secar inmediatamente en el momento en que se encienden los calentadores, sin ninguna preparación elaborada que requiera tiempo extra y sin peligro por contaminación por humo.

El calentador(res) es colocado 1,20 m bajo la plataforma, a esta altura la temperatura de secado, 70°C, puede ser

CUADRO 1
RECIRCULACION DE AIRE - SECADOR CEPEC-MORGANTI

TIEMPO DE SECADO	COMPUERTAS	ENTRADA DE AIRE AL VENTILADOR
0 horas	TODAS ABIERTAS	TOTALMENTE ABIERTA
3 a 4 horas	ABIERTAS ALTERNAMENTE	TOTALMENTE ABIERTA
8 horas	TODAS CERRADAS	TOTALMENTE ABIERTA
12 horas	TODAS CERRADAS	MAS O MENOS CERRADA
sin condensación en el tunel	TODAS CERRADAS	CASI CERRADA TOTALMENTE
20 horas - final	TODAS CERRADAS	TOTALMENTE CERRADA

FUENTE: McDonald y Freire, 1981.

mantenida para los granos en la plataforma. Los quemadores son encendidos a través de una puerta en una de las paredes verticales, que da a la cámara plena; así mismo un espacio vertical en la parte baja de la pared permite la entrada de aire frío a la cámara.

La temperatura puede ser regulada fácilmente mediante una válvula para el flujo de gas en cada uno de los quemadores y cilindros de gas. Con esta configuración cada calentador puede, eficientemente, calentar un área de 2 m² de la plataforma de secado, por lo que el número de calentadores usados dependerá del área de la plataforma. Aproximadamente 75 kg de almendras pueden ser secados por tanda por cada m² de plataforma.

La plataforma de secado es una malla de metal, de buena calidad, agujereada, puesta sobre laterales de madera en las paredes o sobre paredes de ladrillo que llevan vías cruzadas; un borde de 15 cm de alto es construido alrededor de la plataforma, sobre la malla de metal.

Un techo de vidrio permite el secado solar de la masa de cacao cuando las condiciones lo permiten, en ambos casos las almendras son removidas cada hora durante el secado, mediante un rastrillo de madera. Todo el conjunto se muestra en la Figura 15.

Con profundidad de capa de 10 cm y una humedad de 55%, la capacidad de la instalación varía entre 90 y 65 kg de material recién fermentado por m² de área de secado (Ghosh, 1973).

Este secador a pesar de su alta eficiencia térmica y la ausencia de contaminación resulta poco atractivo por el costo de instalación y del gas, relativamente altos.

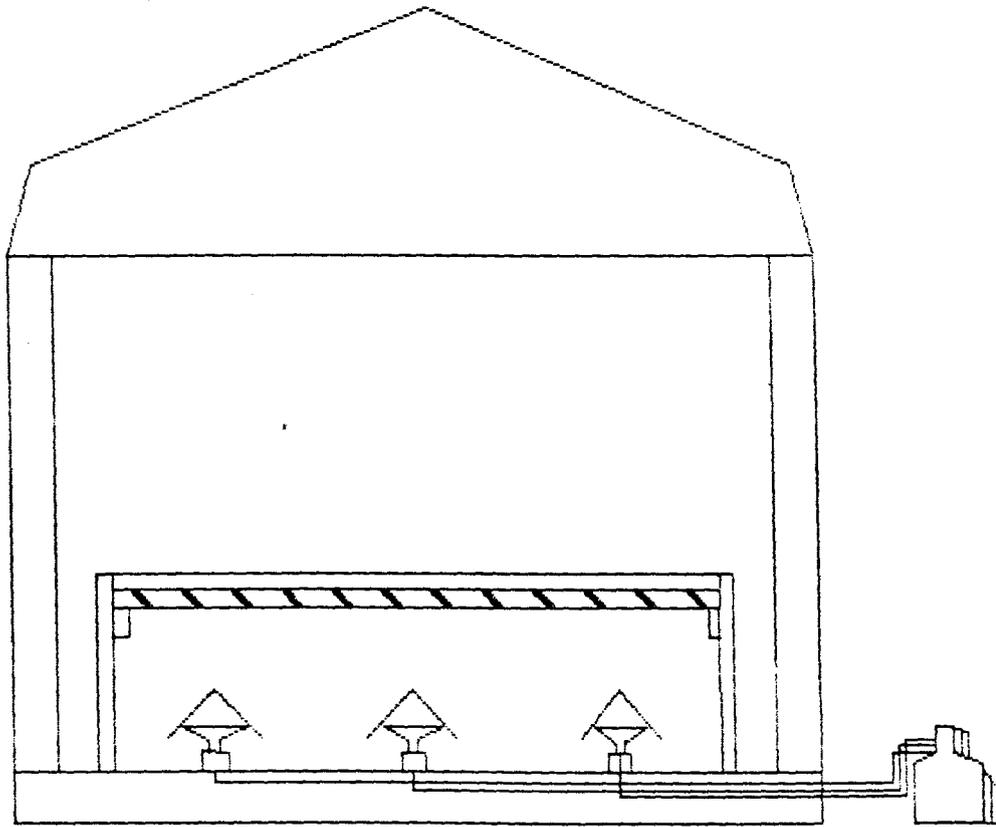


Figura 15: Secador Infrarrojo (2D)

3.7.2.8 Secador Pinhalense.

Secador mecánico, en el que las almendras son removidas mediante el giro de un cilindro, a través del cual se hace pasar una corriente de aire caliente, ver Figura 16.

El sistema utilizado para el calentamiento del aire es similar al de la Plataforma CEPEC; formado por horno para la combustión de la leña, un intercambiador de calor de tubos y un ventilador con motor de 5 CV para impulsar el aire caliente a través del cilindro de chapa de hierro perforado de 3,8 m².

Este secador tiene una capacidad fija de 2 700 kg de cacao fermentado, no es recomendable su funcionamiento con cargas menores a la indicada; por lo que resulta necesario disponer de otros equipos de secado para ser utilizados cuando la cantidad de cacao a secar no es la suficiente.

El secador Pinhalense es capaz de secar una carga de almendras fermentadas en 51 h, con un consumo de 2,5 m³ de leña; su costo es lógicamente mayor que el de sistemas no mecánicos (Cunha, 1983).

3.7.2.9 Secador Zacarias.

El principio de funcionamiento de éste secador mecánico es similar al de la plataforma CEPEC y el Pinhalense. Consiste en una plataforma circular de 7,0 m², formada por chapas de hierro perforadas, sobre la cual está montado un sistema de paletas que realizan la remoción mecánica de la masa, ver Figura 17.

El aire caliente, proveniente de un intercambiador de calor semejante al del Pinhalense, es introducido a la cámara inferior de la plataforma circular de secado y forzado a atravesar la masa de cacao mediante un ventilador.

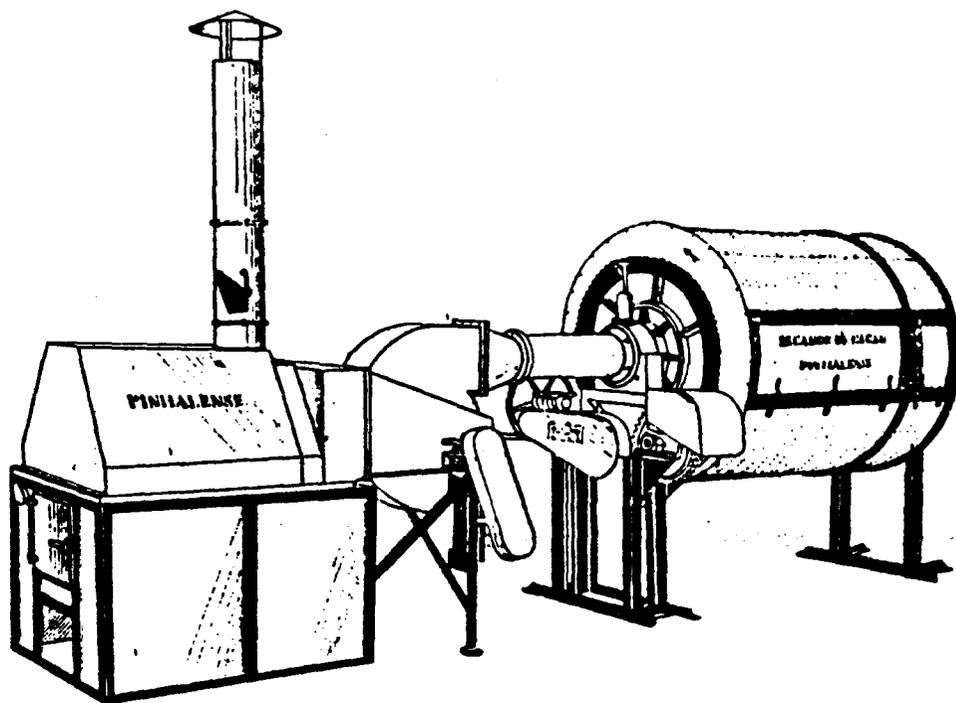


Figura 16: Secador Pinhalense

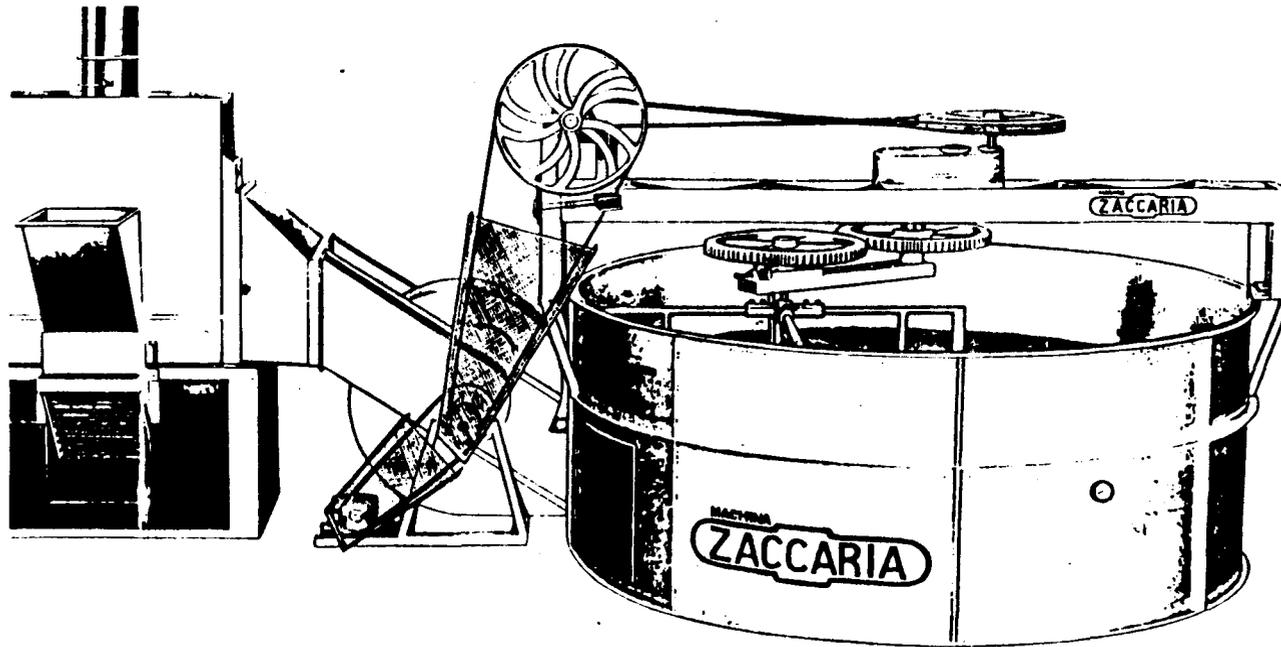


Figura 17: Secador Zaccarías

El secador está en capacidad de secar un máximo de 1 500 kg de cacao fermentado en un tiempo de 32 h y un consumo de 0,8 m³ de leña; teniendo la posibilidad de funcionar con cargas relativamente menores. Su costo es similar al del secador Pinhalense (Freire et al., 1984).

3.8 CALIDAD.

El industrial chocolatero, que es el principal usuario de las almendras de cacao beneficiadas, desea poder encontrar en el mercado un producto que responda a las exigencias de su fabricación.

Desea un producto tan seco y de granulometría tan homogénea como sea posible, pues su conservación es más fácil y el costo y las pérdidas en la torrefacción son menores; rico a la vez en materia grasa, dado que la fabricación de chocolate implica por lo general la adición de manteca de cacao a la masa obtenida por la trituración de las almendras, para facilitar la regulación de los equipos.

Pero ante todo el chocolatero quiere encontrar en el cacao que compra un producto que le permita obtener, tras la torrefacción, la catadura característica del chocolate, sin embargo, a falta de la posibilidad de verificar la presencia de esta cualidad, que aparece solo hasta después de la transformación del producto y que entonces únicamente puede apreciarse por degustación, el chocolatero está obligado a juzgar el cacao sólo por la ausencia de algunos defectos cuya influencia nociva sobre la catadura final del producto conoce (Braudeau, 1970).

Los factores que determinan la calidad del cacao pueden agruparse así: herencia, medio ambiente y beneficio. Se ignora la genética de la calidad del cacao, aunque se cree que los sabores característicos de una determinada procedencia resultan probablemente de la interacción de varios genes. Sin embargo, como el sabor depende en parte del proceso de fermentación y secado y no puede evaluarse por ningún carácter externo de la planta, el problema de selección y cruzamiento de cultivares de cacao, con propósitos de calidad, presenta muchas y grandes dificultades.

Para fines de inspección, cada almendra deberá cortarse longitudinalmente pasando por el centro y se hará el recuento de las almendras defectuosas, ya sea por estar enmohecidas, dañadas por insectos, germinadas, pizarrosas, planas o podridas. De cada saco de 46 kg, se toman 100 almendras del centro del saco y se procede a examinarlas.

La calidad de la fermentación puede establecerse de acuerdo a las diferencias que se muestran en el Cuadro 2.

Es normal que las almendras se clasifiquen en calidad I, calidad II, calidad III y calidad inferior, según el porcentaje de almendras indeseables, sin que el grado de humedad final sobrepase el 8%.

La clasificación de calidad del cacao de la FAO es la que actualmente se emplea más en Latinoamérica, con algunas modificaciones regionales. Según la norma de la FAO, el cacao se clasifica de acuerdo al número de almendras defectuosas, las tolerancias en porcentaje se presentan en el Cuadro 3.

CUADRO 2
 CALIDAD DE FERMENTACION (COMPARACION)

ALMENDRA SECA BIEN FERMENTADA	ALMENDRA SECA MAL FERMENTADA
Hinchada o gruesa	Aplanada
Cáscara se separa fácilmente	Cáscara difícil de separar
Color chocolate	Color violeta o blanquecino (interior)
Naturaleza quebradiza	Naturaleza compacta
Sabor medianamente amargo	Sabor astringente
Aroma agradable	Aroma desagradable

FUENTE: Enríquez, 1982.

CUADRO 3
CLASIFICACION DE CALIDAD DE CACAO SEGUN LA F.A.O.

DEFECTO	CALIDAD I	CALIDAD II
Almendras enmohecidas	3%	4%
Almendras pizarrosas	3%	8%
Almendras defectuosas	3%	6%

FUENTE: Enríquez, 1982.

Todo el cacao que no alcanza las normas de la segunda categoría, debe considerarse como "fuera de clasificación". En cuanto a los factores ambientales, la falta de cantidades adecuadas de agua y nutrientes en el suelo, reducen el tamaño de los frutos y las almendras; igualmente se presenta variación en la composición bioquímica de los cotiledones. La deficiencia de ciertos elementos menores, como el cobre, puede disminuir la formación de la enzima polifenólica oxidasa, ocasionando la mayor retención de la astringencia. Como se mencionó anteriormente, el proceso de cura o beneficio bien realizado dará un buen cacao, que será excelente si la herencia y el medio ambiente también lo son, en cambio, el chocolate preparado de cacao sin fermentar no posee ni el sabor ni el aroma del verdadero chocolate, aún cuando su herencia y medio ambiente sean excelentes; para que el cacao sea clasificado de primera, debe ser bien fermentado (de acuerdo a su naturaleza), bien seco y con el sabor y aroma característicos.

La cosecha correcta, es decir, de frutos maduros libres de basura y el adecuado beneficio, permitirá una clasificación adecuada del cacao.

A pesar de que la calidad está ligada genéticamente (cacaos finos y cacaos ordinarios), no es menos importante el trabajo de procesado que se inicia con la maduración y termina con el secado, para dar finalmente un cacao con apariencia, sabor y aroma de primera calidad (Enriquez, 1982).

Por otro lado, el Consejo Nacional de Comercio Exterior de Brasil en resolución N°42 del 14 de noviembre de 1968, emitió un reglamento para la clasificación del cacao

CUADRO 4
CLASIFICACION DEL CACAO SECO
NORMA NACIONAL

Característica	EXTRA	I	II	III
Peso promedio (g)	1,2	1,2	1,1	1,0
Fermentación mínima (%)	80	60	35	20
Granos violeta máximo (%)	15	20	35	40
Pizarrosos máximo (%)	5	15	25	25
Moño máximo (%)	0	2	3	4*
Infestados máximo (%)	0	2	3	3*
Germinados máximo (%)	0	2	3	3
Planos y dobles máximo (%)	1	1	2	3
Humedad máximo (%)	7,5	7,5	7,5	8,0
Materia extraña	0	0	0	1

(*) La suma de estos dos factores debe ser menor o igual a 6.

FUENTE: Norma Nacional para Cacao Seco en Grano (C.R.) (La Gaceta, decreto # 18408-MEC).

exportable, con el fin de asegurar un alto grado de calidad y obtener precios más favorables en el mercado. Dada su claridad e importancia se detalla el Apendice 1.

En el Cuadro 4 se presenta un resumen de los parámetros recomendados en un anteproyecto, elaborado por el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), para la normalización de la calidad del cacao seco producido en el país; puede notarse que en general el anteproyecto es muy similar a normalizaciones existentes.

3.9 ALMACENAMIENTO.

El cacao fermentado y secado es un artículo cuya calidad puede malograrse rápidamente a causa de las malas condiciones de almacenamiento. Grano rico en grasa, el cacao puede fijar fácilmente olores extraños y adquirir así un sabor desagradable que no puede hacer desaparecer ningún tratamiento.

Colocado en una atmósfera de humedad relativa alta, el grano, es suficientemente higroscópico como para recuperar en poco tiempo un contenido de humedad superior al 8%, que favorece el desarrollo interno de mohos, produciendo el defecto más grave en el cacao beneficiado a juicio de los chocolateros.

Un contenido de agua demasiado alto favorece igualmente la infestación del cacao por insectos, algunos de los cuales pueden ser muy perjudiciales.

Es por todo lo anterior que las condiciones de almacenamiento ejercen gran influencia sobre la calidad final del cacao (Braudeau, 1970).

Las almendras de cacao son tradicionalmente empacadas en sacos de cáñamo (yute), de 0,8 a 1 kg de peso y con una capacidad de 60 kg de cacao. Con un considerable manejo de los sacos antes del transporte, el periodo de almacenamiento en finca puede ser de hasta 30 días, varios meses en las compañías comercializadoras y 15 días en los puertos de embarque y desembarque; todo esto en condiciones normales.

Los problemas en el almacenamiento de almendras de cacao beneficiadas se pueden resumir de la siguiente forma:

1-Absorción de humedad: El cacao comercial debe tener una humedad entre 7 y 8%, que están en equilibrio con una humedad relativa de 70 y 80% respectivamente, sin embargo, en la mayoría de los casos esta humedad relativa es superada por un considerable periodo de tiempo, lo que dada la condición de las almendras provoca la absorción de humedad de forma que se restablezca el equilibrio.

2-Crecimiento de moho: Si el cacao es almacenado por algún tiempo con una humedad del 8% en un ambiente con humedad relativa del 80% o superior, el moho crece más fácilmente y puede causar graves daños en la calidad del cacao.

El moho afecta inicialmente la cáscara de la almendra (moho externo), cuando el ataque es incipiente, el daño es de poca importancia; sin embargo, puede penetrar en los cotiledones (moho interno) y afectar el sabor del futuro chocolate.

La forma en la cual el cacao es secado evita el crecimiento de moho durante el almacenamiento en condiciones normales, por lo que si el secado se demora, el crecimiento del moho se inicia en la cáscara durante el propio secado, lo que

causa serios problemas en el almacenamiento a elevadas humedades relativas.

Si el secado se inicia rápidamente el crecimiento del moho es impedido durante el secado bajando la probabilidad de daños durante el almacenamiento.

El moho encontrado en el cacao se desarrolla en un ambiente de 75% de humedad relativa y una temperatura de 30°C. Si la temperatura ambiente fuera aumentada dentro del almacén, la capacidad del aire de absorber agua aumentará también, generando una disminución de la humedad relativa. Por lo tanto si la temperatura del almacén es mantenida elevada dentro de ciertos límites, la humedad relativa se mantendrá baja, impidiendo la reabsorción de agua por parte de las almendras.

3-Absorción de olores: El cacao comercial absorbe cualquier olor extraño, por lo que en el almacén debe separarse de cualquier material con olor activo.

4-Ataque de insectos: Los daños causados por insectos pueden clasificarse en directos o indirectos. Directos por la reducción en peso del cacao, generalmente causados por formas inmaduras como larvas y orugas. Indirectos por la presencia de excrementos, partes muertas y otros que bajan la calidad del producto y que en ocasiones facilitan el ataque de mohos.

En el Apéndice 2 se citan las normas técnicas para el almacenamiento de cacao a nivel de finca (Brasil) recomendadas por Serodio y Prado en 1979, como guía para el diseño de un local adecuado para el almacenamiento.

IV. INVESTIGACION DE CAMPO

4.1 SITUACION NACIONAL.

Con el propósito de cumplir el objetivo general de este proyecto, el cual consiste en diseñar una planta beneficiadora de cacao, que maximice la calidad de las almendras beneficiadas a un costo razonable, de acuerdo a las posibilidades económicas existentes, se presenta en esta sección la recopilación y análisis de los datos obtenidos en la investigación de campo realizada en las zonas productoras de cacao más importantes del país en la actualidad.

4.1.1 PRODUCCION NACIONAL.

En Costa Rica la producción de cacao fue de 7 694 T en 1977 y 10 365 en 1979. A partir de este último año la producción decrece por la aparición de la moniliasis en la zona Atlántica, en ese momento, la de mayor producción del país, bajando a 3 546 T y 2 161 T para 1982 y 1983 respectivamente; en el último período se nota una ligera recuperación, gracias al fomento de la actividad en nuevas zonas, dando un valor de 4 471 T en 1986 (ver Cuadro 5). La exportación de cacao seco bajó asimismo de 5 842 T en 1978 (año de máxima exportación a nivel nacional) a 2 024 T en 1982 y 708 T en 1983; para luego subir lentamente a 1 425 T en 1986 (ver Cuadro 6).

La capacidad de procesamiento industrial del país es de 7 200 T/año, divididas en 6 000 T de la Costa Rica Cocoa Products y 1 200 T el Gallito S.A.; no se incluye CABSHA, dado que dicha planta fue prácticamente desmantelada.

CUADRO 5
 PRODUCCION DE CACAO EN GRANO EN COSTA RICA

Cosecha	Cantidad (TM)	Variación Porcentual (respecto al año anterior)
1974	6 605	
1975	6 846	+ 3,65
1976	5 710	- 16,60
1977	7 964	+ 39,47
1978	10 381	+ 30,35
1979	10 365	- 0,15
1980	5 266	- 49,19
1981	5 049	- 3,39
1982	3 546	- 29,77
1983	2 161	- 39,06
1984	4 139	+ 91,53
1985	4 563	+ 10,24
1986	4 471	- 2,02

FUENTE: Banco Central de Costa Rica, 1988.

CUADRO 6
EXPORTACION DE CACAO EN GRANO

Año	Cantidad (TM)	Porcentaje sobre el total
1973	4 748	-----
1974	4 369	66,17 %
1975	5 089	74,34 %
1976	4 180	73,20 %
1977	5 627	70,66 %
1978	5 842	56,28 %
1979	4 235	40,86 %
1980	2 165	41,11 %
1981	2 024	40,09 %
1982	2 024	57,08 %
1983	708	32,76 %
1984	843	20,37 %
1985	1 379	30,22 %
1986	1 425	31,87 %

FUENTE: Banco Central de Costa Rica, 1988.

El área necesaria a nivel nacional para recuperar la actividad cacaotera, de acuerdo al Ministerio de Agricultura y Ganadería, es de 12 837 Ha de las cuales 5 685 Ha serían siembras nuevas, 1 470 Ha deberían renovarse, rehabilitarse 2 400 Ha y asistir 3 272 Ha.

Por esta razón, en los últimos años el cultivo de cacao en nuestro país se ha incrementado notablemente, sobre todo en regiones en las que el mismo no ha sido tradicional (San Carlos, Palmar Sur, Quepos, Upala, etc.), donde fácilmente se aceptan las nuevas tecnologías de cultivo y se lucha de mejor manera contra la moniliasis y otras enfermedades. Esto ha provocado la necesidad de diseñar e implementar técnicas de tratamiento poscosecha, que garanticen la obtención de almendras beneficiadas de alta calidad, de modo que se eviten problemas de comercialización con el cacao que habrá de producirse (MAG,1987).

4.1.2 SITUACION ACTUAL Y ANALISIS DE LAS ZONAS PRODUCTORAS.

4.1.2.1 Zona Norte (situación actual): A partir del año 1978, en que apareció en la zona norte la Sigatoka Negra destruyendo unas 4 000 Ha de plátano, se señaló el cacao como la mejor alternativa para los agricultores de la zona, considerando las condiciones ecológicas y el tipo de agricultor predominante, que se caracteriza por su empuje y disposición para aplicar nuevas técnicas agrícolas.

Entre los años 1980 y 1983 algunos agricultores establecieron plantaciones por sus propios medios, llegándose a sembrar 250 Ha aproximadamente. En el año de 1983 el Consejo de Desarrollo de la Región Huetar Norte contempló al cultivo de cacao como uno de los más

importantes proyectos para el desarrollo de la región y a COOPESANCARLOS como el ente ejecutor.

En 1984 y 1985 COOPESANCARLOS llevó a cabo un proyecto de siembra de 325 Ha de cacao y los agricultores con sus propios medios establecieron 75 Ha más.

A partir de 1986, mediante un convenio entre el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), Banco Cooperativo (BANCOOP) y COOPESANCARLOS, se inicio un proyecto de siembra de 2 150 Ha de cacao híbrido (mezcla proporcionada por el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza-CATIE), manteniendo las hectáreas existentes. Como parte del proyecto se financiaron 613 Ha en 1986, 514 Ha en 1987 y 196 Ha en el primer trimestre de 1988.

Este proyecto, asimismo, contempló la construcción de un centro de acopio y beneficio del cacao cultivado en la zona, dada la excesiva precipitación que impide el adecuado secado solar de las almendras fermentadas, la conveniencia de comercializar un cacao de calidad lo más homogénea posible y la reducción de los costos de operación.

En la actualidad el centro de acopio y beneficio, localizado a 5 km del centro de Ciudad Quesada, tiene una capacidad de fermentación de 3 500 kg diarios de cacao fresco (1 400 kg de cacao seco) y una capacidad de secado de 2 400 kg de cacao fresco (880 kg de cacao seco), trabajando las 24 horas del día. Para un mes, trabajando 26 días, la planta tiene una capacidad de beneficio de 23 toneladas de cacao seco; considerando que esta situación se da en el mes de mayor producción, en que se recibe aproximadamente el 20% de la cosecha anual, la planta podría beneficiar 115 T/año, aproximadamente el 70 % de la producción de la zona.

Se considera necesaria una pronta ampliación de la capacidad beneficiadora dado el incremento de la zona cultivada y considerando que la hectárea de cacao, se estima, produce 350 kg de cacao seco a los cuatro años, 500 kg a los cinco años, 650 kg a los seis y al menos 800 kg a partir de los 8 años.

Las almendras de cacao fresco ("en baba") son recolectadas en las zonas de cultivo por un camión acondicionado adecuadamente y llevadas a la planta; donde son depositadas en cajas fermentadoras dispuestas en escalera, de 5 niveles, divididos a su vez en 5 secciones; las almendras permanecen un día en cada nivel, completando así 5 días de fermentación. La capacidad por nivel es de 4,3 m³ (3 500 kg de cacao fresco o 1 300 kg de cacao seco)(Quirós,1988).

El producto ya fermentado se traslada a un secador de plataforma metálica dividido en dos secciones por un pasaje central, donde aire calentado en un intercambiador de calor a base de leña, es introducido por medio de un ventilador, circulando libremente dentro del secador sin que se lleve control sobre su recirculación. La masa es removida a través de compuertas dispuestas a ambos lados de la estructura por medio de palas de madera, aproximadamente cada hora.

Una vez obtenido el grado de humedad deseado, de acuerdo a una determinación táctil y visual, el cacao es empacado en sacos y almacenado por un máximo de tres meses, para su posterior comercialización.

Dentro de la zona norte, también debe considerarse el cacao cultivado en Upala, cuya área de cultivo se muestra en el Cuadro 7.

CUADRO 7

ESTIMACION DEL AREA CULTIVADA (Ha) DE CACAO POR REGIONES (1987)

Región	Siembras nuevas	Produciendo	Abandonadas	Total
Huetar Norte	870	450	50	1 370
Chorotega (Upala)	80	1 500	1 200	2 780
Huetar Atlántica	1 434	5 400	9 800	16 634
Brunca	1 723	3 000	-----	4 723
Pacífico Central	260	-----	-----	260
Central	140	55	-----	195
TOTAL	4 507	10 405	11 050	25 962

FUENTE: M.A.G., 1988.

4.1.2.2 Zona Norte (Análisis): El análisis del proceso beneficiador en esta zona, es de gran valor para el presente proyecto, dado que, hasta la fecha, en San Carlos se encuentra el único complejo beneficiador del país para grandes volúmenes de cacao.

De acuerdo a la información proporcionada por la industrializadora Cocoa Products, el comprador más importante del cacao beneficiado por COOPESANCARLOS, inicialmente el grado de fermentación de las almendras allí beneficiadas (porcentaje de almendras adecuadamente beneficiadas por lote) resultó ser aceptable (35%), sin embargo, en los últimos embarques este valor a disminuído ostensiblemente (9-15%). Por otro lado se informa que el nivel de humedad final de las almendras ha sido, en la mayoría de los casos, excesivamente bajo (5-7%), con presencia de un alto porcentaje de almendras tostadas.

Lo anterior resulta preocupante si se parte del hecho de que el centro de acopio y beneficio necesariamente debería dar un producto de mejor calidad que el beneficiado tradicionalmente, de modo que se justifique la inversión inicial.

De acuerdo a la investigación de campo realizada en dicho centro, estos problemas podrían deberse a algunas de las siguientes causas:

- Ausencia de un control sobre el estado fisiológico del fruto recolectado, dado que si las mazorcas son cortadas inmaduras el contenido de azúcares es tan bajo que la fermentación prácticamente no ocurre, a pesar de que todos los demás factores determinantes sean adecuadamente controlados.

- Imposibilidad, dado el sistema de recolección usado, de permitir, lo que se ha dado por llamar, pre-fermentación dentro de la mazorca, que se da si la mazorca se quiebra 2 o 3 días después de ser recolectada.

- Inadecuado aislamiento del área de fermentadores de las condiciones ambientales, lo que puede dificultar la elevación de la temperatura durante el proceso.

- Remoción imperfecta de la masa de fermentación durante el paso de un cajón a otro, lo que impide un proceso homogéneo.

- Inadecuada distribución de aire de secado dentro del secador artificial, lo que provoca que unas almendras se tuesten, en tanto otras no se secan lo suficiente.

De ser eliminadas estas deficiencias, posiblemente se logre una mejor calidad.

4.1.2.3 Zona Atlántica (situación actual): En ésta zona se ha iniciado un proceso de reactivación de la actividad cacaofera, mediante el cultivo de la mezcla de híbridos recomendada por el CATIE, más resistentes a las enfermedades y de mayor productividad, el impulso de industrias procesadoras, "Cocoa Products" sobretodo, y la llegada de nuevos créditos. En la actualidad la plantaciones de híbridos son jóvenes y se encuentran esparcidas por la provincia, de acuerdo a las posibilidades económicas de los propietarios de la tierra, ya que aquellos que no disponen de contenido económico o bien han dejado la actividad o continúan con plantaciones viejas de bajísima productividad, aproximadamente 9000 Ha con una producción promedio de 250 kgCS/Ha.año, a la espera de la reactivación del crédito. La

extensión de las nuevas plantaciones se resume en el Cuadro 7.

En lo que se refiere al beneficio del cacao producido en la zona, este es realizado de forma tradicional, con fermentación en sacos, bandejas o cajones, secado solar cuando las condiciones lo permiten y secado artificial por convección natural de aire calentado por la combustión de leña. En aquellos lugares donde el beneficiado es relativamente reciente se utilizan equipos de mayor capacidad y eficiencia, a saber, cajones de fermentación, secadores Samoa modificados incluyendo en ocasiones plataformas para secado solar sistema autobús.

Existe la intención de construir un centro de acopio y beneficiado que cubra las plantaciones de mayor área por parte de la compañía Cocoa Products, sin embargo ésta no se llevará a cabo hasta tanto la producción sea lo suficientemente grande, como para justificar la inversión.

4.1.2.4 Zona Atlántica (Análisis): En esta zona la situación es diferente, pues el beneficiado en las jóvenes plantaciones se realiza en volúmenes medianos y pequeños, de manera descentralizada y a través de métodos más bien tradicionales. Sin embargo, se encontró una situación muy interesante en lo que se refiere a los secadores Samoa, dado que éstos no resultan lo adecuados que teóricamente deberían ser. Se encontró que en todos los casos se realizaron cambios sobre el diseño original, que lejos de mejorar la eficiencia del equipo y la calidad del producto final, provocaron problemas como tostado prematuro, secado no uniforme y contaminación por humo. El problema radicó en no tomar en cuenta los cambios en la distribución del calor

dentro de la cámara de calefacción que causarían tales modificaciones.

4.1.2.5 Zona Sur (Brunca) (situación actual): Con el retiro de la Compañía Bananera de la zonas de Palmar, Río Claro y otras, el Gobierno de la República se vio en la necesidad de buscar una solución para la subsistencia de las familias, que por su situación económica u otras razones no pudieron emigrar a otras zonas. Con tal propósito se creó UNESUR para buscar un nuevo modelo de desarrollo en la zona, basado en el movimiento cooperativo.

Se decidió entonces iniciar la siembra de cacao y palma aceitera en las tierras que la Bananera tenía en Palmar Sur y Río Claro, promoviendo la formación de cooperativas, que se harían cargo de los cultivos año y medio más tarde.

En la actualidad se tienen tres grandes cooperativas y algunas más de menor tamaño con una apreciable cantidad de cacao sembrado (ver Cuadro 7), en las que el beneficio se realiza aprovechando parcialmente la infraestructura dejada por la Bananera (empacadoras), fermentando en bandejas por cinco o seis días y secando en lonas o plataformas al sol por el tiempo que sea necesario. Lo anterior perdió capacidad de respuesta para el pico productivo del 88, por lo que las cooperativas buscan soluciones para las necesidades futuras con la ayuda de instituciones como BANCOOP, Universidad de Costa Rica, Cocoa Products y otros.

4.1.2.6 Zona Sur (Análisis): Para esta zona las condiciones preexistentes permitieron una mayor centralización de los cultivos, lo que, a pesar de que el beneficiado es aún más rudimentario, dada la falta de experiencia en este tipo de labor, permitirá una más

adecuada planificación del proceso beneficiador, aprovechando la infraestructura existente de la mejor forma posible, con ayuda de las instituciones antes mencionadas. A la fecha las deficiencias más importantes encontradas en el beneficiado son las siguientes:

- Masas de fermentación demasiado pequeñas y pobremente aisladas del ambiente, lo que impide la necesaria elevación de la temperatura.

- Secado solar con escasa o nula aireación, lo que disminuye considerablemente la eficiencia del proceso.

- Ausencia de un sistema de secado artificial, indispensable en periodos de alta producción y condiciones climatológicas adversas.

V. DISEÑO DE PLANTA BENEFICIADORA

Una vez realizada la investigación bibliográfica y la investigación de campo en las zonas productoras de cacao más importantes de la actualidad, se llega a la conclusión de que, a la fecha, no existe en el país una planta beneficiadora de cacao que aumente la calidad del producto final a un costo razonable. En el caso especial de la planta beneficiadora de COOPESANCARLOS, si bien es cierto, es un intento importante, se han presentado una serie de problemas, que impiden, por el momento, afirmar que ese sea el modelo ideal para plantas beneficiadoras; sin embargo, los nuevos diseños deben tomar en cuenta tan valiosa experiencia.

Se presenta a continuación un diseño, en el que se han considerado los problemas del pasado, aumenta la eficiencia del proceso, permite la experimentación y establece una base para el establecimiento de plantas similares en las diferentes zonas productoras del país; disminuyendo en lo posible y sin detrimento en la calidad, los costos de instalación y operación.

5.1 LOCALIZACION DE LA PLANTA.

La planta estará localizada en la población de Villanueva, cantón de Aguirre, provincia de Puntarenas 100 metros al sur de las instalaciones de la cooperativa COOPEFRUTA R.L., en un terreno prácticamente plano de 1 458,25 m², con 50 m de frente, 30,7 m de largo y 45 m de fondo en forma de trapecio rectángulo.

A pesar de que uno de los objetivos de este proyecto consistía en recomendar la localización de la planta, de acuerdo a las posibilidades económicas y recomendaciones técnicas; no fue posible dado que la Cooperativa eligió el terreno sin poder tomar en cuenta consideraciones técnicas al respecto.

De igual forma, cuando se presentó la oportunidad de nivelar el terreno, la operación se realizó sin que mediara recomendación alguna, dado que el diseño aún no estaba definido. Así pues, el terreno quedó dividido en tres secciones; dos a nivel de la calle ($767,5 \text{ m}^2$ y $76,75 \text{ m}^2$) y una 1 m abajo (614 m^2), como se muestra en la Figura 18.

La localización del terreno permite el uso de las instalaciones de la cooperativa para el control de calidad y el procesamiento de subproductos, así como, la disponibilidad de servicios como agua potable y electricidad, el desnivel existente no es suficiente para facilitar al máximo el diseño, como se verá más adelante.

5.2 RADIO DE ACCION DE LA PLANTA.

Originalmente la planta beneficiadora se proyectó para atender únicamente las necesidades de la Cooperativa; sin embargo, existe la posibilidad de ampliar el radio de acción incluyendo todo el cacao sembrado en el cantón de Aguirre, dado que, hasta el momento no se da el contenido económico ni el planeamiento necesario para un proyecto similar.

El proyecto de fomento del cultivo de cacao en la subregión de Quepos, cantón de Aguirre, a cargo del Ministerio de Agricultura y Ganadería, contempla la siembra paulatina de

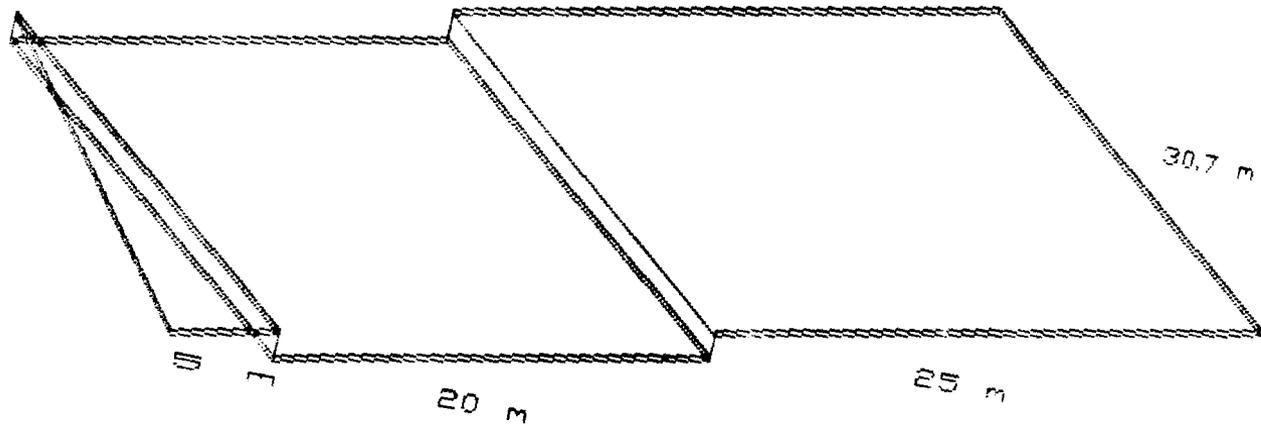


Figura 18: Terreno a utilizar (3D)

cacao en la región situada entre los $84^{\circ}00'$ y $84^{\circ}15'$ longitud oeste y los $9^{\circ}28'$ y $9^{\circ}34'$ latitud norte. Lo anterior da, aproximadamente, un radio de 40 Km alrededor de la población de Villanueva; lo que, desde la perspectiva de recolección, se constituye en una gran ventaja para la localización elegida (ver Figura 19).

5.3 CONDICIONES CLIMATICAS DE LA ZONA.

La información sobre las condiciones climáticas que se dan en el cantón de Aguirre, es uno de los factores determinantes en el diseño de la planta beneficiadora, si se toman en cuenta los siguientes aspectos:

- El brillo solar promedio y el régimen de lluvias (cuadro 8) determinan la viabilidad del secado solar, lo que, de ser posible, disminuye significativamente los costos de operación del proceso.

- La humedad relativa y la temperatura ambiente son factores determinantes en la velocidad de secado y el tiempo de almacenamiento, por lo tanto, deben tomarse en cuenta al definir condiciones de secado y almacenamiento.

En el Cuadro 8 se muestran las precipitaciones (promedio mensual de 1941 a 1984), en la estación de Quepos situada a $89^{\circ}09'$ longitud oeste y $9^{\circ}26'$ latitud norte y una altitud de 5 m.s.n.m. Es importante anotar que debido a las características orográficas, el área donde se construirá la planta, tiene mayor precipitación que la registrada en la zona costera, donde está la estación. La Figura 20 muestra los datos anteriores.

CUADRO 8

REGISTROS CLIMATOLOGICOS QUEPOS-DAMAS

Meses	Precipitación (Quepos) (mm)	Temperaturas (Quepos)			Humedad Relativa (Damas) (%)	Brillo Solar (Damas) (h/día)
		MAX	MIN	MED		
Enero	72,2	30,8	20,6	25,7	83	7,2
Febrero	35,8	31,4	21,0	26,2	82	8,4
Marzo	60,4	31,9	21,5	26,7	81	6,0
Abril	174,8	31,9	22,2	27,1	83	7,5
Mayo	391,8	31,8	22,3	27,1	87	4,8
Junio	433,4	30,3	21,9	26,6	87	3,5
Julio	460,7	30,8	21,3	26,0	86	4,4
Agosto	477,7	30,6	21,4	26,0	87	4,6
Setiembre	528,2	30,4	21,5	26,0	88	3,7
Octubre	644,1	30,3	21,7	26,0	89	3,7
Noviembre	387,9	30,2	21,6	25,9	89	3,2
Diciembre	168,9	30,3	21,2	25,7	87	4,1

FUENTE: Instituto Meteorológico Nacional.

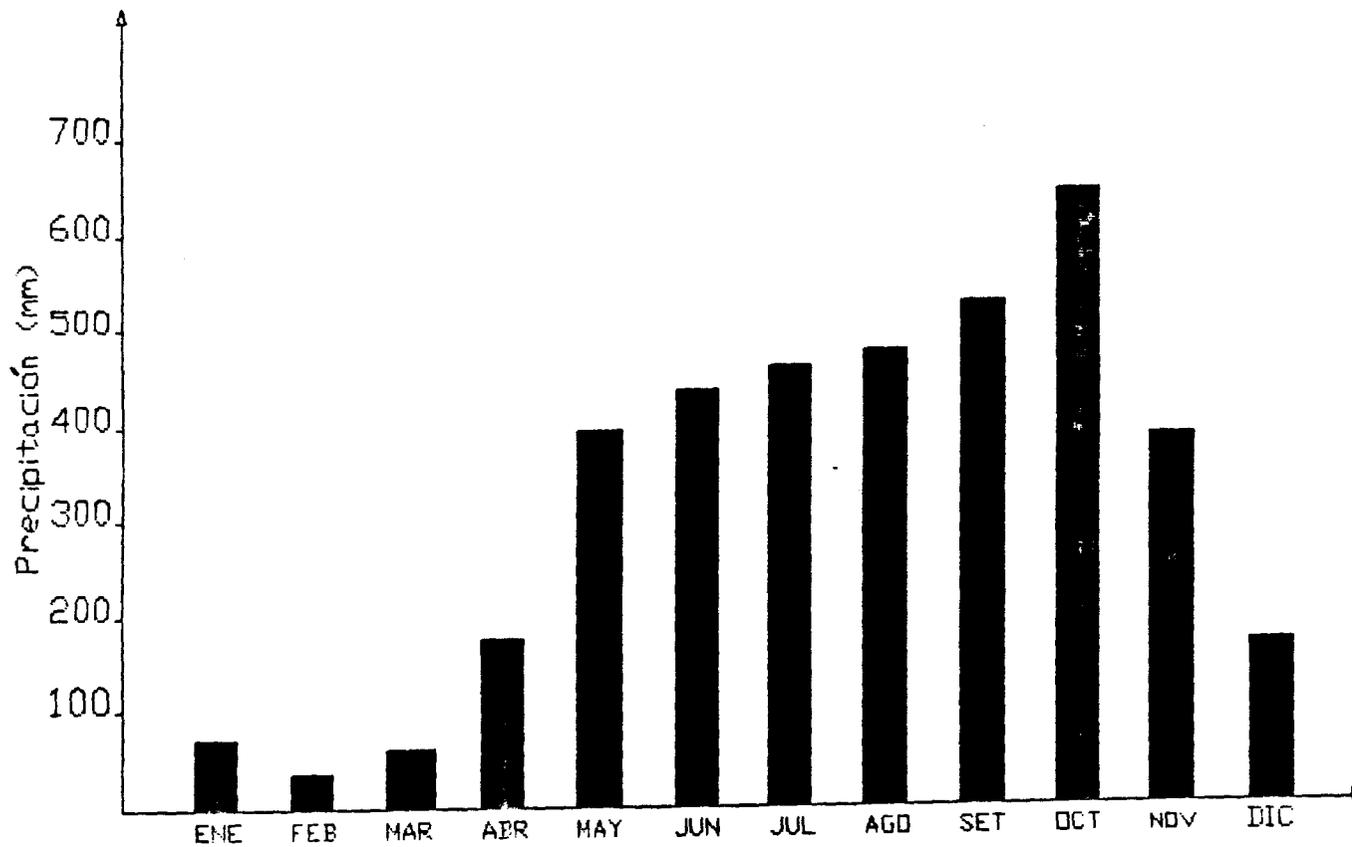


Figura 20: Precipitación (Promedios mensuales)

Las temperaturas diarias máximas, mínimas y medias; promedios mensuales, para la estación de Damas en 1984, se muestran en el Cuadro 8 y la Figura 21. Como se puede ver no existen variaciones significativas entre los diferentes meses, condición que esta influida por la precipitación.

Los datos de humedad relativa y brillo solar para la misma estación en igual período, se presentan también en el Cuadro 8. La relación entre el brillo solar y la humedad relativa es inversa, relación de gran importancia para el funcionamiento del sistema de ventilación en el almacén (ver Figura 22).

5.4 CAPACIDAD REQUERIDA.

El cálculo de la capacidad requerida en las diferentes instalaciones de una planta beneficiadora de cacao, es quizás el factor más importante en el diseño.

Dado que la cooperativa COOPEFRUTA R.L. no está en capacidad de hacer inversiones iniciales elevadas, es vital lograr un diseño que pueda realizarse en etapas, donde, para cualquier momento dado, la capacidad responda de la mejor forma posible a la situación productiva real y la única manera de lograrlo es a través de una adecuada proyección de la productividad.

En el caso particular de este proyecto, la proyección de la productividad, en especial la producción pico, para el cacao sembrado en el cantón de Aguirre, se basa en información proporcionada por la división del Ministerio de Agricultura y Ganadería en la ciudad de Quepos, encargada del proyecto "Fomento del Cultivo de Cacao en la Subregión de Quepos". La

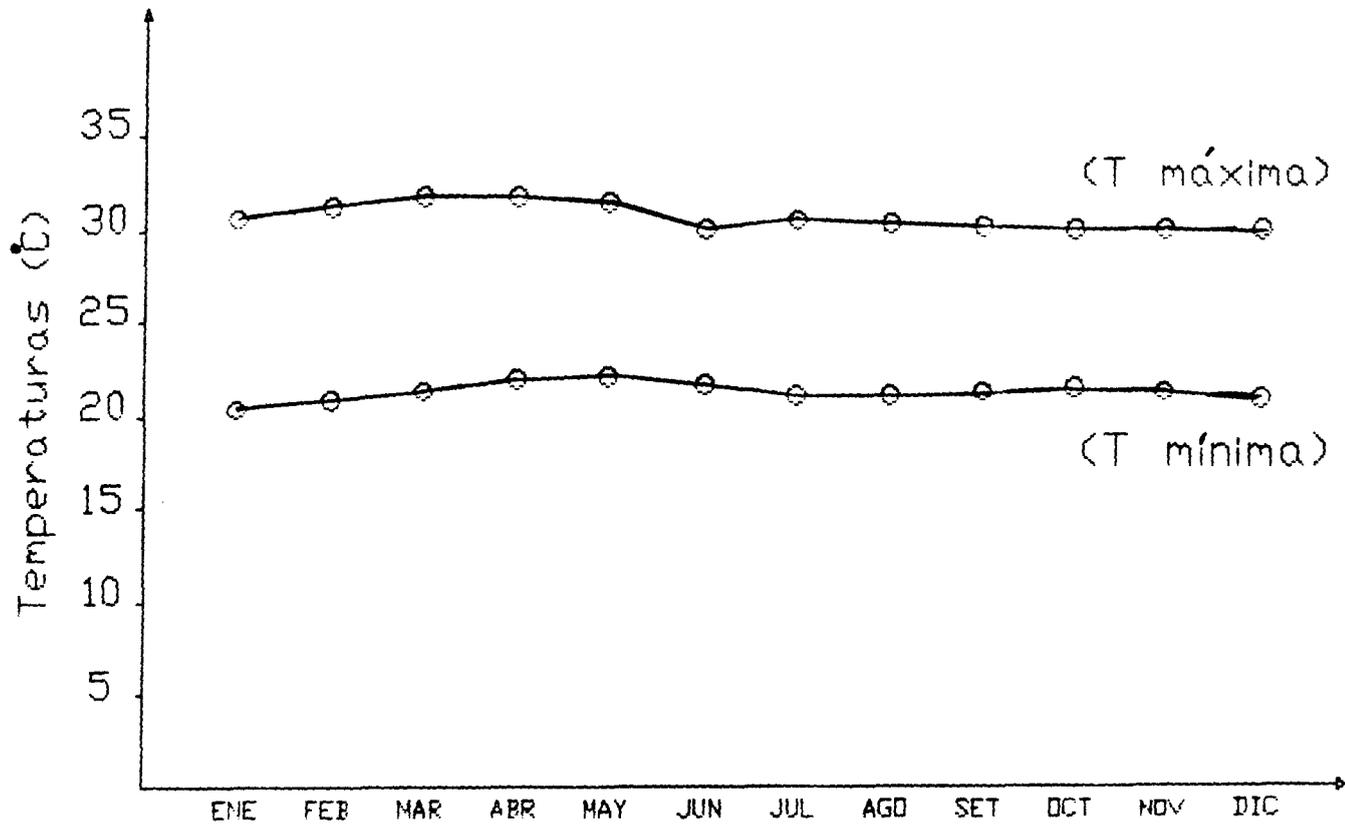


Figura 21: Temperaturas (max. y min. mensuales)

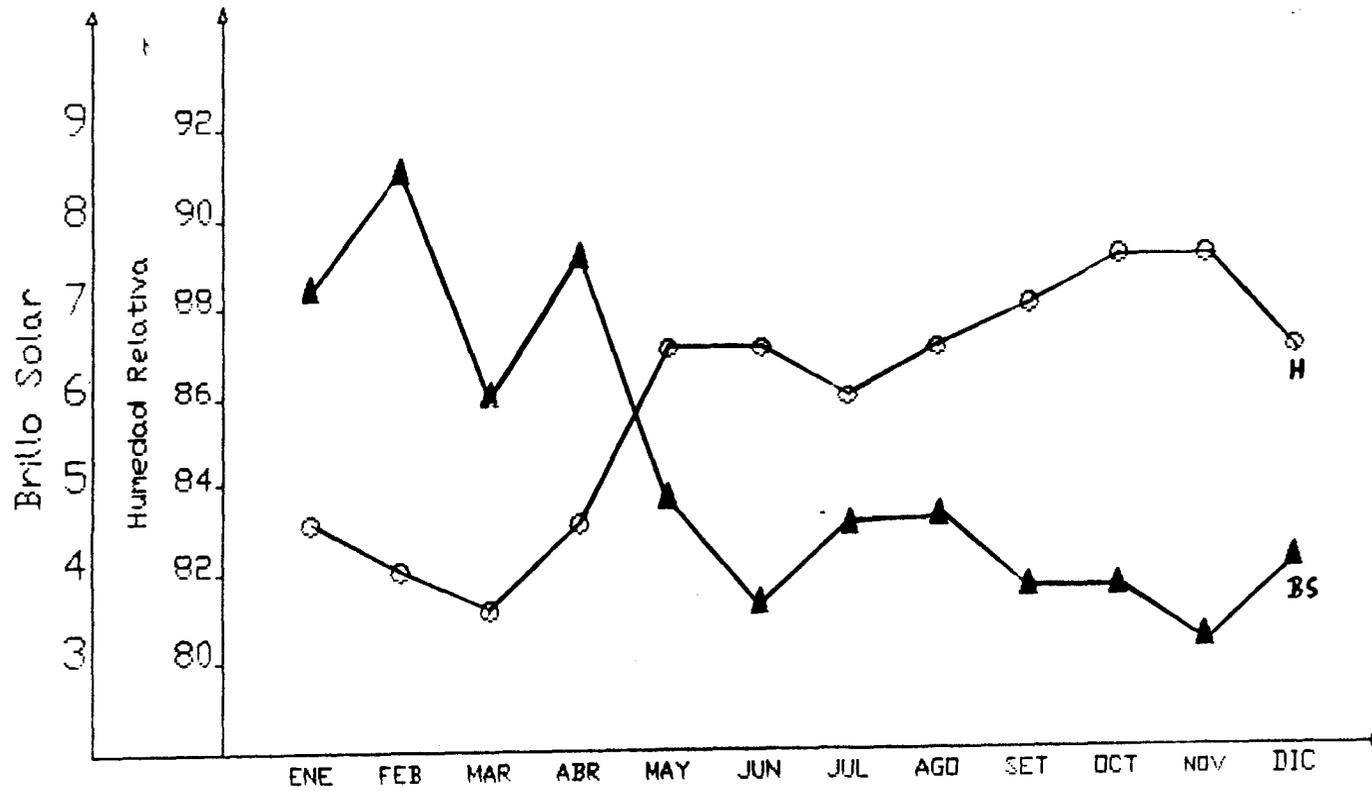


Figura 22: Brillo solar vrs Humedad

distribución temporal del área de cultivo en el cantón de Aguirre se presenta en el Cuadro 9, en el mismo todas las hectáreas incluidas están sembradas de cacao híbrido, de una mezcla de 34 híbridos proporcionada por el CATIE .

La misma fuente, afirma que las metas de producción para el cacao sembrado en el cantón de Aguirre, son las mostradas en el Cuadro 10.

Para el CATIE, estas metas de producción resultan optimistas, si se toma en cuenta que no todos los productores manejan sus plantaciones adecuadamente ya sea por simple desidia, o bien, por falta de apoyo financiero. Por lo tanto, en este proyecto, para efectos de cálculo se toman las metas de producción indicadas en la segunda columna del Cuadro 10.

De acuerdo a los datos del cuadro anterior y los siguientes supuestos, se obtienen los datos mostrados en el Cuadro 11, sobre la producción proyectada para la zona, ver Muestra de Cálculo punto 1:

- Capacidad para cacao húmedo (en baba): 800 kgCH/m³
- Capacidad para cacao fermentado (55%H): 900 kgCF/m³
- Capacidad para cacao seco (7%H): 680 kgCS/m³
- Relación cacao húmedo-cacao fermentado: 1,25 kgCH/kgCF
- Relación cacao húmedo-cacao seco: 2,5 kgCH/kgCS
- Relación cacao fermentado-cacao seco: 2,0 kgCF/kgCS
- Producción en el mes pico: 20% del total anual
- Días de recolección por mes pico: 25 días
- Producción de día pico: 0,8% del total anual
- Porcentaje de compra: 70% de la producción total

NOTA: Cacao húmedo = CH; Cacao fermentado = CF; Cacao seco CS; Mes pico = mes de mayor producción.

CUADRO 9

DISTRIBUCION EN EL TIEMPO DE CULTIVOS DE
CALAO EN EL CANTON DE AGUIRRE

Año	Hectáreas cultivadas
1982	33
1983	10
1984	52
1985	34
1986	56
1987	95
1988	50 (Proyección)

FUENTE: M.A.G.

CUADRO 10
ESTIMACION DE PRODUCTIVIDAD SEGUN EDAD DE CULTIVO

Edad de cultivo (años)	según MAG (kgCS/Ha.año)	según autor (kgCS/Ha.año)
1	0	0
2	0	0
3	250	200
4	500	400
5	750	600
6	1000	800

FUENTE: M.A.G.- CATIE.

CUADRO 11
PRODUCCION DE CACAO PROYECTADA PARA EL CANTON DE AGUIRRE

Año	Producción total (kgCS/año)	Compra (kgCS/año)	kgCS/día pico	kgCF/día pico	kgCH/día pico
88	60 000	42 000	336	672	840
89	90 400	63 280	507	1 014	1 268
90	137 800	96 460	772	1 544	1 930
91	184 800	129 360	1 035	2 071	2 588
92	235 000	164 500	1 316	2 632	3 290
93	284 000	198 800	1 591	3 183	3 978
94	324 000	226 800	1 815	3 631	4 538

FUENTE: El autor, ver Muestra de Cálculo punto 1.

Asimismo, es posible definir cuales serán las capacidades requeridas en cada una de las etapas del proceso, es decir: Fermentación, secado solar, secado artificial y almacenamiento.

El secado solar se incluye como una alternativa para los meses de menor producción ya que según la información climática de la zona, en los meses de mayor productividad, a nivel nacional: Mayo, Octubre y Noviembre (Cocoa Products, 1988)(ver Cuadro 12); las condiciones del tiempo (brillo solar) no permitirían ni siquiera llevar a cabo un pre-secado. De esta forma el secado solar sustituiría al artificial en los meses en que la producción sea igual o menor al 7,5% del total anual (Febrero, Marzo, Abril y Junio), cuando las condiciones de brillo solar son más favorables, en la mayoría de los meses; con la salvedad de que en el momento que fuera necesario, meses de productividad media, sería posible combinar ambos sistemas (Enero, Julio, Agosto, Setiembre y Diciembre).

Debe aclararse que los datos productivos del Cuadro 12 se refieren a las compras realizadas por la Cocoa Products a nivel nacional, por lo que sólo sirven de referencia para este proyecto, pues las condiciones en la zona del proyecto pueden variar, sobre todo por diferencias en la precipitación de ciertos meses. Los datos obtenidos sobre las capacidades requeridas se presentan en el Cuadro 13, ver punto 2 de la Muestra de Cálculo.

CUADRO 12
DISTRIBUCION MENSUAL DE LA PRODUCCION
NACIONAL SEGUN COCOA PRODUCTS

Mes	PORCENTAJE (+/- 1,6%)
Enero	8,0
Febrero	4,5
Marzo	3,5
Abril	7,0
Mayo	10,5
Junio	6,2
Julio	8,8
Agosto	8,4
Setiembre	8,5
Octubre	14,5
Noviembre	10,5
Diciembre	9,2

FUENTE: COSTA RICA COCOA PRODUCTS (1988)

CUADRO 13

CAPACIDADES REQUERIDAS EN LOS DIFERENTES EQUIPOS

Año	Fermentación		Pre-secado solar		Secado artificial	
	(m ³)	(Filas)	(m ³)	(Platafo.)	(Carga-Kg)	(Secadores)
88	1,05	1	0,75	1	1 152	1
89	1,59	2	1,13	2	1 137	1
90	2,42	2	1,72	2	2 645	1
91	3,24	3	2,30	3	3 548	1
92	4,12	4	2,93	3	4 509	2
93	4,97	4	3,54	4	5 453	2
94	5,67	5	4,00	4	6 220	2

FUENTE: El autor, ver Muestra de Cálculo, punto 2.

5.5 DEFINICION DE SISTEMAS OPERATIVOS.

Entendiendo como sistemas operativos, aquellos sistemas de proceso y apoyo necesarios para el adecuado funcionamiento de la planta beneficiadora, se procede en esta sección a detallar, en orden lógico, cada uno de ellos.

5.5.1 SISTEMA DE RECOLECCION Y TRANSPORTE DE MATERIA PRIMA.

Como se discutió anteriormente, el sistema de recolección y transporte de materia prima, puede llegar a constituirse en un factor determinante de la calidad final del producto procesado. La cuestión de si la recolección del cacao se hace en baba o en mazorca, debe analizarse detenidamente. Desde la perspectiva de inversión inicial y costos de operación lo más recomendable sería realizar la recolección en baba, evitando así el transporte del peso extra que significan las mazorcas; sin embargo, de hacerlo, no se tendría la oportunidad de llevar un control adecuado sobre la calidad de la materia prima, dado que al recolectar en mazorca se tiene la posibilidad de utilizar únicamente materia prima en el estado de madurez recomendado (mazorcas maduras, con dos o tres días de recolectadas).

En el caso particular de este proyecto, las posibilidades económicas impiden llevar a cabo la recolección del cacao en mazorca al menos en la primera etapa de funcionamiento, ya que implicaría no solamente un aumento considerable en la capacidad de transporte, sino también la necesidad de establecer un sistema de quiebra de mazorcas, con el lógico incremento de las horas hombre (quiebra manual) o instalaciones (quiebra mecánica). Deberá entonces dependerse de la buena voluntad de los productores, de forma que

entreguen cacao con la madurez recomendada, pre-fermentado y recién quebrado. Por lo anterior debe ser una prioridad realizar reuniones con los productores con el fin de concientizarlos, ya que de esta forma todos salen beneficiados. Esto unido a un sistema de premios por rendimiento (porcentaje de fermentación), una vez realizada la comercialización, quizás evite la necesidad de variar el sistema de recolección escogido.

El cacao en baba será recolectado por un vehículo, especialmente acondicionado (piso para drenado de jugos y facilidades para descarga), con capacidad para 2,5 a 3 T de carga útil, suficiente para la primera etapa del proyecto (88 - setiembre 92)(ver Cuadro 13); la ruta de recolección deberá determinarse una vez se tengan los contratos de compra, procurando recolectar en lugares estratégicamente ubicados, de manera que se recolecte la cantidad necesaria, de acuerdo a la producción del momento, con el menor desplazamiento posible. En la Figura 19 se indican las localidades más convenientes para tal efecto.

El transporte deberá realizarse lo más temprano posible, de forma que la carga de cacao en baba esté dispuesta para fermentación en la planta en las primeras horas de la mañana, facilitando así la línea de proceso, como se verá adelante.

En lo que se refiere a la forma de remuneración, esta deberá definirse tomando en cuenta el sistema de premios mencionado, las necesidades de los productores y la capacidad financiera de la cooperativa, una vez el proyecto de inicio.

5.5.2 SISTEMA DE FERMENTACION.

Los sistemas de fermentación y secado (sistemas de proceso) conforman la columna vertebral del beneficiado y por lo tanto son de importancia vital para este proyecto; dado que ambos dan a las almendras las características (% de fermentación y grado de humedad) que habrán de determinar el precio al comercializar el producto final.

De acuerdo a lo señalado en el marco teórico, la mejor forma de asegurar una buena fermentación para grandes volúmenes de cacao, es utilizando el método de cajones de madera; este método, además, posee la ventaja de tener mayor capacidad por área de planta que cualquier otro, facilitando al mismo tiempo la remoción de la masa. Lógicamente, en este proyecto, dadas las condiciones de producción, el sistema de fermentación definido se basa en este método.

Ahora bien, de acuerdo a lo investigado, las dimensiones de los cajones pueden variar dentro de ciertos límites; tomando en cuenta el hecho de que a mayor capacidad por cajón menor la cantidad de cajones necesarios, se decidió que los cajones tuvieran las siguientes dimensiones de acuerdo a los máximos recomendados para una adecuada fermentación:

- Altura de la masa: 0,90 m
- Altura del cajón: 0,95 m
- Area interna del cajón: 1,2 x 1,2 m (1,44 m²)
- Volumen interno del cajón: 1,296 m³

Las dimensiones anteriores corresponden únicamente al primer cajón del sistema de fermentación (filas de cinco cajones, uno para cada día de fermentación); los cajones restantes de cada fila tienen una reducción de altura, definida de acuerdo a experiencias recientes llevadas a cabo en Brasil,

con base en el hecho de que la masa en fermentación reduce su volumen conforme son exudados los jugos resultantes del proceso. En las plantas beneficiadoras más modernas de ese país, la altura de los cajones decrece un 37,5%, del primer cajón al último.

Partiendo de la información anterior, se consideró que resulta conveniente realizar una reducción similar en los cajones del sistema de fermentación en el presente proyecto, con el fin de bajar aún más la inversión inicial. Tomando en cuenta que la pérdida de volumen es mayor en los primeros días de la fermentación, la reducción del sistema diseñado se distribuye de la siguiente forma:

- Cajón 1: 0,95 m (altura de la masa 0,90 m)
- Cajón 2: 0,85 m (0,80 m)
- Cajón 3: 0,80 m (0,75 m)
- Cajón 4: 0,75 m (0,70 m)
- Cajón 5: 0,70 m (0,65 m)

Como se puede ver, la reducción total es menor a la utilizada en Brasil (27.8%), de esa forma se espera evitar cualquier problema debido a las posibles discrepancias que se presenten en la reducción del volumen, dadas la diferencias genéticas entre el cacao brasileño y el costarricense.

De acuerdo a las dimensiones dadas, la capacidad de los cajones de fermentación es de 1036,8 kgCH/día.fila (800 kgCH/m³); en el Cuadro 13, se detalla el número de filas requeridas de acuerdo a dicha capacidad.

Por otro lado, cuando se decide la utilización de cajones para la fermentación del cacao, se tiene la posibilidad de colocar el grupo de cajones en forma de escalera, de manera

que el vaciado de una caja a otra (remoción) se realice fácilmente; sin embargo, es necesario que el terreno disponible posea un desnivel considerable; de no ser así, la disposición del conjunto dificultaría la carga del primer cajón, ubicado a una altura considerable sobre el piso.

Como se verá más adelante, a pesar de que el terreno a utilizar para instalar la planta tiene una sección en desnivel (1 m bajo el nivel del piso), los fermentadores no serán colocados de forma que el desnivel sea aprovechado; en todo caso, de acuerdo a los cálculos, el mismo resulta insuficiente para un diseño adecuado, pues se necesita un desnivel total de al menos 3,1 m ($0,85 + 0,80 + 0,75 + 0,70$ m).

Por lo anterior, el problema reside en lograr un diseño que, sin colocarse en un desnivel, facilite lo más posible el vaciado de la masa de un cajón al otro. La solución se encontró realizando una modificación en el diseño original de los cajones en escalera, ésta consiste en disminuir el gradiente entre los cajones, de modo que la disposición en escalera sea solo parcial, facilitando en gran parte el vaciado y manteniendo una altura razonable el primer cajón. Los cinco cajones, de cada fila, están colocados de forma que $2/3$ de la masa depositada en cada cajón sea vaciada fácilmente en el siguiente, el último tercio de la carga, por el contrario, tendrá que ser transferido por medio de una pala de madera o un dispositivo similar; de esa forma el primer cajón queda a una altura total de 2,07 m del piso ($0,95$ m de cajón + $1,12$ m del piso), lo que, tomando en cuenta la altura de la carga en el vehículo recolector (1 m),

permite fácilmente su carga. Todo el conjunto se muestra en la Figura 23.

Lógicamente, a pesar de que el diseño es teóricamente correcto y procura prever posibles problemas, todos los aspectos anteriores deberán ser revisados, una vez se haya trabajado con la primera fila de fermentación, de manera que sea posible hacer las modificaciones necesarias en el diseño original; el procedimiento recomendado se verá más adelante.

5.5.3 SISTEMA DE SECADO.

Como se dijo anteriormente la definición del sistema de secado es de vital importancia para el presente proyecto, pues de él dependerá en gran parte el éxito de la comercialización del producto final.

El secado es sin duda alguna la operación más costosa del proceso de beneficiado; la inversión inicial requerida y los costos de operación son generalmente los más altos, dependiendo lógicamente del sistema utilizado, esto unido a problemas del proceso en si, por lo general difíciles de controlar (contaminación por humo, secado excesivo, rápido o insuficiente, baja calidad final, etc.), han convertido a esta operación en la más problemática del proceso de beneficiado del cacao.

Dado que la mayoría de los problemas en el secado de cacao fermentado en nuestro país se han debido a modificaciones no estudiadas de todo tipo en los diseños originales recomendados, uno de las decisiones iniciales de este proyecto, consistió en no hacer modificaciones en el diseño ha escoger, que pudieran provocar cambios en la distribución de calor, ya que no se tiene la posibilidad de llevar a cabo las investigaciones pertinentes.

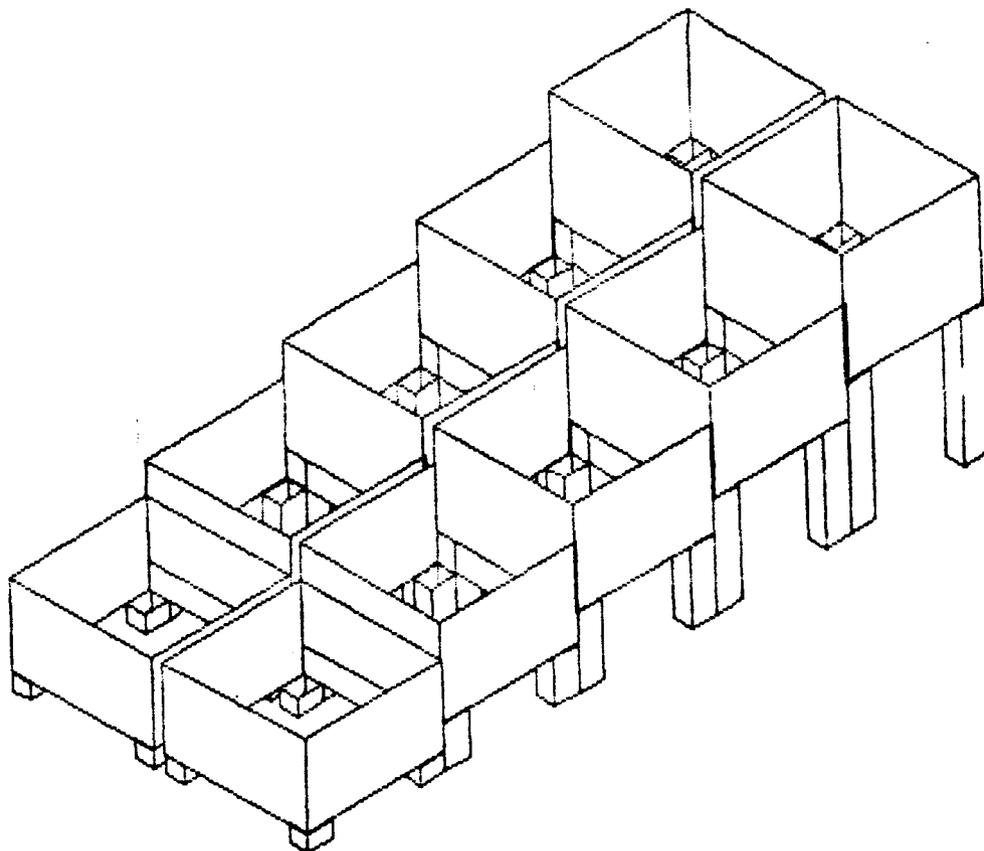


Figura 23: Fermentadores recomendados (30)

Como se desprende de la investigación presentada en el marco teórico, la primera cuestión que debe ser definida, es la de si se usará un método natural, artificial o combinado para el secado. Al respecto y tomando muy en cuenta las condiciones climáticas de la zona, se decidió que lo más recomendable, desde la perspectiva de costos de operación, sería disponer de un método de secado natural y otro de secado artificial, de forma que de acuerdo a la producción y las condiciones climáticas se combinen para hacer frente a las diferentes situaciones; utilizando ambas instalaciones cuando la producción es relativamente elevada y el brillo solar suficiente, únicamente el secado solar en los meses de baja productividad y alto brillo solar y sólo el secado artificial cuando la producción es máxima y el brillo solar escaso. Una vez se tenga un registro real de la distribución mensual de la producción para la zona, será posible tipificar las situaciones anteriores para los diferentes meses del año.

Se definió entonces, que el secado solar será llevado a cabo en plataformas de madera de 6,5 x 2,5 x 0,10 m (largo, ancho y alto), a 1 m del suelo, colocadas de tal forma que estén expuestas al brillo solar el máximo tiempo posible, además, todo el conjunto quedaría cubierto por un techo móvil en caso de lluvia; en las plataformas se coloca una capa de 0,06 m de almendras fermentadas, para ser secadas o pre-secadas de acuerdo a las condiciones del momento. La capacidad de cada plataforma es de 0,975 m³ de cacao fermentado, es decir 877,5 kgCF (900 kgCF/m³), el número de plataformas requeridas se presentan en el Cuadro 13.

Las razones que justifican la utilización de este diseño, se detallan a continuación:

- El uso de cualquier sistema de secado solar más sofisticado y eficiente que el escogido, escapa a las posibilidades económicas del proyecto.

- Al utilizar el secado artificial se hace innecesario, al menos por el momento, el uso de diseños más eficientes para el secado solar, ya que en la mayoría de los casos, el sistema sólo se usará en meses de poca producción o para un pre-secado en meses de producción media, lo que implica que el tiempo de secado no será un factor determinante.

- El hecho de que las plataformas sean inmóviles facilita el diseño y permite capacidades mayores.

- Si fuese necesario, de acuerdo a investigaciones posteriores, el diseño escogido, dada su simpleza, permitiría la introducción de los cambios pertinentes.

En lo referente a las dimensiones de las plataformas, las mismas fueron definidas con propósitos específicos, de acuerdo a las necesidades del presente proyecto; de forma que el espacio disponible fuera utilizado de la mejor forma, de que el ancho y la altura de las plataformas permitiera realizar la remoción de la masa sin dificultad y que la capacidad individual de las plataformas concordara con la cantidad de material fermentado.

Por otro lado la elección del secador artificial más adecuado, planteaba una serie de necesidades, que en la medida de lo posible deberían ser satisfechas, a saber:

- Inversión inicial y costos de operación bajos.

- Capacidad elevada, de modo que a lo sumo fuese necesaria una unidad para la primera etapa del proyecto.

- Alta eficiencia térmica (menor tiempo de operación).
- Alta calidad de producto seco obtenido, sin problemas de secado excesivo o insuficiente y contaminación por humo.
- Comprobada eficiencia operativa.
- Flexibilidad operativa, de forma que sea posible llevar a cabo investigaciones posteriores.
- Area ocupada acorde con el espacio disponible.

Una vez definidas las necesidades, se procedió a examinar las posibilidades de los diseños presentados en el marco teórico; los mismos se dividieron, de acuerdo al principio funcional, en tres grandes grupos: Secadores de convección natural (Samoa, Martín, Burareiro e infrarrojo), Secadores de convección forzada (Barico, Plataforma CEPEC y CEPEC-Morganti) y Secadores mecánicos (Pinhalense y Zacarias).

De cada uno de los grupos anteriores se escogió el diseño que mejor se ajustaba a las necesidades del proyecto, a saber: Samoa, Plataforma CEPEC y Pinhalense respectivamente; se procedió entonces a determinar cual de ellos resultaba más conveniente.

La elección recayó finalmente en la Plataforma CEPEC, dado que cumple de mejor forma las necesidades del proyecto. A continuación se presentan sus ventajas sobre los otros dos secadores:

1- Ventajas sobre el secador Samoa:

- Mayor vida útil de la instalación de calentamiento.
- Mayor eficiencia térmica.
- Mayor flexibilidad operativa.
- Mayor capacidad por tanda.
- Mayor capacidad por m².
- Mejor calidad del producto seco.

2- Ventajas sobre el secador Pinhalense:

- Menor inversión inicial (alrededor del 50%).
- Mayor capacidad por tanda.
- Mayor eficiencia térmica.
- De construcción más sencilla.

Los valores de algunas de las propiedades anteriores, para los tres secadores, se presentan en el Cuadro 14.

La elección realizada permitirá, como se verá más adelante, llevar a cabo una serie de investigaciones con el objeto de establecer los parámetros ideales para el secado y el establecimiento de una base teórico-práctica que haga posible el diseño de nuevos y más eficientes secadores.

5.5.4 SISTEMA DE EMPAQUE Y ALMACENAMIENTO.

En productos de baja humedad, como es el caso del cacao beneficiado, el empaque y el almacenamiento se convierten en factores determinantes para el éxito económico. De poco valdría que mediante los sistemas anteriores se obtenga un producto de alta calidad, si ésta no es mantenida durante el periodo necesario de almacenamiento.

Un adecuado sistema de empaque y almacenamiento, no sólo permite mantener la calidad del cacao beneficiado, si no también da el margen necesario para vender el producto únicamente cuando las condiciones de mercado son favorables, lo que en el caso del cacao es una gran ventaja, ya que en el país las industrias procesadoras pagan el producto de acuerdo al precio en la Bolsa de Valores de Nueva York, por lo que el mismo se encuentra en constante variación.

El empaque del cacao fermentado y seco se hará en sacos de yute, con capacidad para 60 kgCS; para ello el producto será llevado al almacén, donde existirá un área específica para

CUADRO 14

CARACTERÍSTICAS FUNCIONALES DE SECADORES LOGGIDOS

Características	Unidad	Samoa	P-CEPEC	Pinhalense
Area de secado	m ²	21,9	20	3,80(m ³)
Carga de cacao fermentado	kg	1 095	4 000	2 700
Tiempo de secado	h	44	51	51
Remoción	h	cada 1	cada 4	mecánico
Alimentación de leña	kg/h	-	30	30
Consumo de leña/carga	m ³	-	2,55	2,55
Cacao seco/leña	kg/kg	0,067	1,40	0,97
Eficiencia	%	-	17,70	12,20
Costo	-	bajo	medio	alto

FUENTE: CEPLAC (Brazil), 1987.

dicha tarea, 15 % a 20 % del área total del piso. Se decidió utilizar el sistema tradicional de empaque, dado que resulta menos costoso y por el momento satisface las necesidades de comercialización; investigaciones posteriores a la instalación de la planta, condicionarán un futuro cambio.

La construcción y el funcionamiento del almacén se harán de acuerdo a las Normas Técnicas para el Almacenamiento de Cacao a Nivel de Finca, que rigen en Brasil (ver punto 2.9.3 marco teórico).

Las únicas modificaciones realizadas se refieren a las dimensiones y orientación del almacén, de forma que éste se ajustara al espacio disponible, según se verá más adelante.

Las características constructivas del almacén se presentan a continuación:

- Dimensiones: 5,5 x 5,5 x 4,0 (largo, ancho y alto).
- Área de piso: 30,25 m²
- Área de empaque: 6,0 m² (2 x 3 m)(20% del área de piso)
- Sistema de ventilación: Seis ventilas superiores, tres en cada pared lateral, a 3,0 m del piso y de 1,00 x 0,60 (largo y alto); seis ventilas inferiores, tres en cada pared lateral, a 0,40 m del piso y de 1,00 x 0,20 (largo y alto). Espacio entre ventilas 0,50 m.
- Capacidad estática global: 20 872,5 kgCS (690 kgCS/m² de almacén).

La capacidad máxima de almacenamiento, en días pico almacenados, se muestra en el Cuadro 15.

5.5.5 SISTEMA DE CONTROL DE CALIDAD.

En el caso especial de este sistema, la definición final dependerá de los resultados de investigaciones que habrán de

CUADRO 15
CAPACIDAD MAXIMA DE ALMACENAMIENTO

Año	Capacidad (días pico almacenados)
88	64
89	42
90	27
91	20
92	16
93	13
94	11

FUENTE: El autor, ver Apéndice 2.

realizarse una vez la planta este instalada, ver sección 4.8; inicialmente el control de calidad estará constituido por las siguientes determinaciones:

- Temperatura promedio de la masa en fermentación (fondo, centro y superficie), medida cada 6 horas.

- Humedad de la masa en secado, medida cada 6 h (medidor eléctrico, por facilidad).

- Humedad del producto almacenado, medida cada semana (estufa, de acuerdo a Norma Nacional).

- Temperatura y humedad relativa ambientales, medidas cada 6 h.

- Prueba de corte, para cada tanda de secado o su equivalente.

La periodicidad de los controles es tentativa, se cree que con los periodos recomendados podrá realizarse un adecuado control, sin embargo, debe verificarse una vez la planta esté en funcionamiento.

Estas determinaciones permitirán llevar a cabo un relativo control de los tres sistemas más importantes en el proceso de beneficiado (Fermentación, Secado y Almacenamiento), hasta el momento en que el sistema quede totalmente definido. Por lo tanto, en caso de ser necesario, se harán las modificaciones pertinentes para asegurar o mantener la calidad del producto final.

Para las determinaciones que así lo ameriten, se usarán los métodos recomendados en el Anteproyecto de Norma oficial de Calidad para Cacao Seco en Grano, detallado en el marco teórico.

5.6 ETAPAS DEL PROYECTO.

Dado que el capital disponible para el proyecto es bastante bajo (\$ 20 000) y que la capacidad requerida se calculó con base en un gran número de supuestos, resulta necesario proponer dos etapas de realización; de forma que la primera etapa pueda realizarse con el capital disponible, dando a la vez una capacidad suficiente, de acuerdo a los supuestos, para por lo menos tres años, tiempo durante el cual sería posible hacer estudios que definan la capacidad real requerida año con año, hacer los cambios que sea necesarios para mejorar el proceso e incluso elevar la capacidad instalada; lograndose así, que una segunda etapa responda a necesidades reales y no a supuestos, que aunque lógicos no dejan de serlo.

Por todo lo anterior, la primera etapa del proyecto, tendrá una capacidad suficiente para cuatro años (agosto 88 a agosto 92), antes del pico productivo de 1992, alrededor de octubre. La segunda etapa tendrá que realizarse entonces, si los cálculos de capacidad fueron correctos.

De acuerdo a los datos del Cuadro 13, para la primera etapa serán necesarias tres filas de fermentación y una plataforma de secado CEPEC. En la segunda etapa, si se considera pertinente, habrá espacio para ocho filas de fermentación y dos plataformas CEPEC, la capacidad de las instalaciones propuestas luego de las dos etapas se presenta en el Cuadro 16.

CUADRO 16
CAPACIDAD MAXIMA DE INSTALACIONES

Fermentación	8 294,4 kgCH/día
Secado solar	3 510,0 kgCF/día
Secado artificial	8 000,0 kgCF/día 13 704,0 kg/tanda
Almacenamiento	21 532,0 kgCS
Hectáreas cubiertas	500 (800 kgCS/año-Has)

FUENTE: El autor, ver Muestra de Cálculo, punto 2.

5.7 DISTRIBUCION DE PLANTA PROPUESTA.

Una vez definidos todos los sistemas operativos y las etapas de realización del proyecto, resta encontrar de que forma deben ser distribuidos en el espacio disponible, para lograr un aumento de la eficiencia del proceso beneficiador y una fácil transición de la primera a la segunda etapa. A pesar de que el terreno donde se construirá la planta no es del todo apropiado, como se dijo en el punto 4.1, la distribución propuesta procura aprovechar en lo posible sus características, en especial el desnivel mencionado.

5.7.1 PRIMERA ETAPA.

La distribución de planta propuesta para la primera etapa del proyecto, se presenta en las Figuras 24, 25 y 26. Como se puede observar la planta está ubicada de tal forma que, una parte queda al nivel del suelo y la otra en el desnivel creado, 1 m abajo. La elección de que parte debería quedar bajo el nivel del suelo, se llevo a cabo luego de un análisis, en el que se tomaron en cuenta los siguientes factores:

- Facilidades de construcción.
- Facilidades para ampliación.
- Línea de flujo del proceso.
- Eficiencia global del proceso.
- Necesidades y factores relacionados de cada una de las etapas del proceso.

Se decidió entonces que la mejor opción, consistía en colocar la plataforma CEPEC, las plataformas para el secado solar, la leñera y el almacén en la sección del terreno bajo

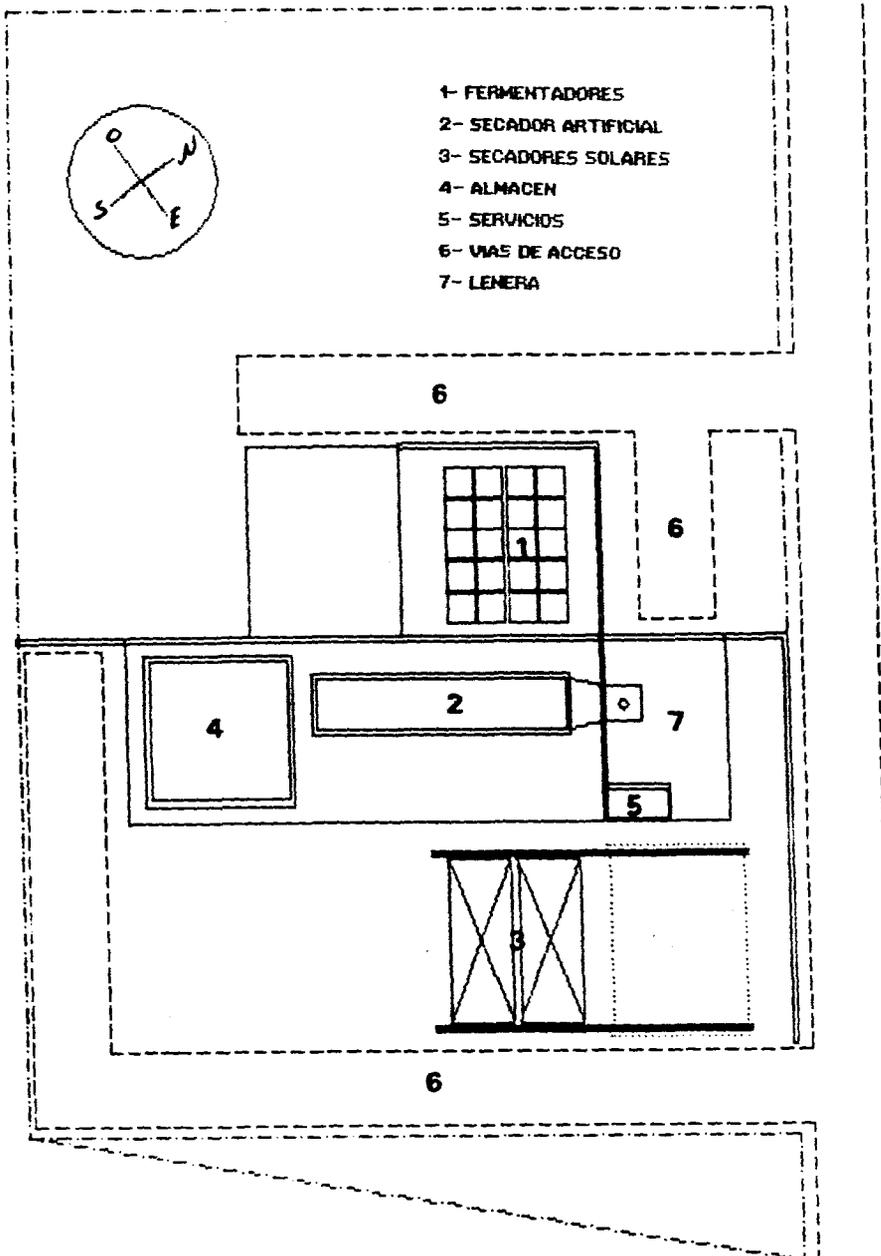


Figura 24: Distribución de planta de I etapa (20)

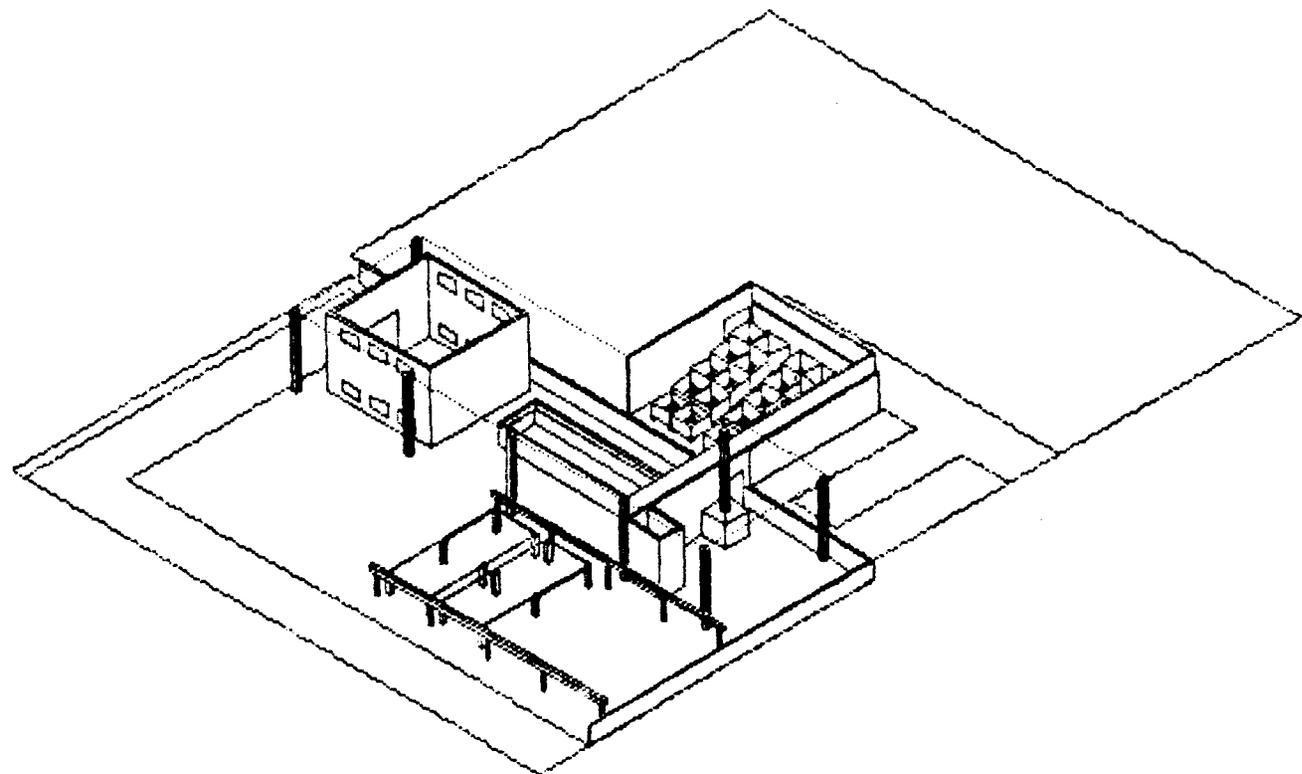


Figura 25: Vista superior de I etapa (30)

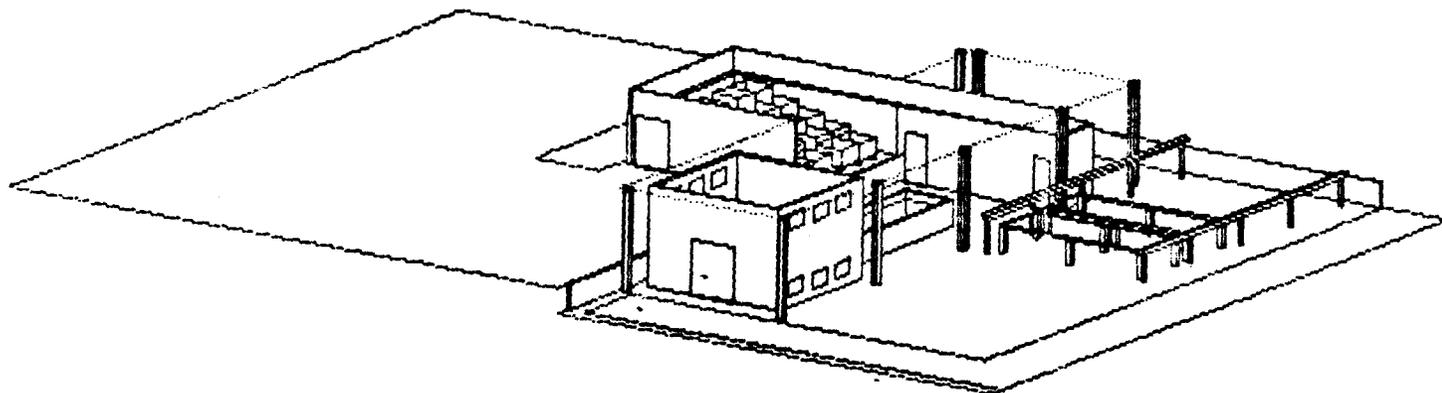


Figura 26: Vista lateral de I etapa (3D)

el nivel del suelo, dejando el conjunto de fermentadores a nivel del piso, de acuerdo a los razonamientos siguientes:

- La disposición de los fermentadores y los secadores permite que fácilmente el cacao fermentado sea llevado a secar a través de rampas o bandas transportadoras móviles, aprovechando el desnivel existente entre ambos conjuntos.

- La ubicación de los fermentadores facilita el aislamiento de la sección de las condiciones climáticas externas, al encontrarse separada del resto de las secciones, así como futuras ampliaciones, lógicamente en sentido suroeste, sin que se requiera de gran inversión.

- La operación de drenado de los jugos resultantes de la fermentación se facilita con la disposición dada, si se toma en cuenta el hecho de que es posible colocar un desagüe junto al muro de contención del desnivel, donde llegarían los jugos mediante un pequeño desnivel en el piso.

- Se facilita el abastecimiento de leña, ya que este se realizaría desde la parte superior del terreno.

- La ubicación del almacén permite que en un futuro próximo, cuando las condiciones económicas lo permitan, se realice la remoción de tierra en el extremo suroeste del terreno (acceso al almacén), de forma que el vehículo para el transporte del producto terminado quede bajo el nivel del piso del almacén, facilitando la operación de carga del mismo.

Con el objeto de señalar y justificar la ubicación de las diferentes instalaciones, se describen en el Cuadro 17, las características constructivas del edificio, nótese que para facilitar la descripción, se divide la planta en dos secciones separadas entre sí por el muro de contención del

CUADRO 17

COMPOSICION ESTRUCTURAL DE PAREDES (ETAPA I)

PARED	NIVEL	UBICACION	MATERIALES					
			Block	altura(m)	Zinc	altura(m)	Asbesto	altura(m)
Planta	I	Noreste	Si	2	Si	1	-	-
Planta	I	Noroeste	Si	2	Si	1	-	-
Planta	I	Suroeste	-	-	-	-	Si	3
Planta	II	Noreste	Si	3	Si	1	-	-
Planta	II	Suroeste	Si	0,4	-	-	-	-
Planta	II	Sureste	Si	0,4	Si	2	-	-
Leñera	II	Noreste	Si	0,4	Si	3	-	-
Leñera	II	Sureste	Si	0,4	Si	3	-	-
Leñera	II	Noroeste	-	-	Si	3	-	-
Almacén	II	Todas	Si	4	-	-	-	-
Muro	II	Noroeste	Si	1	-	-	-	-

FUENTE: El autor.

desnivel. La descripción del sistema de techos se muestra en la Figura 27.

Las características constructivas del edificio, como todos y cada uno de los aspectos de diseño, tienen su razón de ser. Las siguientes son las ventajas obtenidas:

- Aislamiento adecuado de la sección de fermentación, de las condiciones climáticas externas.

- Aislamiento adecuado de las áreas de proceso de la sección donde se encuentra la hornilla, evitando así la contaminación por humo del producto en proceso.

- Adecuada evacuación del aire caliente producido en el secado.

- Mínimo costo posible, de acuerdo a las necesidades existentes.

A continuación se describe y justifica la ubicación de las diferentes instalaciones:

- Fermentadores: Las filas de cajones de fermentación se colocan en sentido noroeste-sureste, a 1,35 m de la pared noreste del primer nivel, 0,75 m de la noroeste y 0,50 del muro de contención. De esa forma los fermentadores quedan orientados hacia los sistemas de secado, con espacio suficiente para movilizarse a su derredor (ver Figura 28 de movimientos en planta) y de fácil ampliación hacia la pared suroeste. La carga de almendras en baba se realiza fácilmente por medio de rampas desde el exterior, donde se ubica el vehículo, a la parte superior del primer cajón de cada fila, a través de orificios en la pared noroeste.

- Plataforma CEPEC: Se coloca en sentido noreste suroeste, orientada hacia el almacén, a 1,00 m del muro de contención y 1,40 m de la pared noreste del segundo nivel, a

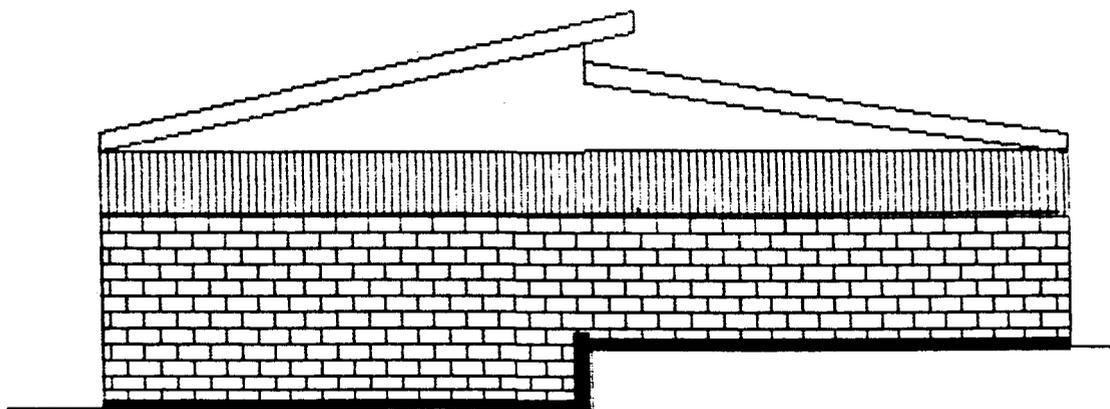


Figura 27: Sistema de techos (20)

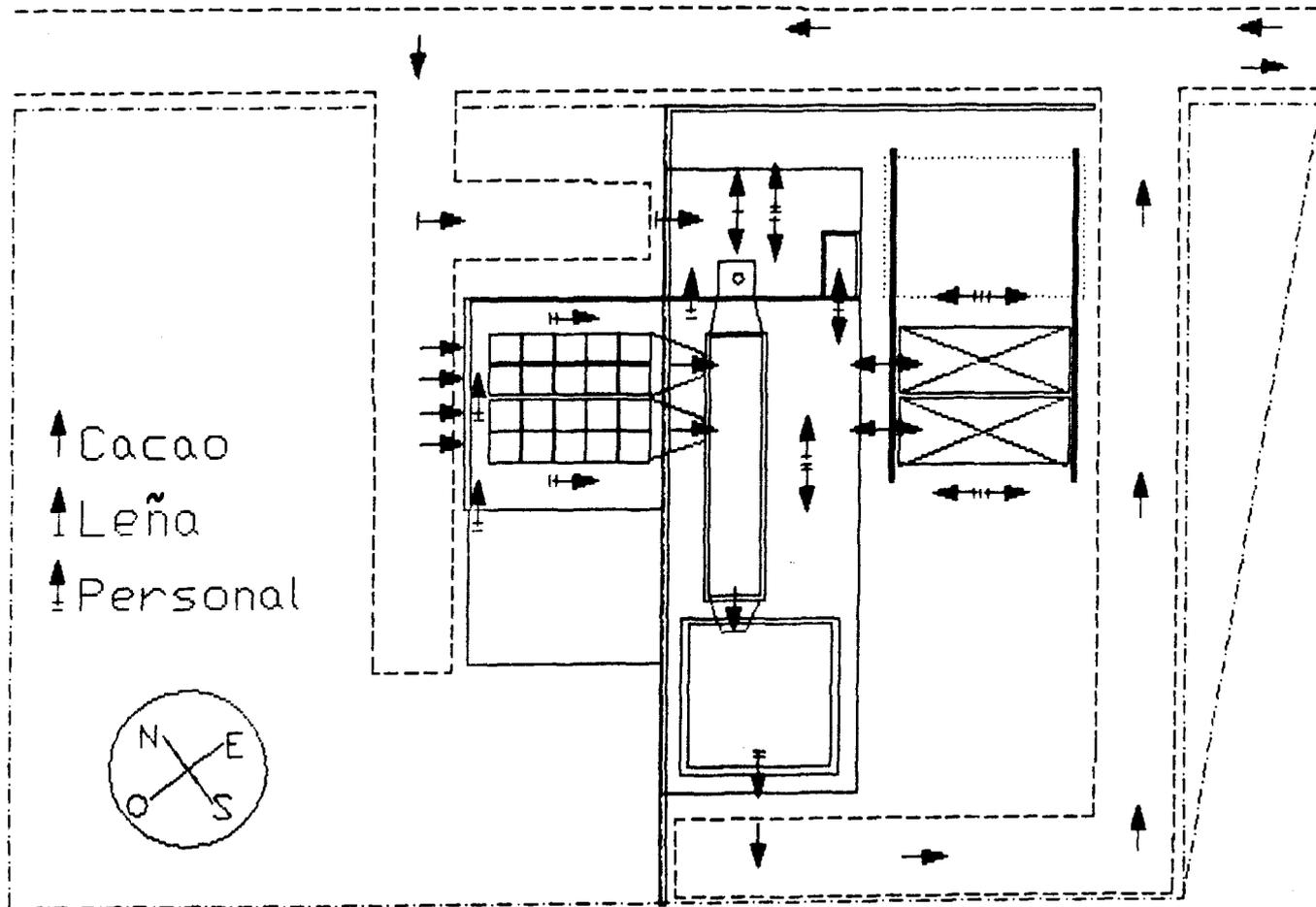


Figura 28: Movimientos en planta (2D)

través de la cual pasa el ducto de alimentación de aire caliente (1,40 m de largo); del otro lado de dicha pared se encuentra el sistema de calentamiento (hornilla e intercambiador de calor) acoplado al ducto. La disposición anterior, plataforma perpendicular a filas de fermentación y orientación al almacén, permite gran economía de espacio, adecuada evacuación de aire caliente y alta eficiencia en el flujo de materiales fermentación - secado artificial - empaque - almacenamiento.

- Leñera: La leña necesaria para el funcionamiento de secador artificial será almacenada en la sección techada donde se ubica el sistema de calefacción, en un área de 12 m², como se ve en la Figura 24. De esta forma la alimentación del sistema de calefacción es directa y el abastecimiento de leña sencillo, como se mencionó anteriormente.

- Plataformas de secado solar: Estas plataformas se colocan en igual sentido que los fermentadores, de tal forma que una plataforma cubra dos filas de fermentación (notar anchos similares), a 1,50 m del límite sureste del segundo nivel. El techo móvil corre en sentido suroeste - noreste, de forma que al abrir quede a 1 m del límite noreste de la última plataforma, evitando así que la sombra proyectada por el techo en las mañanas, cubra parte de la plataforma noreste. Dada la ubicación señalada, se logra, en la medida de lo posible, un flujo de materiales eficiente desde los fermentadores hacia las plataformas y de éstas al secador artificial, a través de rampas o bandas transportadoras manuales, según se mencionó anteriormente; así como condiciones adecuadas para el secado solar.

109

- Almacén: Este está situado en el extremo suroeste del segundo nivel, a 1 m del muro de contención, cerca del extremo suroeste de la plataforma CEPEC y a 1 m del límites sureste y suroeste de la planta; con esa ubicación, es posible realizar de manera eficiente el empaque y el almacenamiento del cacao fermentado y seco, utilizando una rampa desde el secador al almacén; así como, la comercialización del producto terminado. Como se observa en la Figura 24 la ubicación deja al almacén, lo más apartado posible del resto de instalaciones de la planta, ya que colocarlo fuera de la edificación no solo resultaba antieconómico sino también menos eficiente. Debe hacerse notar, que la ubicación del almacén no esta en sentido naciente-poniente, como se recomienda en las Normas Técnicas para el Almacenamiento de Cacao a nivel de Finca (Brasil); dado que por diseño y disposición del terreno resultaba improcedente.

En la Figura 28 se muestran las diferentes vías de acceso a la planta, nótese que hay tres vías de acceso, una para la descarga de materia prima , otra para el abastecimiento de leña y la última para la comercialización de producto terminado almacenado.

5.7.2 SEGUNDA ETAPA.

En la Figuras 29, 30 y 31 se muestra la distribución de planta para una eventual segunda etapa, que es muy similar a la de la primera etapa, luego de tres años de funcionamiento; la ampliación deberá ser definida más adelante, de acuerdo a los resultados de las investigaciones requeridas. Observese que la planta diseñada tiene capacidad para ocho filas de fermentación, dos secadores de plataforma

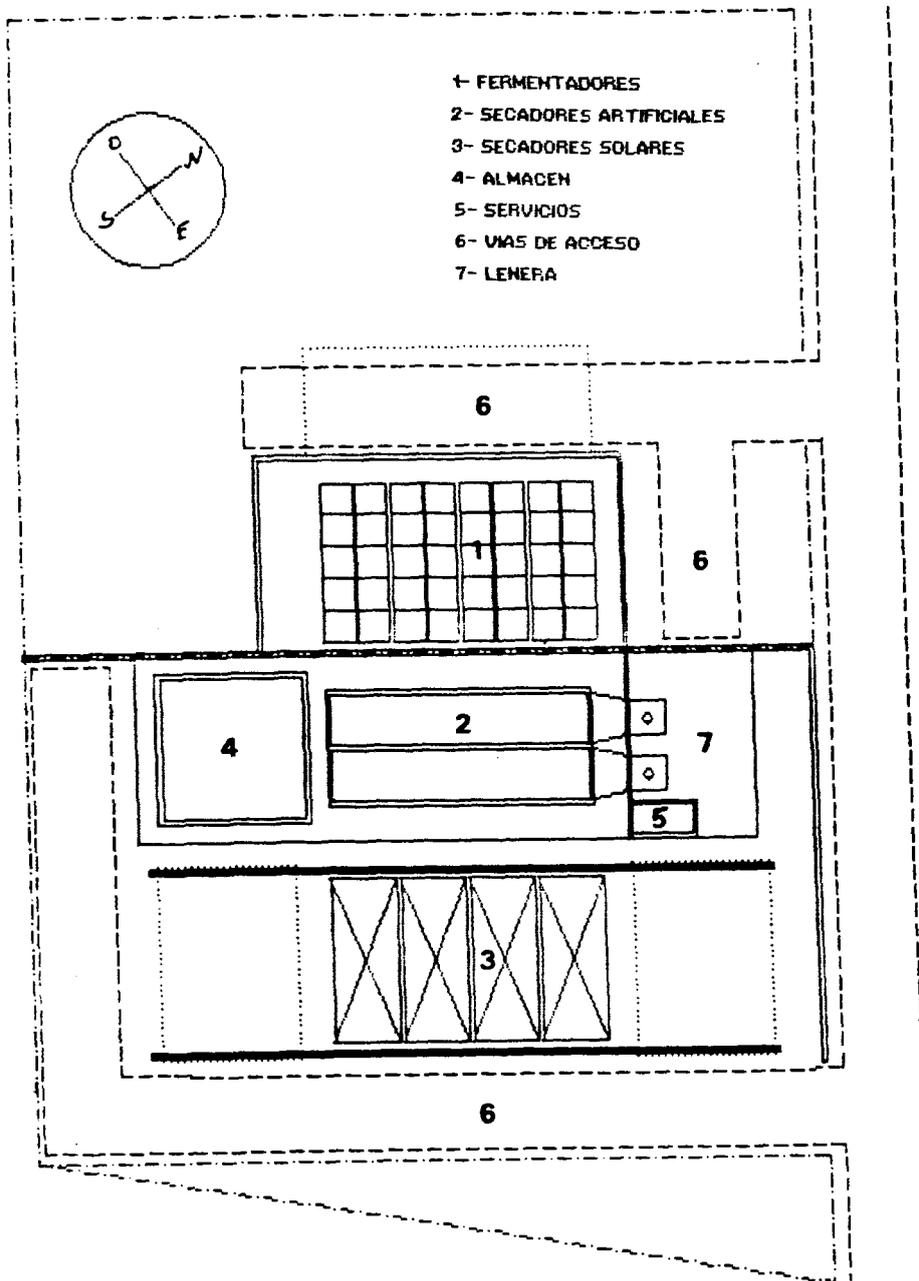


Figura 29: Distribución de planta de II etapa (20)

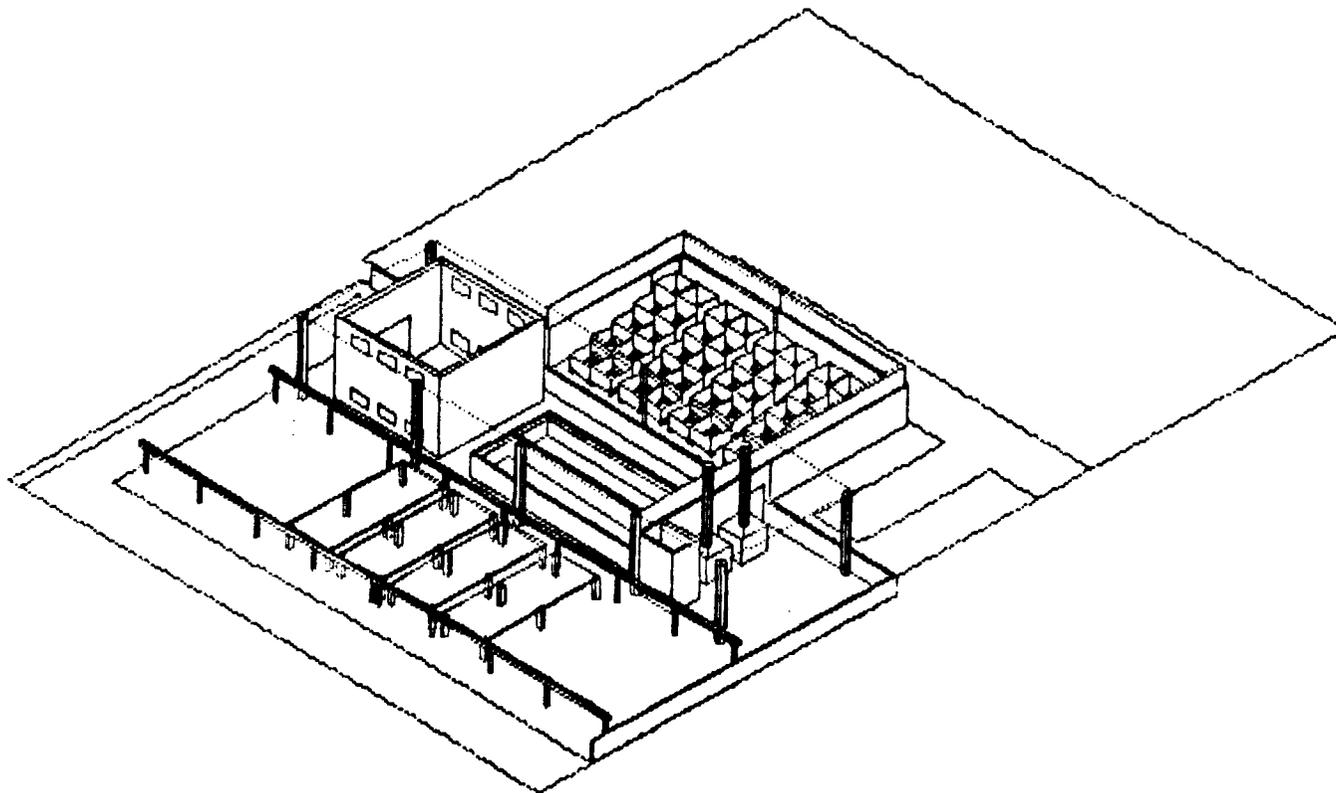


Figura 30: Vista superior de II etapa (3D)

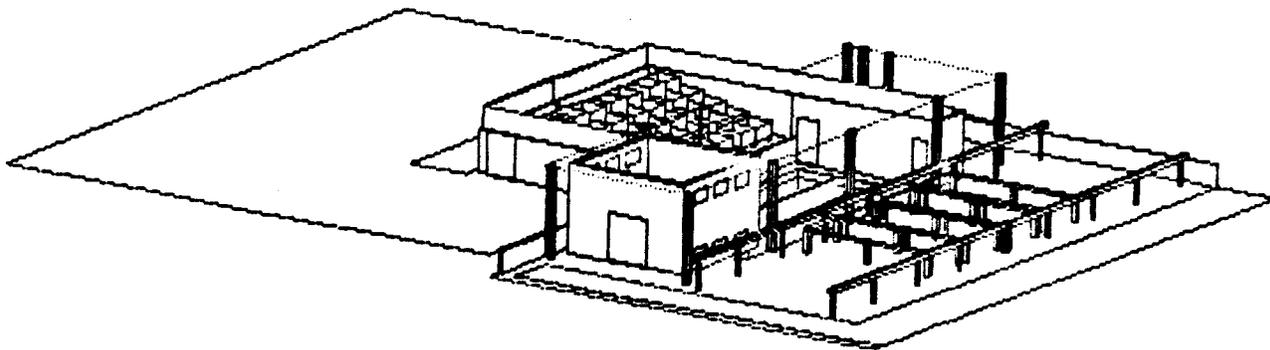


Figura 31: Vista lateral de II etapa (3D)

CEPEC y cuatro plataformas para secado solar; en lo que se refiere al almacén se considera que su capacidad es suficiente para ambas etapas, sin embargo, esto deberá confirmarse más adelante, tomando en cuenta la rotación del inventario de cacao almacenado a través de los diferentes periodos productivos del año.

Para la segunda etapa, de acuerdo al diseño de la primera, únicamente es necesaria la ampliación de la pared noroeste, la adición de un nuevo techo protector para las dos nuevas plataformas solares y la relocalización de la pared suroeste del primer nivel. Notese que en el caso de la nueva plataforma CEPEC, esta comparte una de sus paredes con el secador anterior, permitiendo bajar los costos de instalación, sin detrimento en la eficacia del proceso.

5.8 LINEA DE FLUJO RECOMENDADA DE PROCESO.

Como se dijo anteriormente, algunas de las variables del proceso de beneficio deberán ser definidas luego de una serie de investigaciones en las instalaciones, especialmente en el secador artificial. A pesar de ello, en esta sección se recomienda una línea de flujo, ésta servirá como referencia para dichas investigaciones y marcará la pauta en el inicio de actividades de la planta beneficiadora.

El diagrama de flujo se presenta en la Figura 32, el mismo incluye operaciones que no serán realizadas en la planta, pero que forman parte del proceso de beneficiado y eventualmente podrían llevarse a cabo en ella, refiriéndose específicamente al desgrane de las mazorcas, pues la cosecha

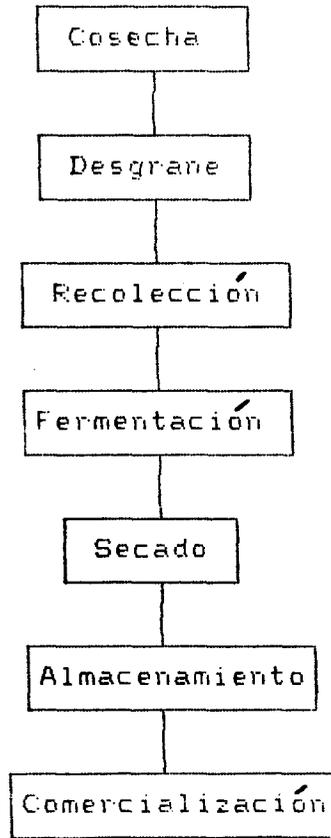


Figura 32: Diagrama de flujo recomendado

y recolección lógicamente siempre se realizarán en el campo. A continuación se detallan las diferentes operaciones:

1- Cosecha: La cosecha de mazorcas se hará únicamente cuando estas se encuentren en el estado de madurez apropiado, el cual se denota por el cambio de color. Una vez cosechadas las mazorcas deberán permanecer al menos dos días (máximo tres) sin ser abiertas y desgranadas.

2- Desgrane: Luego del período de "pre-fermentación" las mazorcas deberán ser seleccionadas, abiertas y desgranadas manualmente, colocando las almendras en baba en sacos de yute o cajas de plástico, que permitan el escurrimiento de jugos, que serán recogidos por el vehículo de la planta, a lo sumo 3 h después. Las mazorcas que presenten características anormales serán desechadas antes o después de ser abiertas.

3- Recolección: El cacao en baba será recolectado en centros de población estratégicamente ubicados, de forma que en las primeras horas de la mañana sea recolectada la totalidad del cacao listo a beneficiar de la zona, de ser necesario se recolectará cacao en más de un centro de población, para llenar los requerimientos de proceso de la planta, procurando en todos los casos que el cacao no permenezca en el vehículo más de 3 h. En la medida de lo posible el día de recolección en cada zona deberá ser el mismo semana a semana, de modo que se facilite la organización de los productores, los que en la mayoría de los casos tendrán que llevar su producción a la localidad donde será recolectado.

4- Fermentación: El cacao en baba, recién recolectado, será colocado en el primer cajón de las filas de fermentación que sea necesario utilizar, de acuerdo a la cantidad recolectada. El cacao deberá permanecer 24 h en el primer cajón, luego de ese tiempo, se traslada al segundo cajón, procurando que la masa de cacao se mezcle perfectamente durante la operación, evitando que mismas porciones queden en la posición anterior; en ese preciso momento deberá llegar un nuevo cargamento de cacao en baba, el cual será vaciado en el primer cajón que ya se encuentra desocupado. La dinámica anterior permitirá que la masa de cacao se fermente durante 120 h (cinco días), haciendo posible así mismo que diariamente entre un nuevo cargamento de cacao en baba para fermentación. La primera prueba de control de calidad se verifica en esta operación, pues cada 6 h deberá ser determinada la temperatura promedio de la masa de cacao en cada cajón, de manera que sea posible tomar medidas que eviten que ésta baje sensiblemente.

5- Secado: Una vez las almendras de cacao estén adecuadamente fermentadas, luego de cinco días, deberán ser secadas. Si las condiciones ambientales lo permiten la masa se traslada a las plataformas de secado solar, de acuerdo a la programación del procesamiento ello ocurrirá en las primeras horas de la mañana (Ej: Si el cacao entró a fermentación un lunes a las 8:00 am, esta listo para secarse a las 8:00 am del sábado siguiente), lo que permite un mayor aprovechamiento del brillo solar. El tiempo que el cacao permanezca en secado solar dependerá de las condiciones ambientales y de la cantidad a procesar, dado que si la cantidad a procesar durante varios días es media o baja y si

las condiciones ambientales son favorables el cacao podría ser secado totalmente en dichas plataformas (cinco a siete días), de no ser así sólo podrá realizarse a lo sumo un pre-secado (uno a dos días), luego del cual deberá terminar de secarse en el secador artificial. Para el momento en que la necesidad de procesamiento sea alta, lo que generalmente coincide con condiciones ambientales desfavorables, deberá trasladarse el cacao directamente al secador artificial, para estar seco luego de aproximadamente 50 h. Dado que el secador artificial debe estar dispuesto para recibir una carga de cacao fermentado cada 24 h, según la programación del proceso, la primera carga tendrá que trasladarse a la sección suroeste del secador, por dos razones, primero para dejar libre la sección noreste para colocar la nueva carga y segundo para acercar el cacao más seco a la rampa que lleva al almacén, donde luego de enfriarse será empacado y almacenado. En esta operación se realiza la segunda prueba de control de calidad, medición de la humedad de las almendras, lo que permitirá definir exactamente en que momento el cacao está en el nivel de humedad deseado (7%). Entonces deberá trasladarse al almacén.

En lo que se refiere a la alimentación de leña para el secador artificial debe ser regulada, de acuerdo a la calidad de la madera, para lograr la temperatura deseada, inicialmente se puede considerar una alimentación a razón de 30 kg de leña / h, de acuerdo a recomendación dada. La cantidad de leña almacenada debe garantizar el funcionamiento del secador al menos por dos tandas completas de secado (aprox. 4 días).

7- Almacenamiento: Una vez el cacao tenga un contenido de humedad del 7%, se traslada del secador artificial al almacén a través de la rampa dispuesta con ese objeto entre el secador artificial y la pared noreste del almacén una vez en el área de empaque se dejará enfriar, durante el tiempo que sea necesario, para posteriormente empacarse en sacos de yute con capacidad para 60 kg, que serán apilados en la sección suroeste, asegurándose así, que el cacao vendido sea el de mayor permanencia en el almacén, dado que es el más cercano a la puerta del mismo. Es durante el almacenamiento que se hacen la tercera y cuarta pruebas de control de calidad, que consisten en determinar la humedad de las almendras beneficiadas almacenadas (cada semana) y la prueba de corte (para cada tanda de secado), ambas tienen por objeto garantizar que el grado de calidad obtenido, luego del beneficiado, se mantenga hasta la comercialización del producto.

8- Comercialización: Al disponer de un adecuado sistema de almacenamiento, el mejor sistema de comercialización, consiste en vender cacao, en la medida de lo posible, cuando el precio sea favorable. Por lo anterior resulta de vital importancia determinar el periodo máximo de almacenamiento, definir las características de la demanda nacional y la capacidad productiva y procesadora de la planta de forma real.

VI. CORROBORACIONES E INVESTIGACIONES REQUERIDAS

En varias ocasiones se ha mencionado, en este proyecto, la necesidad de realizar una serie de investigaciones, con el propósito de determinar los parámetros más adecuados para el funcionamiento eficiente de las diferentes instalaciones de la planta (fermentadores, secadores y almacén), así como, el sistema de control de calidad final. La siguiente es la lista de investigaciones requeridas para lograr tales propósitos, las mismas deberán realizarse una vez la planta este instalada:

1- Corroboraciones e investigaciones sobre producción:

- Determinar el porcentaje de la producción anual para cada uno de los meses del año y si es posible por semanas, con el fin de obtener la curva real de producción para la zona involucrada en el proyecto (se requieren al menos 4 años para obtener un promedio real).

- Una vez definidos los productores del cantón de Aguirre que venderán sus cosechas a la cooperativa, definir la producción que habrá de procesar la planta, sin la utilización de supuestos y en concordancia con la información determinada en el punto anterior.

- Determinar, a través de un tratamiento estadístico, cual es el porcentaje de matas con producción por hectárea y cual el promedio de producción por hectárea por año, de forma que los cálculos de producción futura sean totalmente confiables

2- Corroboraciones e investigaciones sobre cosecha:

- Estudiar la posibilidad de utilizar el contenido de azúcares en el mucílago del cacao en baba, como un parámetro

del estado de maduración de la materia prima ha comprar, de forma que pueda ser incluido en el control de calidad final.

- Determinar si el punto óptimo de cosecha es diferente para cada uno de los híbridos productores, de ser así, establecerlo para cada uno de ellos.

- Determinar la importancia de la pre-fermentación en la calidad final del producto beneficiado.

3- Corroboraciones e investigaciones sobre recolección:

- Determinar tiempos límites para el transporte de cacao en baba, dadas las condiciones de la zona.

- Determinar el sistema de recolección más eficiente, de acuerdo al resultado de las investigaciones anteriores.

- Determinar la factibilidad económica de comprar y transportar cacao en mazorca, si no resultara posible utilizar un método sencillo para evaluar la calidad del cacao en baba; de ser factible definir el tipo de desgrane ha utilizar (manual o mecánico).

4- Corroboraciones e investigaciones sobre fermentación:

- Verificar el valor de la capacidad en fermentación (kgCH/m^3), con el objeto de obtener datos reales sobre capacidad global de la planta.

- Determinar las temperaturas óptimas de fermentación a través de cada uno de los cinco días, de forma que sea posible establecer la temperatura como un parámetro en el control de calidad final.

- Determinar la reducción de volumen de la masa de cacao durante la fermentación, relacionandola con la cantidad de jugos exudados, con el fin de establecer la disminución de tamaño en los cajones de fermentación de forma real.

- Estudiar la utilización de un índice de fermentación físico o químico, con el objeto de incluirlo como parte del control de calidad final.
- Definir la composición de los jugos exudados, con el objeto de estudiar la posibilidad de procesarlos como un sub-producto del proceso.
- Definir un sistema de divisiones para una de las filas de cajones, con el objeto de fermentar pequeñas cantidades de cacao en épocas de baja productividad, sin detrimento en la calidad, que haga innecesaria la utilización de bandejas Rohan.

5- Corroboraciones e investigaciones sobre secado:

- Definir los parámetros más adecuados para el funcionamiento eficiente del secador artificial, con la máxima capacidad posible, a saber: Velocidad de flujo de aire caliente, grosor de la capa de cacao y alimentación de leña.
- Determinar la capacidad real del secador artificial, tomando en cuenta que la carga de cacao fermentado se realiza cada 24 h y el tiempo de secado es de aproximadamente 50 h, determinando, así mismo, la densidad real del cacao fermentado y el cacao seco (7% de humedad).
- Estudiar la posibilidad de utilizar recirculación de aire o bien de una segunda capa de cacao en el secador artificial, con el objeto de aumentar lo más posible la eficiencia térmica del proceso.
- Revisar los cálculos de capacidad requerida, en los diferentes meses del año, para el secado natural y artificial, tomando en cuenta los resultados de las investigaciones anteriores.

- Estudiar la posibilidad de mejorar la eficiencia del secado solar (mejoras en diseño), con el objeto de reducir costos de operación y aumentar su capacidad, o en su defecto buscar un sistema con mayor capacidad por m² de suelo (Sistema Autobús).

- Estudiar la factibilidad de combinar ambos tipos de secado, secando al sol durante el día y artificialmente durante la noche, de forma que se agilice la operación de secado.

6- Corroboraciones e investigaciones sobre almacenamiento:

- Determinar la capacidad real del almacén, con el objeto de establecer políticas de comercialización y verificar que es suficiente para ambas etapas.

- Estudiar la recuperación de peso (agua) durante el almacenamiento, en relación con las condiciones ambientales (temperatura y humedad relativa), con el objeto de definir el tiempo máximo de almacenamiento en las diferentes épocas productivas del año.

7- Corroboraciones e investigaciones sobre comercialización:

- Estudiar las características de la demanda nacional y la cotización internacional, con el objeto de definir adecuadas políticas comercializadoras.

Únicamente luego de las primeras experiencias en la planta podrá ser posible definir cuales investigaciones son prioritarias y cuales no; sin embargo, lo más conveniente en este momento, sería considerar como prioritarias aquellas que se relacionan con la determinación de parámetros de proceso, especialmente en el secado artificial.

Es importante mencionar que muchas de las investigaciones podrían ser realizadas por instituciones, con más posibilidades económicas y tecnológicas, interesadas en los aspectos de poscosecha del cacao; lo que resultaría en beneficio directo para la cooperativa, al reducir sustancialmente la cantidad de investigaciones a llevar a cabo en la planta.

VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES FINALES

Dadas las características de este proyecto, se puede afirmar que el diseño presentado se constituye en la conclusión final de la investigación realizada, en tanto que la línea de flujo y las investigaciones requeridas conforman las recomendaciones más importantes. Por lo anterior se presentan a continuación conclusiones y recomendaciones de carácter general, que servirán de guía para estudios similares:

1- La situación nacional de la producción de cacao se encuentra en un momento crucial. La política gubernamental de apoyo para el cultivo de nuevas áreas, ha provocado un aumento considerable de las expectativas de producción para los próximos años; sin embargo, hasta el momento no se ha tomado en cuenta seriamente la necesidad y oportunidad de un adecuado tratamiento poscosecha. Únicamente se han realizado intentos aislados que, de no ser coordinados darán, muy probablemente, al traste con el intento de reactivar la producción cacaotera nacional; en especial si se considera que nuestro país deberá competir en el mercado internacional con base en la calidad del producto beneficiado, ya que no está, ni estará, en posibilidad de hacerlo por volumen de producción.

2- El primer intento serio y planificado de realizar un adecuado tratamiento poscosecha del cacao, llevado a cabo en San Carlos, ha dado, hasta el momento, únicamente resultados regulares; por lo que resulta de vital importancia tomar en cuenta los errores allí cometidos, no solamente para mejorar el beneficiado en dicha zona, sino

también para no cometer los mismos errores en proyectos similares.

3- Resulta inconveniente y a la larga más costoso improvisar cambios en equipos diseñados para el beneficiado del cacao, sin los conocimientos técnicos requeridos; en especial los utilizados para el secado de los granos fermentados; dado que en la mayoría de los casos dichos cambios lejos de mejorar las operaciones las entorpecen. Cualquier cambio en equipos previamente diseñados, debe realizarse dentro de un marco de investigación adecuado y nunca llevarse a cabo sin que se compruebe su efectividad.

4- No existe en el país, hasta el momento, una planta beneficiadora que maximice la calidad final del cacao a un costo razonable.

5- En la medida de lo posible deberán elegirse terrenos en desnivel para la edificación de plantas beneficiadoras de cacao. De esa forma se facilita enormemente el transporte de materiales entre cada una de las fases de la operación disminuyendo al mínimo el costo de mano de obra.

6- Si se quiere lograr que un diseño responda adecuadamente a las necesidades de una zona en particular, deberán tomarse en cuenta las condiciones climatológicas y las expectativas de producción de la zona. De forma que sea posible definir los equipos más adecuados para cada operación, tanto por sus características funcionales como por su capacidad.

7- Una vez realizadas las investigaciones necesarias para obtener el diseño presentado es pertinente hacer una serie de observaciones relacionadas con las diferentes operaciones del proceso de beneficiado, a saber:

a- La recolección de cacao en baba no es recomendable dado que imposibilita el control de la calidad de materia prima, sin embargo, es la única posibilidad en aquellos casos en los que se compra la materia prima a diferentes productores, por lo que deben buscarse soluciones alternativas.

b- Los sistemas de fermentación y secado conforman la columna vertebral del proceso de beneficiado, por lo que llevados a cabo correctamente garantizarán un producto de calidad final adecuada, siempre y cuando la calidad inicial de la materia prima sea la mejor.

c- Es necesario prestar mayor atención a la fermentación del cacao; en la mayoría de los casos se considera que esta operación es sencilla y prácticamente se lleva a cabo sin ayuda alguna, sin embargo esto es valedero sólo en parte, pues hay una serie de factores dentro y fuera de la operación que resultan determinantes para el éxito de la misma (materia prima, temperatura, remoción, etc.).

d- El secado es la operación más costosa del proceso de beneficiado, constituyéndose, asimismo, en la más problemática, debido al escaso conocimiento sobre las condiciones técnicas de operación más adecuadas.

e- La mejor forma de bajar los costos de operación en el secado de almendras de cacao fermentadas, consiste en la combinación de sistemas de secado solar y artificial, en aquellos casos en los que las condiciones climatológicas son favorables.

f- Es de vital importancia que cualquier diseño para el beneficiado del cacao tome en cuenta el flujo de material entre la fermentación y el secado, dado que ambas

operaciones se llevan a cabo en diferentes períodos de tiempo y es imprescindible que el cacao fermentado se empiece a secar casi de inmediato.

g- El sistema de secado artificial a escoger para cualquier diseño debe responder de la mejor forma posible a los requerimientos mencionados en la sección 4.4.3, sin embargo, sus verdaderas cualidades serán determinadas únicamente una vez sea utilizado, dado que muchas de las condiciones en las que el secador fue probado (diseños extranjeros), difieren de las condiciones predominantes en las diferentes zonas productoras del país.

h- De nada valdrá realizar las operaciones de fermentación y secado correctamente en materia prima de alta calidad, si no se dispone de una capacidad y calidad de almacenamiento adecuadas. El éxito en la comercialización del producto final depende en gran parte de la capacidad que se tenga para conservar la calidad obtenida luego del beneficiado durante el mayor tiempo posible.

i- El control de calidad final a realizar en cualquier instalación para el beneficiado de cacao, deberá definirse una vez el funcionamiento de todas las operaciones involucradas sea el más adecuado posible; hasta tanto eso no ocurra el control de calidad será a lo sumo preliminar.

8- En lo que se refiere al diseño presentado, deben hacerse las siguientes observaciones:

a- La utilización de supuestos para el cálculo de la capacidad requerida en cada una de las operaciones, da sólo una idea aproximada de lo que posiblemente habrá de darse realmente una vez la planta este en funcionamiento.

b- El terreno escogido para la edificación de la planta no es el más adecuado desde el punto de vista técnico, sin embargo resulto ser la única alternativa viable.

c- El escaso financiamiento disponible para la edificación de la planta, determinó gran parte de los aspectos del diseño presentado, limitando continuamente las posibilidades existentes.

d- La realización de la segunda etapa del proyecto, así como, ciertas definiciones, quedan condicionadas a la revisión de los resultados obtenidos una vez la primera etapa entre en funcionamiento.

e- La línea de flujo recomendada tiene como propósito principal servir de base para el plan de trabajo inicial, por lo que es susceptible a todos los cambios que sean considerados necesarios, una vez la planta esté en funcionamiento.

9- Es necesario realizar un estudio sobre la calidad del cacao producido en el país actualmente, de ser posible por zonas, con el objeto de planificar adecuadamente las tareas que se deberán seguir.

10- El diseño presentado difícilmente resultará ser perfecto, sin embargo, con el tiempo se constituirá posiblemente en la más adecuada herramienta para el mejoramiento del tratamiento poscosecha de la producción nacional de cacao.

VIII. BIBLIOGRAFIA

1. ABREU, J.M. y WILLIAMS, R.M. 1980. Chemical control of insect infestation in stored cacao, Bahia, Brazil. *Revista Teobroma (Brazil)* 10(2):51.
2. ALENCAR, M.H. y MANDARINO, E.P. 1973. Custo da secagem do cacau em diversos tipos de instalacoes. *Cacau Actualidades (Brazil)* 10(3):7.
3. ARROYO, J.R. et al. 1980. Dimensionamento de amostra para previsao de safras de cacau do Estado de Bahia e resultados iniciais. *Revista Teobroma (Brazil)* 10(2):79.
4. BORGES, J.M. 1972. Novo tipo de caixa para quebra de cacau, com dispositivo para coleta de mel. *Revista Ceres (Brazil)* 19(103):200.
5. _____ et al. 1977. Emprego de colectores solares e ventilacao forcada, para melhorar a eficiencia de secagem de cacau em Barcaca. In *Centro de Pesquisas do Cacau (Itabuna, Bahia, Brazil). Informe Técnico 1976. Ilhéus: CEPEC. 113.*
6. _____ et al. 1981. Nova técnica de secagem solar industrial de cacau. *Revista Ceres (Brazil)* 28(155): 19.
7. BRAUDEAU, J. 1970. *El Cacao. Barcelona: Blume. 297 p.*
8. CARR, J.G., DAVIES, P.A. y DOUGAN, J. 1979. Cocoa fermentation in Ghana and Malaysia. In *International Cocoa Research Conference, 7 th, Douala, Cameroon. Proceedings. Douala: Cocoa Producers Alliance. p.573.*
9. CASCANTE, M. 1984. Determinación de la flora microbiana algunas variables, en la fermentación de almendras de cacao. Tesis Lic. en Tecnología de Alimentos. San José, Universidad de Costa Rica, Carrera Interdisciplinaria en Tecnología de Alimentos. 125 p.
10. CHALLOT, F. et al. 1979. Stockage du cacao en hangar hermetique protege thermiquement. In *International Cocoa Research Conference, 7 th, Douala, Cameroon. Proceedings. Douala: Cocoa Producers Alliance. p.583.*
11. CONSELHO NACIONAL DO COMERCIO EXTERIOR (Brazil). 1974. Resolucao no. 42 e anexo a Resolucao no. 42, de 14 de novembro 1968. Normas de classificacao de cacau exportavel. *Cacau Actualidades (Brazil)* 11(2):10.

12. CORAL, F. y DONALESIO, M. 1982. Novo Extractor de sementes de cacau. In International Cocoa Research Conference, 8 th, Cartagena, Colombia, 1981. Proceedings. Lagos: Cocoa Producers Alliance. p.766.
13. CUNHA, J. 1983. Utilizacao de secador rotativo "Pinhalense" como nova opcao na secagem de cacau. Revista Teobroma (Brazil) 13(4):303.
14. _____. 1985. Secador de cacau para o pequeno produtor. In International Cocoa Research Conference, 9 th, Togo, 1984. Proceedings. Lagos: Cocoa Producers Alliance. p.754.
15. ENRIQUEZ, G. 1982. La cura o beneficio del cacao:curso corto Nicaragua, 1982. Turrialba, Costa Rica: CATIE. 96 p.
16. FREIRE, E.S., CUNHA, J. y PASSOS F.J.V. 1984. Teste de un secador com revolvimento mecanico para cacau. Revista Teobroma (Brazil) 14(4):293.
17. GHOSH, B.M. 1971. Novo sistema para secagem de cacau. Revista Teobroma (Brazil) 1(3):45.
18. _____. 1972a. A new drying system for cocoa beans. Agricultural Engineering 53(3):16.
19. _____. 1972b. Engineering aspects of cocoa drying in Brazil. Revista Teobroma (Brazil) 2(4):23.
20. _____. y SILVA, P. 1972. Algumas observacoes sobre armazenagem de cacau no Brazil. Cacau Atualidades 9(1):11.
21. _____. 1973. Drying cocoa beans by gas. World Crops 25(5):232.
22. _____. y CUNHA, J. 1975. Effect of season on sun drying of cocoa beans in Brazil. Turrialba (Costa Rica) 25(4):396.
23. GRINALDI, J. 1978. Les possibilites d amelioration des techniques de ecabossage et de fermentation dans le processus artisanal de la preparation du cacao. Café Cacao, Thé 22(4):303.
24. GLOBE ENGINEERING Co. 1982. El diseño de una fabrica-el fundamento de la eficiencia. Alimentos procesados 1(4):12.

25. INSTITUTO CENTROAMERICANO DE INVESTIGACION Y TECNOLOGIA INDUSTRIAL (ICAITI). 1985. Secado solar de granos. Guatemala: Proyecto Leña y Fuentes Alternas. 96 p.
26. INSTITUTO INTERAMERICANO DE COOPERACION PARA LA AGRICULTURA (IICA). 1960. La secadora de cacao (Samoa). In Materiales de Enseñanza en Café y Cacao. San José: Lehman. 13 p.
27. JACOBS, M.B. 1951. The chemistry and technology of food and food products. 2 ed. London: Interscience Publishing.
28. JACQUET, M. et al. 1980. Le séchage artificiel des fèves de cacao. Café, Cacao, Thé 24(1)43.
29. _____, VINCENT, J.-C. y RIDS, G.M. 1981. Fermentation des fèves de cacao en lit fluide a trois phases. Café, Cacao, Thé 25(1):45.
30. LA BUZA, T. 1984. Moisture Sorption: Practical aspects of isotherm measurement and use. Minnesota: AACC. 78 P.
31. MAINSTONE, B. y WAI, S. 1982. Mitigation of cocoa acidity in Peninsular Malaysia. In International Cocoa Research Conference, 8 th, Cartagena, Colombia, 1981. Proceedings. Lagos: Cocoa Growers Alliance. p.760.
32. MARVALHAS, N. 1970. Origin of the slaty and "compact violet" beans on raw cocoa. International Chocolate Review 25(7)242.
33. MARVALHAS, N., BERBERT, P.R.F. y ESQUIVEL, T.F. 1973. Um método fácil para a determinacao do cheiro de fumaça. Cacau Atualidades (Brazil) 10(4):2.
34. _____. 1976. Novo tipo de conjunto secador para cacau fermentado. Cacau Atualidades (Brazil)13(3):6.
35. Mc DONALD, C.R. y FREIRE, E.S. 1981. Cocoa drying on a platform type dryer with and without drying air circulation. Tropical Agriculture (Trinidad & Tobago) 58(3):253.
36. _____, LASS, R.A. y LOPEZ, A.S. 1981. Cocoa drying: a review. Cocoa Growers Bulletin 31:5.

37. _____, CUNHA, J. y FREIRE, E.S. 1982. Melhoría do desempenho do secador tubular tradicional na região cacauífera Sul da Bahia. In International Cocoa Research Conference, 8 th, Cartagena, Colombia, 1981. Proceedings. Lagos: Cocoa Growers Alliance. p.817.
38. MORENO, L.J., LIBARDO, Z. y AUREL L. 1968. Manual para el cultivo del cacao. Colombia: Compañía Nacional de Chocolates. 110 p.
39. ORDÓÑEZ, M. 1966. Aplicación en Colombia de caja diseñada en Trinidad para la fermentación de cacao. Tecnología 8(44):7.
40. OYENIRAN, J.O. 1979. The influence of the storage environment on the quality of commercial cocoa with special reference to mouldiness of the beans. In International Cocoa Research Conference, 7 th, Douala, Cameroon. Proceedings. Douala: Cocoa Producers Alliance. p.577.
41. PRADO, E.P. et al. 1981. Porosidade de sementes de cacau, em camadas finas, a 60° y 80°C. Revista Teobroma (Brazil) 11(2):125.
42. _____ et al. 1981. Secagem de cacau em camadas finas a diferentes temperaturas e umidades relativas. Revista Teobroma (Brazil) 11(3):177.
43. _____ et al. 1982. Armazenamento de cacau em sacos plásticos. In International Cocoa Research Conference, 8 th, Cartagena, Colombia, 1981. Proceedings. Lagos: Cocoa Growers Alliance. p.783.
44. QUESNEL, V.C. 1975. Cura del cacao. Agro (Rep. Dominicana) 4(24):15.
45. REED, R. 1971. Localización, layout y mantenimiento de planta. Mexico: Ateneo. 135 p.
46. RICHARD, M. 1969. Le séchage naturel du cacao: un nouveau type de séchoir solaire experimente en Cote d'Ivoire. In International Cocoa Research Conference, 3 th, Accra, Ghana. Proceedings. Ghana: Cocoa Research Institute. p.635.
47. ROHAN, T.A. 1960. El beneficiado del cacao. Italia: FAO. 254 p.

48. SEIKI, K. 1973. Chemical changes during cocoa bean fermentation using the tray method in Nigeria. *Revue Internationale de la Chocolaterie* 28(2):38.
49. SERODIO, R. y PRADO, E.P. 1979. Normas técnicas para o almacenamiento de cacau a nível de fazenda. Bahía, Brazil: CEPLAC. 12 p.
50. SIBAJA, E. y PETERSON D. 1985. Colectores Solares. San José: ITCR. 76 p.
51. SORIA, S. de la J. 1970. La periodicidad del cacao bajo condiciones climáticas del bosque tropical húmedo en Turrialba y La Lola, Costa Rica. *Cacao (Costa Rica)* 15(4):1.
52. TAWIA, G. y LANGERAK, D. 1982. Studies on the possibility of using a combination of moist heat and radiation to control mouldiness in dried cocoa beans. In International Cocoa Research Conference, 8 th, Cartagena, Colombia, 1981. Proceedings. Lagos: Cocoa Growers Alliance. p.770.
53. VIVAS, J. y REYES, H. 1972. Estudios concernientes al uso del fermentador Rohan en Venezuela. In Estación Experimental de Caucaagua. Publicaciones Científicas 1972. Venezuela. 24 p.
54. ZAK, D.L. y KEENEY, P.G. 1976. Changes in cocoa proteins during ripening of fruit, fermentation, and further processing of cocoa beans. *Journal of Agricultural and food chemistry* 24(3):483.

IX. MUESTRA DE CALCULO

1. Cálculos realizados para la confección del Cuadro 11: Se utilizará el año 1990 para la ilustración de los cálculos.

- Producción total (kgCS/año): de acuerdo a las cifras presentadas en los Cuadros 9 y 10 el área de cultivo se comportaría de la siguiente forma, para el 90:

33 Ha produciendo 800 kgCS/Ha.año =	26 400 kgCS/año
10 Ha produciendo 800 kgCS/Ha.año =	8 000 kgCS/año
52 Ha produciendo 800 kgCS/Ha.año =	41 600 kgCS/año
34 Ha produciendo 600 kgCS/Ha.año =	20 400 kgCS/año
56 Ha produciendo 400 kgCS/Ha.año =	22 400 kgCS/año
95 Ha produciendo 200 kgCS/Ha.año =	<u>19 000 kgCS/año +</u>
TOTAL = 137 800 kgCS/año	

- Compra: ésta será el 70% de la producción total, por lo tanto, para el 90: $(137\ 800 \times 70)/100 = 96\ 469$ kgCS/año.

- kgCS/día pico: bajo el supuesto de que en el mes pico la producción es de un 20% sobre el total, en un día de éste mes (25 días pico) se tendría un 0,8% (20/25) sobre el total, por lo tanto: $(96\ 469 \times 0,8)/100 = 772$ kgCS/día pico.

- kgCF/día pico: utilizando la relación CF/CS, se tiene que con el resultado anterior:

$$772 \text{ kgCS/día pico} \times 2 \text{ kgCF/kgCS} = 1\ 544 \text{ kgCF/día pico.}$$

- kgCH/día pico: de igual forma, utilizando la relación CH/CF, se tiene que con el resultado anterior:

$$1\ 544 \text{ kgCF/día pico} \times 1,25 \text{ kgCH/KgCF} = 1\ 930 \text{ kgCH/día pico.}$$

2. Cálculos realizados para la confección del cuadro 13: Se utilizará el año 1990 para la ilustración de los cálculos.

- Fermentación: La capacidad requerida de fermentación depende de la cantidad de cacao húmedo que deban beneficiarse en un día pico, por lo tanto para el 90 se tiene que:

$$1\ 930 \text{ kgCH/día pico} \times 1 \text{ m}^3/800 \text{ kgCH} = 2,42 \text{ m}^3/\text{día pico.}$$

Dado que la capacidad por fila de fermentadores es de 1,296 m³, se requieren 2 filas para una capacidad total diaria de 2,592.

- Pre-secado solar: la capacidad requerida para el secado en general está determinada por la cantidad de cacao que salga de fermentación, por lo tanto para el secado solar se necesitaría una capacidad, para el 90, de:

$1\ 544\ \text{kgCF/día pico} \times 1\ \text{m}^3/900\ \text{kgCF} = 1,72\ \text{m}^3/\ \text{día pico}.$
Dado que la capacidad de una plataforma de pre-secado solar es de 0,975 m³, para el 90 se necesitan 2 plataformas.

- Secado artificial: si se parte del hecho de que el secado artificial se lleva a cabo en dos días y que deben secarse cargas de fermentación diariamente, la capacidad del secador artificial necesariamente deberá ser suficiente para dos cargas de fermentación. Sin embargo, dado que durante el primer día de secado el volumen ocupado disminuye la capacidad puede ser un poco menor; si se supone que en las primeras 24 h se elimina 2/3 de la humedad total, se tiene que del 50% de humedad inicial se eliminaría el 28,7% ((43/3)x2), por lo que el peso de la masa luego de 24 h será de un 71,3% (100%-28.7%), por lo tanto la capacidad requerida para el 90 será de:

$$(1\ 544 \times 0,713) + 1\ 544 = 2\ 645\ \text{kg de Cacao}$$

Y dado que la capacidad de una plataforma CEPEC es de 4000 kg, será suficiente con 1 secador.

NOTA: Todos los cálculos relacionados con la capacidad requerida fueron redondeados hacia arriba, con el propósito de evitar una eventual falta de capacidad.

APENDICE 1

NORMAS DE CLASIFICACION DEL CACAO EXPORTABLE (BRASIL)

1- Normas de Calidad

El cacao por su calidad será clasificado en dos tipos: Tipo I o superior y tipo II o bueno. Para efectos de clasificación el cacao tipo I será aquel constituido por almendras fermentadas, secadas a un máximo de humedad del 8%, con aroma natural, no contaminadas por olores extraños, libres de materias extrañas y admitiéndose los siguientes defectos:

a- Almendras mohosas y dañadas por insectos en un máximo de 4% (contadas y no pesadas), y no más de 2% de cada defecto aislado.

b- Almendras pizarrosas en un máximo de 2% (contadas).

c- Almendras germinadas planas o con otros defectos en un máximo del 2% (contadas).

El cacao tipo II debe estar constituido por almendras con las mismas características que el tipo I, sin embargo, se admiten porcentajes más altos en los defectos:

a- Almendras mohosas y dañadas por insectos en un máximo de 6% y no más de 4% de cada defecto aislado.

b- Almendras pizarrosas en un máximo de 4%.

c- Almendras germinadas, planas o con otros defectos en un máximo del 4%.

El cacao fuera de clasificación está constituido por almendras fermentadas, secadas a un máximo del 8% de humedad y que no han correspondido a ninguno de los tipos anteriormente mencionados, se admiten los siguientes defectos:

a- Almendras mohosas en un máximo de 8%.

b- Almendras pizarrosas en un máximo de 8%.

c- Almendras dañadas por insectos en un máximo de un 5%.

d- Almendras germinadas, planas o con otros defectos en un máximo del 10%.

e- Materias extrañas en un máximo del 1% en peso.

f- Ninguna o ligera contaminación por olores extraños.

El cacao que presente las siguientes características será descalificado:

a- Un mal estado de conservación.

b- Fuertemente impregnadas de olores extraños.

c- Con defectos en porcentajes superiores al cacao fuera de clasificación.

2- Características y defectos

Las características se definen de la siguiente forma:

a- Almendras fermentadas: Almendras de color marrón; con variaciones de tonalidad en toda la superficie expuesta o mezclado con secciones violetas, rojas o púrpuras; y cotiledones fácilmente separables.

b- Almendras secas: Almendras uniformemente secadas con una humedad no superior al 8%.

Los defectos se definen, en orden decreciente de gravedad, de la siguiente forma:

a- Almendras mohosas: Almendras que presentan internamente desarrollo micelar de hongos, visible al ojo humano.

b- Daños por insectos: Almendras en las que se pueden observar a simple vista daños causados por insectos o larvas en su parte interna.

c- Almendras pizarrosas: Almendras no fermentadas, compactas y de color pizarro.

d- Olor a humo: Almendras contaminadas con el olor a humo.

e- Olores extraños: Almendras contaminadas con otros olores no característicos.

f- Almendras germinadas: Almendras que por el desarrollo del embrión presentan la cáscara perforada.

g-Almendras planas: Almendras que debido al insuficiente desarrollo de sus cotiledones son planas.

h-Almendras quebradas: Almendras que están particuladas o fragmentadas.

i-Mucílago u otras materias de cacao: Impurezas propias del producto como restos de pulpa o fragmentos de placenta.

j-Materia extraña: Cualquier materia ajena al fruto de cacao.

3- Colecta de muestras

La recolección de la muestras para la clasificación del cacao se debe realizar de la siguiente forma:

a-La recolección de las muestras debe ser hecha con un recolector apropiado que sea capaz de penetrar en los sacos cerrados a través del cierre.

b-Los sacos a muestrear deberán estar en la parte superior, centro e inferior de la pila y en una proporción no menor al 10% del total almacenado.

c-Los sacos muestreados deberán ser marcados en forma inviolable e indeleble.

d-El lote a examinar no deberá exceder en la medida de lo posible los 500 sacos.

e-Cuando se trata de clasificar el cacao en granel deben ser tomadas muestras de por lo menos 5 puntos diferentes del lote.

f-El volumen total de las muestras retirado de cada lote debe ser totalmente mezclado y dividido en cuatro porciones. Elimínandose una de las porciones, las tres restantes serán mezcladas nuevamente y divididas en cuatro porciones, repitiéndose la operación anterior hasta obtener una porción de un kg, que será usada para la clasificación.

4- Procedimiento de clasificación.

A continuación se describen los pasos que se deben seguir

para realizar una adecuada clasificación de las muestras:

a-Inicialmente la muestra preparada de acuerdo a la sección anterior será sometida a la prueba de aroma, con el fin de determinar si está contaminada con olores extraños.

b-Se procede entonces, a determinar la humedad de la muestra en una estufa a 100-110°C, hasta peso constante. Esta prueba deberá realizarse a intervalos no superiores a 30 días durante el almacenamiento y 7 días antes del empaque.

c-De la misma muestra deberá determinarse el peso de las materias extrañas, pulpa, placenta y cáscara de fruto encontradas.

d-De la misma muestra se separan 300 almendras para la prueba de corte, que deberá realizarse a la luz del día o luz artificial equivalente, cortando las almendras longitudinalmente.

e-Cuando la almendra presenta más de un defecto será anotada por el más perjudicial de éstos, de acuerdo a la lista dada anteriormente.

f-Deberá realizarse una prueba de aroma en las almendras cortadas.

5- Procedimiento de empaque

El cacao para exportación deberá ser empacado exclusivamente en sacos nuevos, limpios, resistentes, bien cocidos y de peso uniforme (0.750 kg). Estos se llenan con 60 kg de cacao beneficiado y marcados en un lugar visible de la siguiente forma: País-Nombre del producto-Tipo-Safra-Número de lote.

6- Procedimiento de almacenamiento

Las siguientes condiciones deberán ser mantenidas durante el almacenamiento con el fin de mantener la calidad lograda luego del beneficio:

a-El almacenamiento no debe alterar la humedad de las almendras, ni permitir el ataque de insectos y roedores.

b-Los sacos deberán ser apilados en estrados a, por lo menos, 15 cm del piso y 60 cm de las paredes.

c-El acomodo de los sacos deberá facilitar la toma de muestras.

d-Cada tipo o marca de cacao deberá ser mantenido en secciones diferentes del almacén.

e-No se deberá almacenar el cacao con mercancías que puedan contaminarlo, como: insecticidas, fertilizantes, combustibles, cemento y otros (CNCE,1974).

APENDICE 2

NORMAS TECNICAS PARA EL ALMACENAMIENTO DE CACAO A NIVEL DE FINCA (BRASIL)

1- Conservación de almendras de cacao

El cacao en almendra, bien fermentado y seco, almacenado en regiones de clima caliente y húmedo puede ser deteriorado y contaminado fácilmente, principalmente por el desarrollo de mohos y el ataque de insectos y roedores. Esta situación puede ser prevenida o combatida mediante el control del ambiente, el exterminio de los insectos y las medidas constructivas del almacén. En ese clima y en condiciones normales de almacenamiento, un cacao de tipo superior no podrá ser mantenido, sin riesgo, por periodos mayores a tres meses.

2- Almacén-construcción y sistemas de funcionamiento

En cuanto a la localización y orientación del almacén, este deberá obedecer los siguientes requisitos:

1- Ser construido en un lugar donde la humedad de grandes volúmenes de agua no le afecte, en suelos bien drenados, no expansivos y libres de termitas.

2- Tener el eje mayor orientado en sentido naciente-poniente.

3- Tener de ser posible aberturas de aireación dando hacia los vientos dominantes.

4- Permanecer tanto como sea posible aislado de otras construcciones.

5- En suelos arcillosos el almacén deberá ser construido sobre una base de concreto armado debidamente aumentado.

Las dimensiones y capacidad del almacén serán definidas con base a los parámetros que se presentan a continuación:

1- Producción anual de la finca, número medio de los días pico de producción (120 días) y tiempo máximo de almacenamiento previsible en esos picos.

2- La capacidad media de almacenamiento por unidad de superficie de almacenamiento es de 60 arrobas (690 kg) por m² de piso, de acuerdo a las recomendaciones constructivas dadas.

3- El área para manipulación de cacao en granel debe ocupar de 15 a 20% del área total del piso; la altura de las paredes deberá ser de 3,5 a 4,5 m, con las ventanas colocadas en las paredes norte y sur.

En lo que se refiere a las técnicas de construcción deberán tomarse en cuenta los siguientes aspectos:

1- Las bases deberán ser sólidas de modo que eviten filtraciones de humedad por las paredes.

2- El piso deberá ser impermeable, resistente, liso y con bordes redondeados para facilitar la limpieza. Los componentes de albañilería deben estar libres de sales solubles. Las argamasas no deberán ser más ricas que 1:6 en volumen de cemento y arena.

3- Las paredes, preferiblemente de elementos premoldeados, deben pintarse de colores claros.

4- Las paredes internas deben ser lisas, con esquinas redondeadas. Las ventanas deben tener los pretiles hacia el interior, lo que evita la acumulación de polvo y basura.

5- El techo puede ser de aguas inclinadas, con tejas de fibrocemento, de zinc o aluminio bien montado, de preferencia con forro; de modo que éste se constituya en una barrera entre las condiciones exteriores e interiores. Las uniones con las paredes deben ser bien terminadas de preferencia redondeadas.

Los principios de funcionamiento del almacén deberán basarse en los siguientes principios:

1- Para el combate de insectos y roedores deberán incluirse dispositivos contra el ataque. Además de las medidas constructivas mencionadas, deberá tenerse un cuidado especial con la conservación del local, para evitar agujeros y raspaduras.

Las puertas y ventanas deben ser las estrictamente necesarias de modo que aseguren un adecuado funcionamiento, iluminación, aereación y protección contra las plagas; para lograrlo deben tener un ajuste perfecto y duradero, permitiendo un perfecto cierre. Para evitar la entrada de insectos cuando puertas y ventanas están abiertas, deben ser protegidas exteriormente con una malla fina.

Para evitar la entrada de roedores y otros animales se deben usar materiales de comprobada resistencia, protegiendo todos los puntos de acceso y colocando en cada ventana una lámina metálica lisa en su base, dando al exterior.

b- Para el control de la humedad y la temperatura, se llevan a cabo ciertos procedimientos a través de dispositivos fácilmente instalables y medidas constructivas. Se debe utilizar en la medida de lo posible materiales prefabricados que se encuentren en equilibrio higroscópico con el ambiente, en el momento de la construcción, evitando así la humedad que un edificio construido de modo convencional mantiene luego de su terminación.

El almacén debe estar equipado con un sistema de ventilación, natural o forzada, que permita la entrada de aire del exterior cuando su humedad es inferior a la del almacén y su temperatura más alta.

Un sistema de ventilación natural debe poseer aberturas de aireación en la parte superior de las paredes laterales, ventanas con superficie de 15 a 20% del área del piso para almacenes de más de 70 m² y de 10 a 15 % para almacenes menores. Además debe tener aberturas próximas al piso,

provistas de sistemas de cierre interior, protegidas contra insectos y roedores y de un largo igual o mayor al de las ventanas y una altura de 25 cm. Los aleros de las ventanas deben prolongarse lo suficiente como para evitar la penetración de los rayos solares en las horas de mayor radiación y de la lluvia inesperada.

3- Normas de funcionamiento

1- Las almendras a almacenar deberán tener una humedad entre el 7 y el 8% y encontrarse libres de impurezas.

2- Para la manipulación de cacao a granel para el empaque, el almacén deberá tener una o dos esquinas revestidas de madera, ocupando de un 15 a un 20% del área del piso y las paredes adyacentes hasta 1,5 o 2 m de altura.

3- Después del empaque los sacos deberán ser empilados en un piso que no permita la condensación de la humedad en la superficie de contacto, como madera o asfalto; si el piso es de cemento se deberán usar estrados de madera.

4- El almacén deberá recibir dos limpiezas al año cuando no hay producción o cuando está vacío, con un desinfectante y/o un insecticida en las diferentes partes de la construcción (0.1% de piretrina más 1% de bitóxido de piperonila).

5- Si al almacenarse el cacao está húmedo en la superficie deberá volverse a secar.

6- Si durante el almacenamiento el cacao es atacado por insectos, se deberá fumigar con un producto a base de fosfina con una dosificación de materia activa para 25 sacos.

7- El sistema de aireación se debe mantener abierto en días soleados entre 9 y 16 h y mantenerlo cerrado en días lluviosos y noches (Serodio y Prado, 1979).