

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA**



**Diseño Tecnológico del proceso de elaboración del producto
“Chocomiel” para la empresa ZEAS APÍCOLA S.A.**

**TRABAJO DE DIPLOMA PARA OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERO QUÍMICO**

Presentado por:

Br. Gerson Boanerges Carballo Alvarado

Br. Milton José López Medina

Tutor:

Ing. Juan Alonso Santos

Managua, Nicaragua, diciembre 2020

Dedicatoria

A nuestros padres por su apoyo incondicional a lo largo de nuestros estudios, por siempre instarnos a cumplir el principal objetivo de ser profesionales integrales.

Agradecimientos

A nuestros padres, por su incondicional apoyo, su amor, dedicación y exigencia en toda nuestra formación académica y personal.

A Zeas Apícola por brindarnos la oportunidad de realizar este trabajo en su prestigiosa compañía.

Al Ingeniero Juan Alonso Santos, por todo su apoyo en el desarrollo de este trabajo.

A nuestras familias que de una u otra forma nos animaron para poder culminar nuestros estudios.

A los maestros de la Universidad que nos formaron a lo largo de la carrera.

OPINIÓN DEL CATEDRÁTICO GUÍA

El trabajo de Diploma realizado por los Bachilleres Gerson Boanerges Carballo Alvarado y Milton José Medina López titulado: “Diseño Tecnológico del proceso de elaboración del producto “*Chocomiel*” para la empresa ZEAS APÍCOLA S.A.”, es un trabajo de diseño de proceso enfocado en resolver directamente una necesidad en la industria, por lo cual representa una importante contribución en el campo de la Ingeniería Química.

Para llevar a cabo este trabajo se partió de la necesidad de ofrecer al mercado nicaragüense un nuevo producto, a base de miel y cacao por parte de la empresa Zeas Apícola, S.A., por lo que el desarrollo involucró desde la formulación del nuevo producto basados en pruebas de aceptabilidad, el diseño tecnológico del proceso, desarrollo de balances de materia y energía, la selección de equipos y su distribución, y la propuesta de ampliación de la planta para incluir la nueva línea de procesamiento de *Chocomiel*.

Durante la realización de este estudio pude comprobar que los Bachilleres Carballo y Medina realizaron una adecuada búsqueda bibliográfica para fundamentar el marco de referencia de esta investigación, evidenciada dentro del documento con la cantidad y variedad de referencias citadas en los distintos acápite del mismo. Además, el trabajo siguió los lineamientos propuestos en los instructivos de nuestra facultad respecto a los trabajos de diploma de diseño tecnológico.

En el proceso de realización de la monografía, los Brs. Carballo y Medina demostraron independencia para resolver problemas y tuvieron que aplicar múltiples competencias y destrezas adquiridas durante su formación en la carrera de Ingeniería Química; destacando que este trabajo consolida varias áreas de formación del Programa como son operaciones de balance de materia y energía, diseño de procesos y equipos, diseño de plantas, procesos tecnológicos de los alimentos, entre otras.

Como catedrático guía, considero que este documento cumple con los requisitos académicos e ingenieriles que exige un trabajo de diploma y además puedo dar fe de que el éxito del mismo se consolidó principalmente gracias a la iniciativa, dedicación y compromiso de los autores.

Por lo citado anteriormente, solicito a los honorables miembros del tribunal examinador evaluar el gran esfuerzo desarrollado y otorgar a los Bachilleres Gerson Carballo y Milton Medina el título de Ingeniero Químico.

Ing. Juan Manuel Alonso Santos
Tutor

Resumen

Este trabajo tuvo como fin formular un nuevo producto a base de materias primas de alto valor nutricional como lo es la miel de abeja africanizada y el cacao, que ayude a proporcionar un valor agregado a los productos y a su vez, diversificar las oportunidades de venta, orientándolo hacia el mercado nacional y extranjero simultáneamente en que incursiona la empresa Zeas Apícola bajo marca biibii. La empresa necesita desarrollar el diseño del producto y proceso de elaboración de *Chocomiel* y a la vez aprovechar al máximo los recursos disponibles.

Para el diseño de producto realizado, se han caracterizado las materias primas que se han de utilizar para obtener un producto de calidad, con una combinación de sabores que sea de la aceptación de sus clientes potenciales. Por ello, se ejecutaron pruebas hedónicas donde se determinó la fórmula con mayor beneplácito, sentando las bases para estimar los volúmenes de producción.

Durante la realización este trabajo se ejecutaron pruebas experimentales en la actual área de producción de *Chocomiel*, determinando las variables críticas del proceso y los parámetros de operación que se deben controlar, se proyectó un volumen productivo formulado a partir de estadísticas de ventas realizadas por la empresa.

Se seleccionaron los equipos tecnológicamente necesarios en función del volumen de producción estimado. Así mismo, se presentan los planos que contemplan la ampliación de la infraestructura, así como la distribución de los equipos dentro del área productiva. Se realizaron tomando en consideración flujo del personal, número de personas, procedencia de materia prima, tamaño de maquinaria, tiempos de residencia en los equipos e infraestructura.

El siguiente trabajo presenta las características de las materias primas idóneas para la producción de *Chocomiel*, pruebas de obtención de la mejor fórmula, selección de equipos y sus tecnologías adecuadas y finalmente una propuesta de distribución de proceso basada en el mejor ordenamiento técnico y crecimiento proyectado.

ÍNDICE

Contenido	Página
DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTOS	ii
OPINIÓN DEL CATEDRÁTICO GUÍA	iii
RESUMEN.....	iv
1 I INTRODUCCION	1
2 II OBJETIVOS.....	2
2.1 OBJETIVO GENERAL	2
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	2
3 III MARCO TEORICO	3
3.1 CARACTERIZACIÓN DE MATERIAS PRIMAS	3
3.1.1 Cacao	3
3.1.2 Miel	10
3.2 DETERMINACIÓN DE LA FÓRMULA MÁS ACEPTADA.....	13
3.2.1 Clasificación del producto Chocomiel.....	13
3.2.2 Proceso de producción de sirope de cacao.....	13
3.2.3 Pruebas Hedónicas.....	17
3.2.4 Población.....	19
3.2.5 Muestra.....	19
3.2.6 Diseño experimental	20
3.2.7 Tipos de diseños experimentales.....	20
3.3 SELECCIÓN TECNOLÓGICA DE EQUIPOS	21
3.3.1 Recepción de cacao	22
3.3.2 Selección.....	22
3.3.3 Tostado	22
3.3.4 Descascarillado	22
3.3.5 Molienda	23
3.3.6 Conchado y temperado	23
3.3.7 Mezcla.....	23
3.3.8 Envasado.....	23
3.4 DISEÑO DEL PROCESO PRODUCTIVO	24
3.4.1 Dimensionamiento de los equipos	24
3.4.2 Cálculos de diseño	28
3.4.3 Balance de energía.....	29
3.4.4 Selección de los equipos.....	31
3.4.5 Distribución de la línea de proceso	50
4 VI METODOLOGIA	54
4.1 CARACTERIZACIÓN DE MATERIAS PRIMAS.....	54
4.1.1 Selección del cacao	54
4.1.2 Selección de la miel	54
4.2 DETERMINACIÓN DE LA FÓRMULA MÁS ACEPTADA.....	54

4.2.2	<i>Población</i>	55
4.2.3	<i>Muestra</i>	56
4.2.4	<i>Diseño experimental</i>	56
4.3	SELECCIÓN TECNOLÓGICA DE EQUIPOS	59
4.3.1	<i>Recepción de cacao</i>	59
4.3.2	<i>Selección de cacao</i>	59
4.3.3	<i>Tostado</i>	59
4.3.4	<i>Descascarillado</i>	60
4.3.5	<i>Molienda</i>	60
4.3.6	<i>Conchado y temperado</i>	60
4.3.7	<i>Mezcla</i>	60
4.3.8	<i>Envasado</i>	60
4.4	DISEÑO DEL PROCESO PRODUCTIVO	61
4.4.1	<i>Dimensionamiento de equipos</i>	61
4.4.2	<i>Cálculos de diseño</i>	61
4.4.3	<i>Balance de energía</i>	61
4.4.4	<i>Selección de equipos</i>	61
4.4.5	<i>Distribución de la línea de proceso</i>	61
5	V RESULTADOS Y DISCUSIÓN	63
5.1	CARACTERIZACIÓN DE LA MATERIA PRIMA.....	63
5.1.1	<i>Selección del cacao</i>	63
5.1.2	<i>Selección de la miel</i>	63
5.2	DETERMINACIÓN DE LA FORMULACIÓN	64
5.2.2	<i>Población</i>	64
5.2.3	<i>Muestra</i>	64
5.2.4	<i>Diseño experimental</i>	65
5.3	SELECCIÓN TECNOLÓGICA DE EQUIPOS	67
5.3.1	<i>Recepción de cacao</i>	67
5.3.2	<i>Equipo de Selección</i>	67
5.3.3	<i>Tostado</i>	68
5.3.4	<i>Descascarillado</i>	68
5.3.5	<i>Molienda</i>	68
5.3.6	<i>Temperado</i>	69
5.3.7	<i>Mezcla</i>	69
5.3.8	<i>Envasado</i>	69
5.4	DISEÑO DEL PROCESO PRODUCTIVO	70
5.4.1	<i>Dimensionamiento de los equipos</i>	70
5.4.2	<i>Cálculos de diseño</i>	73
5.4.3	<i>Balance de energía</i>	74
5.4.4	<i>Distribución de línea de proceso</i>	78
6	VI CONCLUSIONES	83
7	VII RECOMENDACIONES	84
8	VIII BIBLIOGRAFÍA	85
9	IX ANEXOS	89

Índice de Tablas

Tabla 3.1 Características de grano bien fermentado con grano sin o mal fermentando.....	6
Tabla 3.2 Relación entre grados Brix y porcentaje de agua en miel de abeja Apis Melífera (<i>Ordetx, 1966</i>).....	12
Tabla 3.3 Parámetros de control en la etapa de temperado y conchado.....	30
Tabla 4.1 Formulación para el producto Chocomiel	55
Tabla 4.2 Matriz del diseño experimental 2 ^k	56
Tabla 4.3 Matriz diseño 2 ^k para resultados de sabor.....	57
Tabla 4.4 Matriz de diseño 2 ^k para resultados de olor	57
Tabla 4.5 Matriz de diseño 2 ^k para resultados de textura.....	57
Tabla 4.6 Matriz diseño 2 ^k para resultados promedios de sabor	57
Tabla 4.7 Matriz diseño 2 ^k para resultados promedios de olor	58
Tabla 4.8 Matriz diseño 2 ^k para resultados promedios de textura	58
Tabla 4.9 Matriz comparativa de resultados por formula	58
Tabla 4.10 Matriz para selección de distribución de planta	62
Tabla 5.1 Formulación para el producto Chocomiel	64
Tabla 5.2 Matriz diseño 2 ^k para resultados de sabor.....	65
Tabla 5.3 Matriz de diseño 2 ^k para resultados de olor	65
Tabla 5.4 Matriz de diseño 2 ^k para resultados de textura.....	65
Tabla 5.5 Matriz diseño 2 ^k para resultados promedios de sabor	66
Tabla 5.6 Matriz diseño 2 ^k para resultados promedios de olor	66
Tabla 5.7 Matriz diseño 2 ^k para resultados promedios de textura	66
Tabla 5.8 Matriz comparativa de resultados por formula	66
Tabla 5.9 Tipos de agitadores según la viscosidad del medio.....	69
Tabla 5.10 Matriz para selección de distribución de planta	79

Índice de Figuras

Figura 3.1 Prueba de corte en cacao (Aguilar, 2016).....	7
Figura 3.2 Cuarteo de granos de Cacao, (Aguilar, 2016).....	8
Figura 3.3 Clasificación visual de fermentación de cacao, (Swisscontact, 2014)...	9
Figura 3.4 Diagrama de flujo de proceso de elaboración de sirope de chocolate	14
Figura 3.5 Guía esquemática para el control de temperaturas para el temperado, (Pérez, 2006).	17
Figura 3.6 Ejemplo de ficha de prueba hedónica de 9 puntos, (Ibañez, 2001). ...	19
Figura 3.7 Silo de la empresa "silos metálicos."	31
Figura 3.8 Silo de la empresa "escasan"	32
Figura 3.9 Silo de la empresa "Sabina de ingeniería S.A.".....	32
Figura 3.10 Tolva de la empresa "plastitank"	33
Figura 3.11 Tolva de la empresa "Nicaragua Machinery Company"	33
Figura 3.12 Medidor de humedad para cacao de la empresa "AMTASTE"	34

Figura 3.13 Medidor de humedad para cacao de la empresa "PCE instruments".	35
Figura 3.14 Medidor de humedad para cacao de la empresa "PerkinElmer company".	35
Figura 3.15 Refractómetro de la empresa "Proster".	36
Figura 3.16 Refractómetro de la empresa "ACME".	37
Figura 3.17 Tostadora de cacao de la empresa "DELANI".	37
Figura 3.18 Tostadora de cacao de la empresa "VULCANOTEC".	38
Figura 3.19 Tostadora de cacao de la empresa "Fischer-Agro".	39
Figura 3.20 Tostadora de cacao de la empresa "Shandong Longchang Duohui Machinery Technology Co., Ltd".	39
Figura 3.21 Equipo para descascarillar del fabricante "RUNMAO MACHINERY".	40
Figura 3.22 Equipo para descascarillar del fabricante "Maquiagro".	41
Figura 3.23 Equipo para descascarillar del fabricante "DELANI".	41
Figura 3.24 Molino del fabricante "Maquiagro".	42
Figura 3.25 Molino del fabricante "Atrittor".	43
Figura 3.26 Molino del fabricante "Fischer Agro".	43
Figura 3.27 Molino del fabricante "Henan sunrise machinery".	44
Figura 3.28 Marmita del fabricante "FAGOR".	44
Figura 3.29 Marmita del fabricante "FAGOR".	45
Figura 3.30 Marmita del fabricante " Marengo Trading".	46
Figura 3.31 Hélice para líquidos viscosos del fabricante "TIMSA".	47
Figura 3.32 Hélice para líquidos viscosos del fabricante "TIMSA".	47
Figura 3.33 Hélice para líquidos viscosos del fabricante "TIMSA".	48
Figura 3.34 Llenadora semiautomática del fabricante "Tecni pac".	48
Figura 3.35 Llenadora semiautomática del fabricante "Maqpack".	49
Figura 3.36 Llenadora semiautomática del fabricante "F.C.L. Engineering".	49
Figura 3.37 Llenadora del fabricante "Bespacker".	50
Figura 5.1 Flujo de proceso en un día de producción de Chocomiel.	76
Figura 5.2 Planta de procesamiento de miel de la empresa Zeas Apícola.	80
Figura 5.3 Área de procesamiento de Chocomiel de la empresa Zeas Apícola ...	81
Figura 5.4 Planta de procesamiento de miel y Chocomiel de la empresa de Zeas Apícola	82

I INTRODUCCION

El cacao y la miel son alimentos producidos en Nicaragua, siendo el más exportado el cacao, el que es reconocido a nivel internacional por su fineza. La miel de abeja en los últimos diez años ha surgido como un producto de tendencia en el mercado nacional e internacional.

En la actualidad se ha observado la creación y crecimiento de empresas procesadoras de chocolate y fraccionadoras de miel, evidenciando que existe un nicho de mercado para ambos productos, demostrando que existe demanda a nivel nacional.

Pese al crecimiento del procesamiento del cacao y la miel la innovación se ha estancado ya que se observan los mismos productos terminados: Chocolate en el caso del cacao y en el caso de la miel no es sometida a ningún procesamiento o transformación, por lo que ambos productos no han sufrido una revolución en su “valor agregado”; creando una oportunidad para múltiples productos como: salsas, caramelos duros y siropes, siendo la *Chocomiel* perteneciente a esta categoría.

Sumado a la escasa generación de valor agregado de productos derivados de la miel de abeja y el cacao se encuentra la creciente tendencia mundial del consumo de alimentos sanos y más nutritivos, abriendo un mercado totalmente nuevo y muy poco explotado en Nicaragua, mercado en el cual las empresas deben ofertar alimentos sin preservantes artificiales o totalmente orgánicos.

La creación del producto *Chocomiel* supondría un impacto positivo a las finanzas de la empresa Zeas Apícola S.A. y diversificaría su mercado. Además, pequeños productores se beneficiarían al tener una empresa a la cual vender su producción de miel de abeja y cacao que no hayan cumplido con los estándares de exportación, siendo una fuente de ingresos adicional y estable.

Actualmente en el país no hay un producto parecido que logre combinar las materias primas antes mencionadas, presentándose la ocasión de ser pioneros y lograr un posicionamiento importante bajo una marca de prestigio nacional ante posibles importaciones de otros productos parecidos. Anteponiendo su calidad, *Chocomiel* tiene potencial de ser un producto exportable y al ya tener Zeas Apícola clientes internacionales aumenta la posibilidad de su distribución fuera del país.

En el presente trabajo se propone un diseño tecnológico para la línea de producción de un innovador producto llamado *Chocomiel*, el cual combina dos ingredientes reconocidos internacionalmente por su calidad, de origen natural y con un alto valor nutritivo como lo son el cacao y la miel de abeja.

II OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar tecnológicamente el proceso de elaboración del producto “*Chocomiel*” para la empresa ZEAS APÍCOLA S.A.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Caracterizar las materias primas disponibles para el proceso productivo del producto *Chocomiel*.
2. Determinar la formulación más aceptada mediante pruebas hedónicas para el producto *Chocomiel*.
3. Diseñar el proceso productivo para el producto *Chocomiel*.
4. Seleccionar la tecnología y equipos necesarios para el proceso productivo del *Chocomiel*.

III MARCO TEORICO

3.1 CARACTERIZACIÓN DE MATERIAS PRIMAS

3.1.1 Cacao

“El “Cacao” es usualmente el término utilizado para nombrar la planta *Theobroma cacao L.* y sus semillas fermentadas y secadas (CAOBISCO, 2015). El fruto de la planta se utiliza mundialmente como ingrediente para alimentos entre los que destaca el chocolate. El cacao es una planta originaria de la Amazonía que luego se extendió a América Central” (BCN, 2005).

Según Hardy (1961) el cacao era para los mayas una bebida fría preparada con o sin azúcar o leche. Los granos eran ocupados como medio de intercambio comercial. Colon llevó a Europa los granos como una curiosidad y España fue el primer país europeo que uso el cacao. La bebida se popularizó en Italia y Francia a principios del siglo XVII poco después en Holanda, Alemania e Inglaterra.

“El cacao fue llevado por los colonos europeos a África en 1879 a la costa de oro (como se llamaba la actual Ghana en ese entonces) y unos años después las plantaciones crecieron en otras partes de África. En 1910 la producción rivalizo con las haciendas productoras más antiguas de otros países” (Enríquez, 1985). “En la actualidad el continente africano es el responsable del 73 % de la producción mundial de cacao” (Arvelo *et al.*, 2016).

3.1.1.1 Tipos de cacao

Según Enríquez y Paredes (1983) “el cacao se clasifica en dos tipos, de acuerdo a las características otorgadas por su genética: El criollo y el forastero. Entre el criollo y el forastero se sitúa el tipo trinitario y que no es sino el resultado de una mezcla entre el criollo y el forastero”.

Cacao criollo

“El cacao criollo desarrollado en el norte de América del Sur y América Central, son frutos de finas paredes, de color rojo o amarillo. Las semillas son grandes, redondas, de color blanco o púrpura pálido, no astringente y son los que producen el chocolate más alta calidad. Por desgracia, los tipos criollo son de bajo rendimiento y susceptibles a muchas enfermedades y son raramente cultivados” (Medina *et al.*, 2012).

Cacao forastero

“Originarios de la Cuenca del Amazonas, son arboles robustos y grandes, hojas pequeñas, mazorcas tipo melonado, duro de cascara, grueso y liso, almendras

aplanadas y pigmentadas, tolerantes a plagas y se adaptan muy bien a diversos ambientes. El sabor de las almendras es muy ordinario y amargo” (INTA, 2009).

Cacao trinitario

“Son tipos generados por la hibridación de criollos y forasteros. Son muy heterogéneos genéticamente y morfológicamente, aunque no es posible delimitarlos a través de características externas comunes. Las plantas son robustas, con frutos verdes o pigmentados y con semillas que van del violeta oscuro al rosa pálido. Tienen su origen en Trinidad y Tobago y se presume que la hibridación fue el resultado de un proceso de cruzamiento espontáneo y natural, aunque de origen antrópico. Hoy su cultivo está ampliamente extendido en América y en algunos países de África (Trinidad y Tobago, Venezuela, Ecuador, México, Centro América, Camerún, Samoa, Sri Lanka, Java y Papúa Nueva Guinea) y representa alrededor del 15 % de la producción mundial. Sus granos bien procesados junto a los provenientes de cacaos criollos son reconocidos en el mercado por su calidad” (Arvelo *et al.*, 2016).

3.1.1.2 Derivados del grano cacao

En la industria moderna se debe lograr el mayor beneficio del producto y todos sus componentes y el grano de cacao no es la excepción, todos sus subproductos son utilizados, incluyendo la cascara.

Manteca de cacao

En su investigación Codini *et al.* (2004) afirma que “la manteca de cacao es una grasa polimorfa, extraída de la semilla del *Theobroma cacao*. Se utiliza principalmente en la elaboración del chocolate para conferirle los caracteres sensoriales y físicas, propios de este producto además es el ingrediente de mayor influencia en el costo del chocolate. Su composición es 98 % de triglicéridos, 1 % de ácidos grasos libres, 0,3-0,5 % de diglicéridos y 0,1 % de monoglicéridos”.

Torta de cacao

“La torta de cacao es el producto obtenido por eliminación completa o parcial de la grasa del cacao sin cáscara ni germen o del cacao en pasta” (OMS y ONU, 1995).

Cacao en polvo

“El cacao en polvo es el resultado de triturar la torta de cacao. Se suele utilizar en estado puro para repostería, decoración, etc. Su calor es caoba y sabor muy amargo” (Ortiz *et al.*, 2003).

Licor de cacao

Respecto al licor de cacao, Myriam (2015) afirma lo siguiente: “el licor de cacao surge en el proceso de molienda de los granos de cacao, en donde todos los granos

son fraccionados por lo que la grasa es liberada y debido a la fricción sube la temperatura por lo que la grasa liberada se funde formando una pasta. El tamaño de la partícula dependerá del tipo de licor de cacao que se quiere obtener, en dependencia del tamaño de partícula se utiliza para elaboración de chocolate o prensado. El licor de cacao se utiliza como insumo principal en la elaboración de chocolate y productos del cacao. El licor de cacao está compuesto por materia grasa, manteca de cacao, junto a otras partículas sólidas que constituyen la torta de cacao las mismas que se encuentran en suspensión en el licor de cacao”.

3.1.1.3 Cultivo de cacao en Nicaragua

Escobedo (2010) explica que los municipios que integran cada gran núcleo productivo son los siguientes:

- ✓ Waslala, Rancho Grande y Tuma-La Dalia
- ✓ Triángulo Minero (Siuna, Bonanza y Rosita)
- ✓ Matiguás, Muy Muy y Río Blanco
- ✓ San Carlos, Sábalos y El Castillo en Río San Juan
- ✓ El Rama, Muelle de los Bueyes, La Cruz de Río Grande y Nueva Guinea
- ✓ El Cuá, Wiwilí y San José de Bocay.
- ✓ Granada y Rivas

Según APEN (2017) “en Nicaragua entre el 2014 y 2015 se produjo 4670 toneladas métricas de cacao, 0.1 % del total mundial, de los cuales 3150 (67.5%) toneladas fueron exportadas y la otra parte es utilizada para consumo interno”.

3.1.1.4 Características relevantes para la selección del cacao

En la selección del cacao prevalecen dos criterios: Fermentación y humedad.

Fermentación del grano de cacao

Castillo (2011) señala que la fermentación “es el resultado de un proceso bioquímico de transformación externa e interna del cotiledón, que da como resultado la remoción de la pulpa externa que cubre el grano, la muerte del embrión, la conservación del cotiledón y la generación de los precursores del aroma y sabor del chocolate”.

De dicha etapa depende la calidad final del grano. En la tabla 3.1, Castillo resume las principales diferencias entre los granos fermentados y granos sin o mal fermentados.

Tabla 3.1 Características de grano bien fermentado con grano sin o mal fermentando

Grano seco bien fermentado	Grano seco sin fermentar o mal Fermentado
Hinchada o más gruesa	Más bien aplanada
La cáscara se separa fácilmente	Por lo general es difícil separar la cáscara
Color marrón o chocolate	Color violáceo en su interior o blanquecino
Naturaleza quebradiza	Naturaleza compacta
Sabor medianamente amargo	Sabor astringente
Aroma agradable	Aroma desagradable

Análisis de la fermentación

Para identificar la fermentación del grano de cacao se han investigado dos métodos. El método planteado por Castillo (2011) en su tesis “Control de calidad en el procesamiento del cacao en la Cooperativa La Campesina en el municipio de Matiguas”. El segundo método es el planteado por el organismo Swisscontact (2014) en “Guía de trabajo para el productor de cacao análisis físico y sensorial de muestras”.

Castillo (2011) afirma que “Para saber el porcentaje de fermentación se hace la prueba de corte, tomando una muestra de 50 granos por cada saco y se verifica que el porcentaje de fermento en el grano sea mayor o igual al 80%. Tiene que poseer buen olor, color y sabor. Al apretar el grano la cáscara debe romperse y crujir. Es necesario que el fermentado del grano de cacao se realice con los métodos adecuados ya que a la hora de la prueba de corte se verifica el porcentaje de fermentación que poseen, ya que de ello depende la calidad del producto final”.

Castillo continúa diciendo “Para este análisis se utiliza una guillotina con la que se realiza el corte del grano en dos mitades, pudiendo verificar de forma visual el porcentaje de fermento obtenido, en el cual debe presentar estrías profundas en el germen y ser de color marrón a marrón rojizo”.

Respecto a la prueba de corte, Aguilar (2016) nos propone las siguientes imágenes como guía, presentadas en la figura 3.1.

Por su parte, Swisscontact (2014) propone un método basado en el cuarteo e inspección de la cascara del grano de cacao, a continuación, su explicación:

Para la fermentación visual del cacao, se toma una muestra del lote de 5 kg se homogeneiza completamente sobre una mesa plana, con papel blanco o tabla blanca, luego de esta se toman cuatro muestras de 300 g y se limpian de manera

manual, donde se retiran los granos cortados, los granos secos, los trozos de “nibs” y cualquier contaminante físico ajeno al producto.

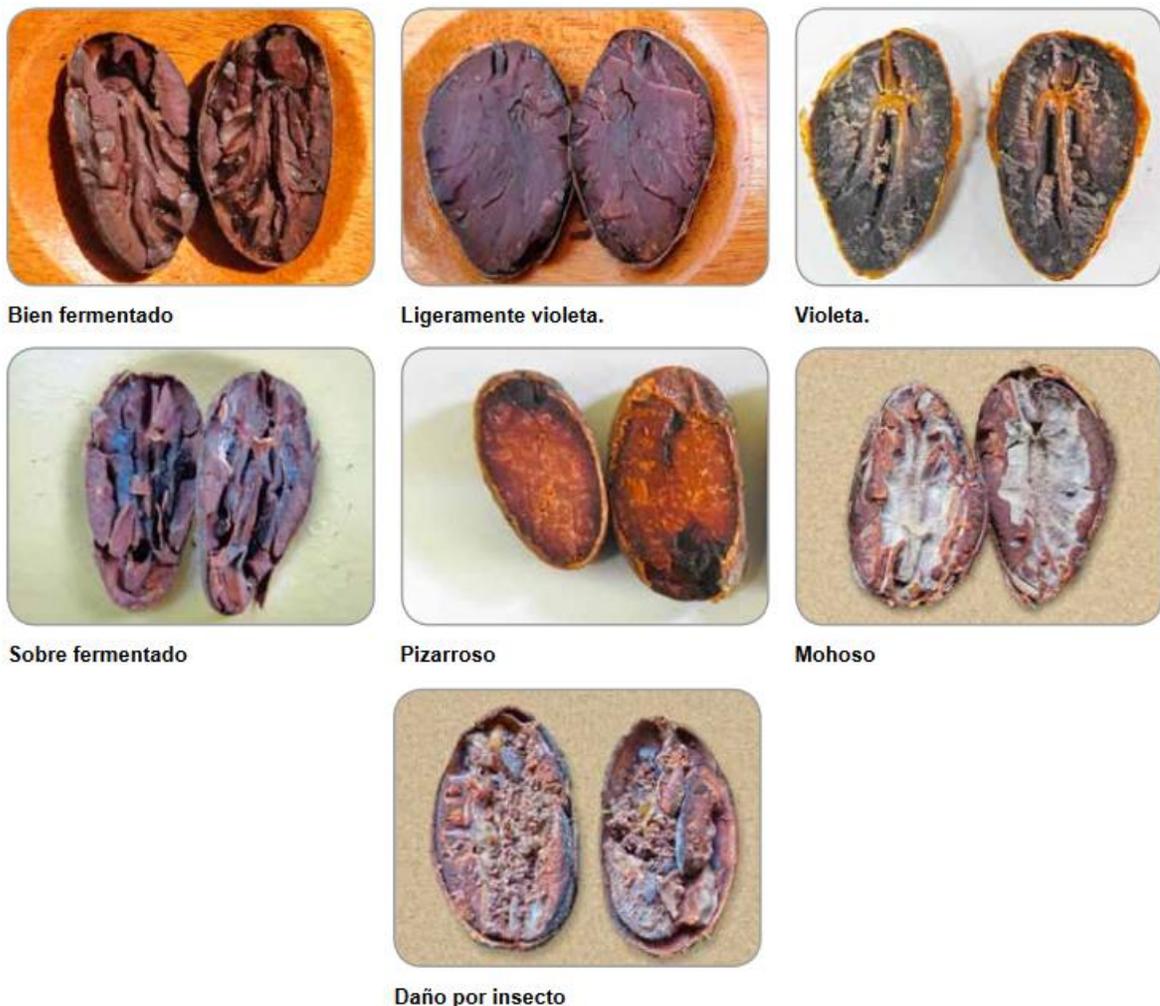


Figura 3.1 Prueba de corte en cacao (Aguilar, 2016).

Luego se mezcla hasta dejar una pila en forma cónica, luego se procede a aplanar la muestra hasta que esta quede esparcida sobre la superficie, después se divide la muestra en cuatro partes iguales (cuarteo). En la figura 3.2 se observa el cuarteo.

Una vez realizado el cuarteo, se toman dos partes opuestas y se guardan en el empaque original para otros análisis que se puedan requerir, luego se apilan las dos partes opuestas restantes, se aplanan y vuelven a dividir en cuatro partes totalmente iguales, tomar dos de esas partes y agréguelas a la bolsa inicial para almacenamiento de contra muestra.

Se toma la muestra restante, se pesan 300 g se limpia la muestra con el fin de sacar los granos defectuosos y contaminantes físicos que esta pueda contener y se toma nota del peso de la muestra limpia, de igual forma se pesa los contaminantes físicos y se calcula su porcentaje. Luego se cuentan cien (100) granos de cacao y

clasifíquelos de acuerdo a los grupos correspondientes, según los parámetros visuales de grano de cacao.



Figura 3.2 Cuarteo de granos de Cacao, (Aguilar, 2016).

En la figura 3.3 se observa la clasificación visual de granos de cacao, los grupos de clasificación se definen en cuanto a color de fermentación del grano de la siguiente forma:

Grupo 1: Granos del N° 1 al N° 5 (Sin fermentación o Falta de fermentación)

Grupo 2: Granos del N° 6 al N° 10 (Fermentado o Bien fermentado)

Grupo 3: Granos del N° 11 al N° 14 (Sobre fermentado o Mohoso)

La conclusión en el aspecto visual es el resultado de la suma de todos los granos de cada grupo. Se dice que el grupo con mayor cantidad de granos es el que va representar la muestra en general y se va clasificar con los siguientes criterios:

1. Falta de Fermentación o Sin fermentación (Negativo en el Aspecto Visual de la Muestra). Los granos del grupo 1 tienen por lo general un olor muy fuerte, asociado a la ropa sucia y húmeda o al chiquero de los marranos.

2. Fermentado o Bien Fermentado (Positivo en el Aspecto Visual de la Muestra). Los granos de grupo 2 tienen un olor menos fuerte que los del grupo 1. Su olor es dulce y agradable asociado a caramelo, panela, chocolate.

3. Sobre fermentado o Mohoso (Negativo en el Aspecto Visual de la Muestra). El grupo 3 incluye granos de cacao de color gris y/o mohoso; los granos de este tipo tienen un aroma asociado a hongos, tierra, humedad y putrefacción.

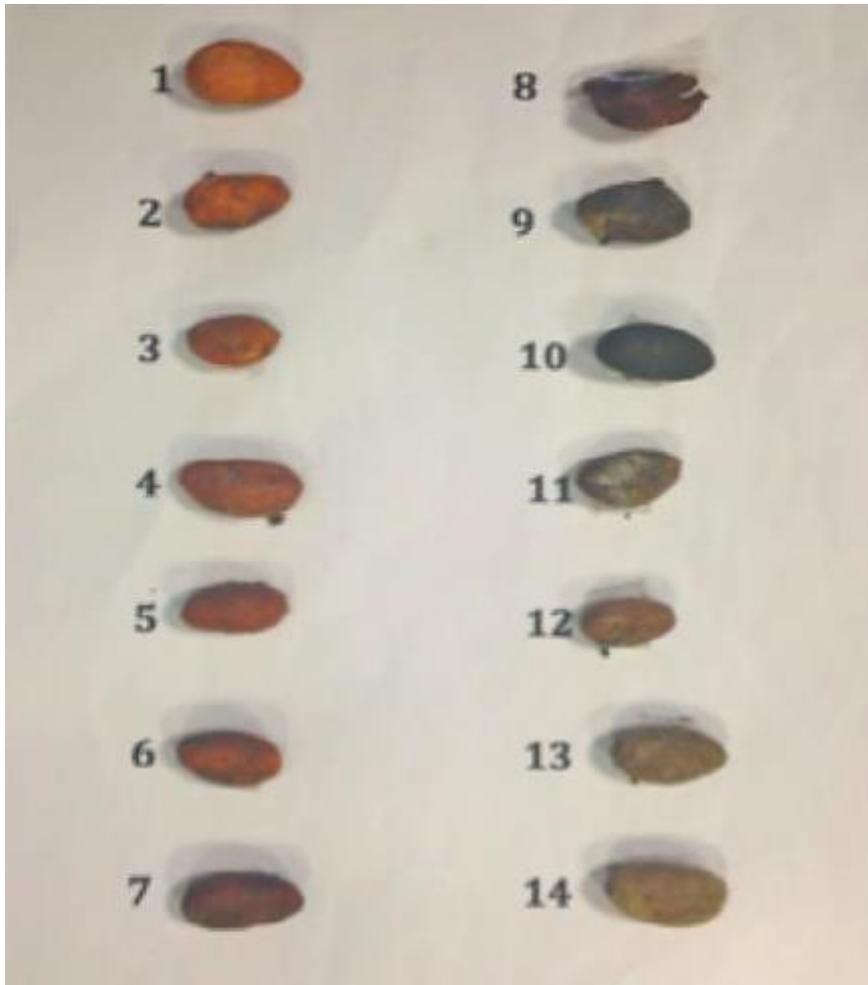


Figura 3.3 Clasificación visual de fermentación de cacao, (Swisscontact, 2014).

Análisis de humedad

Ospina Machado (2001) propone métodos directos para determinar el contenido de humedad afirmando que “son aquellos que miden directamente el contenido de agua del producto, por diferencia de peso, por reacción química o por absorbanza de luz”.

Machado propone los siguientes métodos:

- **Estufa:** Con circulación forzada de aire y al vacío.
- **Por destilación:** Brow y Duvel, utilizando aceite o Tolueno.
- **Químicos:** Karl Fisher o estequiométrico.
- **Absorción de rayos infrarrojos.**
- **Absorción Nuclear.**

3.1.2 Miel

“La miel es la sustancia dulce natural producida por abejas *Apis mellífera* a partir del néctar de las plantas o de secreciones de partes vivas de éstas o de excreciones de insectos succionadores de plantas que quedan sobre partes vivas de las mismas y que las abejas recogen, transforman y combinan con sustancias específicas propias, y depositan, deshidratan, almacenan y dejan en el panal para que madure” García (2005).

Según la Fundación Educación para el Desarrollo, FAUTAPO (2014) “la apicultura es una práctica en la cual a través del cuidado de las abejas obtenemos beneficios directos (miel, polen, propóleos, cera) e indirectos (polinización de las plantas). Una definición completa sería la ciencia aplicada que estudia la abeja melífera y que mediante el uso de tecnología se obtienen beneficios económicos”.

Sobre la composición de la miel Mendizábal (2005) nos expone “desde el punto de vista práctico, podemos decir que el néctar es la materia prima de la mayoría de las mieles, a las que aporta su principal componente: el azúcar. Botánicamente, el néctar es savia de la planta exudada por los nectarios de las flores para atraer y recompensar a los potenciales polinizadores. El néctar químicamente es una solución de azúcares y agua, que además incluye una pequeña proporción de otros productos químicos”.

3.1.2.1 Tipos de miel

En su libro *Dones del cielo. Abeja y miel en el mediterráneo antiguo*, Uriel (2012) nos describe la variedad de miel según su naturaleza, estas son las más conocidas y apreciadas desde la antigüedad:

- Clasificación por su origen temporal y estacional. Miel de invierno y verano.
- Por su origen geográfico. Dependiendo del área de producción de la miel, su naturaleza y composición se encuentra en relación con la flora de dicha área.
- Por su origen vegetal. Depende de las flores de las cuales las abejas han recolectado el néctar para producir la miel. De acuerdo con este origen se diferencian entre miel de flores y miel de rocío.
- Miel de flores, monofloral: Es la producida por las abejas a partir del néctar de las flores es transparente y espesa cuando es fresca y en la cual predomina el néctar de una especie de flor. Las más usuales son castaño, romero, tomillo, brezo, naranja, tilo, acacia eucalipto, lavanda, etc.
- Miel de flores, multifloral: Es la producida por las abejas a partir del néctar de las flores es transparente y espesa cuando es fresca y en la cual el néctar proviene de varias especies vegetales diferentes y en proporciones muy variables.

-
- Miel de rocío o de bosque: Es la producida por las abejas a partir de las secreciones dulces de insectos chupadoras de savia. Suele ser menos dulce, color oscuro y se solidifica con dificultad.

Sumadas a las mencionadas García (2005) añade clasificaciones según el método de obtención y elaboración.

3.1.2.2 Tipos de abejas

“Existen muchas especies diferentes de abejas. Todas las especies sacan néctar y el polen de las flores, pero pocas las especies almacenan el néctar en forma de miel. De las especies que almacenan miel, hay aún menos las que almacenan en suficiente cantidad para que valga el esfuerzo cosecharla. En regiones tropicales hay especies de abejas sin aguijón destacando la especie Trigona y Melipona. Por otro lado, existe la especie Apis la más utilizada en la apicultura” (Rodríguez, 2011).

Rodríguez continúa diciendo “actualmente se reconocen cuatro especies: Apis dorsata, Apis florea, Apis cerana y Apis melífera. La Apis melífera es la más utilizada en el mundo para las actividades de apicultura. Existen sub especies o razas de la Apis melífera las cuales pueden ser divididas según su origen: europeas, orientales y africanas”.

3.1.2.3 Apicultura en Nicaragua

“La expansión de la actividad apícola en el país genera impactos positivos para la economía de las familias rurales nicaragüenses, creando aproximadamente 1,494 empleos, los que incluyen 980 apicultores (el 87% hombres y el 13 % mujeres) y 514 empleados, de estos últimos el 22% son empleos permanentes y el 78% son temporales durante 6 meses del año. La oportunidad asociada con dicha actividad, se debe a que la apicultura es perfectamente compatible con otras actividades económicas tales como la agricultura; preferiblemente intensiva en cuanto a hortalizas, flores y árboles frutales” (Centeno y Rodríguez, 2016).

Centeno y Rodríguez continúan afirmando que “se manejan cerca de 23 mil colmenas con niveles de rendimiento que oscilan entre 30 a 40 kilogramos por colmena, producción que podría incrementarse mejorando los niveles tecnológicos de las colmenas y un adecuado manejo y control de las enfermedades que actualmente afectan la apicultura en el país. El 80% de las colmenas de Nicaragua están concentradas en 5 Departamentos, ellos son: León con el 21%, Chinandega con el 20%, Boaco con el 16%, Managua con el 14% y Matagalpa con el 9%, el restante 20% de colmenas se encuentran distribuidas en 10 Departamentos más en donde se reporta actividad apícola. A lo largo del territorio nacional se encuentran distribuidos unos 1,287 apiarios de entre colmenas productivas de dos y tres alzas, cámaras de cría y núcleos”.

3.1.2.4 Características relevantes para la selección de la miel

En la selección de la miel prevalecen los siguientes criterios: características fisicoquímicas, tipo de miel y propiedades organolépticas.

Características fisicoquímicas

Los factores fisicoquímicos influyentes son la humedad y los grados Brix. Los Brix representan la cantidad de azúcares totales en la miel y la humedad, representa el porcentaje de actividad de agua en la miel. La medición de los grados Brix y la humedad en la miel se realiza utilizando un refractómetro.

Existe una relación entre los grados Brix y la humedad. En la tabla 3.2 (Ordetx, 1966) propone una relación entre los grados Brix y humedad.

Tabla 3.2 Relación entre grados Brix y porcentaje de agua en miel de abeja Apis Melífera (Ordetx, 1966)

%Humedad	Grados Brix a 20°C	%Humedad	Grados Brix a 20°C
13.0	85.66	17.5	80.93
13.5	85.13	18.0	80.42
14.0	84.61	18.5	79.90
14.5	84.07	19.0	79.39
15.0	83.55	19.5	78.87
15.5	83.02	20.0	78.35
16.0	82.50	20.5	77.84
16.5	81.97	21.0	77.31
17.0	81.45		

Tipo de miel

La información sobre los tipos de miel fue presentada en la sección anterior 3.1.2.1 *Tipos de miel*.

Características organolépticas

El sabor y el olor están muy relacionados al origen de la miel, es decir la procedencia del néctar utilizado por las abejas para elaborar la miel.

En la industria se distinguen dos tipos de mieles que engloban las dos características organolépticas más usuales: Miel clara y miel oscura.

Miel clara: Proviene de flora de árboles de madera preciosa, cítricos, mangle rojo y de floraciones rastreras. Es de sabor más dulce, olor moderado y agradable.

Miel oscura: Proviene de flora de árboles frutales, flor de árboles de jícara, carao, jicote. Es de sabor más fuerte separándose del sabor dulce, olor fuerte y poco aceptado.

3.2 DETERMINACIÓN DE LA FÓRMULA MÁS ACEPTADA

Previo a la teoría y análisis referente a la fórmula más aceptada se presentará la clasificación correspondiente del *Chocomiel* como alimento y posteriormente el proceso productivo.

3.2.1 Clasificación del producto *Chocomiel*

Debido a los ingredientes y las características organolépticas la *Chocomiel* se encuentra dentro de la categoría de **siropes**, siendo en este caso un **sirope de chocolate**.

No existe una Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense para productos parecidos al sirope de chocolate de igual forma no hay características definidas ni definición para el sirope de chocolate en el CODEX STAN para el chocolate y los productos del chocolate, por lo tanto, se presenta un concepto de definición propia a partir de distintas fuentes.

El producto sirope de chocolate es un compuesto consistente a base de una mezcla de sirope de azúcar y licor de cacao. El licor de cacao fue descrito anteriormente en el inciso 3.1.1.2 *derivados del grano cacao*.

El sirope, puede referirse a una mezcla entre azúcar (de caña o trigo) con agua, en donde la concentración del azúcar varía según el uso del sirope, pero también sirope puede referirse al resultado de la extracción de la savia de diferentes plantas a las que, tras su extracción, se les elimina parte del agua y se concentran los azúcares. Los siropes más usuales son de arce, de arroz, de cebada, de manzana y de agave.

3.2.2 Proceso de producción de sirope de cacao

En la figura 3.4 se presentan las etapas para la producción de un sirope de chocolate.

3.2.2.1 Recepción del cacao

El cacao que llega a planta es almacenado, a la espera de su uso en el proceso dependiendo de la cantidad de producto que se desea obtener.

Respecto al almacenamiento Gustavo (1998) afirma que: “para el almacenamiento se debe considerar la temperatura y la humedad, que son los dos factores más importantes. Se han realizado varios estudios y se conoce las condiciones de

temperatura y humedad que son las óptimas para el almacenamiento y transporte, considerando que el transporte es una parte del almacenamiento en movimiento”.

Por su parte, Enríquez (1985) nos dice “las almendras (de cacao) son altamente higroscópicas y absorben la humedad rápidamente. Si se almacenan almendras con menos de 8% de humedad estas pueden mantenerse en equilibrio en medios menores de 75% de humedad relativa, por tiempo de aproximadamente 5 meses. Se debe controlar que la temperatura se encuentre lo más baja posible”.

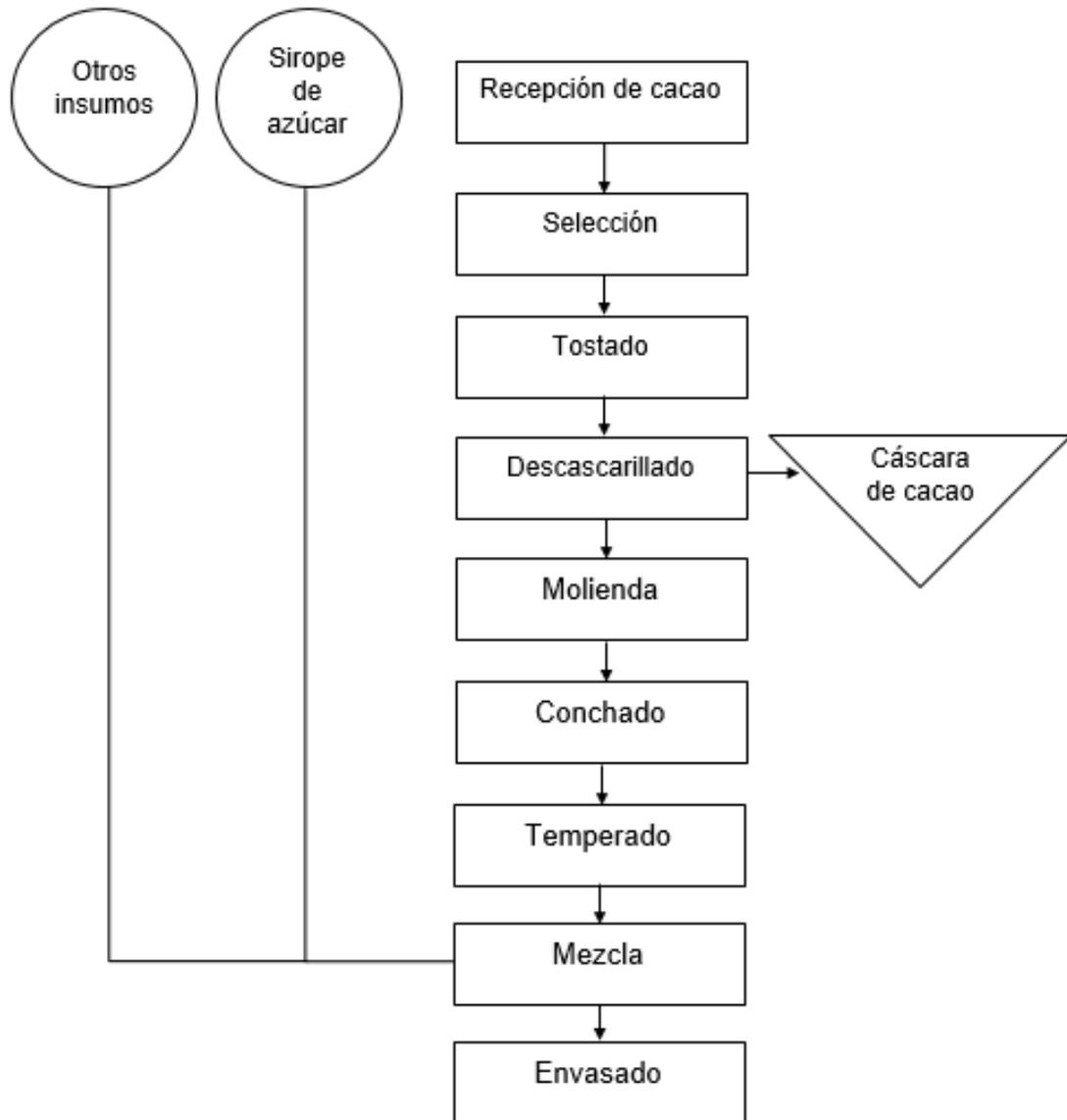


Figura 3.4 Diagrama de flujo de proceso de elaboración de sirope de chocolate

Enríquez continúa diciendo “el máximo de humedad en la cual se puede conservar el cacao por corto tiempo es de 82%. Las almendras comienzan a deteriorarse

cuando la humedad del grano aumenta más del 8% lo que significa que el cacao no se puede almacenar si no hay buen control de la humedad relativa de la bodega”.

Finalmente, Moreno (1989) propone que “Los granos se empacan en sacos limpios y se acomodan sobre estibas o parrillas de madera para que no hagan contacto directo con el piso”.

3.2.2.2 Selección

Una vez recibido el cacao, los granos deben ser seleccionados antes de ser procesados, para eliminar los granos de cacao con mala fermentación, desviados de humedad y con crecimiento de moho en cascara u otras desviaciones apreciables visualmente. Los análisis de calidad más relevantes son los de fermentación y humedad, descritos en el inciso *3.1.1.4 Características relevantes para la selección del cacao*.

3.2.2.3 Tostado

“El tueste es esencial para que se desarrolle el sabor de los precursores (polifenoles, taninos) que se forman durante la fermentación, además le confiere su color pardo y para conseguir unas condiciones en las que sea posible la separación de la cáscara y el cotiledón. En general, la operación se controla de manera que el grano se caliente a la temperatura requerida sin que llegue a quemarse la cáscara y las partes más externas del cotiledón” (Irlanda, 2013).

Irlanda continúa diciendo “La temperatura correcta varía con el tipo de grano; temperaturas demasiado altas producen sabores indeseables. Además, el tueste rebaja el contenido de humedad a un nivel aceptable”.

Hay múltiples variantes de la relación entre tiempo y temperatura óptima para realizar el tostado del cacao. En su estudio Rocha *et al.* (2017) encontró que las temperaturas de tostado del grano de cacao entre 20 a 60 minutos a 90 °C y 110 °C se obtiene mayor aceptación en el sabor y aroma en chocolates. Según los resultados obtenidos por Calderon *et al.* (2016), una temperatura de procesamiento de 110.0±0.5 °C y tiempo de 90.0±0.5 min se alcanza la mejor recuperación de polifenoles totales. En su tesis, Aldave (2016) obtuvo que el mejor resultado organoléptico elegido por seis jueces es una relación de temperatura de 130 °C por 50 minutos.

3.2.2.4 Descascarillado

“Después del tostado y del secado, se hace la trituration de los granos. Esta operación tiene gran importancia, porque, además de romper los granos en pequeños fragmentos, elimina por completo las cascarillas y el germen. El cacao descascarado va cayendo en una criba, que deja pasar las materias extrañas y el

germen para luego por medio de un ventilador enviar el polvo y las cáscaras al exterior” (Velasteguí, 2010).

3.2.2.5 Molienda

Beckett (2015) afirma “hay dos objetivos importantes cuando se muele la semilla de cacao. La primera es hacer que las partículas de cacao sean lo suficientemente pequeñas para que puedan convertirse en chocolate. La segunda razón más importante es eliminar tanta grasa como sea posible desde los granos de cacao dentro de los cotiledones. La grasa es necesaria para ayudar a la fluidez del licor de cacao, tanto al hacer los dulces y también cuando se derrite en la boca”.

Complementando lo antes mencionado, Alegria (2015) agrega “se reduce el tamaño de partícula hasta un diámetro de 2 – 10 micrómetros. Debido a la fricción generada y el contenido de grasa del cacao se crean temperaturas de hasta 50 °C lo cual hace que la pasta alcance una consistencia de fluido viscosa. En esta operación se utilizan molinos de piedras, bolas, martillo o discos”.

3.2.2.6 Conchado

En su libro “Cacao: Tesoro de la Amazonia” (Loyola, 2018) describe la etapa de conchado de la siguiente forma “La masa de cacao ya molida entra en la máquina de conchado para una última etapa de refinamiento. Este aparato bate el chocolate a gran velocidad y hace que, microscópicamente, las partículas sean recubiertas de manera homogénea por la manteca. El proceso de conchado promueve el desarrollo de aromas, la viscosidad y la textura final del chocolate gracias al uso de temperaturas elevadas y a la mezcla constante de por varias horas. Los tiempos y las temperaturas varían, pero, habitualmente, son de 16 a 24 horas y de hasta 60 °C para productos con leche en polvo y durante 8 horas entre 70 y 82 °C para chocolates oscuros”.

3.2.2.7 Temperado

“El temperado es un proceso en el cual aumentamos y disminuimos la temperatura del chocolate (licor de cacao en nuestro caso) para permitir que se formen cristales. Ciertos cristales forman una estructura que da como resultado un chocolate estable con un aspecto brillante, un broche agradable y una textura suave. Los cristales de manteca de cacao pueden juntarse (molecularmente) en seis formas. Cada forma cristalina tiene un punto de fusión diferente y cuanto mayor es la forma, mayor es el punto de fusión. En otras palabras, la Forma I tiene una estructura cristalina con el punto de fusión más bajo (16 - 18 ° C) mientras que la estructura de la Forma VI tiene la más alta (34 - 36 ° C). Primero, elevamos la temperatura del chocolate a 50 - 54 ° C para derretir cualquier cristal que pueda haberse formado. Luego, bajamos la temperatura y agitamos el chocolate para fomentar el desarrollo de una estructura

cristalina de Forma V ya que la forma V contiene los cristales de manteca de cacao más estables” (Minifie, 2012).

Pérez (2006) propone un esquema como guía de las temperaturas a utilizar para realizar el temperado. El esquema se observa en la figura 3.5.

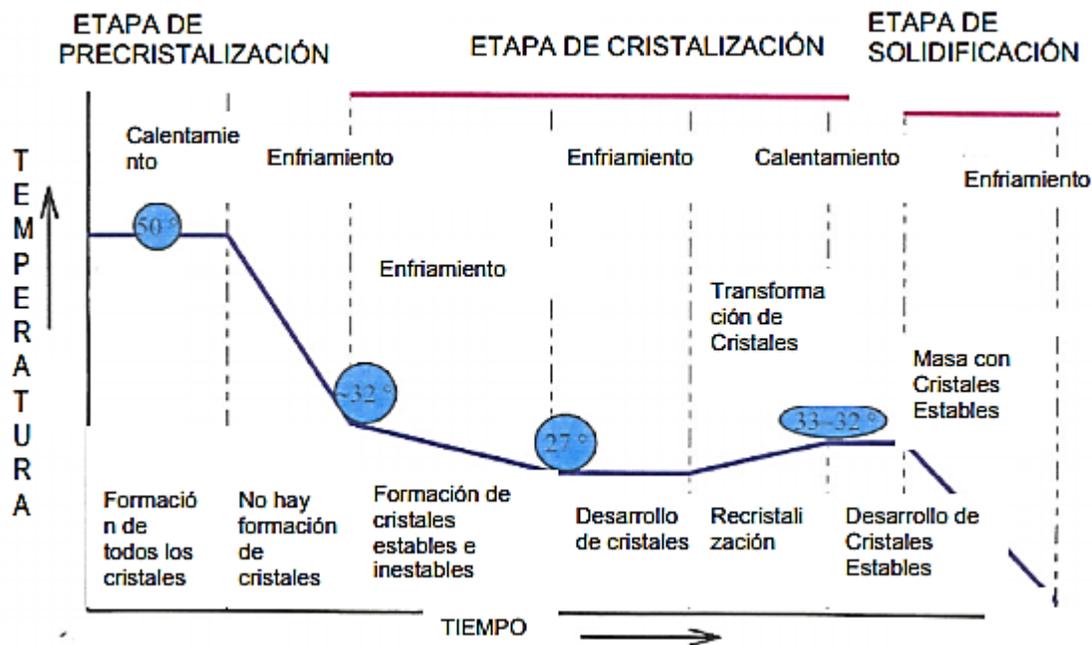


Figura 3.5 Guía esquemática para el control de temperaturas para el temperado, (Pérez, 2006).

3.2.2.8 Mezcla

En esta etapa se mezcla el sirope de azúcar con el licor de cacao a temperaturas controladas entre 50-60°C por 20 minutos, sin hacer perder las propiedades benéficas en el consumo de los dos principales productos.

Para obtener un producto final homogéneo es necesario adicionar un estabilizador para obtener la textura deseada y garantizar la mezcla, dado que los principales componentes del cacao (grasa vegetal), tienden a separarse al ser combinados con la miel de abeja formando posteriormente a la mezcla cristales de grasa de cacao.

3.2.2.9 Envasado

Finalmente, el producto es envasado con el tipo de recipiente establecido, tomando en cuenta el material, forma y condiciones de almacenamiento.

3.2.3 Pruebas Hedónicas

“Las pruebas hedónicas están destinadas a medir cuanto agrada o desagrade un producto. Para estas pruebas se utilizan escalas categorizadas, que pueden tener diferente número de categorías y que comúnmente van desde “me gusta

muchísimo”, pasando por “no me gusta ni me disgusta”, hasta “me disgusta muchísimo”. Los panelistas indican el grado en que les agrada cada muestra, escogiendo la categoría apropiada” (Watts y Centre, 1992).

Las pruebas hedónicas son utilizadas para saber la opinión de la población respecto a las distintas fórmulas del producto *Chocomiel*.

Valls (1999) nos explica que “El propio grupo de individuos es ya un punto a tener en cuenta ya que los consumidores (que siempre deben ser catadores inexpertos), pueden ser elegidos al azar o bien seleccionados por aspectos concretos: edad, sexo, capacidad económica, hábitos sociales o de consumo, etc. A estos individuos se les puede abordar en la calle, citarlos en un estudio o sala donde se les hará la prueba o darles el producto para que toda la familia lo ensaye en su propio domicilio y cada una de estas circunstancias definirá un tipo de comportamiento, que a su vez podrá ser influido por las explicaciones previas a la pregunta o preguntas claves de la prueba”.

Valls continúa diciendo, “normalmente los ensayos de preferencia se suelen hacer lo más aproximado a la realidad, en ensayos de situación natural de “de campo” (en la calle, en sala o en domicilio), pero en algunos casos puede estar indicado realizarlos en laboratorio y en condiciones más controladas”.

3.2.3.1 Método de obtención de datos

Para la elección de la fórmula idónea del producto se ocupa un método de obtención de datos, las pruebas hedónicas tienen su propio mecanismo de obtención de datos. En su libro “Análisis sensorial de los alimentos: métodos y aplicaciones” Ibañez (2001) la llama “Escala semántica”.

Sobre la escala semántica Ibañez dice lo siguiente “Mediante estas escalas se describe verbalmente la sensación generada por los productos. Este tipo de escalas se han desarrollado y se han utilizado con gran variedad de productos y con bastante éxito. Son fáciles de entender y realizar y pueden ser reproducibles con distintos grupos de sujetos. Se recomienda que tenga un número impar de puntos, de tal modo que el punto medio corresponda a la opción “ni me gusta ni me disgusta”. Si bien el número máximo de puntos que pueden disponerse en este tipo de escala es de 9 y el mínimo de 3, son más apropiadas las escalas de 5 o de 7 puntos. Ello se debe a que, en el caso de una escala de 9 o más puntos, los sujetos tienen dificultades para decidir entre dos puntos sucesivos. Por el contrario, las escalas de 3 puntos, si bien resultan ser las más sencillas, sólo pueden aplicarse en la evaluación de dos muestras como máximo”.

En la figura 3.6 se observa un ejemplo de cuestionario con una escala hedónica de 9 puntos propuesto por Ibañez.

Ejemplo de ficha basada en una escala hedónica con 9 puntos para evaluar el grado de satisfacción de cuatro productos. Entre paréntesis se señalan las dos posibles transformaciones de las respuestas (es preferible que no figuren en el cuestionario ya que podría condicionar la respuesta de los evaluadores).

Nombre _____ Fecha _____

Se le presentan cuatro productos codificados. Por favor, pruebe cada uno ellos y señale con una x el término que refleja mejor su actitud hacia cada uno de los productos.

	(Puntuación)	Producto 451	Producto 023	Producto 876	Producto 192
Altamente agradable	(9 4)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Muy agradable	(8 3)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Moderadamente agradable	(7 2)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ligeramente agradable	(6 1)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ni agradable ni desagradable	(5 0)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ligeramente desagradable	(4 -1)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Moderadamente desagradable	(3 -2)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Muy desagradable	(2 -3)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Altamente desagradable	(1 -4)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Figura 3.6 Ejemplo de ficha de prueba hedónica de 9 puntos, (Ibañez, 2001).

Sobre el ejemplo Ibañez continúa diciendo “Para el tratamiento estadístico de los resultados obtenido mediante esta escala, se pueden transformar las respuestas en números, existiendo dos alternativas:

- Asignar valores de 1, para el extremo inferior “altamente desagradable” y 9, para el extremo superior “altamente agradable”.
- Asociar la calificación de 0 al punto medio “ni agradable ni desagradable” de manera que los puntos que estén encima de este valor sean valores positivos y los que estén por debajo sean negativos”.

3.2.4 Población

“Una población es un conjunto de medidas o el recuento de todos los elementos que presentan una característica común. El termino población se usa para denotar el conjunto de elementos del cual se extrae la muestra” (Martínez, 2012).

3.2.5 Muestra

“Una muestra es un subgrupo de la población de interés sobre el cual se recolectarán datos y que tiene que definirse y delimitarse de antemano con precisión, además de que debe ser representativo de la población. El investigador pretende que los resultados encontrados en la muestra se generalicen o extrapolen a la población (en el sentido de la validez externa que se comentó al hablar de experimentos). El interés es que la muestra sea estadísticamente representativa” (Sampieri *et al.*, 2014).

3.2.5.1 Muestreo no probabilístico

“Una muestra no probabilística corresponde a la selección de las unidades o elementos, según el criterio o conveniencia del investigador. En estos casos, algunas unidades tienen mayor posibilidad que otras de ser seleccionadas; por tal razón no se puede determinar la validez, ni la confianza que merecen dichos resultados” (Martínez, 2012).

Algunos de los tipos de muestreo no probabilístico son: Basada en los sujetos disponibles, muestra intencional o discrecional, muestreo de bola de nieve y muestreo por cuotas.

3.2.5.2 Muestreo probabilístico

“En las muestras probabilísticas, todos los elementos de la población tienen la misma posibilidad de ser escogidos para la muestra y se obtienen definiendo las características de la población y el tamaño de la muestra y por medio de una selección aleatoria o mecánica de las unidades de muestreo/análisis” (Sampieri *et al.*, 2014).

Algunos de los tipos de muestreos probabilísticos son: Muestreo aleatorio simple, muestreo sistemático, muestreo estratificado y muestreo por conglomerados

3.2.6 Diseño experimental

Para Kuehl (2001) “el diseño experimental es el arreglo de las unidades experimentales utilizado para controlar el error experimental, a la vez que acomoda los tratamientos. Existe en la literatura una amplia variedad de arreglos diseñados para controlar el error experimental y se observa una tendencia natural a diseñar los experimentos de acuerdo con diseños ya existentes. Pero desarrollar un diseño de experimento que satisfaga la demanda del experimento que se está realizando es una actitud más adecuada. Sampieri *et al.* (2014) agregan que el diseño experimental se utiliza cuando el investigador pretende establecer el posible efecto de una causa que se manipula. Pero, para establecer influencias (por ejemplo, decir que el tratamiento psicológico reduce la depresión), se deben cubrir varios requisitos”.

3.2.7 Tipos de diseños experimentales

3.2.7.1 Diseño factorial ANOVA

Resumiendo lo que dice Montgomery (2005) podemos decir que el procedimiento correcto para probar la igualdad de varias medidas es el análisis de varianza. En donde se tienen a tratamientos o niveles diferentes de un solo factor que quieren

compararse. La respuesta observada de cada uno de los t tratamientos es una variable aleatoria. En general habrá " n " observaciones bajo el tratamiento.

3.2.7.2 Diseño de bloques completos aleatorizados

"En general la bloquización es un método para reducir la variación del error experimental, agrupa las unidades en bloques para comparar tratamientos en un medio más homogéneo. El objetivo es tener comparaciones precisas entre los tratamientos de los estudios de investigación. La bloquización es un medio para reducir y controlar la varianza del error experimental con el fin de lograr una mayor precisión. El diseño de bloques completos aleatorizados es el más sencillo de este tipo de diseños utilizados para controlar y reducir el error experimental, en él las unidades experimentales quedan estratificadas en bloques de unidades homogéneas cada tratamiento se asigna al azar a un número igual (por lo general uno) de unidades experimentales en un bloque" (Kuehl, 2001).

3.2.7.3 Diseño factorial

"Los diseños factoriales son los más eficientes en experimentos que interviene el estudio de los efectos de dos o más factores. Por diseño factorial se entiende que en cada ensayo o replica completa del experimento se investiga todas las combinaciones posibles de los niveles de los factores. Por ejemplo, si el factor "A" tiene " a " niveles y el factor "B" tiene " b " niveles, cada replica contiene todas las " ab " combinaciones de los tratamientos. Los diseños factoriales ofrecen varias ventajas. Son más eficientes que los experimentos de un factor a la vez. Además, un diseño factorial es necesario cuando puede haber interacciones presentes a fin de evitar llegar a conclusiones incorrectas. Por último, los diseños factoriales permiten la estimación de los efectos de un factor con varios niveles de los factores restantes" (Montgomery, 2005).

Montgomery continúa explicando "los tipos más simples de diseños factoriales incluyen únicamente dos factores o conjunto de tratamientos. El más importante de estos casos es el de " k " factores cada uno con solo dos niveles. Estos niveles pueden ser cuantitativos como valores de temperatura, tiempo o bien cualitativos como dos máquinas, dos operadores o los niveles "alto" y "bajo" de un factor. Una réplica completa de este diseño requiere $2 \times 2 \times \dots \times 2 = 2^k$ observaciones y se le llama diseño factorial 2^k ".

3.3 SELECCIÓN TECNOLÓGICA DE EQUIPOS

A continuación, se presentan las tecnologías más utilizadas para cada etapa del proceso productivo de sirope de chocolate.

3.3.1 Recepción de cacao

Los métodos usualmente utilizados en la industria para el almacenamiento de granos son:

- Almacenamiento a granel
- Almacenamiento en silos (Torre, bolsa y trinchera)
- Almacenamiento en tolvas

3.3.2 Selección

3.3.2.1 Cacao

Anteriormente en el inciso 3.1.1.4 *Características relevantes para la selección del cacao* se detallaron los posibles métodos para medir la humedad en los granos de cacao, en dependencia del método se elige la tecnología a utilizar. En el caso de la fermentación se utilizan cajones de madera y en algunos lugares tienen establecidas técnicas para monitorear y manipular la fermentación.

En inciso 3.4.4 *Selección de los equipos* se presenta la disponibilidad de medidores de humedad en granos de cacao en la industria.

3.3.2.2 Miel

Anteriormente en el inciso 3.1.2.4 *Características relevantes para la selección de la miel* ya se especificó que la refractometría es el principio más utilizado y aceptado en la industria para la medición de humedad y grados Brix en la miel por lo que se utilizará un refractómetro para la selección de la miel de abeja.

En inciso 3.4.4 *Selección de los equipos* se presenta la disponibilidad de refractómetros en la industria.

3.3.3 Tostado

En el tostado los equipos utilizados en la industria son:

- Sistemas de tambor
- Sistemas de convección
- Sistemas de lecho fluido
- Tostadora de Tamices transportadores, rotatorios y torrefacción

3.3.4 Descascarillado

Para el descascarillado de granos los equipos utilizados en la industria son los trituradores, los cuales pueden ser:

- Trituradores rodillo liso
- Trituradores rodillo dentado

3.3.5 Molienda

Para la molienda de granos las tecnologías principalmente utilizadas son el molino de rodillo y molino de disco.

3.3.6 Conchado y temperado

Las actividades de conchado y temperado utilizan el mismo equipo para su funcionamiento, un tanque estilo marmita por lo tanto los cálculos aplican para las dos etapas de proceso.

3.3.6.1 Marmita

Romero (2004) describe las marmitas como “Recipientes herméticos a la acción del calor generando simultáneamente presión y temperatura que faciliten las tareas de cocción, pasteurización, esterilización y demás procesos en donde estas dos variables deban ser aplicadas”.

Romero continúa diciendo “En general son cilíndricas por facilidad de diseño y construcción, sus tapas pueden ser planas o esféricas, en donde se instalan manómetros, termómetro y una válvula de alivio o de seguridad que descarga la presión cuando esta llega a un valor predeterminado”.

Finalmente, Romero afirma “cuando el producto a procesar demanda agitación, se instala sobre la tapa de la marmita un moto-reductor el cual tiene un eje de salida de bajas revoluciones que lo atraviesa y que evita la salida de vapor mediante un dispositivo llamado prensa-estopa. En el extremo del eje se colocan las aspas o paletas de agitación”.

Entre los criterios a elegir se encuentran:

- Fuente de calor: Vapor, gas o fuego directo
- Marmita abierta o cerrada.

3.3.7 Mezcla

Según McCabe *et al.* (1981) “Los tipos de hélices o agitadores más utilizados para la mezcla de fluidos en la industria de alimentos son agitadores de hélice, paletas y turbina”.

3.3.8 Envasado

Para los tipos de envasadoras, Cruz (2010) propone las siguientes clasificaciones:

- Envasadoras de baja capacidad
- Envasadoras lineales
- Envasadoras rotativas

3.4 DISEÑO DEL PROCESO PRODUCTIVO

El diseño del proceso productivo consta de tres actividades específicas que deben ser realizadas. Dichas actividades son:

1. Dimensionamiento de los equipos
2. Selección de equipos
3. Distribución de la línea de proceso

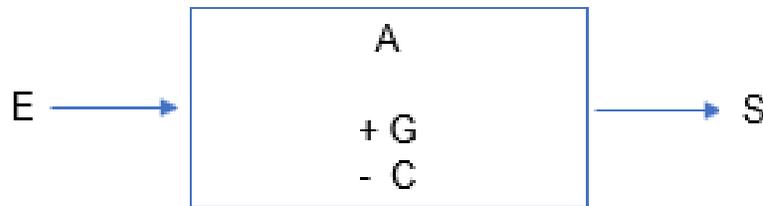
3.4.1 Dimensionamiento de los equipos

Para el dimensionamiento de los equipos son necesarios tres factores como lo son los balances de materia, cálculos de diseño y balances de energía.

3.4.1.1 Balance de masa

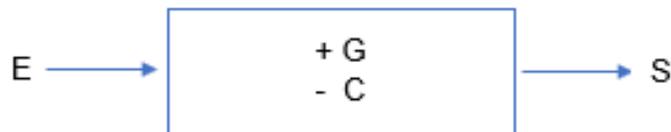
Para el balance de masa en cada etapa se utiliza el principio de la conservación de masa que expresa “La masa no se crea ni se destruye”. El balance de masa, puede definirse como una contabilidad de entradas y salidas de masa en un proceso o de una parte de éste, en donde la ecuación general corresponde a:

$$\text{Acumulación (A)} = \text{Entrada (E)} + \text{Generación (G)} - \text{Salida (S)} - \text{Consumo (C)}$$



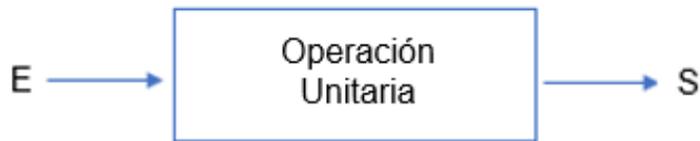
En los casos que el sistema sea cerrado y que no existe intercambio másico del exterior del sistema al sistema (o viceversa) no existirán acumulaciones. Por lo tanto, la ecuación general corresponde a:

$$\text{Entrada (E)} + \text{Generación (G)} = \text{Salida (S)} + \text{Consumo (C)}$$



Los casos en los que no existen reacciones químicas no existirán generación ni consumo másico simplificando la ecuación a:

$$\text{Entrada (E)} = \text{Salida (S)}$$



Debido a la naturaleza de las operaciones unitarias, el sistema es cerrado ya que no existe intercambio másico al exterior del sistema por lo que no existen acumulaciones de igual forma no existen reacciones químicas por lo que no existen generación ni consumo másico simplificando la ecuación a:

$$\text{Entrada (E)} = \text{Salida (S)}$$

En el siguiente análisis se dejan expresadas las ecuaciones para el balance de masa, por lo que se elegirán letras que representen resultados de etapas, flujos, etc. Las letras serán cambiadas por cantidades reales en el acápite *V Resultados*.

En el caso de la masa inicial se llamará A; A=masa inicial de cacao.

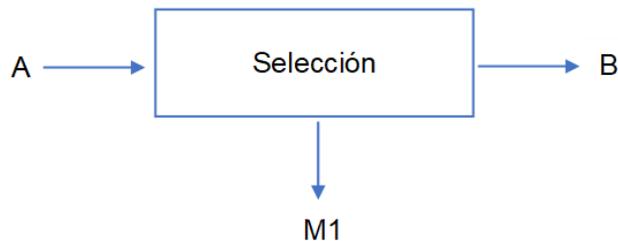
Recepción de cacao

En la recepción del cacao no hay ninguna entrada o salida de flujo másico por lo que en esta etapa "A" se mantiene igual.

Selección

En esta etapa se tiene pérdida de flujo másico al momento de la selección del cacao.

La cantidad obtenida después de la limpieza y selección será llamada "B".



A: Cacao en recepción

B: Cacao seleccionado

M1: Merma en selección

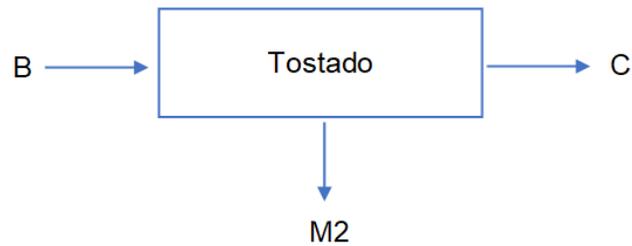
$$A = B + M1 \tag{3.1}$$

$$B = A - M1 \tag{3.2}$$

Tostado

En la etapa del tostado se reduce el porcentaje de humedad del cacao hasta un aproximado del 1.7%, por lo que se da una pérdida másica en forma de vapor de agua.

La cantidad obtenida después del tostado será llamada “C”.



B: Cacao seleccionado

C: Cacao tostado

M2: Merma en el tostado

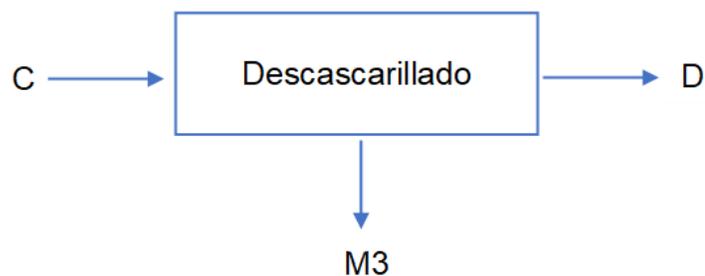
$$B = C + M2 \quad (3.3)$$

$$C = B - M2 \quad (3.4)$$

Descascarillado

En esta etapa se remueve la cascara del cacao por lo tanto se obtiene una pérdida de la masa. Según valores obtenidos en la producción actual, se pierde un total de 7%.

La cantidad obtenida después del descascarillado será llamada “D”.



C: Cacao tostado

D: Cacao descascarillado

M3: Merma en el descascarillado

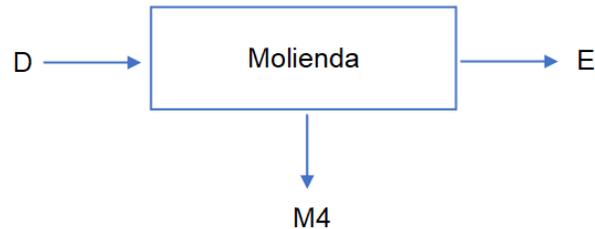
$$C = D + M3 \quad (3.5)$$

$$D = C - M3 \quad (3.6)$$

Molienda

En la molienda únicamente se reduce el tamaño de partícula por lo que en teoría no debería haber pérdidas, pero se han obtenido mermas debido a que parte de la pasta queda adherida al molino, el valor promedio de merma obtenido es 3%.

La cantidad obtenida después de la molienda será llamada “E”.



D: Cacao descascarillado

E: Licor de cacao

M4: Merma en la molienda

$$D = E + M4 \quad (3.7)$$

$$E = D - M4 \quad (3.8)$$

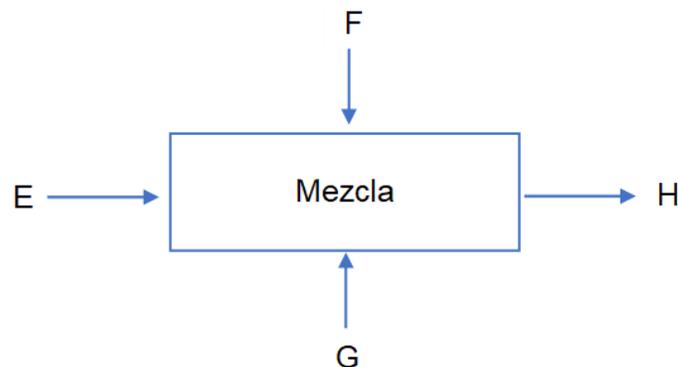
Temperado y conchado

Para las operaciones de esta etapa no se producen pérdidas o ganancias de masa. Por lo tanto, la masa inicial será igual a la final.

Después de esta etapa se puede decir que se obtiene licor de cacao.

Mezcla

En la etapa de la mezcla se da la adición de miel de abeja y otros insumos. La cantidad agregada de miel se llamará “F”, la cantidad agregada de otros insumos se llamará “G” la cantidad obtenida después de la molienda será llamada “H”.



E: Sirope de chocolate

F: Miel de abeja

G: Otros insumos

H: Producto final, *Chocomiel*

$$E + F + G = H \quad (3.9)$$

Envasado

En la última etapa que es el envasado del producto, no se han observado mermas ya que la masa producida corresponde a las cantidades de envases producidos por lote, por consiguiente, la merma del producto adherido a las paredes de la envasadora es despreciable.

3.4.2 Cálculos de diseño

Todos los equipos se encuentran diseñados para el procesamiento del cacao hasta convertirlo en licor de cacao por lo que no se necesitan realizar diseños de tecnologías y equipos.

Pero debido a que la marmita podría considerarse el “corazón” del proceso ya que en ella se da las principales etapas involucradas en la obtención del licor de cacao, por lo tanto, se necesitan asegurar los cálculos antes de realizar la selección del equipo.

3.4.2.1 Cálculos de la marmita

La marmita debe ser diseñada para soportar varias fuerzas creadas por el movimiento de las paletas y por el peso mismo de la mezcla que crea una presión en todas las direcciones, además al ser utilizado en la industria alimenticia se fabricará con acero inoxidable AISI 304.

Las ecuaciones utilizadas son planteadas en el libro Geankoplis (2006).

Volumen de la marmita

$$Vm = vf * (1 + f) \quad (3.10)$$

Diámetro de marmita

$$Vm = V_{Cilindro} + V_{semiesfera} \quad (3.11)$$

$$Vm = \frac{\pi}{4} * dm^2 * hm + \frac{\pi}{12} * dm^3 \quad (3.12)$$

Altura de la marmita

$$hm = 1.2 * dm \quad (3.13)$$

Sustituyendo la ecuación 3.13 en la ecuación 3.12 obtenemos

$$Vm = \frac{\pi}{4} * dm^2 * 1.2 * dm + \frac{\pi}{12} * dm^3 \quad (3.14)$$

Despejando dm se obtiene

$$dm = \left(\frac{12 * Vm}{\pi * (3 * 1.2 + 1)} \right)^{1/3} \quad (3.15)$$

3.4.3 Balance de energía

Para el balance de energía, al igual que en la transferencia de masa se basa en el principio de conservación de la energía, los métodos de transferencia de calor y las suposiciones planteadas en el sistema.

Debido a que el flujo de calor será constante y tomando un caso de análisis que la temperatura del sistema no variará con respecto al tiempo se tomará como una transferencia de energía en estado estacionario.

Las etapas en las que se requiere el balance energético son: Tostado y la etapa de temperado y conchado.

3.4.3.1 Balance energía en el tostado

Tomando en cuenta el tipo de equipo de tostado elegido se podrán presentar los tres tipos de transferencia de energía: Conducción, convección y radiación, a continuación, las ecuaciones para cada caso.

Transferencia de energía con conducción y convección en el tostado

El grano de cacao está en contacto con la superficie y con el flujo convectivo de aire caliente además la transferencia de calor es desde el exterior al interior del grano, por lo tanto, la transferencia de calor corresponde a un intercambio gas-sólido adiabático en horno cilíndrico rotatorio horizontal. Las ecuaciones utilizadas son obtenidas a partir del libro "Operaciones Unitarias en Ingeniería Química" del autor Çengel (2007), específicamente del capítulo veinte y cuatro: Secado de Sólidos.

En la mayoría de secadores adiabáticos, en los que se encuentra presente aire o gas inerte, la temperatura superficial depende de las velocidades de transferencia de masa y de transferencia de calor McCabe y Smith (2007). Por ello, el autor hace referencia en su libro a la siguiente ecuación modelo para dichos equipos, de la cual se logra calcular la cantidad de calor transferido por unidad de masa de sólido:

$$\frac{q_T}{\dot{m}_s} = c_{ps} (T_{sb} - T_{sa}) + X_a c_{pL} (T_v - T_{sa}) + (X_a - X_b) \lambda + X_b c_{pL} (T_{sb} - T_v) + (X_a - X_b) c_{pv} (T_{va} - T_v) \quad (3.16)$$

Donde

X_a = masa seca en la entrada del secador

X_b = masa seca en la salida del secador

T_{sa} = temperatura de la alimentación

T_v = temperatura de vaporización

T_{sb} = temperatura final de los sólidos

T_{va} = temperatura final del vapor

λ = calor latente de vaporización

C_{ps} , C_{pL} , C_{pv} = calores específicos del sólido, líquido y vapor, respectivamente.

3.4.3.2 Balance energía en el temperado y conchado

Para el cálculo del calor en la etapa de temperado se tienen los siguientes datos

Tabla 3.3 Parámetros de control en la etapa de temperado y conchado

Parámetros de control en la etapa de temperado y conchado	
Masa de licor de cacao	4.86 kg
Cp	0.3952 Kcal/Kg°C*
T1	28 °C
T2	45 °C
T3	65 °C
T4	50 °C

*Dato de Cp; tomado del estudio de Borrero y Hernández (1990) titulado "Determinación de parámetros y simulación matemática del proceso de secado del cacao".

$$Q_{total} = Q_1 + Q_2 + Q_3 \quad (3.17)$$

$$Q_1 = m_{cacao} C_{p_{cacao}} (T_2 - T_1) \quad (3.18)$$

$$Q_2 = m_{cacao} C_{p_{cacao}} (T_3 - T_2) \quad (3.19)$$

$$Q_3 = m_{cacao} C_{p_{cacao}} (T_4 - T_1) \quad (3.20)$$

3.4.4 Selección de los equipos

A diferencia con el inciso 3.3 *selección tecnológica* en donde se describe la teoría, principios y las tecnologías más utilizadas en la industria de alimentos de cada una de las etapas del proceso productivo, este inciso presenta concretamente la disponibilidad de equipos en el mercado o bien industrias que puedan suplir los equipos.

A continuación, se presenta una serie de equipos o empresas que pueden ser seleccionados para cada etapa del proceso productivo.

3.4.4.1 Recepción de cacao

En la recepción de cacao se propusieron tres métodos: Almacenamiento a granel, almacenamiento en silos y Almacenamiento en tolvas.

El almacenamiento a granel no requiere equipos o tecnologías asociadas, por lo que solo se presenta información para silos y tolvas.

Silos

Propuesta #1



Figura 3.7 Silo de la empresa "silos metálicos."

La empresa "La fábrica de silos metálicos" ofrece elaboración de silos de zinc liso galvanizado y soldados con estaño con capacidades entre 4 y 100 toneladas.

Información:

- Correo electrónico: silosmetalicos@yahoo.com
- Numero: 8513 - 6727
- Dirección: Comunidad "Ceiba Chachagua" Km 107.5 carretera León-Chinandega, de la cancha 200 m al oeste.

Propuesta #2

La empresa "ESCASAN" ofrece silos tipo bolsa de capacidad entre 60 a 200 toneladas.



Figura 3.8 Silo de la empresa "escasan".

Información:

- Correo electrónico: info@escasan.com.ni
- Numero: 2298-1300
- Dirección: km 8.5 Carretera Norte, Complejo donde fue la Subasta.

Propuesta #3

La empresa "Sabina de ingeniería S.A." ofrece representación de "AGI" fabricantes de silos con más de 160 años de experiencia.



Figura 3.9 Silo de la empresa "Sabina de ingeniería S.A.".

Información:

- Correo electrónico: info@sabina-agrotul.com
- Numero: 2279-9726
- Dirección: Managua, Nicaragua, km 13 carretera a Masaya.

Tolvas

Propuesta #1



Figura 3.10 Tolva de la empresa "plastitank".

La empresa "Plastitank" ofrece tolvas de material plástico tricapa.

Información:

- Correo electrónico: info@plastitank.com.ni
- Numero: 2299 - 9222
- Dirección: De los Semáforos del Nuevo Diario 150 metros al sur, Managua Nicaragua.

Propuesta #2



Figura 3.11 Tolva de la empresa "Nicaragua Machinery Company".

La empresa "Nicaragua Machinery Company" ofrece tolvas auto descargables especiales para granos.

Información:

- Correo electrónico: -
- Numero: 2263 - 1151
- Dirección: Managua, Nicaragua Km. 7 1/2 Carretera Norte, Estación de servicio UNO, 150m al Sur.

3.4.4.2 Selección

Cacao

A continuación, se presentan las tecnologías asociadas para la medición de humedad del grano de cacao.

Propuesta #1

La página web “Amazon” ofrece el medidor de humedad del fabricante “AMTAST”. El medidor es digital con mecanismo de punción. El rango de medición es de 0 a 24 por ciento de humedad.

Información:

- Correo electrónico: -
- Numero: -
- Dirección: -
- Página web: www.amazon.com



Figura 3.12 Medidor de humedad para cacao de la empresa "AMTASTE".

Propuesta #2

La página “EQUINLAB” ofrece el medidor de humedad del fabricante “PCE instruments”. El medidor es digital con mecanismo de medición directa. El rango de humedad es de 1% a 38%.



Figura 3.13 Medidor de humedad para cacao de la empresa "PCE instruments".

Información:

- Correo electrónico: -
- Numero: -
- Dirección: -
- Página web: www.equinlabsac.com

Propuesta #3



Figura 3.14 Medidor de humedad para cacao de la empresa "PerkinElmer company".

La página "interempresas" ofrece el medidor de humedad del fabricante "PerkinElmer company". El medidor es digital con mecanismo de medición directa. El rango de humedad es de 0% a 18%.

Información:

- Correo electrónico: -
- Numero: -
- Dirección: -
- Página web: www.interempresas.net

Miel

A continuación, se presentan las tecnologías asociadas para la medición de humedad para la miel de abeja.

Propuesta #1

La página “amazon” ofrece el medidor de humedad del fabricante “Proster”. El medidor es digital con mecanismo de medición directa. Contenido de agua (humedad) 12 – 27% y Brix 58 – 92%.



Figura 3.15 Refractómetro de la empresa "Proster".

Información:

- Correo electrónico: -
- Numero: -
- Dirección: -
- Página web: www.amazon.com

Propuesta #2

La página “es.made-in-china.com” ofrece el medidor de humedad del fabricante “ACME”. El medidor es digital con mecanismo de medición directa. Contenido de agua (humedad) 5 – 38% y Brix 0 – 90%.



Figura 3.16 Refractómetro de la empresa "ACME".

Información:

- Correo electrónico: -
- Numero: -
- Dirección: -
- Página web: https://es.made-in-china.com/co_acmech/product_New-Digital-Display-Honey-Refractometer_rrnugnyng.html

3.4.4.3 Tostado

A continuación, se presentan las tecnologías asociadas para el tostado de granos de cacao.

Propuesta #1



Figura 3.17 Tostadora de cacao de la empresa "DELANI".

La página "delani trading" ofrece la tostadora del fabricante "DELANI". La tostadora es tipo tambor de alimentación de gas o calentamiento eléctrico. Ofrecen modelos de capacidad de 20, 35, 70 y 100 kilogramos.

Información:

- Correo electrónico: -
- Numero: +17866234120
- Dirección: 7950 NW 53ED STREET - SUITE 337, FL 33166
- Página web: www.delanitradinq.com

Propuesta #2



Figura 3.18 Tostadora de cacao de la empresa "VULCANOTEC".

La página y fabricante "vulcanotec" ofrece una tostadora con sistema de aire caliente con efecto torbellino. Ofrecen modelos de capacidad de 10 y 30 kilogramos.

Información:

- Correo electrónico: info@vulcanotec.com
- Numero: +51 1 5661001
- Dirección: Av. Brígida Silva de Ochoa 384 San Miguel, Lima, Perú
- Página web: www.vulcanotec.com

Propuesta #3

En su catálogo "maquinaria para procesamiento de cacao" la Cooperación Alemana al Desarrollo-GIZ ofrece una tostadora del fabricante "Fischer-Agro". La tostadora es tipo tambor con alimentación de gas. Único modelo con productividad de 500 Kg/h.

Información:

- Correo electrónico: info@vulcanotec.com
- Numero: +51 1 5661001
- Dirección: Av. Brígida Silva de Ochoa 384 San Miguel, Lima, Perú
- Página web: www.vulcanotec.com



Figura 3.19 Tostadora de cacao de la empresa "Fischer-Agro".

Propuesta #4

La página "spanish.alibaba" ofrece la tostadora del fabricante "Shandong Longchang Duohui Machinery Technology Co., Ltd.". La tostadora es tipo tambor de alimentación de gas. Único modelo de 150 Kg/h.



Figura 3.20 Tostadora de cacao de la empresa "Shandong Longchang Duohui Machinery Technology Co., Ltd".

Información:

- Correo electrónico: -
- Numero: -
- Dirección: -
- Página web: [www. spanish.alibaba](http://www.spanish.alibaba).

3.4.4.4 Descascarillado

Propuesta #1

La página “spanish.alibaba” ofrece el equipo para descascarillar del fabricante “RUNMAO MACHINERY”. El mecanismo es tipo rodillo con ventilador y separación de gravedad específica es tipo tambor de alimentación de gas. Único modelo de 200 kg/h.



Figura 3.21 Equipo para descascarillar del fabricante “RUNMAO MACHINERY”.

Información:

- Correo electrónico: -
- Numero: -
- Dirección: -
- Página web: [www. spanish.alibaba](http://www.spanish.alibaba).

Propuesta #2

La página y fabricante “Maquiagro” ofrece un equipo para descascarillar cuyo mecanismo es atreves de rodillo forrado de jebe corrugado para no maltratar al cacao. Único modelo con productividad de 100 Kg/h.

Información:

- Correo electrónico: ventas@maquiagro.com; maquiagro@hotmail.com
- Numero: -
- Dirección: -
- Página web: www.maquiagro.com.pe



Figura 3.22 Equipo para descascarillar del fabricante "Maquiagro".

Propuesta #3

La página "delani trading" ofrece el equipo para descascarillar del fabricante "DELANI". El mecanismo es tipo rodillo con separación mediante acción del aire. Dos modelos, uno de 50 – 100 Kg/h y otro de 100 – 200 Kg/h.



Figura 3.23 Equipo para descascarillar del fabricante "DELANI".

Información:

- Correo electrónico: -
- Numero: +17866234120
- Dirección: 7950 NW 53ED STREET - SUITE 337, FL 33166
- Página web: www.delanitradng.com

3.4.4.5 Molienda

Propuesta #1

La página del fabricante “Maquiagro” ofrece un molino tipo martillo. No posee especificación de tamaño de salida de la partícula. Único modelo con capacidad de 300 Kg.



Figura 3.24 Molino del fabricante "Maquiagro"

Información:

- Correo electrónico: ventas@maquiagro.com; maquiagro@hotmail.com
- Numero: -
- Dirección: -
- Página web: www.maquiagro.com.pe

Propuesta #2

La página “unión process” ofrece el molino del fabricante “Atritor”. El mecanismo es de bolas, las cuales están hechas de acero al carbón, acero inoxidable y de acero al cromo (con un diámetro de 3/16" o 1/4"). El material y las bolas para molienda son posteriormente agitadas mediante un eje interno rotatorio con brazos. Se obtiene un tamaño de partícula de salida de 20 a 10 micrones. Modelos con capacidad de 25, 50 y 100 galones.

Información:

- Correo electrónico: ventas@maquiagro.com; maquiagro@hotmail.com
- Numero: -
- Dirección: -
- Página web: www.unionprocess.com



Figura 3.25 Molino del fabricante "Atrittor".

Propuesta #3



Figura 3.26 Molino del fabricante "Fischer Agro".

La página "www.fischer-peru.com" ofrece un molino del fabricante "Fischer Agro". El mecanismo de molienda es de discos. Se obtiene un tamaño de partícula de salida de 30 micrones promedio. Modelos de capacidad pequeña, mediana y grande.

Información:

- Correo electrónico: agro@fischer-peru.com; ventas@fischer-peru.com
- Numero: -
- Dirección: -
- Página web: www.fischer-peru.com

Propuesta #4

La página "spanish.alibaba" ofrece un molino del fabricante "Henan sunrise machinery". El mecanismo es de abrasión tipo disco. Se obtiene un tamaño de partícula de salida de 30 micrones promedio. Único modelo de 30 a 50 kg/h.

Información:

- Correo electrónico: -
- Numero: -
- Dirección: -
- Página web: [www. spanish.alibaba.](http://www.spanish.alibaba.com)



Figura 3.27 Molino del fabricante “Henan sunrise machinery”.

3.4.4.6 Conchado y temperado

Propuesta #1

La página “www.friodel.com” ofrece una marmita del fabricante “FAGOR”. Una marmita de tapa abatible y compensada, quemador en acero inoxidable controlado por válvula de seguridad, llenado de la cuba mediante electroválvula, selector de agua caliente o fría. Modelo de 80 litros.



Figura 3.28 Marmita del fabricante “FAGOR”.

Información:

- Correo electrónico: cash@friodel.com
- Numero: +34 959 32 70 86
- Dirección: Friodel Cash Hostelería, Ribera del Guadiana, 33 Nuevo Polígono 21400 Ayamonte (Huelva)
- Página web: www.marsol.cl

Propuesta #2



Figura 3.29 Marmita del fabricante "FAGOR".

La página "arander" ofrece una marmita del fabricante "FAGOR" con construcción en acero inoxidable, fondo de cuba fabricado en acero inoxidable especial AISI-316-L, capacidad de 200 litros, tapa abatible y compensada, quemador en acero inoxidable controlado por válvula de seguridad, piezoeléctrico para encendido, grifos de llenado de agua fría y caliente, grifo de vaciado de la cuba, potencia de 23.000 kcal/h (26,75 kW) y dimensiones: 850 x 900 x 850 mm.

Información:

- Correo electrónico: ventas@arander.com
- Numero: 01-800-002-2000
- Dirección: -
- Página web: www.arander.com

Propuesta #3

El proveedor nacional "Marengo Trading" ofrece una marmita de 160 Galones con calentamiento de gas ya usada. La marmita tiene tubería LPG, agitador tipo raspador con velocidad 0 – 36 rpm, potencia 3 HP, 220 voltios, 3 fases y 60 Hz. Salida de aire de combustión por medio de chimenea lateral. Marmita y plataforma de acero inoxidable.



Figura 3.30 Marmita del fabricante " Marengo Trading".

Información:

- Correo electrónico: mtrading@ibw.com.ni
- Numero: 8835 – 4181
- Dirección: Altos de Nejapa Primera etapa, N° 49.
- Página web: -

3.4.4.7 Mezcla

El equipo que se utiliza para la mezcla es la misma marmita, así también el mismo sistema de agitación que utiliza para el conchado, por lo que únicamente se elegirá un agitador adecuado.

Se tomarán en cuenta solo agitadores para líquidos viscosos.

La empresa TIMSA con más de treinta años de experiencia en la fabricación de agitadores industriales presenta 3 propuestas para líquidos viscosos.

Información de TIMSA:

- Correo electrónico: info@timsa.com
- Numero: +34 91 871 33 41
- Dirección: -
- Página web: www.timsa.com/agitadores-industriales/

Propuesta #1



Figura 3.31 Hélice para líquidos viscosos del fabricante "TIMSA"

Características:

- Agitador tipo hélice
- 30 – 150 rpm
- Productos viscosos
- Capacidad bombeo media

Propuesta #2

- Agitador de paleta tipo ancla
- 1 – 20 rpm
- Productos viscosos
- Capacidad bombeo muy baja



Figura 3.32 Hélice para líquidos viscosos del fabricante "TIMSA"

Propuesta #3

- Agitador tipo turbina
- 1.000 – 1.500 rpm
- Productos muy viscosos
- Capacidad bombeo muy baja



Figura 3.33 Hélice para líquidos viscosos del fabricante "TIMSA"

3.4.4.8 Envasado

A continuación, se presentan las tecnologías necesarias para el llenado del producto.

Propuesta #1

El fabricante Tecnipac ofrece llenadora semiautomática, de funcionamiento neumático con capacidad de llenado de 10 a 20 dosis por minuto. Único modelo con capacidad de 1000 mililitros.



Figura 3.34 Llenadora semiautomática del fabricante "Tecnipac"

Información:

- Correo electrónico: -
- Numero: -
- Dirección: -
- Página web: www.empac.com.mx/llenadora-semiautomatica-de-semiliquidos/

Propuesta #2



Figura 3.35 Llenadora semiautomática del fabricante "Maqpack".

La página y fabricante "Maqpack" ofrece la llenadora semiautomática de funcionamiento eléctrico con capacidad de llenado de 15 a 50 dosis por minuto. Ofrecen cuatro modelos con capacidades de 50 – 200, 250 – 500, 500 – 1000 y 1000 – 2000 mililitros.

Información:

- Correo electrónico: -
- Numero: -
- Dirección: -
- Página web: www.maqpack.com.mx/llenadoras

Propuesta #3



Figura 3.36 Llenadora semiautomática del fabricante "F.C.L. Engineering".

Información:

- Correo electrónico: -
- Numero: -
- Dirección: -
- Página web: www.directindustry.es

Propuesta #4

La página “spanish.alibaba” ofrece una llenadora del fabricante “Bespacker”. La llenadora es de funcionamiento neumático. Distintos modelos desde 30 hasta 5000 mililitros.



Figura 3.37 Llenadora del fabricante “Bespacker”.

Información:

- Correo electrónico: -
- Numero: -
- Dirección: -
- Página web: www.spanish.alibaba.

3.4.5 Distribución de la línea de proceso

La distribución de planta consiste en la ordenación física de los factores y elementos industriales que participan en el proceso productivo de la empresa, en la distribución del área en la determinación de las figuras, formas relativas y ubicación de los distintos departamentos. El principal objetivo es que esta disposición de elementos sea eficiente y se realice de tal forma que contribuya satisfactoriamente a la consecución de los fines fijados por la empresa (García y Quesada, 2005).

3.4.5.1 Tipos de distribución de planta

Muther (1981) nos explica sobre los tres tipos clásicos de distribución de planta:

El primer tipo de distribución es por posición fija, es decir, permaneciendo el material en situación invariable. Se trata una distribución en la que el material o el componente permanecen en lugar fijo, todas las herramientas maquinaria, hombres y otras piezas de material concurren a ella. Todo el trabajo se hace, o el producto se ejecuta, con el componente principal estacionado en una misma posición.

El segundo, distribución por proceso o distribución por función. En ella todas las operaciones del mismo proceso, o tipo de proceso, están agrupadas. Toda la

soldadura está en un área; todo el, taladrado en otra, etc. Las operaciones similares y el equipo están agrupados de acuerdo con el proceso o función que llevan a cabo.

Tercero, producción en cadena, en línea o por producto. En esta, un producto o tipo de producto se realiza en un área, pero al contrario de la distribución fija, el material está en movimiento. Esta distribución dispone cada operación inmediatamente al lado de la siguiente. Es decir, que cualquier equipo (maquinaria) usado para conseguir el producto, sea cual sea el proceso que lleve a cabo, esta ordenado de acuerdo con la secuencia de las operaciones. Se trata de la bien conocida producción en línea o en cadena.

3.4.5.2 Factores influyentes en la distribución de una planta

Según Vanalocha (2004) “cuando se planifica una implantación, el primer paso es conseguir una implantación ideal o teórica. Tanto para conseguir esa distribución ideal como para, posteriormente, transformarla en una que sea práctica, es necesario tener en cuenta una serie de factores que tienen influencia sobre la misma”.

A continuación, un resumen de los factores que afectan a la implantación son los siguientes según Vanalocha:

1. Factor material. Los elementos o particularidades que incluye este factor son: materias primas, material en curso, productos acabados, material saliente o embalado, etc. Las consideraciones a tener en cuenta son:

- Requerimiento de algún cuidado especial de los materiales durante el proceso productivo.
- Volumen de producción.
- Especificaciones deben ser coherentes con la legislación vigente y estar actualizadas.

2. Factor maquinaria: El factor maquinaria incluye la maquinaria de producción, el equipo de proceso o de tratamiento, la maquinaria utilizada en las instalaciones auxiliares de la producción etc. Las consideraciones que en este caso hay que tener en cuenta son:

- Los métodos de producción seguidos.
- Hay que conocer el número de máquinas y sus características.
- Uso de las máquinas en su completa capacidad.
- Necesidades de mantenimiento de la maquinaria, así como de las instalaciones necesarias para su funcionamiento (instalaciones auxiliares).

3. Factor hombre. Como factor de producción, el hombre es, en general, mucho más flexible que cualquier material o maquinaria. Las consideraciones que hay que tener en cuenta son:

- Consideraciones de seguridad e higiene en el trabajo.
- Determinar no sólo la cantidad, sino también la cualificación o especialización necesaria para la misma en función del tipo de trabajo a realizar.
- Utilización del hombre, es necesario estudiar los movimientos de cada operario a través del espacio y el tiempo.

4. Factor movimiento. Dentro del factor movimiento se engloba el estudio de los sistemas de transporte interno, que son los que permiten el movimiento del material, los operarios o la maquinaria; es decir, transportadores, rampas, carretillas manuales o autopropulsadas, grúas, así como todo utillaje o equipo que sea necesario para llevar a cabo dicho transporte, tanques, cubetas, bidones, recipientes, sistemas de fijación, etc. Las principales consideraciones que hay que tener en cuenta en el estudio del movimiento son las siguientes:

- Modelo de circulación.
- Reducción del manejo innecesario y antieconómico.
- Prever el espacio necesario para que el movimiento se pueda llevar a cabo sin interrupciones.

Especificar la técnica de manejo que se va a utilizar, tras estudiar el tipo de medio que se va a trasladar y las operaciones que se van a desarrollar.

- Equipo de manejo, deben quedar completamente definidas las características y capacidad de los sistemas utilizados.

5. Factor espera. Cuando el material deba esperar para pasar a la operación siguiente, lo hará en un área determinada y de una forma organizada. Cuando esa zona de espera se sitúa en un área determinada y su misión es exclusivamente guardar el material, a esa zona se le llama almacén. Cuando la espera se produce en la misma área de producción, aguardando a ser trasladado de una operación a la siguiente, entonces se le llama demora o espera. En el estudio, las consideraciones que habrá que tener en cuenta son las siguientes:

- Situación de los puntos de almacenamiento o espera.
- Espacio necesario para cada punto de espera.
- Método seguido para el almacenamiento, forma de organizarlo.
- Dispositivos de seguridad y equipos destinados al almacenamiento o espera.

6. Factor servicio. La palabra servicio tiene muchos significados en la industria. Por lo que a la distribución se refiere, los servicios de una planta son los Medios Auxiliares de Producción, los servicios, por lo tanto, mantienen y conservan en actividad a los operarios, el material y la maquinaria. Entre los servicios hay que destacar, servicios relativos al personal (vías de acceso, instalaciones de uso personal, oficinas, climatización, etc.), material (control de calidad, de la producción, de rechazos, etc.) y maquinaria (mantenimiento, instalaciones de vapor, agua, etc.).

7. Factor edificio. Tanto si se planea una distribución para una planta completamente nueva o para un edificio ya existente, como si se reordena o ajusta una distribución vigente, se debe conceder al edificio la importancia que en realidad tiene. Si el edificio ya existe, éste se transforma directamente en una serie de inconvenientes para el diseñador, por su misma cualidad de permanencia, el edificio crea una cierta rigidez en la distribución. Los efectos o particularidades del factor edificio que con mayor frecuencia intervienen en el problema de la implantación son: forma, tamaño y número de plantas si el edificio ya existe; posibilidad de diseñar el edificio a través de algún sistema modular que permita hacerlo útil para otros fines si fuera necesario; sótanos, altillos, ventanas, pasillos, suelos, ascensores...

8. Factor cambio. Las condiciones de trabajo de un proceso productivo varían frecuentemente (por multitud de motivos) y estos cambios afectan a la distribución en mayor o menor grado. El cambio es una parte básica de todo concepto de mejora y su frecuencia y rapidez se van haciendo mayores cada día. Este es el momento de considerar cuantas consideraciones se estimen oportunas sobre la flexibilidad de la distribución requerida por el sistema productivo.

IV METODOLOGIA

4.1 CARACTERIZACIÓN DE MATERIAS PRIMAS

A continuación, se detalla los criterios y métodos que se utilizaron para seleccionar los granos de cacao y la miel.

4.1.1 Selección del cacao

El cacao a procesar debe ser de tipo trinitario o criollo, debido a que éste posee un delicado sabor, nibs tamaño aceptable ($\geq 1.5\text{cm}$), buen rendimiento de producción en las regiones aledañas; por lo que hará la operación de acopio menos costosa.

4.1.2 Selección de la miel

Para seleccionar la miel se toma en cuenta el factor fisicoquímico, origen y propiedades organolépticas.

Los factores fisicoquímicos influyentes son la humedad y los grados Brix. Para la humedad se selecciona miel con un contenido de humedad entre 18% y 20% esto es debido a que si la miel tiene valores por debajo del 18% se obtiene un producto final con mayor viscosidad en cambio sí se procesa miel con un porcentaje de humedad mayor al 20% el exceso de humedad influye en el desarrollo de microorganismos y por lo tanto disminuirá la vida útil del mismo.

Con respecto a los grados brix está entre 78-80 °Bx, lo cual es medido por un refractómetro. En general, si se procesa miel fuera de los parámetros establecidos de dulzura esto afecta el sabor del producto final, a menores grados brix se obtiene un producto amargo, a mayor grado brix se obtiene un producto muy dulce.

Se trabajó con miel procedente de todo el país de origen multifloral, pero únicamente de mieles provenientes de las flores de sardinillo, flor amarilla, laurel, café.

El sabor y el aroma debe ser dulce ácido con sabores característicos a miel. Se descartaron las mieles con sabores y aromas a minerales como lo son mieles oscuras, el catador de la empresa está capacitado para seleccionar la miel para el proceso de fabricación del *Chocomiel*.

4.2 DETERMINACIÓN DE LA FÓRMULA MÁS ACEPTADA

4.2.1.1 Método de obtención de datos

En la recopilación de información se decidió entrevistar a una muestra aleatoria de la población, haciendo uso de pruebas hedónicas, en las cuales la muestra de la

población punteo las diferentes formulaciones que se realizaron del producto *Chocomiel*.

Las fórmulas con las que se realizaron el experimento fueron una combinación de dos rangos porcentuales para el cacao y la miel: 15% y 20% para el licor de cacao y 75% y 80% para la miel, correspondiendo los siguientes tipos de variaciones:

Tabla 4.1 Formulación para el producto *Chocomiel*

Fórmula	% másico de licor cacao	% másico de miel	% másico de otros ingredientes
A	15	75	10
B	15	80	5
C	20	75	5
D	20	80	0

Las 4 fórmulas fueron económicamente aceptadas por los dueños de la empresa. En todas las fórmulas el porcentaje restante es complementado con estabilizadores, reguladores de densidad y otros que no afectan las características organolépticas (olor, sabor, textura, etc.) del producto final y bajo el rango permitido por la FDA.

La información de los otros ingredientes no se menciona debido a la confidencialidad que se tiene con la empresa Zeas Apícola, que en acuerdos previos solicitaron no presentar los otros insumos aparte de miel y cacao.

Previamente a la elección de las fórmulas que se evaluarán se realizaron una gran cantidad de experimentos hasta obtener las 4 fórmulas con las mejores características organolépticas y tecnológicamente funcionales. El proceso y los resultados de los experimentos preliminares no son presentados en este trabajo monográfico. Para los experimentos preliminares se necesitó un lapso de tiempo de alrededor de 8 meses.

Para recopilación de información se decidió utilizar encuestas a clientes que visitan los supermercados donde el producto *Chocomiel* tiene presencia. Para la encuesta la población y muestra serán la siguiente.

4.2.2 Población

Para la selección de la población de la encuesta se basó en estudios realizados en la empresa Zeas Apícola S.A, en donde se ha identificado que la mayor cantidad de clientes que compran miel en supermercados son las mujeres entre los 30 y 50 años, ya que las mujeres son quienes principalmente realizan las compras del hogar, de igual forma las mujeres entre ese rango de edad tienen hijos pequeños a

quienes les gustan las comidas dulces o buscan alternativas más saludables que el azúcar.

Estos estudios previamente realizados por la empresa han arrojado datos que el promedio de clientes, en el rango de edad que compran en un día en todos los supermercados es 15 personas.

4.2.3 Muestra

El método de muestreo que se realizó fue de tipo no probabilístico discrecional ya que se realizaron encuestas a un grupo de personas con las características señaladas anteriormente en la población, además la encuesta se efectuó a medida que visitaron el supermercado y aceptaran realizar la encuesta.

Debido al pequeño tamaño de la población se tomó 2/3 de la población correspondiente a: 280 personas por mes, equivalente a 70 personas por semana.

4.2.4 Diseño experimental

Como diseño experimental se escogió un diseño experimental factorial. Debido a que son dos factores y se puede realizar interacción entre los dos, correspondiendo un diseño 2^k . Ya que existen dos niveles para cada factor corresponde a un arreglo $2^2=4$.

Tabla 4.2 Matriz del diseño experimental 2^k

		% másico de miel	
		75	80
% másico de licor cacao	15	Resultado1	Resultado2
	20	Resultado3	Resultado4

Ya que los factores de interés son el sabor general, olor y textura se crearán bloques para cada una de estas variables. Por otra parte, en ensayos previamente realizados se demostró que los estabilizadores (otros ingredientes) utilizados para completar el 100% de la formulación no influyen organolépticamente en el producto.

De igual forma, debido a que el porcentaje de los otros insumos no afecta las características organolépticas del producto final no es necesario considerar sus porcentajes en el diseño experimental.

Tabla 4.3 Matriz diseño 2^k para resultados de sabor

Resultados del sabor			
		% másico de miel	
		75	80
% másico de licor cacao	15	Puntuación V	Puntuación X
	20	Puntuación Y	Puntuación Z

Tabla 4.4 Matriz de diseño 2^k para resultados de olor

Resultados del olor			
		% másico de miel	
		75	80
% másico de licor cacao	15	Puntuación V	Puntuación X
	20	Puntuación Y	Puntuación Z

Por consiguiente, para un mejor análisis de resultados en las encuestas realizadas debido a la varianza de valores que existe entre una y otra pregunta, se ha considerado representar los valores anteriores en datos promedios de los criterios de evaluación en el producto *Chocomiel*.

Tabla 4.5 Matriz de diseño 2^k para resultados de textura

Resultados de textura			
		% másico de miel	
		75	80
% másico de licor cacao	15	Puntuación V	Puntuación X
	20	Puntuación Y	Puntuación Z

Tabla 4.6 Matriz diseño 2^k para resultados promedios de sabor

Resultados del sabor			
		% másico de miel	
		75	80
% másico de licor cacao	15	Promedio de Puntuación V	Promedio de Puntuación X
	20	Promedio de Puntuación Y	Promedio de Puntuación Z

Tabla 4.7 Matriz diseño 2^k para resultados promedios de olor

Resultados del olor			
		% másico de miel	
		75	80
% másico de licor cacao	15	Promedio de Puntuación V	Promedio de Puntuación X
	20	Promedio de Puntuación Y	Promedio de Puntuación Z

Tabla 4.8 Matriz diseño 2^k para resultados promedios de textura

Resultados de textura			
		% másico de miel	
		75	80
% másico de licor cacao	15	Promedio de Puntuación V	Promedio de Puntuación X
	20	Promedio de Puntuación Y	Promedio de Puntuación Z

Finalmente, los resultados obtenidos nos sirvieron para decidir cuál es la fórmula de preferencia del público, para ello las puntuaciones promedias de todas las variables respuesta (sabor, olor, textura) se presentan en el siguiente cuadro.

Tabla 4.9 Matriz comparativa de resultados por formula

Cuadro comparativo de resultados por formula					
Formula		Resultados del sabor	Resultados del olor	Resultados de textura	Puntuación promedio de la formula
Cacao	Miel				
15	75	Promedio de Puntuación V	Promedio de Puntuación V	Promedio de Puntuación V	Promedio formula 15-75
15	80	Promedio de Puntuación X	Promedio de Puntuación X	Promedio de Puntuación X	Promedio formula 15-80
20	75	Promedio de Puntuación Y	Promedio de Puntuación Y	Promedio de Puntuación Y	Promedio formula 20-75
20	80	Promedio de Puntuación Z	Promedio de Puntuación Z	Promedio de Puntuación Z	Promedio formula 20-80

La fórmula con la mayor puntuación es elegida para venderla como producto final.

4.3 SELECCIÓN TECNOLÓGICA DE EQUIPOS

A continuación, los criterios que se tomaron en cuenta en cada una de las etapas del proceso. En general las tecnologías seleccionadas fueron las más usadas en la industria del chocolate, pero considerando la viabilidad para la empresa Zeas Apícola con el fin de implementar todas las propuestas presentadas.

4.3.1 Recepción de cacao

Se escogió uno de los tres métodos descritos anteriormente para el almacenamiento de cacao (Almacenamiento a granel, Almacenamiento en silos y Almacenamiento en tolvas).

Sin importar el método descrito se asegurará cumplir las condiciones de almacenamiento descritas en el inciso 3.2.2.1 *Recepción del cacao*.

4.3.2 Selección de cacao

En el inciso 3.3.2.1 *Cacao (selección)* se estableció que solo existen tecnologías asociadas a la medición de la humedad en la selección del cacao ya que la fermentación es de forma visual.

Para el análisis de humedad se propusieron las tecnologías de: Estufa, destilación, químicos, absorción de rayos infrarrojos y absorción nuclear.

Se eligieron las tecnologías más utilizadas para el caso específico del cacao, pero también aquella tecnología aplicable en el país, eligiendo así la opción más práctica.

4.3.2.1 Miel

En el inciso 3.3.2.2 *Miel (selección)* se estableció que la tecnología asociada a la medición de agua y grados Brix en la miel es la refractometría cuyo equipo utilizado es el refractómetro, por lo que no es necesario elegir entre varias opciones.

4.3.3 Tostado

Las tecnologías para el tostado propuestas fueron: Sistemas de tambor, sistemas de convección, sistemas de lecho fluido y tostadora.

El equipo de tostado fue seleccionado según las capacidades o volúmenes de operación de los mismos. De igual forma cada equipo de tostado provee ligeros cambios o particularidades en las características organolépticas del cacao por lo que se tomaron los más recomendados por la bibliografía, ya que, por encima de cualquier otra consideración, el equipo deberá ser capaz de obtener el producto deseado en la forma y velocidad especificadas.

4.3.4 Descascarillado

Las tecnologías de descascarillado propuestas fueron trituradores de: Mandíbulas, conos, rodillo liso y rodillo dentado.

Para el equipo que se utilizó en el descascarillado se consideró el diámetro de partícula que se desea obtener, de igual forma se tomó en cuenta la disponibilidad del mercado.

4.3.5 Molienda

Las tecnologías de molienda propuestas anteriormente fueron: Molino de rodillo y molino de disco.

Al igual que en el triturado la finalidad de la molienda la finalidad es la reducción del grano por lo que nuevamente el equipo será seleccionado según el diámetro de partículas obtenidas por los equipos.

4.3.6 Conchado y temperado

En los experimentos previamente realizados se observó que el producto *Chocomiel* puede ser realizado sin un equipo específicamente diseñado para el conchado de la pasta de cacao.

Esto se debe a que se puede obtener un diámetro de partícula dentro del necesario sometiendo la pasta de cacao a un doble proceso de molienda.

De igual forma se elegirá una marmita y un agitador que ayuden a la homogenización y lustre de la pasta de cacao además para optimizar el proceso y hacer un diseño práctico y al alcance de la empresa Zeas Apícola se utilizarán estos mismos equipos para realizar las dos actividades en serie.

4.3.7 Mezcla

Las tecnologías de agitación propuestas anteriormente fueron: tipo: Hélice, turbina y palas.

Debido a que los agitadores propuestos pueden ser utilizados para líquidos viscosos el modelo será elegido por la facilidad del diseño y por el más recomendado por la teoría.

4.3.8 Envasado

Las tecnologías de envasado propuestas anteriormente fueron: Envasadoras de baja capacidad, envasadoras lineales y envasadoras rotativas.

Para el envasado se seleccionará una envasadora para líquidos viscosos, acorde a la capacidad de producción proyectada y que la empresa sea capaz de adquirir, siempre con el fin de escoger equipos capaces de utilizar en la práctica.

4.4 DISEÑO DEL PROCESO PRODUCTIVO

Como se planteó anteriormente el diseño del proceso productivo consta de tres actividades:

1. Dimensionamiento de los equipos
2. Selección de equipos
3. Distribución de la línea de proceso

4.4.1 Dimensionamiento de equipos

4.4.1.1 Balance de masa

Utilizando las ecuaciones anteriormente descritas en el inciso 3.4.1.1 *Balance de masa* para etapa de proceso se obtuvieron las dimensiones volumétricas necesarias de cada equipo relacionado a cada una de las etapas de proceso.

4.4.2 Cálculos de diseño

4.4.2.1 Cálculos de la marmita

Utilizando las ecuaciones anteriormente descritas en el inciso 3.4.2.1 *Cálculos de la marmita* se obtendrán los parámetros mínimos en el diseño de la marmita a utilizar.

4.4.3 Balance de energía

Utilizando las ecuaciones anteriormente descritas en 3.4.3.1 *Balance energía en el tostado* y 3.4.3.2 *Balance energía en el temperado y conchado* se obtuvieron las necesidades energéticas para las etapas del tostado y el temperado.

4.4.4 Selección de equipos

En el inciso 3.4.4 *Selección de los equipos* se presentaron los equipos disponibles en el mercado para cada etapa de proceso, de los cuales se eligieron los equipos más prácticos.

4.4.5 Distribución de la línea de proceso

Para elegir la mejor disposición se evaluó los ocho (8) factores más influyentes propuestos por Vanalocha (2004), para los tres tipos clásicos de distribución explicados anteriormente por (Muther (1981)). Cada factor fue evaluado puntuándolos del 1 al 10 para cada uno de los tipos de distribución, para ello se utilizará la siguiente tabla:

Tabla 4.10 Matriz para selección de distribución de planta

Puntaje por factores	Tipo de distribución		
	Por producto	Por proceso	De punto Fijo
Material			
Maquinaria			
Hombre			
Movimiento			
Espera			
Servicio			
Edificio			
Cambio			
Total			

Para elegir la puntuación se tomó en cuenta los recursos a disposición de la empresa Zeas Apícola: Espacio disponible para construcción, equipos en uso, fondos, etc. logrando así un resultado realista y aplicable al corto y mediano plazo. Finalmente se presenta una vista de planta demostrando la forma en la que resultaría la línea de producción con la distribución con mayor puntaje.

V RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 CARACTERIZACIÓN DE LA MATERIA PRIMA

A continuación, se detallan los criterios y métodos que se utilizaron para seleccionar los granos de cacao y la miel.

5.1.1 Selección del cacao

El tipo de grano de cacao que debe procesar la planta es de una variedad cacao trinitario CCN 51 (colección castro naranjal), dado que este contiene un amplio rango de sabores y aromas que al combinar con la miel de abeja son persistentes en el paladar. Además, éste posee, buen rendimiento de producción en departamentos aledaños; por lo que hará la operación de acopio menos costosa.

El grano a procesar cumplirá con un nivel de fermentación mayor al 80%, para dicho análisis se utiliza una guillotina para realizar el corte del grano en dos mitades, verificando así, de forma visual el porcentaje de fermento obtenido. Con el cumplimiento de dicho parámetro se garantiza que el sabor y aroma a chocolate en el producto final sea persistente, en ensayos previos no se obtuvo el mismo resultado con cacao sin fermentar.

5.1.2 Selección de la miel

La miel a utilizar en el proceso proviene de cualquier parte del país, de origen multifloral; pero únicamente de floraciones predominantes de sardinillo, flor amarilla, laurel, café y cualquier tipo de miel clara.

Se ha seleccionado miel de abeja con un contenido de humedad de $18.5\% \pm 1\%$. Si la miel tiene valores por debajo del 17.5% se obtendrá un producto final con mayor viscosidad y posiblemente puede cristalizar parte del producto final; en cambio sí se procesa miel con un porcentaje de humedad mayor al 20% el exceso de humedad influirá en el sabor del producto y puede ser factor de desarrollo de microorganismos y por lo tanto disminuirá la vida útil del mismo.

5.2 DETERMINACIÓN DE LA FORMULACIÓN

5.2.1.1 Método de obtención de datos

Se han desarrollado diferentes metodologías para la descripción de los productos alimenticios, el que se llevará a cabo para analizar las características sensoriales del producto alimenticio *Chocomiel*, será el análisis descriptivo cuantitativo.

Las fórmulas con las que se realizara el experimento serán una combinación de dos rangos porcentuales para el cacao y la miel: 15% y 20% para el licor de cacao y 75% y 80% para la miel, correspondiendo los siguientes tipos de variaciones:

Tabla 5.1 Formulación para el producto *Chocomiel*

Fórmula	% másico de licor cacao	% másico de miel	% másico de otros ingredientes
A	15	75	10
B	15	80	5
C	20	75	5
D	20	80	0

Todas las fórmulas fueron económicamente aceptadas por los dueños de la empresa. En todas las fórmulas el porcentaje restante es complementado con estabilizadores y reguladores de densidad. Éstos no afectan las características organolépticas del producto final y se encuentran bajos el rango permitido por FDA.

5.2.2 Población

Para la selección de la población se hizo en base a estudios realizados en la empresa, en donde se ha identificado que la mayor cantidad de clientes que compran miel en supermercados son las mujeres, ya que las mujeres son quienes principalmente realizan las compras del hogar.

En estudios anteriores se ha observado que el promedio de clientes que compran en un día en todos los supermercados de Managua es 15, así que se escogió esta población para el estudio.

5.2.3 Muestra

El método de muestreo fue de tipo no probabilístico discrecional, las encuestas se realizaron en la medida que clientes llegaron a las góndolas donde se encuentra

ubicada los envases de miel de la empresa y aceptaron degustar la pruebas de *Chocomiel* y por consiguiente realizar la encuesta.

Se realizaron 280 encuestas a personas que cumplieran los criterios de selección antes mencionados en la metodología. En promedio fueron efectivas 10 encuestas al día, siempre y cuando los clientes quisieran colaborar.

5.2.4 Diseño experimental

Los resultados (del diseño experimental 2^k), de los factores de interés como el sabor general, olor y textura; se presentan en las siguientes tablas:

Tabla 5.2 Matriz diseño 2^k para resultados de sabor

Resultados del sabor			
		% másico de miel	
		75	80
% másico de licor cacao	15	545	585
	20	406	440

Tabla 5.3 Matriz de diseño 2^k para resultados de olor

Resultados del olor			
		% másico de miel	
		75	80
% másico de licor cacao	15	527	569
	20	545	454

Tabla 5.4 Matriz de diseño 2^k para resultados de textura

Resultados de textura			
		% másico de miel	
		75	80
% másico de licor cacao	15	512	593
	20	349	433

Por consiguiente, para un mejor análisis de resultados en las encuestas realizadas debido a la varianza de valores que existe entre una y otra pregunta, se ha considerado representar los valores anteriores en datos promedios de los criterios de evaluación en el producto *Chocomiel*.

Tabla 5.5 Matriz diseño 2^k para resultados promedios de sabor

Resultados del sabor			
		% másico de miel	
		75	80
% másico de licor cacao	15	7.79	8.36
	20	5.80	6.29

Tabla 5.6 Matriz diseño 2^k para resultados promedios de olor

Resultados del olor			
		% másico de miel	
		75	80
% másico de licor cacao	15	7.53	8.13
	20	7.79	6.49

Tabla 5.7 Matriz diseño 2^k para resultados promedios de textura

Resultados de textura			
		% másico de miel	
		75	80
% másico de licor cacao	15	7.31	8.47
	20	4.99	6.19

En el siguiente cuadro, se resumen los datos de puntuación promedio de todas las variables respuesta (sabor, olor, textura).

Tabla 5.8 Matriz comparativa de resultados por formula

Cuadro comparativo de resultados por formula					
Formula		Resultados del sabor	Resultados del olor	Resultados de textura	Puntuación promedio de la formula
Cacao	Miel				
15	75	7.79	7.53	7.31	7.54
15	80	8.36	8.13	8.47	8.32
20	75	5.80	7.79	4.99	6.19
20	80	6.29	6.49	6.19	6.32

Una vez analizado el cuadro comparativo se ha decidido que la fórmula con la mayor puntuación es la 15% cacao - 80% Miel – 5% otros ingredientes. Por lo tanto, es seleccionada para la producción masiva y venta como producto final.

5.3 SELECCIÓN TECNOLÓGICA DE EQUIPOS

A continuación, se presentan las tecnologías seleccionadas para cada etapa del proceso productivo de *Chocomiel*.

5.3.1 Recepción de cacao

El método de almacenamiento escogido en la recepción es el almacenamiento en silo metálico.

Se escoge este método ya que los volúmenes de procesamiento no son altos por lo que la demanda de materia prima, cacao, no es tan elevada y el silo puede ser diseñado a la medida. De igual forma permite mantener el grano de cacao separado del exterior previniendo los ataques de plagas y problemas por la humedad ambiental.

5.3.2 Equipo de Selección

5.3.2.1 Cacao

Análisis de fermentación

De los dos métodos presentados anteriormente en la metodología se escoge el método por prueba de corte, dado que con dicho método se inspecciona directamente el germen del grano de cacao, siendo un método más confiable para conocer el nivel de fermentación del cacao.

Análisis de humedad

De los métodos planteados anteriormente se selecciona el método de estufa.

El método de estufa cuyo principio es gravimetría por volatilización por el cual se determina el contenido de humedad en muestras sólidas, se basa en la medición o determinación de la cantidad de agua expresada en gramos que contiene una muestra sólida. La determinación de la masa del agua se realiza por la diferencia en peso entre la masa de la muestra sólida húmeda y la masa de la muestra sólida seca.

Este método es uno de los más utilizados y prácticos en la industria de alimentos para medición de humedad y con una gran variedad de equipos disponibles en el mercado.

5.3.2.2 Miel

Anteriormente en el inciso 3.1.2.4 *Características relevantes para la selección de la miel* ya se especificó que la refractometría es el principio más utilizado y aceptado en la industria en la medición de humedad y grados Brix para la selección de la miel.

5.3.3 Tostado

De los métodos presentados para la tecnología en el tostador se opta por un tostador con mecanismo tambor.

Este mecanismo es uno de los más utilizados para el secado y tostado de granos de cacao y en general de granos en la industria de alimentos.

La tostadora de tambor presenta mejores resultados frente a tostadoras convencionales ya que el diseño de tambor permite mover los granos asegurando un tostado uniforme tanto en el conjunto de granos como en el interior del grano, además son de más fácil acceso en comparación a los tostadores con tecnologías más complejas.

5.3.4 Descascarillado

Para el descascarillado de granos los equipos más utilizados en la industria son molino de disco y rodillo.

Se utiliza como referencia la tesis Imbaquingo y Ortiz (2012) titulada “Diseño y construcción de una máquina para remover la cascarilla de granos de cacao para una producción de 200 kg/h” en donde comparan el molino de disco y el molino de rodillo en los aspectos de: Funcionalidad, tiempo de procesado, versatilidad, facilidad de operación, facilidad de mantenimiento, bajo costo y seguridad.

En la tesis el molino resultante como mejor opción en base a los criterios mencionados fue el molino de disco. Según la misma tesis la superficie del disco debe ser dentada ya que “Las ranuras axiales y longitudinales favorecen el arrastre de los granos y además tienen un efecto de cuña lo cual al momento de aplastar los granos de cacao rompe sus cascaras”.

Por lo antes mencionado se escoge una descascarilladora de disco dentado para la fase de acondicionamiento de cacao.

5.3.5 Molienda

En su tesis Rueda y Sánchez (2015) titulado “Diseño y construcción de una máquina para acondicionamiento final de chocolate” compara los molinos de: rodillos, martillo, fricción y tambor, evaluándolos con los siguientes criterios: Granulometría, Contaminación al chocolate, tamaño del molino, facilidad de construcción y montaje, costo, limpieza, ruido y vibración.

Los tesisistas llegan al siguiente resultado “El molino seleccionado es el molino de fricción, actualmente el más utilizado y de mejores presentaciones de molienda de chocolate es el molino de piedras, se le conoce como molino de discos dentados, por utilizar discos de acero en lugar de piedras”.

Por lo tanto, el tipo de molino escogido para la producción de sirope de chocolate será el molino de discos dentados.

5.3.6 Temperado

Las actividades de conchado y temperado utilizan el mismo equipo para su funcionamiento, un tanque tipo marmita, por lo tanto, la elección aplica para las dos etapas.

La marmita seleccionada, su fuente de calor es a fuego directo utilizando gas propano y cerrada en su parte superior.

El sistema de fuego directo, es más práctico y de menos requerimiento de recursos ya que los otros sistemas necesitan sistemas auxiliares, por ejemplo, la elección de una marmita de vapor requeriría el diseño, compra e instalación de todo el sistema de generación y alimentación de vapor a la marmita. Una marmita de fuego directo solo necesita el tanque de almacenamiento del gas y el sistema de tuberías para la alimentación.

5.3.7 Mezcla

Según la tesis “Diseño y cálculo de un agitador de fluidos” de Castillo (2013) los tipos de hélices según la viscosidad del medio son:

Tabla 5.9 Tipos de agitadores según la viscosidad del medio

Tipo de agitador	Viscosidad del medio
Pala tipo ancla	1000 pa s
Pala tipo rejilla	10 pa s
Hélice	< 8 pa s
Turbina de hojas inclinadas	100 pa s
Turbina de hojas planas	10 pa s

La miel posee una viscosidad dinámica de 200 a 700 Pa*s por lo tanto el tipo de agitador que se escogerá por la densidad del producto es el agitador de pala tipo ancla.

5.3.8 Envasado

Debido a los recursos de la empresa, no se elegirá una envasadora de las propuestas por la teoría, sino que se elegirá una envasadora con un sistema neumático y funcionamiento semiautomático disponible en el mercado nacional.

5.4 DISEÑO DEL PROCESO PRODUCTIVO

5.4.1 Dimensionamiento de los equipos

5.4.1.1 Balance de masa

Para el balance de masa se toma en cuenta la venta actual de producto *Chocomiel*. Actualmente se venden 432 unidades mensuales en presentaciones de 500 g de contenido neto. Se considera un mes igual a 30 días. Se sumará a las unidades vendidas un margen de aumento del 50% considerando el crecimiento de venta, por lo que la producción mensual de *Chocomiel* de referencia para el balance de masa es de 648 unidades de 500 g.

Para obtener el volumen de producción mensual multiplicamos las unidades totales mensuales y el contenido neto por presentación:

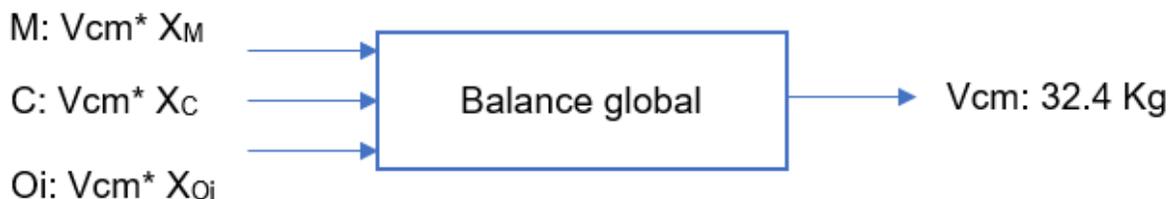
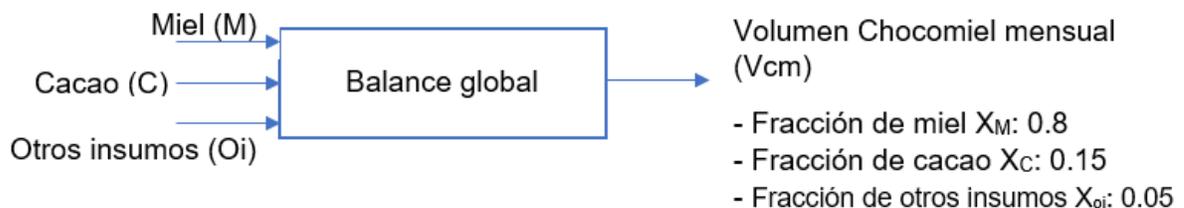
Volumen total de *Chocomiel*: Unidades mensuales*contenido neto

Volumen total de *Chocomiel*: $648 * 500$ g

Volumen total de *Chocomiel*: $324,000$ g = 324 kg

Se obtiene un volumen total de 324 kg mensuales de producción de *Chocomiel*. Debido al bajo volumen de producción se establecen solo 10 días mensuales de producción, obteniendo un total de 32.4 kg por día de producción.

La fórmula más aceptada ha sido 80 % miel y 15 % cacao por lo que se utilizará dichos porcentajes para conocer el volumen por materia prima necesario por día de producción.



$$M : V_{cm} * X_M \tag{5.1}$$

$$M : 32.4Kg * 0.8$$

$$M : 25.92Kg$$

$$C : V_{cm} * X_c \quad (5.2)$$

$$C : 32.4Kg * 0.15$$

$$C : 4.86Kg$$

$$O_i : V_{cm} * X_{o_i} \quad (5.3)$$

$$O_i : 32.4Kg * 0.05$$

$$O_i : 1.62Kg$$

En el caso de la miel y otros insumos la cantidad entrante es la misma que sale por lo que para un día de producción se establece 25.92 Kg para miel y 1.62 Kg para los otros insumos.

En el caso del cacao debido a todas las etapas de proceso por las que pasa tiene una disminución del peso del cacao entrante. En el proceso actual se ha observado una disminución del 12.9% sobre el peso total. Por lo tanto, el peso total de cacao requerido es la igual el total teórico más el peso de la merma de todo el proceso.

$$Cacao_requerido : Cacao_teorico + (Cacao_teorico * merma_total) \quad (5.4)$$

$$Cacao_requerido : 4.86Kg + (4.86 * 0.129)$$

$$Cacao_requerido : 5.49Kg$$

Con el peso inicial de la miel, cacao y otros insumos se inicia el balance de masa etapa por etapa.

Selección

Se recibe la cantidad $A = 5.49 Kg$ y se establece que no hay mermas en la selección debido a los controles a proveedores, por lo tanto, todo el cacao entrante es utilizado, por lo que $M1 = 0$.

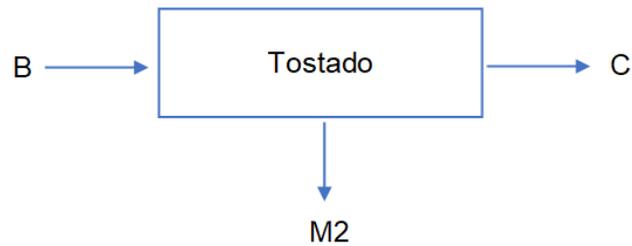


Sustituyendo A y $M1$ en la ecuación 3.2, obtenemos:

$$B = 5.49Kg - 0$$

$$B = 5.49Kg$$

Tostado



Sustituyendo el 1.7% de merma del tostado planteada en el marco teórico y *B* en la ecuación 3.4, obtenemos:

$$C = 5.49Kg - (5.49kg * 0.017)$$

$$C = 5.49Kg - (0.0933kg)$$

$$C = 5.3967Kg$$

Descascarillado



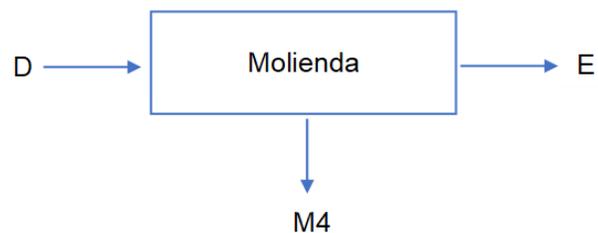
Sustituyendo el 7 % de merma del descascarillado, planteada en el marco teórico y *C* en la ecuación 3.6, obtenemos:

$$D = 5.3967Kg - (5.3967kg * 0.07)$$

$$D = 5.3967Kg - (0.3777kg)$$

$$D = 5.0189Kg$$

Molienda



Sustituyendo el 3 % de merma del descascarillado, planteada en el marco teórico y D en la ecuación 3.8, obtenemos:

$$E = 5.0189Kg - (5.0189kg * 0.03)$$

$$E = 5.0189Kg - (0.1506Kg)$$

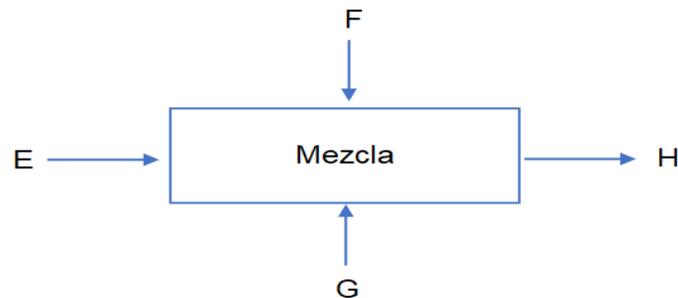
$$E = 4.8683Kg$$

Se obtiene el valor 4.86 Kg requerido.

Conchado y temperado

Como se mencionó en el marco teórico en esta etapa no hay pérdidas o ganancias de masa, por lo que 4.86 Kg entrantes salen.

Mezcla



Como se estableció anteriormente en el inciso 5.4.1.1 *Balace de masa* la cantidad de miel necesaria es 25.92 Kg y de otros insumos es 1.62 Kg, por lo tanto. Sustituyendo estos valores en la ecuación 3.9 obtenemos:

$$H = 4.86Kg + 25.92Kg + 1.62Kg$$

$$H = 32.40Kg$$

Se obtiene el valor esperado de 32.40 Kg requeridos por día de producción.

Envasado

En el envasado no hay balance de masa por lo que los 32.40 Kg entrantes salen.

5.4.2 Cálculos de diseño

5.4.2.1 Cálculos de la marmita

Volumen de la marmita

Para el volumen del tanque primero se calculó en base a las proyecciones de crecimiento que estima la empresa en los próximos meses. Se propone un volumen de 0.22 m³, que equivale a 300 Kg de producto, con una densidad de 1.42 Kg/L.

Se calcula el verdadero volumen de la marmita teniendo el volumen de la mezcla el cual se multiplica por el factor de seguridad de 0.25.

Sustituyendo los valores en la ecuación 3.10 obtenemos:

$$Vm = 0.22m^3 * (1 + 0.25)$$

$$Vm = 0.275m^3$$

Diámetro de marmita

Sustituyendo el resultado Vm en la ecuación 3.15 se obtiene:

$$dm = \left(\frac{12 * 0.275m^3}{\pi * (3 * 1.2 + 1)} \right)^{1/3}$$

$$dm = 0.6448m$$

Sustituyendo el resultado de dm en la ecuación 3.13 obtenemos la altura de la marmita:

$$hm = 1.2 * 0.6448m$$

$$hm = 0.7737m$$

5.4.3 Balance de energía

5.4.3.1 Balance energía en el tostado

Las siguientes variables son tomadas del libro (Çengel (2007)) las cuales corresponden:

$$Cp_s = 0.4025 \text{ kcal/kg } ^\circ C$$

$$Cp_L = 0.9979 \text{ kcal/kg } ^\circ C$$

$$Cp_V = 0.4507 \text{ kcal/kg } ^\circ C \cdot$$

$$\lambda = 539.08 \text{ kcal/kg}$$

$$T_{sa} = 30 \text{ } ^\circ C$$

$$T_{sb} = 130 \text{ } ^\circ C$$

$$T_v = 100 \text{ } ^\circ C$$

$$T_{va} = 100 \text{ } ^\circ C$$

$$X_a = 0.07527$$

$$X_b = 0.03093$$

Sustituyendo las cantidades en la ecuación 3.16 se obtiene:

$$\begin{aligned} \frac{q_T}{\dot{m}_s} &= 0.4025 \text{Kcal} / \text{Kg}^\circ\text{C} (130 - 30) + \\ &0.07527 (0.9979 \text{Kcal} / \text{Kg}^\circ\text{C}) (0 - 30)^\circ\text{C} + \\ &(0.07527 - 0.03093) * 539.08 \text{Kcal} / \text{Kg} + \\ &0.03093 * 0.9979 (130 - 100)^\circ\text{C} + (0.07527 - 0.03093) * 0.9979 \text{Kcal} / \text{Kg}^\circ\text{C} (100 - 100)^\circ\text{C} \end{aligned}$$

$$\frac{q_T}{\dot{m}_s} = 5.50 \text{Kg} * 70.3365 \text{Kcal} / \text{Kg}$$

$$\frac{q_T}{\dot{m}_s} = 386.85 \text{Kcal} \approx 1619.66 \text{KJ}$$

5.4.3.2 Balance energía en el temperado y conchado

Reemplazando los datos de la *Tabla 3.2 Parámetros de control en la etapa de temperado y conchado* en las ecuaciones 3.18, 3.19 y 3.20 se obtienen los siguientes resultados:

$$Q_1 = 4.86 * 0.3952 * (45 - 28)$$

$$Q_1 = 32.6514 \text{Kcal} / \text{Kg} \approx 136.6135 \text{Kj} / \text{Kg}$$

$$Q_2 = 4.86 * 0.3952 * (65 - 45)$$

$$Q_2 = 38.4134 \text{Kcal} / \text{Kg} \approx 160.7217 \text{Kj} / \text{Kg}$$

$$Q_3 = 4.86 * 0.3952 * (50 - 28)$$

$$Q_3 = 42.2548 \text{Kcal} / \text{Kg} \approx 176.7941 \text{Kj} / \text{Kg}$$

Sustituyendo los valores de calor obtenidos en la fórmula 3.17 que corresponde al Q_{total} obtenemos:

$$Q_{total} = (32.6514 + 38.4134 + 42.2548) \text{Kcal}$$

$$Q_{total} = 113.3196 \text{Kcal} \approx 474.1292 \text{KJ}$$

Para saber la cantidad de gas licuado que necesita la producción de *Chocomiel* se tiene la relación 1Kg Gas Licuado de Petróleo (GLP) equivale a 11,951 Kcal en condiciones estándar, temperatura de 25 °C (298,15 K) y una presión absoluta de 100 kPa (0,9869 atm) tomado de Sánchez y Calero (2013).

Con esta equivalencia se obtiene que la empresa necesita por lote 0.0094819Kg GLP o bien al dividirlo por la densidad de 1.42Kg/l resulta 149.75 litros de gas.

Adaptando la figura 3.4 *Diagrama de flujo de proceso de elaboración de sirope de chocolate* a las operaciones unitarias que se realizarán para la producción de Chocomiel en la planta de Zeas Apícola y añadiendo la masa y el flujo de calor necesario por etapa se obtiene la figura 5.1 a continuación mostrada.

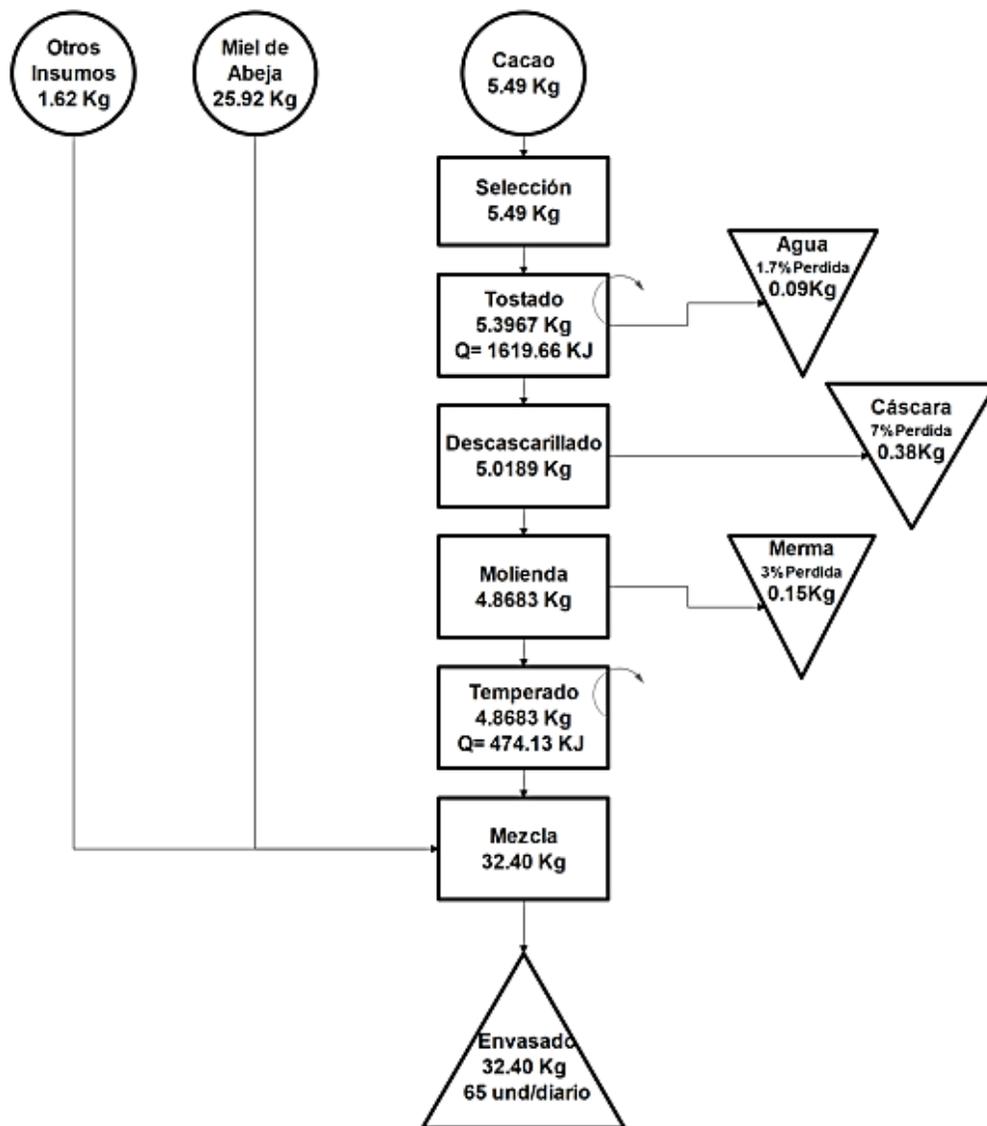


Figura 5.1 Flujo de proceso en un día de producción de Chocomiel

5.4.4 Selección de equipos

5.4.4.1 Selección

Cacao

Análisis de fermentación

El método seleccionado anteriormente para el análisis de fermentación ha sido la prueba de corte. El equipo o instrumento asociado a este método es una guillotina.

Análisis de humedad

Se escoge la propuesta #2 de medidores humedad correspondiente al fabricante "PCE instruments". Se escoge este equipo al ser un medidor de humedad diseñado específicamente para la medición de humedad de granos de cacao, por lo que proporcionará valores precisos en tan impórtate paramento de operación y calidad como es la humedad del grano de cacao.

Miel

Anteriormente ya se especificó que el refractómetro es el equipo más utilizado para la medición de humedad y grados Brix en la miel.

Se escoge la propuesta # 1 del proveedor "proster" correspondiente a un refractómetro estándar utilizado en la industria.

5.4.4.2 Tostado

Anteriormente se eligió el tostador de tipo de tambor como tecnología para la etapa de tostado.

Se escoge la propuesta # 1 del fabricante "DELANI". Se ha seleccionado dicho fabricante ya que son una empresa especializada en tecnología relacionada al procesamiento de cacao y chocolate por lo que existe una garantía del óptimo funcionamiento del equipo.

5.4.4.3 Descascarillado

Anteriormente se eligió la tecnología de disco dentado para el equipo de descascarillado.

Se escoge la propuesta # 3 nuevamente del fabricante "DELANI". Como se mencionó anteriormente dicho fabricante es una empresa especializada en tecnología relacionada al procesamiento de cacao y chocolate por lo que existe una garantía del óptimo funcionamiento del equipo.

5.4.4.4 Molienda

Anteriormente se eligió la tecnología de disco dentado para el equipo de molienda.

Se escoge la propuesta # 2 del fabricante “Fischer Agro”. Se selecciona este fabricante al tener más de 25 años de experiencia en la fabricación de equipos para las industrias de alimentos además el fabricante garantiza el diámetro de partícula adecuado para la fabricación de sirope de chocolate finalmente ofreciendo equipo en variedad de capacidades.

5.4.4.5 Conchado y temperado

Anteriormente se eligió la tecnología de marmita de fuego directo y cerrada en su superficie.

Se escoge la propuesta # 3 nuevamente del fabricante “Marengo Trading”. La marmita es usada disminuyendo su vida útil pero debido al uso ya se encuentra garantizada su utilidad también cuenta con todo el sistema de agitación siendo únicamente necesario cambiar el tipo de agitador.

5.4.4.6 Mezcla

Anteriormente se identificó que el tipo de agitador necesario para líquidos viscosos era de pala tipo ancla por lo tanto se escoge la propuesta # 2 correspondiente al agitador antes mencionado del fabricante “TIMSA”.

5.4.4.7 Envasado

Anteriormente se mencionó la elección de una maquina envasadora estándar de funcionamiento con un sistema neumático.

Se escoge la propuesta # 1 del fabricante “Tecni Pac”. Se escoge este fabricante al ser un equipo de fácil operación con variedad de capacidades y específico para líquidos viscosos.

5.4.5 Distribución de línea de proceso

Para los tres tipos clásicos de distribución explicados anteriormente en la metodología. Cada factor fue evaluado puntuando del 1 al 10 para cada uno de los tipos de distribución, los resultados se representan en la tabla 5.10.

Según la puntuación más elevada de la matriz realizada, se seleccionó una distribución de planta por proceso (54 pts.). Se ha tomado en cuenta los recursos a disposición de la empresa Zeas Apícola: Espacio disponible para construcción, equipos en uso, fondos, etc. logrando así un resultado realista y aplicable al corto y mediano plazo.

Tabla 5.10 Matriz para selección de distribución de planta

Puntaje por factores	Tipo de distribución		
	Por producto	Por proceso	De punto Fijo
Material	8	8	8
Maquinaria	8	8	10
Hombre	5	8	5
Movimiento	9	10	7
Espera	9	9	10
Servicio	4	4	4
Edificio	5	4	4
Cambio	3	3	3
Total	51	54	51

Según la distribución ganadora, la vista de planta se observa en la figura 5.2 y una vista ampliada en la figura 5.3 y en la figura 5.1 se presenta la vista de planta actual de la empresa Zeas Apícola (siguientes hojas).

ZEAS APÍCOLA S.A.	PROYECTO: PLANTA DE PROCESAMIENTO DE MIEL ZEAS APÍCOLA S.A.	FECHA: 03 DE SEPTIEMBRE DE 2019	1
	CONTENIDO: DISEÑO DE PROCESO	ESCALA: 1:100	3
		ESTADO: PREFACTIBILIDAD	

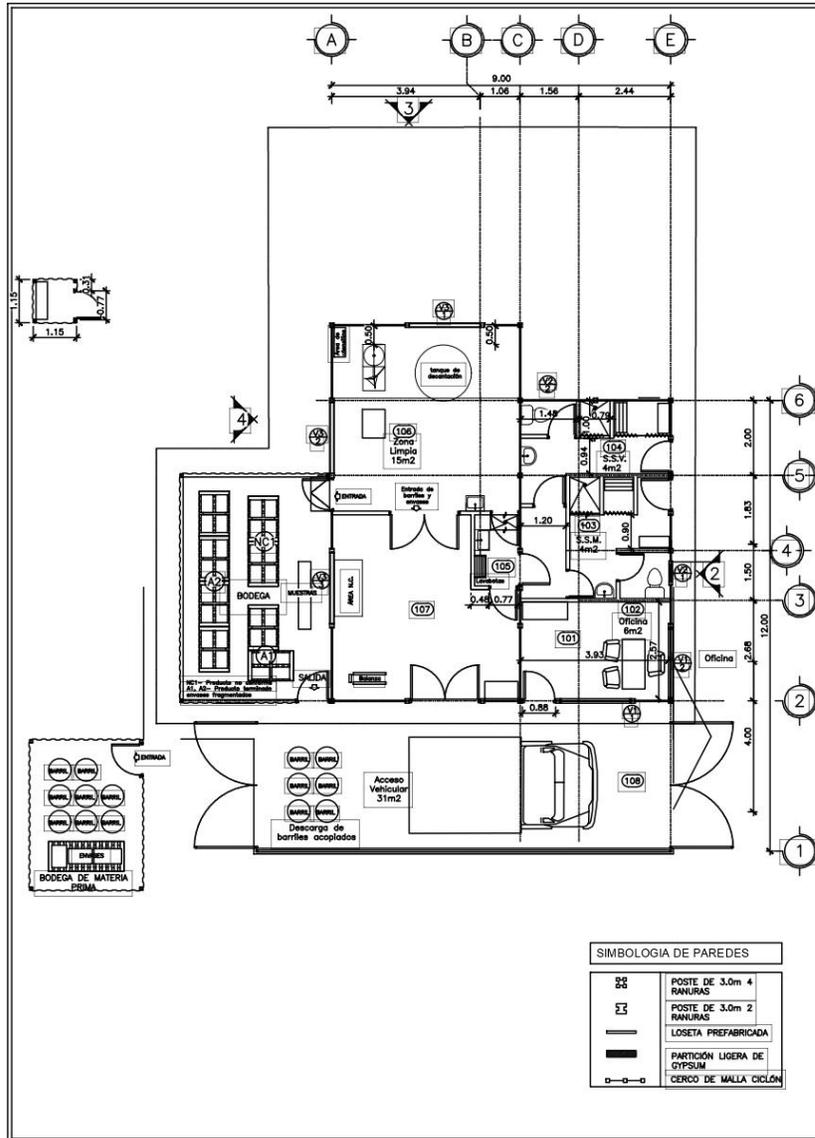


Figura 5.2 Planta de procesamiento de miel de la empresa Zeas Apícola

ZEAS APÍCOLA S.A.	PROYECTO: SALA DE PROCESAMIENTO DE CHOCOMIEL ZEAS APÍCOLA S.A.	FECHA: 03 DE SEPTIEMBRE DE 2019	2
	CONTENIDO: DISEÑO DE PROCESO	ESCALA: 1:100	3
		ESTADO: PREFACTIBILIDAD	

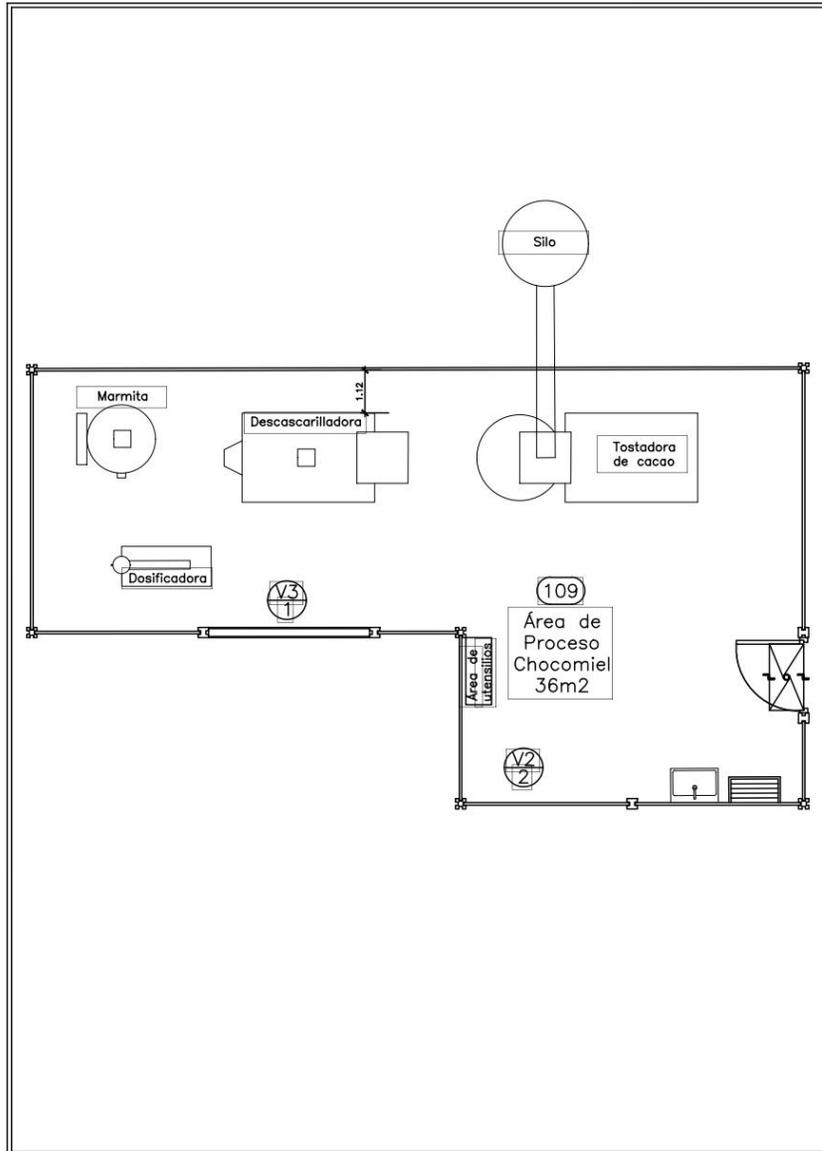


Figura 5.3 Área de procesamiento de *Chocomiel* de la empresa Zeas Apícola

ZEAS APÍCOLA S.A.	PROYECTO: PLANTA DE PROCESAMIENTO DE MIEL Y CHOCOMIEL ZEAS APÍCOLA S.A.	FECHA: 03 DE SEPTIEMBRE DE 2019	3
	CONTENIDO: DISEÑO DE PROCESO	ESCALA: 1:100	3
		ESTADO: PREFACTIBILIDAD	

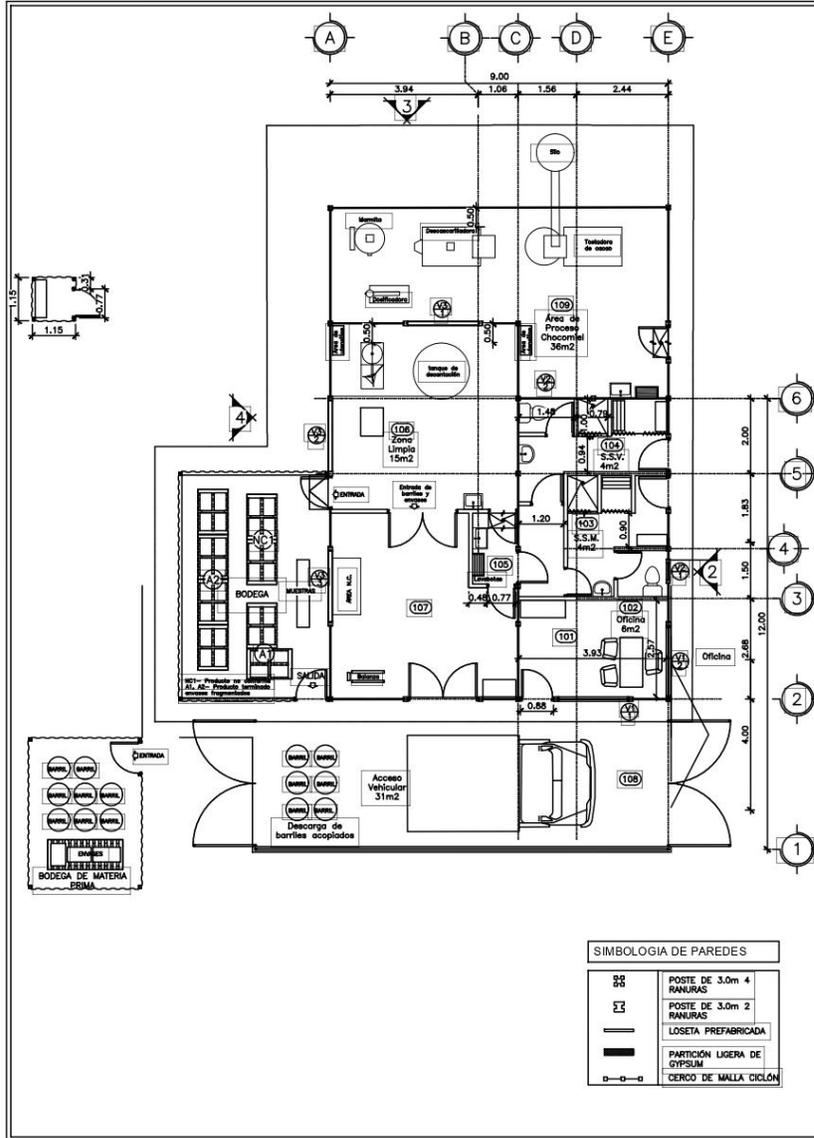


Figura 5.4 Planta de procesamiento de miel y Chocomiel de la empresa de Zeas Apícola

VI CONCLUSIONES

En la caracterización de cacao y miel de abeja, se han definido las variedades a procesar en base a las características organolépticas que aportan las mejores valoraciones del consumidor al producto alimenticio *Chocomiel*. Así mismo, se han considerado otras variables como cercanía e índice de producción, dado el escenario de aumento de demanda del producto, que no haya escases de materia prima y favorezcan a una producción económicamente rentable. El cacao que debe utilizarse es de origen trinitario, preferible de variedad CCN 51 (colección castro naranjal) y la miel de abeja tiene que ser de origen multifloral con humedad de 18.5%.

Mediante las pruebas de aceptación en escala hedónica de 5 puntos realizadas en los supermercados a clientes que mostraban interés en el producto e interesados por la marca, se determinó que la formulación con mejor aceptación fue la de porcentaje másico de 15% cacao – 80% Miel de abeja, tomando como principal consideración factores de textura, olor, apariencia visual y equilibrio de sabores.

Chocomiel es un producto totalmente integral de sus materias primas, dado que no se separan ninguno de sus componentes intrínsecos, por lo cual, el producto final se sometió a pruebas de factores externos para garantizar homogeneidad de la mezcla y la estabilidad de la manteca de cacao. Para ello se recurrió a la inclusión de aditivos estabilizadores y conservantes que equivalen al 5% restante de la formulación.

El desarrollo del proceso productivo y selección tecnológica, se hizo acorde a la disponibilidad de recursos de la empresa. Se definió un área de 36 m², donde se distribuyen los equipos seleccionados para la transformación de la materia prima por el método de distribución por proceso. Por consiguiente, se requirió que dicha organización se acoplara con la infraestructura del procesamiento de miel ya existente, para no entorpecer el proceso productivo de ambas líneas.

Los cálculos de balances de materia y energía reflejan una capacidad de producción de 32.4 Kg/día y una demanda de consumo energético de 474.13 KJ para las etapas de tostado y temperado, estas demandas energéticas se suplirán usando 149.75 litros de gas licuado de petróleo como combustible.

VII RECOMENDACIONES

Para la correcta operación de los equipos en el proceso de producción de *Chocomiel*, se recomienda que la empresa se disponga a:

- La construcción de la nueva área de proceso de debe manejarse como área limpia, respetar los filtros sanitarios, medidas y normas de inocuidad de alimentos.
- Trasegar la miel de abeja del tanque de “decantación” ubicado en el área de Zona Limpia, mediante una bomba y tubería aérea. Para evitar exposición o manipulación indebida del producto.
- Elaborar un procedimiento estándar sobre el funcionamiento de los nuevos equipos, un procedimiento sobre el nuevo programa de producción y capacitar al personal del área con ayuda de técnicos o personas experimentadas en el tema.
- Incluir el procesamiento de subproductos, a los alcances de su sistema integral ISO 9001, BPM, POES y HACCP.

VIII BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar, H. (2016). Manual para la Evaluación de la Calidad del Grano de Cacao, Edición, Honduras.
- Aldave, G. (2016). Efecto de la temperatura y tiempo de tostado en los caracteres sensoriales y en las propiedades químicas de granos de cacao (*Theobroma cacao* L.) procedente de Uchiza, San Martín – Perú para la obtención de NIBS. Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- Alegria, E. (2015). Evaluación de tratamientos previos al proceso de tostado de semillas de cacao para el diseño del área de producción de pasta de cacao, Edición, Quito, Escuela Politécnica nacional
- Apen (2017). Desarrollo Sostenible de Subsector Cacao en Nicaragua, Edición, Nicaragua.
- Arvelo, M., Delgado, T. y Maroto, S. (2016). Estado actual sobre la producción y el comercio del cacao en américa, Edición, Costa Rica, IICA.
- BCN (2005). El cacao.
- Beckett, S. T. (2015). The Science of Chocolate, 2da Edición, Royal Society of Chemistry.
- Borrero, F. y Hernandez, J. (1990). Determinación de parámetros y simulación matemática del proceso de secado del cacao, Departamento de Ingeniería Agrícola.
- Calderon, R., Chaurán, Y., Mendoza, N., Vega, C., Rojas, J. y Manganiello, L. (2016). Operating parameters more appropriate in the process of roasted cocoa almonds. *Revista INGENIERÍA UC*, 23, 67-80.
- Caobisco (2015). Requisitos de Calidad de la Industria del Chocolate y del Cacao.
- Castillo, S. S., Yuridia (2011). Control de calidad en el procesamiento del cacao en la Cooperativa La Campesina en el municipio de Matiguas.
- Castillo, V. (2013). Diseño y cálculo de un agitador de fluidos. Universidad del Bío-Bío.
- Çengel, Y. A. (2007). Transferencia de calor y masa: un enfoque práctico, 7ma Edición, McGraw-Hill.
- Centeno, K. y Rodríguez, N. (2016). Análisis de la producción de miel de abeja en Nicaragua y principales limitaciones del sector apícola para exportación a la Unión Europea, I Semestre del 2015. , Edición, Nicaragua, Estelí, UNAN.
- Codini, M., Díaz Vélez, F., Ghirardi, M. y Villavicencio, I. (2004). Obtención y utilización de la manteca de cacao. *Invenio*, 7, 12, 143-148.
- Cruz, H. C., Edinson. (2010). Diseño e implementación de una máquina flexible para envasado de líquidos. Universidad Politécnica Salesiana.
- Enríquez, G. A. (1985). Curso sobre el cultivo del cacao, Edición, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza.

-
- Enríquez, G. A. y Paredes, A. (1983). El cultivo del cacao, Edición, San José, Costa Rica, Editorial Universidad Estatal a Distancia.
 - Escobedo, A. (2010). Cadena Productiva de Cacao de Nicaragua, Edición.
 - Fautapo (2014). Producción de miel de abeja, 1ra Edición, EL Salvador, Imprenta TUPAC KATARI.
 - Garcia, A. P. (2005). Descubra El Poder De La Miel / Discover the Power of Honey, Edición, Imaginador.
 - García, D. y Quesada, I. (2005). Distribución en planta, 3ra Edición, Servicio de Publicaciones, Universidad de Oviedo.
 - Geankoplis, C. J. (2006). Procesos de transporte y principios de procesos de separación: (incluye operaciones unitarias), 4ta Edición, Compañía Editorial Continental.
 - Gustavo, E. (1998). Como mantener la calidad y el aroma en el mercado del cacao fino (Quality insurance for fine/flavour cocoa marketing), 1ra Edición, Costa Rica, IICA.
 - Hardy, F. (1961). Manual de Cacao, 1ra Edición, Costa rica, Bib. Orton IICA / CATIE.
 - Ibañez, F. B. Y. (2001). Análisis sensorial de alimentos. Métodos y aplicaciones., 1ra Edición, Barcelona, Springer.
 - Imbaquingo , N. y Ortiz , O. (2012). Diseño y construcción de una máquina para remover la cascarilla de granos de cacao para una producción de 200 kg/h. Escuela Politécnica Nacional.
 - Inta (2009). Guía tecnológica del cultivo de Cacao, Edición, Nicaragua
 - Irlanda, M. (2013). Elaboración de chocolate de cobertura, utilizando licor de cacao nacional. La maná, 1ra Edición, Ecuador, UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO.
 - Kuehl, R. O. (2001). Diseño de experimentos: principios estadísticos de diseño y análisis de investigación, 2da Edición, Ediciones Paraninfo.
 - Loyola, U. S. I. D. (2018). El cacao Tesore de la Amazonia, 1ra Edición, Peru, Fondo Editorial USIL.
 - Martínez, C. (2012). Estadística y muestreo - 13ra Edición, Ecoe Ediciones.
 - Mccabe, W. L., Prados, J. C., Vázquez, F. M., Smith, J. C. y Sánchez, P. M. (1981). Operaciones básicas de ingeniería química, 4ta Edición, Reverté.
 - Mccabe, W. L. y Smith, J. C. (2007). Operaciones unitarias en ingeniería química, 5ta Edición, Mexico, D.F., McGraw-Hill Interamericana.
 - Medina, J., Vargas, M. y Del Angel, O. (2012). Cacao: operaciones post cosecha, 1ra Edición, FAO.
 - Mendizábal, F. M. (2005). Abejas, 1ra Edición, Albatros/Argentina.

-
- Minifie, B. (2012). *Chocolate, Cocoa and Confectionery: Science and Technology*, 1ra Edición, Springer Netherlands.
 - Montgomery, D. C. (2005). *Diseño y análisis de experimentos*, 4ta Edición, Limusa Wiley.
 - Moreno, L. S., Jesus (1989). *Beneficio del Cacao*, Edición, Honduras, IICA Biblioteca Venezuela.
 - Muther, R. (1981). *Distribución en planta*, 1ra Edición, Editorial Hispano Europea.
 - Myriam, E. (2015). *Evaluación y análisis técnico financiero del proceso de prensado de licor de cacao (*Theobroma cacao*) para la obtención de manteca y polvo de cacao*, Quito.
 - Oms y Onu (1995). *Codex alimentarius: Cacao en pasta (licor de cacao/chocolate) y torta de cacao*, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Organización Mundial de la Salud.
 - Ordetx, G. P., Darío (1966). *La apicultura en los trópicos*, 1ra Edición, Minnesota, B. Trucco.
 - Ortiz, F. G., Muela, M. G. y Ortiz, P. P. G. (2003). *Bebidas*, 1ra Edición, Thomson Paraninfo.
 - Ospina Machado, J. E. (2001). *Características Físico Mecánicas y Análisis de calidad de Granos*, 1ra Edición, Colombia, Universidad Nacional de Colombia
 - Pérez, G. (2006). *Mejora en el proceso de temperado del chocolate en una industria chocolatera Ecuatoriana*, Guayaquil, Ecuador, Escuela superior politécnica del litoral
 - Rocha, I., Santana, L., Soares, S. y Bispo, E. (2017). Effect of the roasting temperature and time of cocoa beans on the sensory characteristics and acceptability of chocolate. *Food Science and Technology*, 37, 522-530.
 - Rodríguez, F. O. (2011). *Apicultura Para Pequeños Emprendedores*, 1ra Edición, Ediciones Continente.
 - Romero, A. (2004). *Guía de equipos básicos para el procesamiento agroindustrial rural*, 1ra Edición, Bogotá, Convenio Andrés Bello.
 - Rueda, D. y Sánchez, G. (2015). *Diseño y construcción de una máquina para acondicionamiento final de chocolate*. Escuela Politécnica Nacional.
 - Sampieri, R. H., Collado, C. F. y Lucio, P. B. (2014). *Metodología de la investigación*, 6ta Edición, McGraw-Hill Education.
 - Sanchez D. y Calero F. (2013). *Obtención de Biogás a partir de la mezcla estiércol bovino– agua mediante la construcción de un Biodigestor tipo Batch a escala de laboratorio, perteneciente al Departamento de Química de la Facultad de Ciencias e Ingenierías de la UNAN – Managua, Febrero - Julio 2013*. Universidad nacional autónoma de Nicaragua.
 - Swisscontact (2014). *Guía de trabajo para el productor de cacao análisis físico y sensorial de muestras*, 2da Edición.

-
- Uriel, F. (2012). Dones Del Cielo. Abeja Y Miel en El Mediterráneo Antiguo, *1ra* Edición, UNED.
 - Valls, S. J. (1999). Introducción al análisis sensorial de los alimentos, *1ra* Edición, Edicions de la universitat de Barcelona.
 - Vanalocha, A. N. a. C. (2004). Diseño de industrias agroalimentarias, *1ra* Edición, Mundi-Prensa.
 - Velasteguí, V. (2010). Desarrollo de la tecnología para la elaboración de chocolate de cobertura, *1ra* Edición, Ecuador, Universidad técnica de Ambato.
 - Watts, B. M. y Centre, I. D. R. (1992). Métodos sensoriales básicos para la evaluación de alimentos, *3ra* Edición, IDRC/CRDI.

IX ANEXOS

Para las entrevistas se utilizarán preguntas abiertas y preguntas cerradas. Las preguntas cerradas serán las utilizadas para el análisis experimental.

Las preguntas cerradas fueron un total de cinco puntuadas del 1 al 5. Las preguntas son las siguientes.

A. ¿Qué tan agradable es para usted el amargor en el producto alimenticio *Chocomiel* recientemente degustada?

1. Muy desagradable 2. Desagradable 3. No me desagrada 4. Agradable 5. Muy agradable

B. ¿Qué tan agradable es para usted el dulzor en el producto alimenticio *Chocomiel* recientemente degustada?

1. Muy desagradable 2. Desagradable 3. No me desagrada 4. Agradable 5. Muy agradable

C. ¿Qué tan agradable es para usted el sabor del producto alimenticio *Chocomiel* recientemente degustada?

1. Muy desagradable 2. Desagradable 3. No me desagrada 4. Agradable 5. Muy agradable

D. ¿Qué tan agradable es para usted la apariencia del producto alimenticio *Chocomiel* recientemente degustada?

1. Muy desagradable 2. Desagradable 3. No me desagrada 4. Agradable 5. Muy agradable

E. ¿Qué tan agradable es para usted la fluidez en el producto alimenticio *Chocomiel* recientemente degustada?

1. Muy desagradable 2. Desagradable 3. No me desagrada 4. Agradable 5. Muy agradable

F. ¿Cómo clasificaría usted la textura al comer el producto alimenticio *Chocomiel* recientemente degustada?

1. Muy desagradable 2. Desagradable 3. No me desagrada 4. Agradable 5. Muy agradable