

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

**FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y
AGROINDUSTRIA**

**DISEÑO DE UNA PLANTA DE ELABORACIÓN DE CHOCOLATE
NEGRO Y CHOCOLATE CON LECHE A PARTIR DE LICOR DE
CACAO**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO
AGROINDUSTRIAL**

WILLIAM DAVID JÁCOME LAGLA

william_mh@hotmail.com

DIRECTOR: ING. EDWIN RAFAEL VERA CALLE, Ph.D.

edwin.vera@epn.edu.ec

Quito, Diciembre 2015

© Escuela Politécnica Nacional (2015)
Reservados todos los derechos de reproducción

DECLARACIÓN

Yo, William David Jácome Lagla, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría, que no ha sido previamente presentado en ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Escuela Politécnica Nacional puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.

William David Jácome Lagla

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por William David Jácome Lagla, bajo mi supervisión.

Ing. Edwin Vera Ph.D.

DIRECTOR DEL PROYECTO

AUSPICIO

La presente investigación contó con el auspicio financiero del proyecto semilla PIS 12 - 22 “Optimización del proceso de obtención de chocolate a partir de almendras de cacao producidas en las zonas tropicales de Ecuador”, que se ejecuta en el Departamento de Ciencia de Alimentos y Biotecnología.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por tantas bendiciones brindadas, a mi querida madre por todas esas madrugadas y malas noches para poder darme el estudio, a mi héroe Marcelo por saberme guiar con el ejemplo y ser mi apoyo total, a mi amada Carlita por el respaldo, respeto y amor que brindas en mi vida, y a toda mi familia.

Al Ing. Edwin Vera Ph.D por la confianza, preocupación, paciencia y tiempo brindado para desarrollar el presente proyecto.

A Pablo Carchi, Darío Posso, Paúl Guzmán por la guía y amistad incondicional brindaba en mi vida estudiantil, a mis compañeros Tavo, Nathy, Wladimir, Tanya, Carlos, Mary, Mauricio por su amistad y ayuda.

A mis amigos de la planta piloto Luis Rodríguez, Wagner Narváez, Jorge Luis Suárez, José Luis Segovia y finalmente y no menos importante a mis amigos Diego Armando, Diego Fernando, Eduardo, Daniel, Patricio, Ricardo, y Juan Francisco.

DEDICATORIA

A los motores de mi vida:

Jeimily Valentina, Carla Lizbeth,

Laura Marina y Luis Marcelo

ÍNDICE DE CONTENIDOS

	PÁGINA
RESUMEN	xii
INTRODUCCIÓN	xiv
1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	1
1.1. Chocolate	1
1.1.1. Historia del chocolate	2
1.1.2. Tipos de chocolates	4
1.1.2.1. Chocolate negro	4
1.1.2.2. Chocolate con leche	5
1.1.2.3. Chocolate blanco	5
1.1.2.4. Chocolate de cobertura	5
1.1.2.5. Otros tipos de chocolates	5
1.1.3. Chocolate en el mundo	6
1.1.4. Chocolate en el Ecuador	7
1.1.5. Ingredientes	10
1.1.5.1. Licor de cacao	10
1.1.5.2. Azúcar	11
1.1.5.3. Manteca de cacao	12
1.1.5.4. Emulsificante	13
1.1.5.5. Leche en polvo	14
1.1.6. Operaciones unitarias para manufactura del chocolate	14
1.1.6.1. Mezcla	14
1.1.6.2. Refinado	15
1.1.6.3. Conchado	16
1.1.6.4. Atemperado	17
1.1.6.5. Moldeado	19
1.1.6.6. Envasado	19
1.1.7. Calidad y defectos del chocolate	20
1.1.7.1. Parámetros de control en la calidad del chocolate	20
1.1.7.2. Defectos en el chocolate	22
1.2. El conchado	24
1.2.1. Tipos de conchadoras	24
1.2.1.1. Conchadora longitudinal	25
1.2.1.2. Conchadora rotatorias	26
1.2.1.3. Conchadoras continuas	27
1.2.2. Etapas del conchado	28
1.2.2.1. Fase de conchado seco	28
1.2.2.2. Fase de pasta	30
1.2.2.3. Fase de conchado líquido	30

2.	PARTE EXPERIMENTAL	31
2.1.	Evaluación de las características del licor de cacao obtenido	31
	2.1.1. Materia prima	31
	2.1.2. Proceso de elaboración de licor de cacao	32
	2.1.3. Caracterización del licor de cacao, manteca de cacao, leche en polvo y azúcar	32
	2.1.3.1. Caracterización del licor de cacao	32
	2.1.3.2. Caracterización de la leche en polvo	34
	2.1.3.3. Caracterización de la manteca de cacao	35
	2.1.3.4. Caracterización de azúcar	36
2.2.	Determinación de la influencia del tiempo y la velocidad en el proceso de conchado	36
	2.2.1. Elaboración de chocolates	36
	2.2.1.1. Equipo mezclador - conchador	36
	2.2.1.2. Mezcla	37
	2.2.1.3. Conchado	38
	2.2.1.4. Diseño experimental	38
	2.2.1.5. Atemperado	38
	2.2.1.6. Moldeado	39
	2.2.1.7. Empacado	39
	2.2.2. Evaluación de parámetro físicos , químicos, reológicos y sensoriales	39
	2.2.2.1. Humedad	39
	2.2.2.2. pH	40
	2.2.2.3. Acidez	40
	2.2.2.4. Grasa	40
	2.2.2.5. Tamaño de partícula	40
	2.2.2.6. Viscosidad	41
	2.2.2.7. Análisis sensorial	41
2.3.	Estudio técnico y diseño de una planta de producción de chocolates a partir de licor de cacao	42
2.4.	Evaluación de la pre factibilidad económica para la producción de chocolates	43
3.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	44
3.1.	Evaluación de las características del licor de cacao obtenido	44
	3.1.1. Proceso de elaboración de licor de cacao	44
	3.1.2. Evaluación de las características del licor de cacao, leche en polvo, manteca de cacao y azúcar	46
	3.1.2.1. Caracterización del licor de cacao	46
	3.1.2.2. Caracterización de la leche en polvo	47
	3.1.2.3. Caracterización de la manteca de cacao	48
	3.1.2.4. Caracterización del azúcar	49
	3.1.3. Elaboración de chocolates	49

3.2.	Determinación de la influencia del tiempo y la velocidad en el proceso de conchado	51
3.2.1.	Evaluación de parámetros físicos, químicos, reológicos y sensoriales	51
3.2.1.1.	Humedad	51
3.2.1.2.	pH	55
3.2.1.3.	Acidez	58
3.2.1.4.	Tamaño de partícula	60
3.2.1.5.	Viscosidad	¡Error! Marcador no definido.
3.2.2.	Análisis sensorial	69
3.2.2.1.	Olor	70
3.2.2.2.	Sabor	71
3.2.2.3.	Acidez	73
3.2.2.4.	Arenosidad	74
3.2.2.5.	Fundido	76
3.3.	Estudio técnico y diseño de una planta de producción de chocolates a partir de licor de cacao	79
3.3.1.	Definición del producto	79
3.3.2.	Capacidad y localización de la planta	79
3.3.3.	Materia prima e insumos	80
3.3.4.	Alcance del proyecto	80
3.3.5.	Proceso tecnológico	81
3.3.6.	Descripción detallada del proceso	82
3.3.7.	Diseño básico de la planta	86
3.3.8.	Programa de trabajo	86
3.4.	Evaluación de pre factibilidad económica para la producción de chocolates	88
3.4.1.	Inversiones	89
3.4.2.	Costos de producción	90
3.4.3.	Punto de equilibrio, TIR, VAN	92
4.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	93
4.1.	Conclusiones	93
4.2.	Recomendaciones	96
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	97

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

	PÁGINA
Tabla 1.1. Exportaciones ecuatorianas de cacao y elaborados en miles USD y toneladas desde el 2007 hasta abril del 2013	9
Tabla 1.2. Principales países destino de las exportaciones de cacao y elaborados en miles USD desde 2007 hasta abril del 2013	10
Tabla 2.1. Receta típica del chocolate negro y chocolate con leche	37
Tabla 3.1. Caracterización físico-química del licor de cacao	46
Tabla 3.2. Caracterización físico-química de la leche en polvo	47
Tabla 3.3. Caracterización química de la manteca de cacao	48
Tabla 3.4. Humedad del chocolate negro y con leche durante el conchado con velocidades del motor de la conchadora de 1 000 y 1 500 rpm.	52
Tabla 3.5. Análisis de varianza del parámetro pH en el proceso de conchado de chocolate negro y con leche por 12 y 16 h a 1 000 y 1 500 rpm	56
Tabla 3.6. pH del chocolate negro y con leche durante el conchado con velocidades del motor de la conchadora de 1 000 y 1 500 rpm.	57
Tabla 3.7. Acidez del chocolate negro y con leche durante el conchado con velocidades del motor de la conchadora de 1 000 y 1 500 rpm.	59

Tabla 3.8.	Tamaño de partícula del chocolate negro y con leche durante el conchado con velocidades del motor de la conchadora de 1 000 y 1 500 rpm.	61
Tabla 3.9.	Análisis de varianza del tamaño de partícula del chocolate negro y del chocolate con leche	62
Tabla 3.10.	Valores medios y grupos homogéneos del umbral de fluencia del chocolate negro y del chocolate con leche	67
Tabla 3.11.	Valores medios y grupos homogéneos de la viscosidad aparente a 40 s^{-1} del chocolate negro y del chocolate con leche	68
Tabla 3.12.	Análisis de varianza con prueba de rango múltiple para prueba sensorial de olor a chocolate en chocolates negro	70
Tabla 3.13.	Análisis de varianza con prueba de rango múltiple para prueba sensorial de olor a chocolate en chocolates con leche	71
Tabla 3.14.	Análisis de varianza con prueba de rango múltiple para prueba sensorial de sabor a chocolate en chocolates negros	72
Tabla 3.15.	Análisis de varianza con prueba de rango múltiple para prueba sensorial de sabor a chocolate en chocolates con leche	72
Tabla 3.16.	Análisis de varianza con prueba de rango múltiple para prueba sensorial de acidez en chocolates negros	73
Tabla 3.17.	Análisis de varianza con prueba de rango múltiple para prueba sensorial de acidez en chocolates con leche	74

Tabla 3.18.	Análisis de varianza con prueba de rango múltiple para prueba sensorial de arenosidad en chocolates negros	75
Tabla 3.18.	Análisis de varianza con prueba de rango múltiple para prueba sensorial de arenosidad en chocolates negros (continuación..)	756
Tabla 3.19.	Análisis de varianza con prueba de rango múltiple para prueba sensorial de arenosidad en chocolates con leche	76
Tabla 3.20.	Análisis de varianza con prueba de rango múltiple para prueba sensorial de fundido en chocolates negro	77
Tabla 3.21.	Análisis de varianza con prueba de rango múltiple para prueba sensorial de fundido en chocolates con leche	78
Tabla 3.22.	Diagrama de Gantt	88
Tabla 3.23.	Inversión total para implementación planta de chocolate	89
Tabla 3.24.	Costos de producción de la planta de chocolate	91
Tabla I.1	Corrientes de entrada y salida del proceso de elaboración del licor de cacao	105
Tabla II.1	Requisitos que debe cumplir el licor de cacao según la Norma INEN 623	106
Tabla V.1	Costo de los equipos de la planta de producción de chocolates	118
Tabla V.2	Costo de los inmuebles de oficina de la sección administrativa de la planta de producción de chocolates	118
Tabla V.3	Costo y área del terreno y obra civil de la planta de producción de chocolates	119

Tabla V.4	Cantidad y valor de la venta de barras del chocolate	119
Tabla V.5	Flujo de caja de la planta productora de chocolates	120
Tabla V.6	Punto de equilibrio de la producción de chocolates	121
Tabla V.7	Consumo de energía eléctrica por alumbrado y sección administrativa	122
Tabla V.8	Consumo de energía eléctrica de equipos en la producción de chocolates	122
Tabla V.9	Consumo y costo total de energía eléctrica en la producción de chocolates	122
Tabla V.10	Consumo y costo total del agua requerida por la planta de producción de chocolates	123
Tabla V.11	Gastos de activos diferidos	123
Tabla V.12	Costos totales y unitarios de la producción de chocolates	123
Tabla V.13	Costos de mano de obra directa e indirecta de la producción de chocolates	124

ÍNDICE DE FIGURAS

	PÁGINA
Figura 1.1. Rutas del cacao hacia la costa del Pacífico y otras zonas del continente	3
Figura 1.2. Exportaciones ecuatorianas de cacao y sus derivados en toneladas desde el 2007 hasta abril del 2013	8
Figura 1.3. Efecto de la lecitina en el contenido de grasa de chocolate negro para cubierta	13
Figura 1.4. Diagrama esquemático de una refinadora de cinco rodillos	16
Figura 1.5. Representación de la cizalla entre dos superficies planas paralelas	17
Figura 1.6. Rangos de temperatura para la formación estable de las seis formas cristalinas diferentes de la manteca de cacao	18
Figura 1.7. Diagrama esquemático de una conchadora longitudinal	26
Figura 1.8. Diagrama esquemático de una concha fabricada por Frisse	27
Figura 1.9. Cambios en humedad y acidez del chocolate durante el desarrollo del conchado	28
Figura 1.10. Ilustración del consumo energético de una conchadora durante el conchado	29
Figura 2.1. Diagrama esquemático de la conchadora mezcladora Spectra 11	37
Figura 3.1. Diagrama de flujo del proceso de elaboración de licor de cacao	45

Figura 3.2.	Diagrama de bloques de operaciones unitarias para elaborar chocolate negro	50
Figura 3.3.	Diagrama de bloques de operaciones unitarias para elaborar chocolate con leche	50
Figura 3.4.	Humedad en el conchado de chocolate negro y chocolate con leche durante 12 h de conchado	54
Figura 3.5.	Humedad del chocolate en el proceso de conchado en dos conchadoras. Triángulos (Conchadora industrial), cuadrados (conchadora de laboratorio).	54
Figura 3.6.	pH del chocolate negro y con leche durante el proceso de conchado por 12 h (izquierda) y 16 h (derecha)	56
Figura 3.7.	Acidez del chocolate negro y con leche durante el proceso de conchado por 12 h (izquierda) y 16 h (derecha)	58
Figura 3.8.	Tamaño de partícula del chocolate negro y con leche durante el proceso de conchado por 12 h (izquierda) y 16 h (derecha)	63
Figura 3.9.	Viscosidad del chocolate negro conchado por a 1 000 rpm durante 10 h a diferentes esfuerzos de cizallamiento (reómetro TA AT 2000)	66
Figura 3.10.	Diagrama de bloques con balance de masa del proceso de producción de chocolates negros.	81
Figura 3.11.	Diagrama de bloques con balance de masa del proceso de producción de chocolates con leche	81
Figura 3.12.	Diagrama PDF del proceso de elaboración de chocolate negro	84
Figura 3.13.	Diagrama PDF del proceso de elaboración de chocolate con leche	85

Figura 3.14.	Diseño de la planta de producción de chocolates	87
Figura 3.15.	Punto de equilibrio del proceso de elaboración de chocolates	92

ÍNDICE DE ANEXOS

	PÁGINA
ANEXO I	
Balance de masa en las operaciones para la elaboración de licor de cacao	105
ANEXO II	
Requisitos del licor de cacao	106
ANEXO III	
Evaluación sensorial	107
ANEXO IV	
Hojas de especificación de los equipos para la producción de chocolates	108
ANEXO V	
Detalles de la evaluación de pre factibilidad económica para la producción de chocolates	118

RESUMEN

La mayor parte del cacao fino de aroma producido en el Ecuador es exportado de manera que genera valor agregado para los productores de chocolate y no a los productores de cacao, por lo que es necesario fomentar la manufactura nacional. La presente investigación tuvo como objetivo diseñar una planta de producción de chocolates a partir de licor de cacao y evaluar los cambios producidos en el proceso de conchado, como operación crítica en la elaboración de chocolates.

Almendras de cacao seco y fermentado de variedad nacional del Ecuador se procesaron hasta obtener licor de cacao. El licor de cacao y otros ingredientes se utilizaron en la formulación de chocolates negros y chocolates con leche. El proceso de conchado se realizó en el equipo SPECTRA 11 en el que se aplicó un diseño factorial 2^2 , tomando como variables la velocidad de la conchadora (1 000 rpm y 1 500 rpm) y el tiempo de conchado (12 h y 16 h) y como variable de salida para determinar la influencia del conchado se evaluaron parámetros físicos, químicos, reológicos y sensoriales.

Al final del proceso se determinó que el mejor tratamiento se obtuvo a 1 500 rpm y 16 h; con este tratamiento las humedades del chocolate negro y con leche fueron de $0,95 \pm 0,13$ % y $0,96 \pm 0,06$ % respectivamente, los pH de $5,87 \pm 0,01$ y $6,21 \pm 0,02$, los valores de acidez fueron de $0,33 \pm 0,01$ % y $0,20 \pm 0,01$ %. El tamaño de partícula del chocolate negro presentó variación significativa con las dos variables aplicadas, por lo que el tamaño de partícula se convirtió en el parámetro de mayor influencia. El chocolate con leche no alcanzó el tamaño de partícula requerido en ningún experimento. Los valores fueron $17,6 \pm 0,57$ μm y $28,4 \pm 0,28$ μm , respectivamente.

Los chocolates negros y con leche obtenidos fueron líquidos no newtonianos con comportamiento pseudoplástico. El mejor tratamiento presentó un umbral de fluencia de $4,25 \pm 1,06$ Pa y $5,75 \pm 0,35$ Pa y una viscosidad aparente de $0,40 \pm 0,02$ Pa·s y $0,5 \pm 0,14$ Pa·s, respectivamente.

En el análisis sensorial se encontró que existe una pérdida significativa de olor, sabor, acidez y arenosidad con el incremento en el tiempo y la velocidad de conchado.

En la evaluación técnico – económica se encontró que para la planta de producción de chocolate se requiere una inversión de \$ 770 799 para implementar una planta para producir 1 900 800 barras de chocolate de 50 g, 60 % de las mismas serán de chocolate negro y las restantes de chocolate con leche. El precio estimado de venta al público, considerando un 15 % de rentabilidad, sería de \$ 0,43. Los indicadores financieros indican viabilidad para el proyecto, con un valor TIR de 44,74 % y un valor VAN de \$ 542 226.

El presente trabajo aportó con datos técnicos sobre los parámetros físicos y químicos más relevantes en la evaluación de un chocolate de calidad; además presenta una propuesta para la implementación de una planta de elaboración de chocolates.

INTRODUCCIÓN

La producción de chocolate es una alternativa para dar valor agregado al cacao fino de aroma producido y exportado por nuestro país. En el año 2012 el cacao fue el quinto producto más exportado en el rubro no petrolero, con un valor de 496,63 millones de dólares y 182,79 t, superado solo por el banano, pescado, rosas y oro de uso no monetario. El Ecuador ha alcanzado el séptimo lugar como exportador de cacao y el primero en exportaciones de cacao fino y de aroma (Ministerio Coordinador de Patrimonio, 2013, p. 62; Zambrano, 2014, pp. 20 - 21).

La producción y el consumo de chocolate vienen ligadas a la calidad del producto, la misma que debe ser controlada desde la materia prima, procesamiento y expendio. El conchado de chocolate es una etapa decisiva en la producción de un chocolate de calidad, debido a que en esta etapa se producen cambios en la textura, reología, sabor, olor, entre otras (Schumacher, 2009, pp. 616 - 617). El conchado produce cambios químicos como el descenso de la acidez, la formación de olores y sabores deseables debido a la conversión de los precursores formados en la fermentación y en el tostado (Beckett, 2000, p. 64). Con el paso del tiempo ha ido mejorando la técnica y tecnología usadas para el conchado. Los tiempos de conchado han sido reducidos de varios días a horas, y la duración depende del estado inicial de las materias primas, pre tratamientos aplicados y de la fuerza de cizallamiento aplicada. Además, el tiempo y la temperatura son dos factores que se emplean en el desarrollo de sabor y textura en el conchado (Bolenz, Thiessenhusen y Schäpe, 2003, p. 62).

El sector cacaotero ha sido a lo largo de la historia del país fuente de ingresos, sin embargo, la falta de tecnología ha sumido al país en un rol de productor. Es obligación del sector agroindustrial procesar la materia prima generada en el país para elaborar productos de calidad y posicionarlos en mercados internos y externos (Pro Ecuador, 2013, pp. 9 - 13).

Según el Censo Nacional Económico elaborado por el INEC en el año 2010, en el Ecuador 143 empresas se dedican a la industria del cacao, el 85 % de estas empresas son micro empresas, el 8 % pequeñas y el 2 % medianas, por lo que es necesario generar proyectos con bases técnicas y científicas para ayudar al incremento y tecnificación del procesamiento del cacao.

Con base en los resultados obtenidos en el presente estudio se ha diseñado una planta de producción de chocolate negro y con leche para cumplir con los parámetros demandados por los consumidores, generando así una opción de industrialización para dar valor agregado al cacao.

1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1. CHOCOLATE

El chocolate es un alimento formado por una suspensión semi sólida de partículas de azúcar, cacao y leche, según sea el tipo de chocolate. El chocolate contiene una fase grasa que abarca un 70 % del contenido total aproximadamente. El chocolate es sólido a temperatura ambiente (20 °C – 25 °C) y a temperatura corporal (37 °C) se funde produciendo una suspensión de agradable sabor y textura (Afoakwa, 2010, p. 35).

Los chocolates presentan diferencias por varios factores, entre los que se mencionan: variedad del cacao, origen del cacao, procesamiento post cosecha, recetas, formulación, técnicas de procesamiento; esto según el tipo de chocolate y el uso del mismo (Wohlmuth, 1999, pp. 434 - 437).

Por otra parte, el cacao y sus derivados como el chocolate son una gran fuente de polifenoles. Los polifenoles han generado un gran interés debido a la capacidad antioxidante y posibles beneficios en la salud como anti cancerígeno, anti aterogénico, anti úlcera, anti trombótico, anti inflamatorio, inmunomodulador, antimicrobiano, vasodilatador, y analgésico (Hii, Law, Suzannah y Cloke, 2009, p. 702). A pesar de todas las cualidades nutricionales y beneficios en la salud, el chocolate se consume por sus propiedades sensoriales y especialmente por su sabor (Rozin, Levine y Stoess, 1991, p.199; Torres, 2012 p. 18).

El valor nutricional y el efecto benéfico para la salud proporcionado por el consumo frecuente de chocolate depende de la cantidad de sólidos de cacao que contenga, además de las proporciones de los demás ingredientes como leche y azúcar (Beckett, 2009, p. 623).

El chocolate tiene grasas como el ácido esteárico en un 34 % aproximadamente, el mismo que es un ácido saturado con poco efecto en el colesterol. El contenido de ácido oleico es de 34 % aproximadamente, que es una grasa insaturada que disminuye el colesterol. Finalmente se tiene también un 27 % de ácido palmítico, que es una grasa saturada que aumenta moderadamente el colesterol (Beckett, 2009, p. 629).

El cacao es fuente de minerales como el hierro, cobre, zinc, magnesio, fósforo, manganeso y potasio, además del calcio aportado cuando se usa como ingrediente la leche. El chocolate es un producto agradable para consumir que no ha demostrado tener efectos negativos en la salud como la obesidad, diabetes, caries dental, hiperactividad, acné o migraña y más bien aportan nutrientes. Por su alto contenido de flavonoides presenta beneficios para la salud (Beckett, 2009, p. 634 - 635).

1.1.1. HISTORIA DEL CHOCOLATE

El Instituto Nacional de Patrimonio Cultural (INPC) y el programa del Instituto de Investigación Científica para el Desarrollo (IRD, de Francia) encontraron que en Palanda, Zamora Chinchipe la cultura Mayo-Chinchipe usaban el cacao desde hace 5 300 años.

La Universidad de Calgari encontró rastros de cacao en concha spondylus. El investigador Juan Carlos Motomayor sostiene que el origen del cacao se da en el alto Amazonas entre los ríos Caqueta, Napo y Putumayo. La Figura 1.1 muestra las rutas del cacao que partió de aquí por rutas de intercambio al este a la cuenca del Orinoco, Venezuela, Brasil, Trinidad. Al oeste hacia Perú, Ecuador y Colombia y al norte hacia Centro América y México donde es conocida por los Españoles (Ministerio Coordinador de Patrimonio, 2013, pp. 1 - 15).



Figura 1.1. Rutas del cacao hacia la costa del Pacífico y otras zonas del continente
(Ministerio Coordinador de Patrimonio, 2013, p. 13)

La palabra chocolate viene de la palabra azteca “xocolatl”, que significa “agua espumosa”, esta bebida preparada a base de cacao fue utilizada por los aztecas por su alto valor energético, sabor y amargura. El cacao se usó como moneda y como alimento por el conquistador Hernán Cortez. La bebida se introdujo en Europa en 1520 pero no fue hasta 1657 en la que alcanzó popularidad debido a la venta de tabletas para preparar la bebida (Valenzuela, 2007, p. 180).

El cacao tiene componentes grasos que al fundirse generaban mal aspecto a la bebida. El holandés Van Houten 1828 inventó la prensa para cacao, esta separaba la grasa del cacao y generaba una torta, la torta molida se empleaba para generar la bebida con menos grasa que la original. Joseph Fry utilizó vapor para accionar la prensa. La grasa generada del proceso de prensado, conocida como manteca de cacao fue mezclada con granos de cacao y azúcar para la producción de chocolate comestible (Beckett, 2000, pp. 2 - 4).

Daniel Peters en 1876 desarrolló el chocolate con leche en polvo, la misma que fue invención de Henry Nestlé. La textura del chocolate fue mejorada con la invención de la concha por parte de Rudolphe Lindt. En 1990 la baja de precios de sus dos principales componentes: cacao y azúcar, sumado a la nueva tecnología hizo que el chocolate se popularice en la clase media. Entre 1930 y 1940 las nuevas tecnologías, el precio de las materias primas y las estrategias de comercialización e investigación hicieron del chocolate un producto accesible y presente en todo el mundo (Afoakwa, 2010, p. 2).

El chocolate se fabricaba en el pasado incluso directamente rallando granos de cacao con azúcar. Debido al aumento de la demanda del chocolate en la década de 1950 muchas empresas grandes no tenían que vender y las industrias tradicionales atendidas por artesanos fueron industrializando la fabricación del chocolate (Beckett, 2000, p. 7).

1.1.2. TIPOS DE CHOCOLATES

Los chocolates son productos homogéneos que se obtienen por un proceso de fabricación utilizando derivados del cacao como licor, torta y polvo. Según el tipo de chocolate que se elabore se adiciona además manteca de cacao, azúcar, productos lácteos y sustancias aromatizantes (INEN, 2013a, p. 1).

Los ingredientes y la cantidad de los mismos hacen que los chocolates se clasifiquen de la siguiente manera:

1.1.2.1. Chocolate negro

Es un producto preparado a partir de cacao o sus derivados, con adición optativa de manteca de cacao y azúcar. Debe poseer al menos 35 % de materia seca de cacao, 14 % de cacao desgrasado y 18 % de manteca de cacao.

1.1.2.2. Chocolate con leche

Es un producto preparado a partir de cacao o sus derivados con azúcar y adición optativa de manteca de cacao. Posee además alguno de estos productos de origen vacuno como: leche, sólidos deshidratados de leche y/o grasa láctea (Gil, 2010, pp. 355 - 356).

1.1.2.3. Chocolate blanco

Es un producto preparado con manteca de cacao, azúcar, leche, otros ingredientes opcionales y permitidos, en el Ecuador si se considera chocolate al chocolate blanco (INEN, 2010a, p. 1).

En algunos países no se considera como chocolate al chocolate blanco por no ser procesado con directamente con granos de cacao (Doutre-Roussel, 2007, p. 220).

1.1.2.4. Chocolate de cobertura

Son productos elaborados con los mismos ingredientes, el contenido de grasa es aproximadamente el 31 % y el contenido de 2,5 % de polvo desgrasado (Gil, 2010, pp. 355 - 356).

1.1.2.5. Otros tipos de chocolates

Según el uso se han desarrollaron chocolates con diferentes formulaciones y procesos, algunos de ellos son: chocolate sin edulcorar, dietético, aromatizado, compuesto, rellenos, bombón, gianduja, a la taza. (INEN, 2010a, p. 2; Gil, 2010, pp. 355 - 356).

1.1.3. CHOCOLATE EN EL MUNDO

Los principales productores de cacao en el mundo no son los mismos países productores de derivados como el chocolate. Los principales países productores de cacao en grano del mundo son: Costa de Marfil, Ghana, Nigeria, Camerún en el continente Africano, Brasil en el continente Americano e Indonesia en el continente Asiático. La producción de cacao a nivel mundial está dividida en África con un 69,8 %, 16,1 % en América, 14,1 % en Asia y Oceanía. Los países productores son países en vías de desarrollo.

Los productores de cacao y derivados en el periodo 2008 a 2012 según el porcentaje de participación fueron Alemania con 11,53 %, Países Bajos (Holanda) con 11,04 %, Costa de Marfil con 10,36 %, Bélgica con 7,10 % y Francia con 5,44 %. Los países que producen derivados son países desarrollados en su mayoría.

Los países con mayor porcentaje de importaciones de chocolate y demás preparaciones alimenticias son Estados Unidos con 9 %, Alemania con 8,6 %, Francia (7,8 %), Reino Unido (7,4 %) y Países Bajos (4,1 %). Los países con mayor Tasa de Crecimiento Promedio Anual (TCPA) de importaciones fueron: Estados Unidos (8,8 %), Rusia (10,7 %), México (7,4 %), Hong Kong (19,8 %) y China (36,3 %) (Pro Ecuador, 2013, pp. 13 - 18).

El incremento en el consumo de chocolate tiene efecto en la demanda de cacao en especial del cacao de calidad superior que es usado como materia prima para la elaboración de chocolates. Además el mercado demanda productos con responsabilidad social, ética, ecológica, económica y alimentaria junto con certificaciones internacionales de comercio justo, origen único, etc.

La tendencia a consumir chocolates que sean de calidad y que además tengan un origen sostenible en todo sentido es fundamental (Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuicultura y Pesca, 2010, p. 22).

1.1.4. CHOCOLATE EN EL ECUADOR

El cacao fino de aroma del Ecuador es el responsable de la reputación ecuatoriana como productor de cacao de calidad. Conocido por sus aromas florales y frutales según el lugar de procedencia es uno de los más apreciados por renombrados fabricantes.

En Bélgica por ejemplo el codex alimentario indica que un chocolate premium debe contener mínimo 12 % de cacao fino de aroma (Ministerios Coordinador de Patrimonio, 2013, p. 41).

La cacao fino de aroma se desarrolla en una mazorca verde que cuando madura cambia a amarilla por ello el nombre de “pepa de oro”. Responsable del desarrollo del Ecuador en épocas pasadas en los conocidos “boom cacaoteros” hicieron de esta la principal fuente de riqueza. Apreciado por los fabricantes de chocolates por tener un aroma intenso a flores y frutas además de precursores de aroma que se desarrollan en el tostado y conchado, que hacer resaltar los sabores del chocolate, es muy apetecido por productores, chefs y consumidores para preparar chocolate de alta gama. Cada mazorca tiene un promedio de 40 almendras de cacao, por lo que se necesita entre 15 a 20 mazorcas para obtener 1 kg de almendras húmedas listas para fermentar y secar (Ministerios Coordinador de Patrimonio, 2013, p. 39).

Con la premisa de aprovechar las ventajas de nuestro cacao y con el fin de eliminar la exportación de la almendra sin valor agregado alguno, se está fomentando iniciativas para la producción de chocolates finos. Un alto valor agregado se genera al procesar el cacao y producir chocolates de calidad por ejemplo, una tonelada de cacao (26 quintales) tiene un costo de 2 500 dólares en el mercado, con esta cantidad se puede producir 20 000 barras de chocolate que ascienden a 50 000 euros. El costo de una barra de 50 g este tipo de chocolate tiene un costo de 2,50 euros (Ministerio Coordinador de Patrimonio, 2013, p. 59).

En el Ecuador existe una incipiente demanda de chocolate comparando con países Europeos, que tiene un promedio de consumo 30 veces superior al nuestro, o mercados cercanos como el Colombiano que es 5 veces superior a nuestro país, en donde el consumo de chocolate es de 0,25 kg / año / habitante (Ministerio Coordinador de Patrimonio, 2013, p. 62).

Las exportaciones ecuatorianas de cacao se han incrementado un promedio de 13,08 % en el periodo comprendido entre el 2007 y el 2013, en el año 2011 se presentó la más alta exportación con 181,83 toneladas métricas por un valor de 585,27 millones de dólares como se muestra en la Figura 1.2.

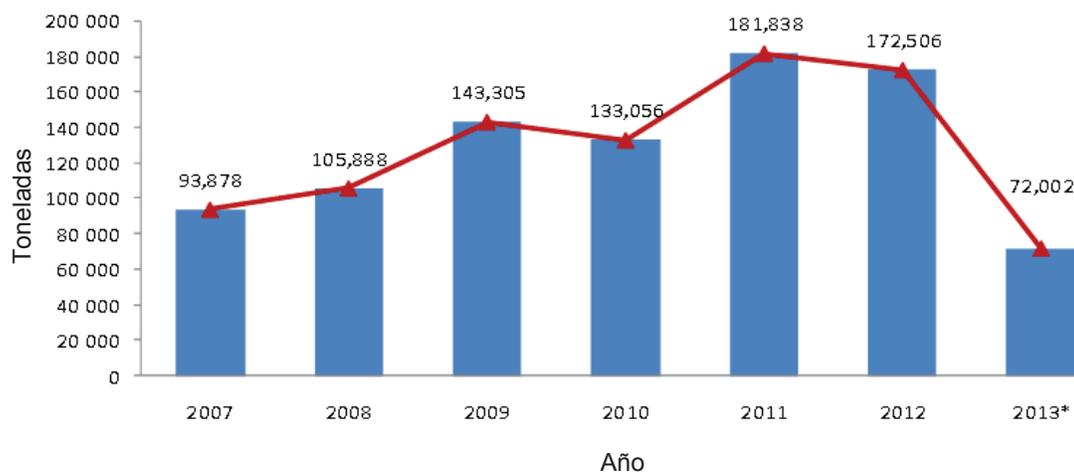


Figura 1.2. Exportaciones ecuatorianas de cacao y sus derivados en toneladas desde el 2007 hasta * abril del 2013
(Pro Ecuador, 2013, p.9)

El grano de cacao es el producto más importante exportado del rubro cacao y sus derivados. El cacao y sus derivados han incrementado la TCPA en un 13,80 %, siendo el cacao en grano el mayor producto exportado con un 85,41 % del volumen total exportado, constituyendo el 76,38 % del valor total del monto exportado.

El chocolate ha registrado una TCPA de 38,38 % en el monto de exportaciones de cacao y los derivados constituyendo tan solo el 5,78 % del rubro total de ventas del sector cacaotero y derivados como se aprecia en la Tabla 1.1

Tabla 1.1. Exportaciones ecuatorianas de cacao y elaborados en miles USD y toneladas desde el 2007 hasta abril del 2013

Exportaciones ecuatorianas de cacao y elaborados (Miles USD)									
Descripción	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	TCPA	4 - 2012
Cacao en grano	197 283	216 511	342 648	350 199	473 873	346 191	141 887	11,90%	76,38%
Pasta de cacao	8 996	29 377	19 784	21 302	33 144	27 216	8 853	24,78%	6,00%
Chocolate	5 092	4 440	3 591	4 280	18 459	26 212	6 485	38,78%	5,78%
Manteca, grasa y aceites	17 840	31 771	26 481	28 308	27 949	23 729	6 127	5,87%	5,24%
Cacao en polvo	8 220	5 966	7 495	18 911	31 562	29 456	5 787	29,08%	6,50%
Cáscara y demás	50	183	332	210	289	448	166	54,81%	0,10%
TOTALES:	237 481	288 248	400 331	423 211	585 276	453 252	169 305	13,80%	100,00%
Exportaciones ecuatorianas de cacao y elaborados TONELADAS									
Descripción	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	TCPA	4 - 2012
Cacao en grano	83 068	86 371	126 969	116 318	158 544	147 329	65 2125	12,14%	32,50%
Pasta de cacao	2 444	8 784	6 632	5 795	8 419	8 209	3 106	27,42%	1,81%
Manteca, grasa y aceites	3 188	5 013	4 794	5 322	6 579	7 672	1 686	19,20%	1,69%
Cacao en polvo	3 574	4 302	3 812	4 679	6 312	6 519	1 425	12,77%	1,44%
Chocolate	1 225	910	685	634	1 300	1 530	370	4,55%	0,34%
Cáscara y demás	378	506	412	308	684	1 274	291	26,94%	0,28%
TOTALES:	93 878	105 888	143 305	133 056	181 838	172 506	72 002	12,94%	38,06%

(Pro Ecuador, 2013, p.11).

Los productos ecuatorianos se destinan principalmente a mercados internacionales como se aprecia en la Tabla 1.2. Los principales importadores de productos del sector cacaotero son: Estados Unidos de Norteamérica con 26,16 %, Holanda (Países Bajos) con un 9,64 %, Malasia con 8,5 %, México con 8,21 %, Alemania 7,54 %. Mercados como el Malasio y Chino tienen TCPA de 407,47 % y 227,08 % (Pro Ecuador, 2013, pp. 8 - 14).

Tabla 1.2. Principales países destino de las exportaciones de cacao y elaborados en miles USD desde 2007 hasta abril del 2013

Principales países destino de las exportaciones de cacao y elaborados								
Miles USD FOB								
País	2008	2009	2010	2011	2012	2013	TCPA	% Participación
Estados Unidos	114 997	175 399	88 729	232 555	129 936	52 625	3,10%	26,16%
Holanda	48 140	68 153	92 832	67 402	47 867	20 321	-0,14%	9,64%
Malasia	64	460	1 201	0	42 197	27 916	407,47%	8,50%
México	29 667	26 236	54 145	54 715	40 762	18 699	8,27%	8,21%
Alemania	25 485	45 836	38 860	71 243	37 445	21 120	10,10%	7,54%
Brasil	8 674	7 999	9 628	23 646	33 449	14 618	40,13%	6,74%
Colombia	30 822	22 777	34 605	34 419	22 604	6 084	-7,46%	4,55%
China	140	56	93	5 685	15 971	2 288	227,08%	3,22%
España	4,128	4,497	10,774	12,104	15,339	3,219	38,84%	3,09%
Perú	12 678	6 574	8 600	8 938	14 689	4 239	3,75%	2,96%
Argentina	6 271	7,934	7 625	13 854	14 647	3 334	23,62%	2,95%
Chile	6 797	8 371	14 435	17 605	13 937	4 704	19,66%	2,81%
Japón	10 435	12 017	13 770	15 190	12 237	3 523	4,06%	2,46%
Canadá	1 330	928	229	248	9 397	7 605	63,05%	1,89%
Italia	13 532	12 910	13 059	10 695	9 352	5 270	-8,82%	1,88%
Bélgica	6 979	17 088	41 319	25 426	7 474	3 302	1,73%	1,50%
Venezuela	1 022	1 121	3 350	13 155	7 310	1 100	63,52%	1,47%
Otros	26 373	21 439	31 622	25 831	22 013	10 732	-4,42%	4,43%
TOTAL	347 536	439 793	464 845	632 710	496 627	210 699	9,33%	100,00%

(Pro Ecuador, 2013, p.13).

1.1.5. INGREDIENTES

1.1.5.1. Licor de cacao

El licor de cacao es el producto de la molienda de los trozos de cacao tostado.

La grasa del interior de las células se libera y cubre las partículas de cacao, esto genera un líquido viscoso. La finura depende del producto al que se destine, generalmente las partículas debe ser menores a 30 μm (Afoakwa, 2010, p. 40).

El aroma del licor depende de la variedad de cacao con la que se trabaje, del proceso de post cosecha al que se ha sometido el grano para fermentar, el método de secado, y de las variables de procesamiento del grano como: pH, humedad, temperaturas y tiempos de tostado. Las variables de procesamiento deben ser optimizadas para obtener un chocolate de calidad (Beckett, 2000, p. 51).

Según la International Cocoa Organization (ICCO), el licor de cacao es el ingrediente más importante en la fabricación de chocolates debido al sabor que aporta. Es necesario el uso de un licor de cacao de calidad premium para conseguir un chocolate de alta calidad. Empresas especializadas en producir chocolates de alta calidad utilizan aproximadamente un 50 % de licor de cacao premium (Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca, 2010, p. 22).

El licor de cacao debe cumplir con los requisitos establecidos por la norma INEN como se indica en el Anexo II.

1.1.5.2. Azúcar

El azúcar es un ingrediente neutro en cuanto al sabor, proporciona la dulzura característica de los chocolates. Los chocolates por lo general contienen alrededor del 50 % de este producto, es un factor preponderante en cuanto al gusto y al costo que genera en el chocolate (Afoakwa, 2010, p. 51).

La sacarosa es el azúcar más usado en la elaboración de chocolate, aunque en los chocolates con leche está presente también la lactosa.

La lactosa es aportada por la leche en polvo cuando es usada en las formulaciones, la cantidad de lactosa que se encuentra es menor a la encontrada en la leche líquida, pero al estar combinada con la grasa de la leche influye en las propiedades sensoriales y reológica del chocolate.

La glucosa y la fructosa son monómeros poco usados en la fabricación de chocolates por la dificultad de secar, por lo que afecta a la viscosidad debido al aumento de interacciones entre estos azúcares.

En los últimos años la tendencia a consumir productos para diabéticos, bajos en calorías y carcinogénicos, han hecho que se remplace la sacarosa por polialcoholes como el sorbitol, manitol, isomaltol y lactitol que en ocasiones son complementados con edulcorantes más dulces como el aspartamo (Beckett, 2000, pp. 20 - 26).

1.1.5.3. Manteca de cacao

La manteca de cacao es la parte grasa de la almendra de cacao, de color amarillo pálido, quebradiza a temperatura inferior a 26,7 °C, con olor y sabor a cacao.

El punto de fusión depende de la forma de cristalización si fue cristalizada rápidamente fundirá a temperaturas bajas (26 °C – 40 °C) si fue cristalizada lentamente fundirá a (35 °C – 36 °C). La manteca bajo del punto de fusión es dura, al tener punto de fusión menor a la corporal es ideal para utilizarla en confitería y chocolatería. La manteca de cacao es resistente a la oxidación y al enranciamiento comparada con otras grasas y aceites (Bailey, 1984, p. 114).

La manteca de cacao con fines alimenticios es obtenida de los nibs de cacao antes o después de ser tostados mediante un proceso de prensado hidráulico o expeller. El alto costo y las propiedades sensoriales de la manteca de cacao convierten a este en un ingrediente fundamental en la fabricación de chocolates (Minifie, 1989, pp. 85 - 86).

1.1.5.4. Emulsificante

El emulsificante más utilizado en la producción de chocolate es la lecitina de soya (E 322). El efecto de lecitina es reducir el requerimiento de manteca de cacao como se presenta en la Figura 1.3. Con una cantidad pequeña de lecitina se producen grandes cambios en la reológica del chocolate. La lecitina reduce la viscosidad y aumenta el rendimiento de la manteca de cacao. La cantidad de lecitina es dependiente de tamaño de partícula del cacao, del contenido de humedad y de la cantidad de grasa en la mezcla. Otros emulsificantes usados en la industria chocolatera también son los fosfátidos de amonio (E 442) y el polirrinoleato de poliglicerol (E 476) (Talbot, 2009, pp. 39 - 40).

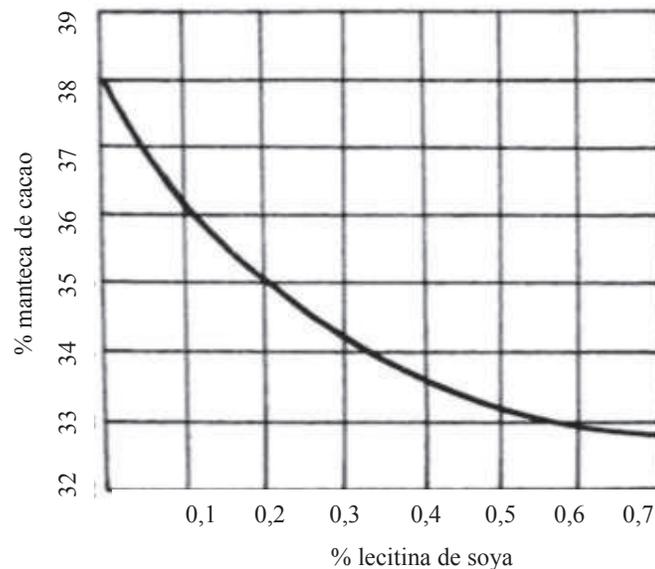


Figura 1.3. Efecto de la lecitina en el contenido de grasa de chocolate negro para cubierta (Minifie, 1989, p. 117)

La lecitina mejora el rendimiento en las operaciones unitarias utilizadas en la fabricación del chocolate. La lecitina reduce el uso de manteca de cacao lo que repercute en los costos de producción, facilita la formación y estabilidad de la emulsión. El exceso de lecitina tiene efectos negativos en las propiedades sensoriales y reológicas del chocolate (Nebesny y Zyzelewicz, 2005, p. 131).

1.1.5.5. Leche en polvo

La leche en polvo es el ingrediente fundamental en la elaboración del chocolate con leche. La leche de vaca contiene agua en su mayoría, el agua tiene efectos negativos en la formulación del chocolate por lo que se utiliza leche en polvo. La leche de vaca contiene aproximadamente 5 % de lactosa, 3,5 % de proteína y 0,7 % de minerales. La grasa láctea ayuda a la fluencia del chocolate, evita el flat boom pero limita la vida útil por la oxidación producida debido a que se detectan olores típicos del enranciamiento.

La proteína de la leche cambia el flavor, textura y fluencia, además brinda una consistencia cremosa y la caseína de la leche actúa como emulgente mejorando la fluencia del chocolate. La leche deshidratada usada en la fabricación de chocolates puede ser leche descremada en polvo y leche entera en polvo (Beckett, 2000, pp. 26 - 33).

1.1.6. OPERACIONES UNITARIAS PARA MANUFACTURA DEL CHOCOLATE

1.1.6.1. Mezcla

La mezcla consiste en la homogenización de los ingredientes que se usan en la elaboración de chocolate según el tipo. Los ingredientes usados son: licor de cacao, manteca de cacao, azúcar y leche en polvo en el caso de chocolate con leche (Martínez, 2006, p. 136).

A continuación se detalla el proceso de mezcla con molturación separada.

- El azúcar es pesada y molida.
- El licor de cacao y la manteca de cacao son pesados y colocados en un recipiente para mezclarlos.

➤ El azúcar molida es mezclada con el licor y la manteca de cacao en una máquina mezcladora, en esta etapa se agregan los demás ingredientes como leche en polvo, saborizantes, colorantes, sustitutos y más aditivos requeridos en la formulación. Una vez homogenizado, la mezcla se envía al proceso de refinado (Rojas, 2007, p. 225).

Otro método de mezcla se realiza en equipos denominados como molinos clasificadores que muelen por separado los ingrediente y luego los mezclan en las proporciones requeridas. La molturación combinada es otro proceso en la que se mezclan los ingredientes que serán reducidos de tamaño, con una molturación combinada o refinado (Beckett, 2000, p. 60).

El propósito de la mezcla es obtener una masa con una adecuada consistencia para el proceso de refinado (Bolenz et al., 2003, pp. 62 - 64).

1.1.6.2. Refinado

En el proceso de refinado se desarrolla una mejor textura y se obtienen partículas menores a 30 μm . El refinado se realiza con una pre refinadora o refinadora de dos rodillos antes de pasar a una refinadora de cinco rodillos (Afoakwa, 2010, pp. 41 - 42).

La refinadora de dos rodillos genera fuerza de cizallamiento que rompe partículas de la mezcla y cubre de grasa con el fin de obtener una pasta seca con 100 a 150 μm de diámetro de partícula, tamaño apto para pasar al refinado

La refinadora de cinco rodillos es un conjunto de rodillos en vertical y uno en forma horizontal que se encarga de reducir el tamaño de partícula entre 15 a 35 μm . Los cilindros son calentados o enfriados y son unidos por presión hidráulica. Los rodillos giran en sentido invertido y a mayor velocidad que el rodillo anterior lo que produce fuerzas de cizallamiento que rompen las partículas y homogenizan la mezcla como se muestra en la Figura 1.4 (Beckett, 2000, pp. 60 - 63).

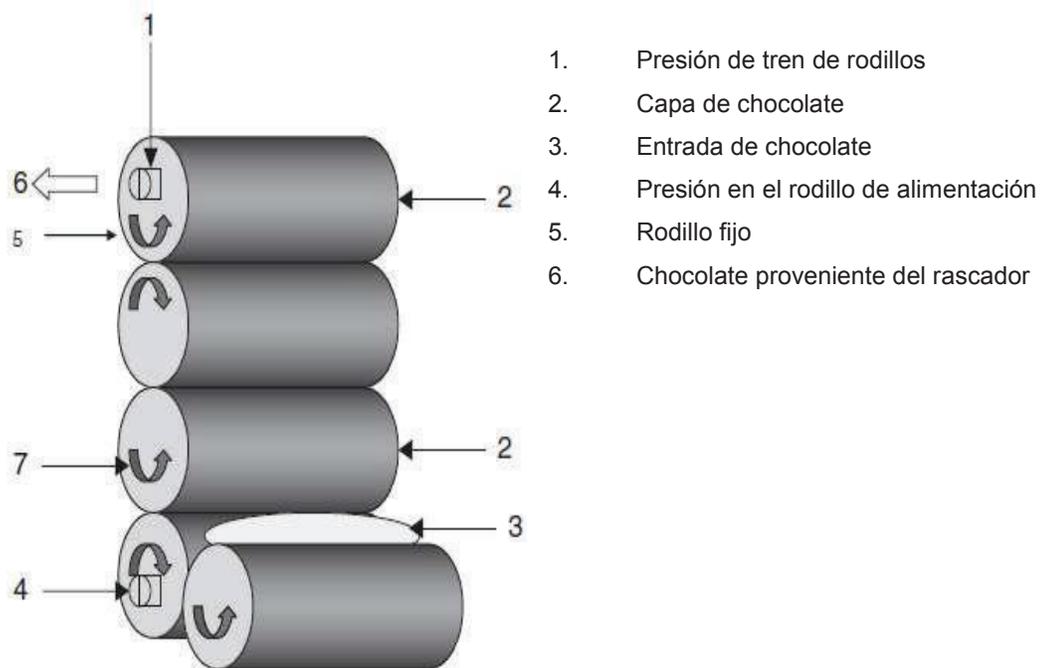


Figura 1.4. Diagrama esquemático de una refinadora de cinco rodillos
 (Afoakwa, 2010, p. 43)

1.1.6.3. Conchado

El conchado es un proceso en el que se aplica fuerzas de cizallamiento para separar aglomerados desmenuzables procedentes del refinado, convirtiéndolo en un líquido homogéneo de baja viscosidad (Ley, 1994, p. 118).

El proceso se realiza en una conchadora que es un recipiente con control de agitación y temperatura. La Figura 1.5 muestra las fuerzas de cizallamiento a las que se somete las partículas de cacao en el conchado.

Un incorrecto proceso de conchado produce una inadecuada distribución de la grasa y de los sólidos generando un producto heterogéneo. Probablemente se producirá chocolates con problemas de migración de grasa, migración de azúcar, sabores ácidos y ausencia de sabores indeseables (Shumacher et al., 2009, p. 616).

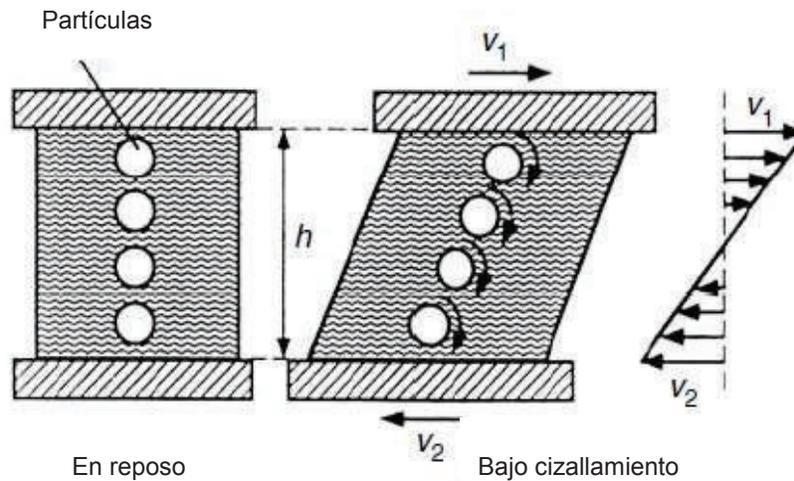


Figura 1.5. Representación de la cizalla entre dos superficies planas paralelas
(Beckett, 2009, p. 197)

El proceso de conchado es la etapa donde se desarrolla textura y sabores, tanto en chocolates negros y con leche (Wollgast y Anklam, 2000, p. 430). En el proceso de conchado se volatilizan ácidos grasos y aldehídos, en especial ácidos de cadena corta como el ácido acético procedente del licor de cacao (Shumacher, 2009, p. 620), lo que reduce el amargo del chocolate y a su vez desarrolla sabores típicos del chocolate.

En el conchado los ingredientes sólidos como el azúcar, los ingredientes no grasos del cacao y los de la leche en polvo son recubiertos por grasa, desarrollando un producto deseable y suave (Prawira y Barringer, 2009, p. 572).

1.1.6.4. Atemperado

El atemperado del chocolate es una etapa crítica en la elaboración de chocolates debido a que en esta etapa se cristaliza la manteca de cacao con el fin de desarrollar textura, brillo y sensación agradable (Martínez, 2006, p. 136).

La manteca de cacao cristaliza en diferentes formas dependiendo de la composición de sus triglicéridos y condiciones de procesamiento.

Existen seis formas de cristalización (I - VI). La cristalización V o la forma β_2 del polimorfismo, es la forma deseada de cristalización por su apariencia brillante, forma de fracturarse, contracción y resistencia al afloramiento de grasa a la superficie. Cada una de las formas de cristalización tiene diferente punto de fusión como lo indica la Figura 1.6. Las formas más estables son la V (β_2) y VI (β_1).

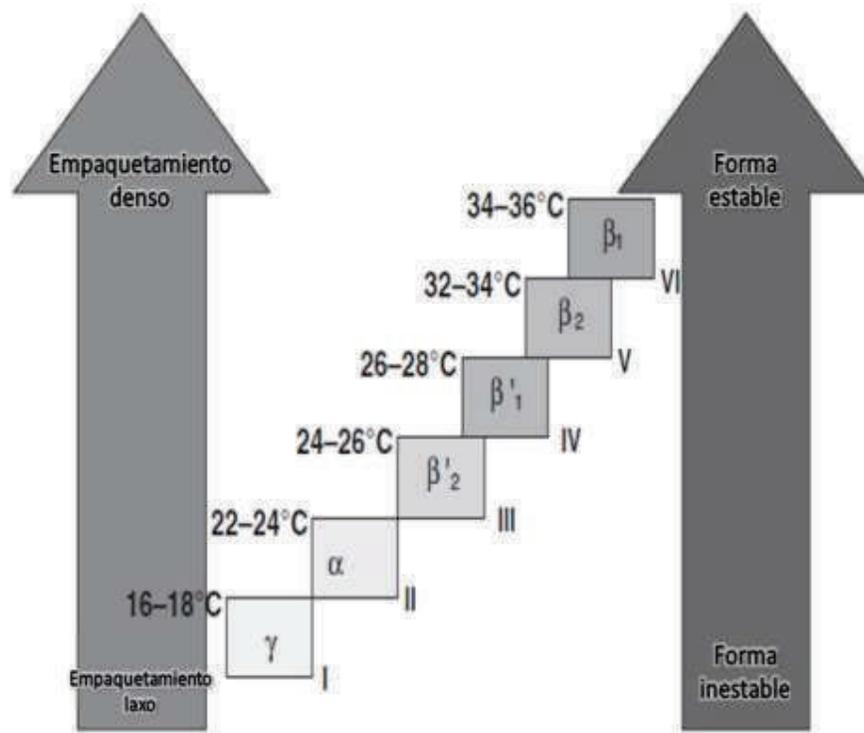


Figura 1.6. Rangos de temperatura para la formación estable de las seis formas cristalinas diferentes de la manteca de cacao
(Afoakwa, 2010, p. 45; Beckett, 2000, p. 102)

El atemperado del chocolate se realiza con un sembrado de cristales para formar núcleos, un 1,3 % del total. El atemperado se realiza en cuatro etapas: fusión del chocolate a 50 °C, enfriamiento a punto de fusión (32 °C), cristalización (27 °C) y conversión de cristales inestable (29 °C – 31 °C) (Afoakwa, 2010, pp. 44 - 45). La siembra de cristales genera la formación de los cristales deseados.

1.1.6.5. Moldeado

Los chocolates suelen colocarse en moldes que van desde pequeños chocolates hasta chocolates de 4,5 kg que son usados en la industria. Los moldes generalmente son de policarbonato aunque también hay de metal (Hui, 2006, pp. 147 - 149).

El moldeado tiene como objetivo dar forma al chocolate. El proceso se realiza de manera manual o automática en moldes metálicos o plásticos. El molde debe estar unos grados por debajo que la temperatura del chocolate para evitar que se cristalice o que se funda en el moldeado.

El chocolate líquido es vertido en los moldes con boquillas de manera uniforme y constante. El chocolate colocado en el molde debe eliminar los espacios de aire, para lo cual se agita vigorosamente usando una correcta amplitud y frecuencia. El chocolate debe enfriarse para completar la cristalización de manera correcta, eliminando el calor latente de manera progresiva y así consiguiendo un producto de calidad (Beckett, 2000, pp. 125 - 137).

1.1.6.6. Envasado

Debido al uso de nuevos ingredientes de rápido enranciamiento, ha cambiado el empaque clásico usado para el almacenamiento de chocolate. El papel aluminio ha sido sustituido por empaques de aluminio con un espesor de entre 10 μm a 14 μm .

Se utiliza capas de polietileno que ayudan a proteger contaminación, gases y humedad como es el caso de los envases flow-wrapped. Los chocolates se envasan también con guías de cartón para evitar que se rompan en el transporte (Beckett, 2009, pp. 551 - 553).

1.1.7. CALIDAD Y DEFECTOS DEL CHOCOLATE

Calidad es el grado en que se cumplen ciertas características con cierto parámetros para satisfacer al cliente (Alcalde, 2009, p. 7).

El cumplimiento de especificaciones indica la calidad. El chocolate se evalúa sensorial, físico – química y reológicamente (Afoawka, 2010, p. 54).

1.1.7.1. Parámetros de control en la calidad del chocolate

1.1.7.1.1. Humedad

La humedad del chocolate es un factor importante, crítico debido a que un exceso provoca alteraciones reológica e incrementa los requerimientos de manteca de cacao.

La humedad alta provoca la formación de agregados de azúcar lo que incrementa la fricción entre partículas aumentando la viscosidad (Afoakwa, 2010, pp. 52 - 53).

El uso de emulsionante reduce el efecto negativo causado por la humedad. Los enlaces hidrofílicos causados por los emulsionantes retienen agua que no afecta en la fluencia del chocolate (Beckett, 2009, p. 244).

1.1.7.1.2. Tamaño de partícula

El tamaño de partícula del chocolate tiene influencia tanto en la reológica del chocolate como en la sensación de boca que produce al consumirlo. Existe una relación directa entre el tiempo de conchado y el tamaño de partícula.

Es necesario reducir las partículas sólidas no grasas a un tamaño menor de 30 μm y además recubrir la superficie generada en dicha reducción de tamaño. El tamaño de partícula tiene relación proporcional con la viscosidad (Beckett, 2009, p. 239).

La reducción del tamaño de partícula tiene efecto en la calidad y el costo de operación. Lograr una viscosidad baja con el menor uso de manteca de cacao, tiene un efecto en los costos de producción (Beckett, 2009, pp. 160 – 163).

1.1.7.1.3. Reología

La reología es un parámetro controlado por muchas empresas como media de calidad de sus chocolates. La viscosidad es la resistencia a fluir. El chocolate es un fluido pseudoplástico, es decir que no está definida la viscosidad por un solo valor.

Para determinar la viscosidad se mide viscosidad a diferentes esfuerzos. Con los datos generados en la curva de flujo se define dos parámetros de flujo que son: umbral de fluencia y viscosidad aparente medida a un gradiente de deformación de 40 s^{-1} (Beckett, 2000, p. 77 - 79).

1.1.7.1.4. Sensorial

El chocolate puede ser evaluado sensorialmente para determinar la calidad. Existen dos tipos de pruebas: objetivas y subjetivas. Las pruebas objetivas necesitan de un panel entrenado y pueden corroborarse los resultados con pruebas instrumentales.

Pruebas analíticas buscan encontrar diferencias en cantidad o calidad de ciertos atributos. Pruebas afectivas se utilizan para conocer la aceptación o evaluación de un producto (Afoakwa, 2010, p. 55).

El análisis sensorial es una de las pruebas más importantes para los fabricantes de chocolate. Es necesario tener un panel de evaluación correctamente entrenado, un diseño experimental apropiado y un adecuado análisis estadístico (Beckett, 2009, p. 40).

En el análisis sensorial del chocolate es fundamental seleccionar el panel y proporcionar un entrenamiento. Se evalúa la intensidad de los parámetros como: textura, apariencia, sabor, olor, etc. La prueba se debe realizar bajo condiciones controladas de luminiscencia y temperatura (Andrae-Nightingale, Lee, Engeseth, 2009, p. 431).

El aroma y gusto por el chocolate solo se puede determinar sensorialmente y no existe un valor absoluto agradable y correcto, depende de cada proceso y material prima. Es importante que el chocolate no presente sabores extraños que alerten de fallas en el proceso de elaboración de licor de cacao, conchado o de un incorrecto empaquetamiento y/o almacenamiento (Beckett, 2000, p. 155).

El cliente no tiene un entrenamiento previo pero fácilmente detecta problemas en acidez, humedad, textura, apariencia y fundido.

1.1.7.2. Defectos en el chocolate

1.1.7.2.1. Floración de la grasa

La floración de la grasa es un problema en la industria chocolatera debido a que afecta la textura y la calidad visual del chocolate. La floración de la grasa o en inglés "fat bloom" es una capa blanca en la superficie del chocolate que altera el brillo del chocolate. (Bricknell y Hartel, 1998, p. 1609).

La separación de la grasa a la superficie hace que se solidifique formando cristales que tiene un tamaño de 4 a 5 μm . Los cristales dispersan la luz produciendo un color blanquecino en la superficie.

La causa de este fenómeno es la transformación de la cristalización $\beta(V)$ a la forma $\beta(VI)$ y de la transformación de cristales inestables en βV . Se produce también por una mala distribución de grasa o por un mal proceso de atemperado (Kinta y Hatta, 2007, pp. 107 - 108).

El florecimiento de la grasa no representa ningún peligro para la salud pero por el aspecto que genera en la superficie del chocolate lo convierte en un producto no deseado por el consumidor, a continuación se detallan algunas de las razones de este fenómeno son:

- Falta de formación de cristales $V(\beta_2)$ en el atemperado
- Re cristalización sin atemperado adecuado
- Falta de homogeneidad
- Diferencias de temperatura entre el centro y la superficie
- Inadecuado enfriamiento del chocolate
- Migración de la grasa
- Floración por manipulación
- Malas condiciones de almacenamiento (temperatura y humedad).

La manteca de cacao por estas causas forma cristales inestables $IV(\beta'_1)$ que se transforman en la forma más estable $V(\beta_2)$ y $VI(\beta_1)$ desarrollándose la capa blanca sobre la superficie, este tipo de fenómeno es la floración de la grasa (Afoawka, 2010, p. 56).

1.1.7.2.2. Floración del azúcar

La formación de una capa blanca en la superficie del chocolate pueden también deberse al azúcar.

Una diferencia con la floración de la grasa es que cuando se calienta la floración de la grasa desaparece mientras que el de azúcar no.

Se produce por almacenamiento del producto en ambientes con alta humedad o cambios de temperatura de baja a alta temperatura. El agua generada por la humedad alta disuelven el azúcar y cuando se evapora quedan visibles manchas blancas en la superficie (Afoakwa, 2010, p. 57).

1.2. EL CONCHADO

Proviene del nombre del equipo conchadora, derivado de un término latín que en español significa “concha”, debido al parecido en la forma de la conchadora Frisse con el mencionado molusco, este modelo ha servido de base a las modernas conchadoras utilizadas hasta el presente (Afoakwa, 2010, p. 43).

La concha cambia el aroma, la manera de fundir en boca y controla la viscosidad del chocolate. El proceso de desarrollo de aroma se hace a partir de los precursores desarrollados en la fermentación y tostado (Beckett, 2000, p. 64).

1.2.1. TIPOS DE CONCHADORAS

El exceso de tiempo y gasto energético usado por la conchadora longitudinal hicieron que se desarrollen conchadoras rotatorias capaces de procesar grandes cantidades de chocolate en menor tiempo.

Se han ido desarrollando mecanismos de ventilación forzada, con persianas y sistemas continuos para reducir los tiempos de conchado y mejorar características en el chocolate elaborado.

La ventilación aumenta la rapidez con la que volatilizan de ácidos de cadena corta y la evaporación del agua presente. Además se ha desarrollado sistemas con control de temperatura para evitar pérdidas energéticas y mantener en los rangos adecuados para el procesamiento (Talbot, 2009, p. 25).

1.2.1.1. Conchadora longitudinal

La conchadora longitudinal fue la primera conchadora y fue inventada por Rodolphe Lindt en su fábrica en Berna Suiza en 1880, la misma que consistió en un rodillo de granito de forma longitudinal que con su movimiento provocaba ruptura y recubrimiento de partículas por producir rozamiento contra el recipiente (Talbot, 2009, p. 25).

El desarrollo de un sabor excepcional debido al largo periodo de movimiento continuo hace que en la actualidad algunos productores de alta calidad usen este tipo de conchadora (Ley, 1994, p. 122).

El proceso desarrollado con la conchadora longitudinal tomaba largo tiempo, alto consumo de energía, mano de obra en exceso, ardua tarea en la carga y descarga del producto.

La calidad del chocolate compensaba el trabajo desarrollado hasta que el costo de materia prima y mano de obra subieron, haciendo necesaria la optimización y mejoramiento de tecnología en la producción del chocolate (Minifie, 1989, pp. 149 - 150).

La conchadora longitudinal estaba constituida por un rodillo de granito, el fondo de la conchadora en granito y una tapa metálica como se indica en la Figura 1.7. y con el tiempo fue incrementando el tamaño y la velocidad de trabajo hasta evolucionar.

En la primera conchadora el rodillo de trituración se desplazaba entre 20 y 40 rpm, la capacidad de procesamiento variaba entre 100 y 1000 kg. La alimentación a la máquina debía estar en estado líquido o pastoso. La carga seca podía dañar la máquina. Los tiempos de conchado eran altos, de hasta 96 h, la demanda de energía y mano de obra era elevada, la eficiencia era baja (Ley, 1994, p. 123).

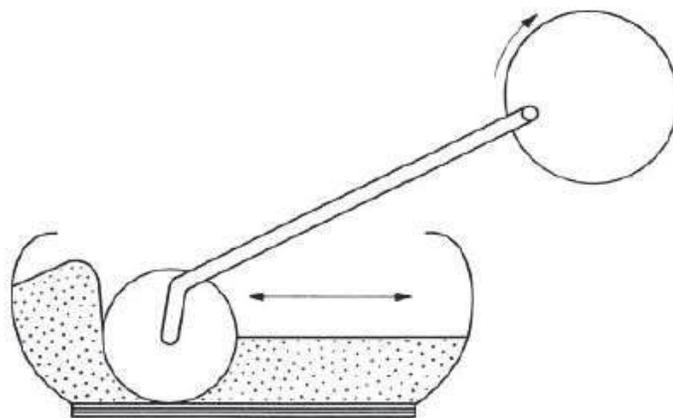


Figura 1.7. Diagrama esquemático de una conchadora longitudinal
(Beckett, 2009, p. 203)

1.2.1.2. Conchadora rotatorias

Las conchadoras rotatorias o redondas se desarrollaron debido al excesivo uso de energía usado por la conchadora longitudinal. La conchadora tenía cámaras circulares en las que se ubicaban potentes paletas con eje vertical como se aprecia en la Figura 1.8. Las paletas agitan la masa convirtiéndolo en grumos que pierden humedad y más sustancias volátiles. Las paletas de gran alcance proporcionan cizalladura y mezclado. La mezcla proveniente de la refinadora es cargada en la conchadora que tiene control de temperatura y alta cizalladura reduciendo el tiempo de conchado. (Minifie, 1989, p.151 – 152).

Se han creado un sinnúmero de variaciones a este principio pero las más importantes son:

- Bauernmeister, Hamburg, Germany
- Carle & Montanari, Milan, Italy
- Richard Frisse, Herford, Germany
- Lloveras, Terrassa, Spain
- Low and Duff, Camoustie, UK
- Petzholdt, Frankfurt, Germany
- Thouet, Aachen, Germany
- Wiener, Amsterdam, Netherlands (Ley, 1994, pp. 123 – 131).

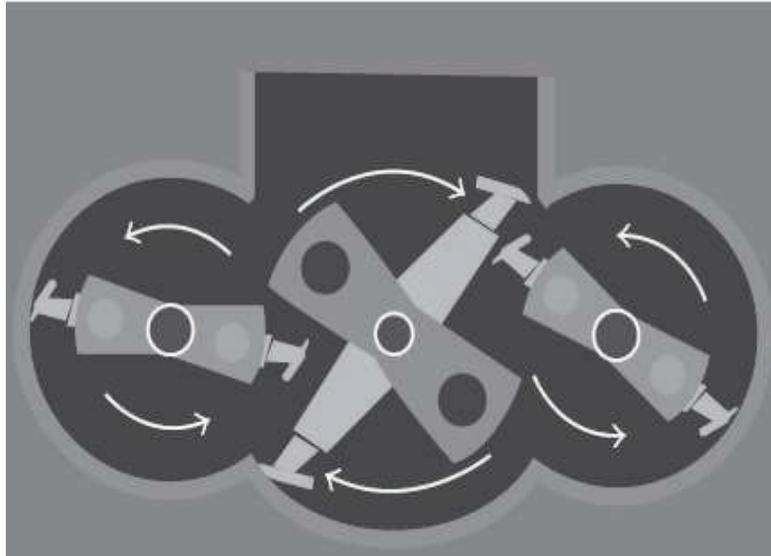


Figura 1.8. Diagrama esquemático de una concha fabricada por Frisse
(Afoakwa, 2010, p. 44)

1.2.1.3. Conchadoras continuas

La conchadora continua se basa en ciclos de vertederos de un tanque a otro, cada tanque tiene condiciones apropiadas de funcionamiento según las necesidades (Talbot, 2009, p. 25).

El conchado continuo tiene tiempos de residencia variables en contenedores en los que se somete a elevadas fuerzas de cizallamiento, esto hace al proceso más rápido y eficiente tomando en cuenta los recursos invertidos en grandes fábricas (Bolenz, Amtsberg y Lipp, 2005, p. 47).

Las operaciones previas al conchado generalmente son continuas, por lo que se usan conchadoras de trabajo continuo.

La masa suministrada asciende por columnas por medio de tornillos eliminando humedad y sustancias volátiles, por la circulación de aire forzado. La masa soporta fuerzas de cizallamientos mayores a las soportadas en otro tipo de conchadoras, razón por la cual el tiempo de conchado se reduce (Beckett, 2009, p. 211).

1.2.2. ETAPAS DEL CONCHADO

1.2.2.1. Fase de conchado seco

En la fase seca del conchado es fundamental la aireación y control de aire para conseguir una disminución del contenido de agua para mejorar cualidades reológica y sensoriales (Bolenz, Kutschke y Lipp, 2008, p. 1677 - 1678).

La fase seca contiene aproximadamente 25 % a 26 % de grasa además de ácidos volátiles procedentes de la fermentación del cacao. Los ácidos son volatilizados por las fuerzas de cizallamiento, la temperatura y la aireación formando una pasta con la que inicia la siguiente etapa del conchado (Bolenz, Thiessenhusen y Schäpe, 2003, p. 62).

La temperatura aplicada en esta fase está entre 65 °C y 75 °C por un tiempo de 6 h aproximadamente dependiendo del producto final que se desea obtener (Shumacher et al., 2009, p. 617).

En la Figura 1.9 se muestra que el mayor contenido y mayor reducción en el contenido de humedad y acidez se dan en las primeras horas de conchado.

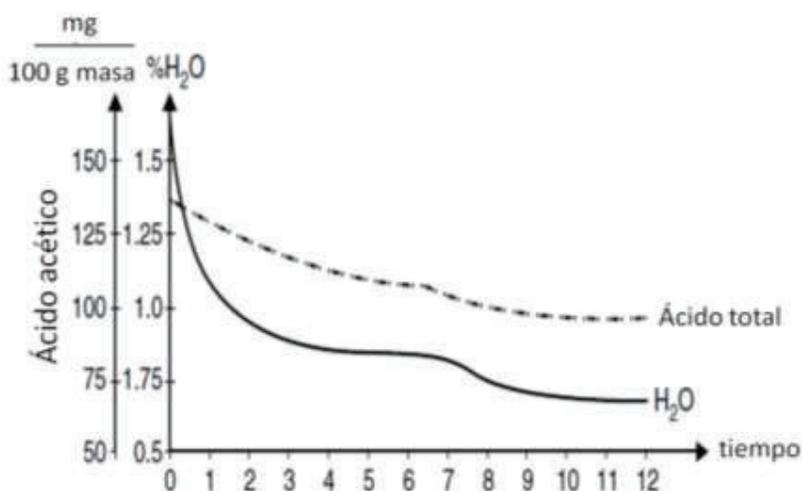


Figura 1.9. Cambios en humedad y acidez del chocolate durante el desarrollo del conchado
(Beckett, 2009, p. 194)

En la etapa de conchado seco ingresa a la conchadora una mezcla seca que por acción de la temperatura y agitación se convierte en una masa pastosa.

Al inicio la mezcla contiene hasta un 1,6 % de humedad y en esta fase de conchado se reduce fácilmente hasta valores cercanos a 0,8 %, en donde se hace más difícil la eliminación de humedad. El agua arrastra consigo sustancias volátiles de olor indeseables, por lo que no es recomendable trabajar con conchadora abiertas trabajando al mismo tiempo con chocolate negro y con leche.

El consumo energético se eleva en esta fase debido a la fuerza necesaria para convertirse en pasta como se muestra en la Figura 1.10. En esta etapa se forman agregados de 1 a 4 cm de diámetro, se adhieren a las aspas de la conchadora o simplemente giran con ellas por lo que es necesario el control de temperatura.

En la etapa seca no se debe agregar demasiada grasa y emulsificante porque produce al final un producto defectuoso (Beckett, 2009, pp. 199 - 200).

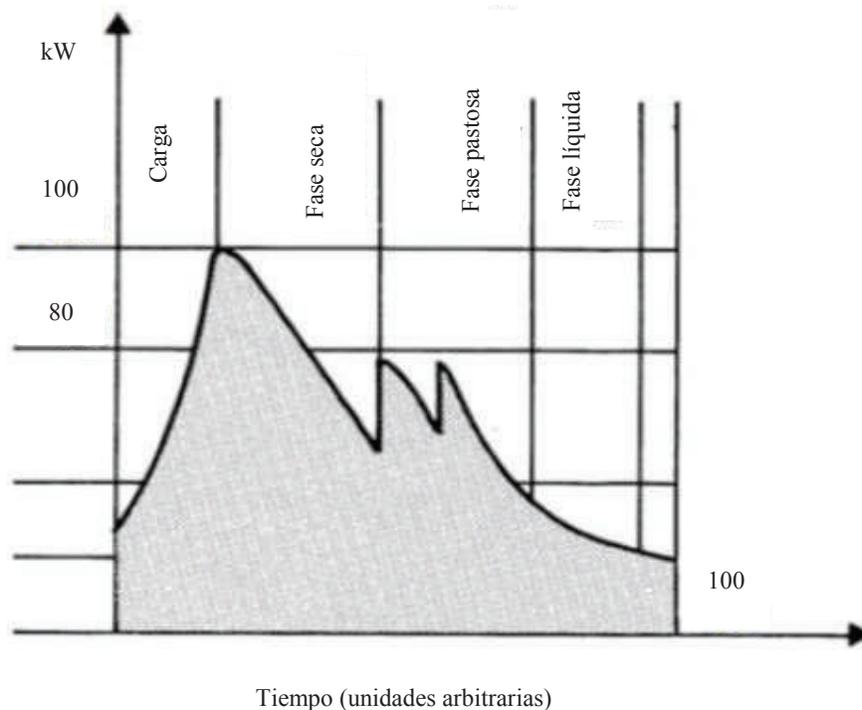


Figura 1.10. Ilustración del consumo energético de una conchadora durante el conchado (Beckett, 2009, p. 201)

1.2.2.2. Fase de pasta

La energía requerida en el inicio de esta etapa es alta por lo que la temperatura se eleva. La temperatura debe ser controlada debido a que la viscosidad disminuye por el descenso de humedad y por el incremento del área cubierta por grasa. La velocidad de la conchadora aumenta por la menor resistencia a la agitación que presenta el chocolate. El tiempo de residencia disminuye con el aumento de temperatura (Beckett, 2009, pp. 200 - 201). En esta etapa se desarrolla el sabor y se desarrolla una textura adecuada (Ley, 1994, p. 120).

Precusores de aroma formados en la fermentación y durante el tostado continúan reaccionando para formar aromas típicos del chocolate, la temperatura de esta etapa del proceso se reduce a un rango de 60 °C a 70 °C por un tiempo de 5 h (Shumacher et al., 2009, pp. 616 - 617).

1.2.2.3. Fase de conchado líquido

En la fase de conchado líquido las partículas sólidas del chocolate son cubiertas con una fina capa de grasa produciendo una disminución en la viscosidad y una mejora en las cualidades sensoriales del chocolate (Shumacher et al., 2009, p. 616). En esta fase la lecitina y un restante de manteca de cacao se añaden y junto con el efecto del cizallamiento homogenizan el producto (Bolenz, Thiessenhusen y Schäpe, 2003, p. 62; Ley, 1994, p. 20).

En esta etapa se alcanza un equilibrio en la viscosidad. En la fase de conchado líquido el tiempo se reduce a 1 h en un rango de temperaturas entre 45 °C y 60 °C (Shumacher et al., 2009, p. 617). El efecto del emulsificante en el caso de la lecitina es más eficiente bajo los 60 °C. El control del proceso se da con viscosímetros a la salida del tanque o monitoreo de las curvas de potencia eléctrica (Beckett, 2009, p. 202).

2. PARTE EXPERIMENTAL

2.1. EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL LICOR DE CACAO OBTENIDO

2.1.1. MATERIA PRIMA

Para la elaboración del experimento se utilizó los siguientes materiales: cacao, manteca de cacao, azúcar, leche en polvo, lecitina, sal

El cacao (*Theobroma cacao L.*) seco y fermentado de variedad Nacional del Ecuador que se usó en el desarrollo del presente proyecto fue proveniente de la provincia de Sucumbíos, cantón Lago Agrio.

El cacao fue enviado en un saco de 45 kg por vía terrestre (aproximadamente 8 h) hasta la planta Piloto del Departamento de Ciencia de Alimentos y Biotecnología (DECAB) en la Escuela Politécnica Nacional.

El cacao fue almacenado en fundas de polietileno en el interior de gavetas plásticas en la cámara de refrigeración a una temperatura aproximada de 5 °C durante 8 días hasta iniciar el proceso de elaboración de licor de cacao

Para la formulación de los chocolates se utilizó azúcar blanco de caña de marca la Troncal, sal yodada y fluorada de marca Cris-Sal, leche en polvo enriquecida de marca El Ordeño, adquiridas en el supermercado Supermaxi.

La manteca de cacao fue adquirida a la empresa Productos Ecuador S.A. La lecitina de soya en pasta (grado alimenticio y con una pureza del 97 %), fue adquirida en el almacén de productos químicos la Casa del Químico (Quito).

2.1.2. PROCESO DE ELABORACIÓN DE LICOR DE CACAO

Las semillas de cacao fermentadas y secas fueron sometidas a un proceso de transformación con el fin de obtener licor de cacao.

Las almendras de cacao fueron seleccionadas a mano con el fin de eliminar impurezas. Las almendras de cacao seleccionadas fueron tostadas en lotes de 5 kg, en un tostador esférico de marca Oeconon, modelo 14817 - 61, a temperaturas entre 110 °C 130 °C por un tiempo de 60 min. Posteriormente se enfrió con agitación automática en el mismo equipo hasta alcanzar una temperatura de 20 °C.

Las almendras de cacao tostadas fueron trituradas y descascarilladas en un limpiador seleccionador marca Borwermeister, modelo BR - 12. Las almendras descascarilladas y trituradas se conocen como "nibs". Los nibs fueron sometidos a molienda en un molino Alpine modelo 160 UP hasta obtener un líquido viscoso conocido como licor de cacao.

2.1.3. CARACTERIZACIÓN DEL LICOR DE CACAO, MANTECA DE CACAO, LECHE EN POLVO Y AZÚCAR

El licor de cacao y la manteca de cacao fueron empacados en fundas de polietileno y almacenados en la cámara de refrigeración a una temperatura de 5 °C y una humedad relativa de 60 %. El azúcar y la leche en polvo fueron analizadas directamente del envase en el que fueron adquiridos.

2.1.3.1. Caracterización del licor de cacao

El licor de cacao se homogenizó una vez salido del molino, posteriormente se almacenó en fundas de polietileno a 8 °C hasta su uso.

El bloque de licor se partió y se tomo muestra de diferentes zonas hasta obtener una muestra representativa.

Para preparar las muestras se tomo un trozo y se frotó en un rallador de cocina y el rallado obtenido se uso en los análisis.

2.1.3.1.1. Humedad

Se tomaron 2 g del producto rallado y se colocaron en un recipiente metálico hasta alcanzar peso constante según el método descrito en 931.04 AOAC (2005), los resultados se reportaron en porcentaje de agua.

2.1.3.1.2. Acidez

Se determinó la acidez del licor de cacao por titulación con una solución alcalina hasta pH 8,1 como lo describe el método 942.15 AOAC (2005), los resultados se reportaron en g ácido cítrico por 100 g de producto.

2.1.3.1.3. pH

Para determinar el pH se utilizó un pH-metro consort 832, previamente calibrado con estándares.

Se sumergió el electrodo en una solución que contenía 10 g de licor de cacao y 150 mL de agua previamente filtrados y enfriados a 20 °C – 25 °C como indica el método 970.21 AOAC (2005).

2.1.3.1.4. Extracto etéreo

La determinación del contenido de extracto etéreo del licor de cacao se realiza por extracción con solventes según lo indica la norma NTE INEN 535:2013.

Los resultados se presentan en gramos de extracto etéreo por 100 g de muestra.

2.1.3.2. Caracterización de la leche en polvo

La leche utilizada fue leche entera en polvo de marca El Ordeño. Se adquirió la presentación de 200 g y fue almacenada hasta su uso en la planta piloto.

Las fundas utilizadas en el experimento eran del mismo lote de la muestra analizada.

2.1.3.2.1. Humedad

El contenido de humedad de la leche en polvo se determinó por principio gravimétrico según el método 927.05 AOAC (2005).

Los resultados se reportaron en porcentaje de agua.

2.1.3.2.2. Acidez

La acidez de la leche en polvo se determinó mediante titulación con una solución 0,1 M de NaOH como describe el método 947.05 AOAC (2005).

El resultado se reporta en g ácido láctico por 100 g de producto.

2.1.3.2.3. Grasa

El contenido de grasa en la leche se determina por extracción con solvente como lo indica el método AOAC 932.06b (2005).

Los resultados se reportan en g de extracto etéreo por 100 g de muestra.

2.1.3.2.4. Proteína

El contenido de proteína se realizó mediante el método de Kjeldahl con una muestra de 1 g como lo indica el método AOAC 930.29 (2005).

El contenido de proteína se indica en gramos en 100 g de muestra.

2.1.3.2.5. Ceniza

El contenido de ceniza se determinó como indica el método 930.30 AOAC (2005).

Los resultados se reportaron en g de ceniza por 100 g de producto.

2.1.3.3. Caracterización de la manteca de cacao

2.1.3.3.1. Índice de peróxido

El índice de peróxido se determinó de acuerdo a lo establecido en el método 965.33 AOAC (2005).

Los resultados se expresan en miliequivalentes de peróxido por kg de muestra.

2.1.3.3.2. Índice de yodo

El índice de yodo se realiza con el método Wijs siguiendo el método AOAC 993.20 (2005).

El resultado se reporta en cg de yodo absorbidos por g de muestra.

2.1.3.4. Caracterización de azúcar

El parámetro de interés del azúcar en la elaboración del chocolate es la humedad que aporta, debido al efecto de la humedad en la reológica del producto.

El contenido de humedad se realiza por gravimetría siguiendo la norma técnica Ecuatoriana Voluntaria NTE INEN 265:2013, el resultado se expresó en g de agua en 100 g de muestra.

2.2. DETERMINACIÓN DE LA INFLUENCIA DEL TIEMPO Y LA VELOCIDAD EN EL PROCESO DE CONCHADO

2.2.1. ELABORACIÓN DE CHOCOLATES

2.2.1.1. Equipo mezclador - conchador

El proceso de mezclado y conchado se desarrolló en un mezclador Spectra modelo 11 con control de velocidad. El proceso de elaboración se desarrollo de manera integral en la planta piloto DECAB de la Escuela Politécnica Nacional.

El equipo consta de un sistema digital de control de revoluciones del motor, el motor, olla, tapa y rodillos de granito. El esquema del equipo se aprecia en la Figura 2.1

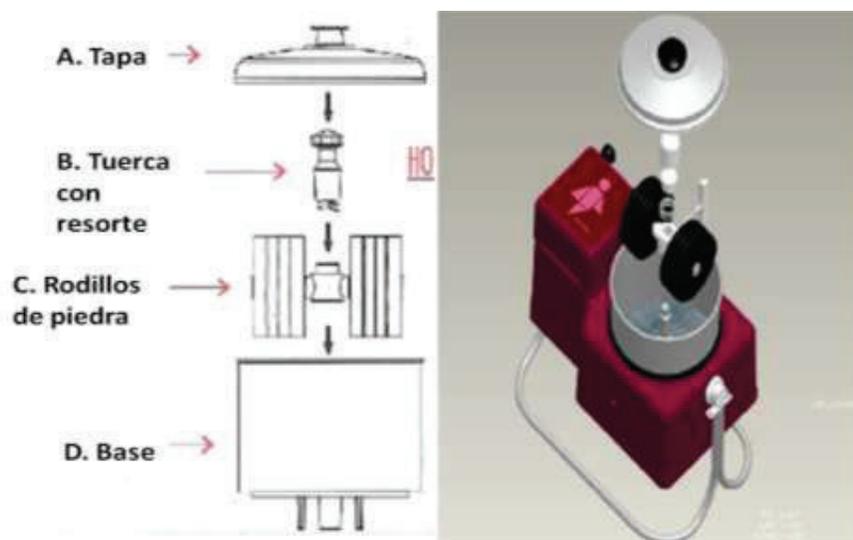


Figura 2.1. Diagrama esquemático de la conchadora mezcladora Spectra 11 (Spectra, 2011, p. 7)

2.2.1.2. Mezcla

Se pesó los ingredientes de acuerdo a la receta indicada en la Tabla 2.1. Las materias primas fueron precalentadas en una estufa Blue modelo DV - 500C - 2, a 65 °C durante 30 min con el fin de alcanzar la temperatura requerida en el conchado. Los ingredientes se mezclaron en la conchadora mezcladora Spectra 11, sin ajustar el tornillo (ítem B de la Figura 2.1) durante 5 min.

Tabla 2.1. Receta típica del chocolate negro y chocolate con leche

Ingredientes	Chocolate negro (%)	Chocolate con leche (%)
Licor de cacao	39,62	11,78
Manteca de cacao	11,75	19,98
Leche en polvo	-	19,08
Azúcar	48,08	48,73
Lecitina	0,35	0,35
Vainillina	0,14	0,08
Sal	0,06	-

(Hii et al., 2009, p. 709).

2.2.1.3. Conchado

Con los ingredientes homogenizados se procedió a ajustar el tornillo (ítem B de la Figura 2.1) de los rodillos de granito para refinar los ingredientes. Una vez ajustado el tornillo a su máxima capacidad se ajustó la velocidad del motor de la conchadora de acuerdo al diseño experimental.

El control de tiempo total de proceso se realiza con un temporizador digital. El proceso se desarrolló en un rango de temperatura 60 ± 10 °C (Afoakwa, 2010, pp. 65 - 66; Beckett, 2009, p. 437). La temperatura se mantuvo en el rango por el calor aportado por un secador de aire turbo jet 3000 de marca huracán adaptado con un sistema de encendido y apagado automático, en ciclos de 15 min prendido y 15 min apagados de manera cíclica.

2.2.1.4. Diseño experimental

Para determinar el efecto del conchado del chocolate se utilizó un diseño experimental 2^2 para los dos tipos de chocolates. Se trabajó con dos variables de dos niveles cada una: tiempos: 12 y 16 h, y dos velocidades de trabajo en el motor: 1 000 rpm y 1 500 rpm. Se tomaron muestras durante el conchado a 0, 4, 8, y 12 h, o a 0, 5, 10 y 16 h según lo requerido en los análisis planteados. Cada experimento se realizó por duplicado. El chocolate obtenido fue sometido a pruebas físicas, químicas, reológica y sensoriales para determinar la influencia de las variables del conchado en la calidad del chocolate.

2.2.1.5. Atemperado

El proceso de atemperado se realizó en el laboratorio de Extractos Vegetales del DECAB. El calentamiento del chocolate líquido se realizó en la estufa Blue, modelo DV - 500C - 2. La temperatura se controló con un termómetro digital marca EXTECH INSTRUMENTS Easy View 15.

El atemperado se realizó sometiendo al chocolate a cuatro temperaturas diferentes con agitación constante: fusión del chocolate a 50 °C (tardó 8 min), enfriamiento a punto de fusión (32 °C) que tomó aproximadamente 5 min, cristalización (27 °C) por aproximadamente 3 min y conversión de cristales inestable (30 °C – 32 °C) durante 4 min (Beckett, 2009, p. 268).

2.2.1.6. Moldeado

Se utilizó moldes de policarbonato donde se depositó el chocolate atemperado para proceder al enfriamiento en la cámara fría de la planta piloto del DECAB a 8 °C y 85 % de humedad relativa durante 2 h, posteriormente se desmoldó.

2.2.1.7. Empacado

Para evitar pérdidas de compuestos volátiles y fenómenos asociados a la humedad como el afloramiento del azúcar es necesario empacar el chocolate. El empaque se realizó en recipientes de poliestireno recubierto por una funda de polietileno, una capa de papel aluminio, una capa de toallas de papel y finalmente envueltas en una funda con cierre zipper, se almacenó en la cámara fría de la planta piloto del DECAB a 8 °C y 85 % de humedad relativa

2.2.2. EVALUACIÓN DE PARÁMETRO FÍSICOS , QUÍMICOS, REOLÓGICOS Y SENSORIALES

2.2.2.1. Humedad

El contenido de humedad se determinó por principio gravimétrico según el método 931.04 AOAC (2005), los resultados se reportaron en porcentaje de agua y se realizaron balances de masa para determinar la pérdida total.

2.2.2.2. pH

El pH se determinó usando el método 970.21 AOAC (2005), como se indicó en el acápite 2.1.3.1.3 para determinar el pH en el licor de cacao

2.2.2.3. Acidez

Se determinó la acidez del chocolate por titulación con una solución alcalina hasta pH 8,1 como lo describe el método 942.15 AOAC (2005) presentado en el acápite 2.1.3.1.2, se realizó balances de masa para determinar la pérdida total.

2.2.2.4. Grasa

El contenido de grasa se determinó como lo describe el método 963.15 AOAC (2005).

Los resultados se expresaron en porcentaje de grasa por 100 g de producto.

2.2.2.5. Tamaño de partícula

El tamaño de partícula se determinó con un micrómetro digital externo mitutoyo modelo 293 - 821.

El chocolate se dispersó en aceite de girasol (Beckett, 2000, p. 180; Schumacher et al., 2009, p. 618), para lo cual se preparó una dilución a temperatura ambiental (15 °C) de 5 g de chocolate en 15 ml de aceite de girasol. Se tomó una gota y se colocó en el micrómetro tomando la medida. Para cada muestra de chocolate se tomó 5 lecturas.

2.2.2.6. Viscosidad

La viscosidad del chocolate se determinó en un reómetro TA Instrument Ltd., modelo AE - 2000, la medida fue tomada a 45 °C (Beckett, 2000, p. 152; De Oliveira y Hoelz, 2009, p. 15; Schumacher et al., 2009, p. 618) con una geometría plato – plato corrugado. La medición de viscosidad se realiza a intervalos (logarítmicos) definidos de esfuerzo de corte creando curvas de viscosidad.

2.2.2.7. Análisis sensorial

Se evaluó 4 muestras de chocolate negro y chocolate con leche. La prueba se realizó por triplicado. Las muestras correspondieron a los 4 tratamientos a las que se sometió a cada tipo de chocolate.

Los chocolates fueron evaluados con una prueba de ordenamiento basada en una escala de categorías con el propósito de definir la intensidad de los atributos (Watts, Ylimaki, Jeffery y Elías, 1992, p.98 - 111).

Los atributos evaluados fueron olor, sabor, acidez, arenosidad, fundido. La evaluación usó una escala que partía de 0 y terminaba en 10 para evaluar la intensidad de cada atributo.

La evaluación fue realizada por 10 panelistas semi entrenados. La prueba se realizó en las cabinas para pruebas sensoriales de la planta piloto del Departamento de Ciencia de los Alimentos y Biotecnología. Los panelistas fueron entrenados con muestras de chocolates en los que los atributos eran intensos o nulos.

En cada prueba se entregaban 4 muestras de 10 g identificadas con números aleatorios de tres dígitos. Se realizaba el análisis de 4 muestras por día para evitar la fatiga y llenura. Las muestras correspondieron a los chocolates que han culminado el proceso de conchado. Se entregaron hojas de evaluación como la indicada en el Anexo II.

2.3. ESTUDIO TÉCNICO Y DISEÑO DE UNA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE CHOCOLATES A PARTIR DE LICOR DE CACAO

Para diseñar la planta de producción de chocolate negro y chocolate con leche se estimó la cantidad de barras de chocolate a producirse tomando en cuenta el suministro de licor de cacao, el porcentaje de producción de cada tipo de chocolate y contenido de licor de cada uno.

El cacao que se consideró para la evaluación fue de la asociación de mujeres “El Porvenir”, ubicadas en la parroquia Pacayacu del cantón Lago Agrio en la Provincia Amazónica de Sucumbíos.

El cacao amazónico se destaca por poseer un perfil a frutas tropicales de rápido desvanecimiento de su aroma en el paladar, en el cacao fio de aroma es fundamental tener un perfil aromático para establecer una identidad de acuerdo al sector de producción (Pro cacao, 2013, p. 6).

Se seleccionaron los equipos necesarios para la producción de chocolate. Se realizó diagramas de bloques de procesos (BFD), diagrama de flujo de proceso tecnológico (PFD), se realiza también la distribución del área de producción (Layout), el flujo de producto y movimiento de operarios, distribución de áreas sanitarias y administrativas.

2.4. EVALUACIÓN DE LA PRE FACTIBILIDAD ECONÓMICA PARA LA PRODUCCIÓN DE CHOCOLATES

Para la implementación de la planta de producción de chocolates negros y chocolates con leche se realizó un análisis de pre factibilidad económica.

Para la evaluación se estimó el costo de: terreno, infraestructura civil, materias primas, materiales indirectos, equipos, mano de obra directa e indirecta, instalación, imprevistos, depreciación de equipos e infraestructura, etc. Se calculó los indicadores TIR, VAN y el punto de equilibrio.

La inversión necesaria para la implementación se dividió en un 30 % para inversionistas y 70 % con crédito de entidades financieras. Los costos que se consideraron para la implementación son: materiales directos e indirectos, mano de obra directa e indirecta, máquinas y equipos, terrenos y construcciones, equipos de oficina y laboratorios y demás gastos implícitos como el mantenimiento, imprevistos. El flujo de caja se realizó para 10 años, y se tomó 10 años para la depreciación de equipos.

Se destinó un 5 % del valor de los activos fijos para imprevistos, un 20 % para la instalación, 5 % para accesorios y un 0,5 % para equipos e instrumentos de laboratorio.

Se consideró igualmente 10 años para la depreciación de equipos, muebles de oficina y obra civil.

El interés bancario usado fue de 12,5 % y para el impuesto a la renta se considero un valor del 23 % de la base imponible.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL LICOR DE CACAO OBTENIDO

3.1.1. PROCESO DE ELABORACIÓN DE LICOR DE CACAO

El licor de cacao usado como materia prima fue el cacao variedad nacional, el proceso se hizo de un lote inicial de 45 kg.

La selección del cacao se realizó de manera manual, se desecho almendras de cacao podridas, almendras quebradas, almendras seca, piedras, tallos, insectos, hojas. Basados en el peso de los desechos y subproductos, se obtuvo 10 % de pérdidas.

El cacao seleccionado se tostó en lotes de 5 kg en un tostador Oeconon, modelo 14817 - 61 en el proceso se eliminó un 10 % en peso por la evaporación de humedad y sustancias volátiles. Plúa y Cornejo (2008) midieron también una pérdida del 10 % en el tostado de cacao fino de aroma (pp. 86 - 87).

El descascarillado se realizó en un clasificador seleccionador Borwermeister, modelo BR - 12. La semilla se trituró y se separó por flujo de aire cruzado obteniendo pérdidas fueron de un 28 % entre trozos de cacao y cascarilla. Si se compara con los valores obtenidos por Plúa y Cornejo (2008), quienes obtuvieron un 12 % de perdidas, el valor obtenido en este trabajo es elevado, pero esta diferencia se debió a desperfectos en el equipo que provocó la pérdida de una gran cantidad de trozos de cacao junto con la cascarilla.

La etapa de molturación se realizó en un molino Alpine, modelo 160 UPZ. A la salida del molino se presenta el licor como un líquido viscoso definiéndolo como no newtoniano y de comportamiento pseudoplástico

El licor de cacao obtenido se empacó en fundas de polietileno y se almacenó en la cámara de refrigeración de la planta piloto a 4 °C y 80 % de humedad relativa. El proceso desarrollado se resume en el diagrama presentado en la Figura 3.1 y se presenta el balance de masa con el detalle de las entradas, salidas y pérdidas que presentó cada corriente en el Anexo 1.

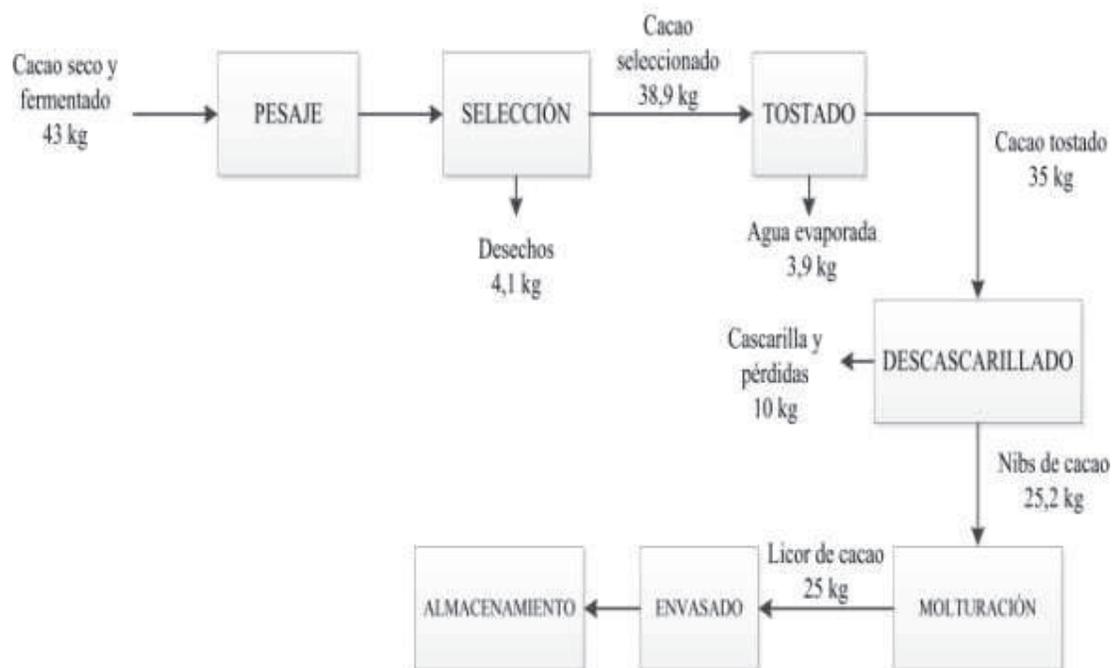


Figura 3.1. Diagrama de flujo del proceso de elaboración de licor de cacao

Egas (2015), encontró pérdidas del 23 % en la selección del cacao, que es un 13 % superior al encontrado en el presente trabajo y se debe a que el cacao utilizado vino seleccionado por parte del productor. Las pérdidas de cascarilla fueron del 7,04 % muy por debajo del 28 % resultado del desperfecto mecánico del equipo usado en el presente trabajo (pp. 47 - 49).

Alegría (2015), encontró pérdidas del 4,77 % en la selección del cacao, 6,16 % en el tostado, 11,15 % en el descascarillado, 0,68 % en el triturado y 2,75 % en la molienda obteniendo un rendimiento del 76,7 % (p. 130). En este trabajo se obtuvo un rendimiento del 58 %, el valor es menor debido a la pérdida producida en el descascarillado, mayor contenido de humedad y mayor contenido de desechos.

3.1.2. EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL LICOR DE CACAO, LECHE EN POLVO, MANTECA DE CACAO Y AZÚCAR

3.1.2.1. Caracterización del licor de cacao

El licor de cacao procesado en la planta Piloto del Departamento de ciencia de alimentos y biotecnología (DECAB) fue homogenizado.

Se tomó una muestra representativa para realizar análisis de humedad, acidez, pH y extracto etéreo los mismo que se muestran en la Tabla 3.1

Los resultados obtenidos en el análisis físico-químico del licor de cacao que se muestran en la Tabla 3.1 al comparar con los requisitos de humedad y extracto etéreo de la Norma NTE INEN 623 se encuentran en los rangos.

Tabla 3.1. Caracterización físico-química del licor de cacao

Parámetro	Unidades	Cantidad	Mínimo	Máximo
Humedad	% (g/100 g)	1,27	-	3,00
Acidez	% (g ácido cítrico monohidratado/100 g)	0,66	-	-
pH		5,76	-	-
Extracto etéreo	% (g/100 g)	52,90	48,00	54,00

Según los requisitos de la norma la humedad debe ser menor a un 3 % por lo que se considera aceptable el valor de 1,27 %.

El extracto etéreo debe tener valores entre 48 % y 54 % para cumplir con el requisito de la citada norma. El valor de 52,9 % encontrado en el licor de cacao utilizado en el experimento se encuentra en el rango descrito en la norma por lo que se trata de licor de cacao apto para procesamiento y puede incluso comercializarse y procesar para la venta.

Los parámetros acidez y pH no están regulados en la norma NTE INEN 623 por lo que se compara con valores encontrados en otros estudios científicos. Según Holm y Aston (1993) en un estudio realizado con 54 muestras de diferentes regiones del mundo, encontró que la acidez del licor de cacao está entre 0,16 y 0,99 (g de ácido cítrico / 100 g). El licor de cacao utilizado en el experimento tiene 0,66 (g de ácido cítrico / 100 g) lo que indica que están en el rango.

El pH del licor de cacao de esta investigación es de 5,76 valor que se encuentra en el rango de 4,6 a 5,8 encontrado en el mencionado estudio de Holm y Aston (Holm y Aston, 1993, pp. 65 - 69).

3.1.2.2. CARACTERIZACIÓN DE LA LECHE EN POLVO

En la Tabla 3.2 se muestra los resultados de la caracterización físico-química de la leche en polvo.

La muestra utilizada se mantuvo sellada en el envase adquirido hasta el momento de ingresar al laboratorio para evitar contaminación.

Los resultados se comparan con la norma que rige a la leche en polvo distribuida en el Ecuador que es la Norma NTE INEN 298:2013 "Leche en polvo y crema en polvo. Requisitos".

Tabla 3.2. Caracterización físico-química de la leche en polvo

Parámetro	Unidades	Cantidad	Mínimo	Máximo
Humedad	% (g/100 g)	0,48	-	5,00
Acidez	% (g de ácido láctico/ 100 g)	1,05	-	1,35
Grasa	% (g/100 g)	26,94	26,00	42,00
Proteína	% (g/100 g)	25,73	-	34,00
Ceniza	% (g/100 g)	5,65	-	6,50

El resultado obtenido del análisis de humedad es 0,48 %, valor que está dentro del límite establecido en la Norma NTE INEN 298 que establece no superar el 5 %. El valor de acidez titulable expresada como ácido láctico para leche en polvo entera según lo indica la norma es máximo de 1,35 % y el análisis realizado a la leche en polvo utilizada es de 1,05 %. El contenido de grasa debe estar entre 26 % y 42 % para cumplir con la norma, la leche en polvo utilizada tiene 26,94 %. El contenido de ceniza indicado en la norma no debe superar el 6,5 % y el análisis encontró un 5,65 % de ceniza.

El contenido de proteína de la muestra analizada tiene 25,73 % en sólidos no grasos, valor menor al límite inferior de la norma Ecuatoriana. Según Guzmán et al. (2003), en un estudio comparativo entre la leche fluida y la leche en polvo, encontraron que la cantidad de proteína de la leche en polvo es 25,89 %, valor cercano al encontrado en el análisis efectuado para este experimento.

Los valores de humedad, acidez titulable, grasa y ceniza están dentro de los rangos establecidos por la Norma NTE INEN 298 a excepción del contenido de proteína que no debe ser inferior a 34.

3.1.2.3. Caracterización de la manteca de cacao

En la Tabla 3.3 se presentan los resultados de los análisis realizados a la manteca de cacao. La manteca de cacao fue trasladada en una caja de cartón desde las instalaciones de la planta extractora de Productos Ecuador S.A. hasta la planta piloto, fueron almacenadas en la cámara de refrigeración a 4 °C.

Tabla 3.3. Caracterización química de la manteca de cacao

Parámetro	Unidades	Cantidad
Índice de peróxido	mEq. O ₂ / kg muestra	2
Índice de yodo	cg I/ g	36

Según Mohos (2010), el índice de peróxido no debe ser mayor a 2 mEq O₂ / kg (p. 568). El índice de peróxido de la manteca de cacao utilizada es de 2 cumpliendo con el límite permitido.

Según Mohos (2010), el índice de yodo debe estar entre 32 a 42 cg I / g (p. 568). En el análisis efectuado a la manteca de cacao utilizada se encontró un valor de 36 cg I / g.

Chaiseri y Dimick (1989) en un estudio con manteca de cacao procedente de Ecuador encontraron un índice de yodo de 36,68 ± 0,04, valor cercano al encontrado en el presente estudio. Los valores de índice de yodo y de peróxido indican que la manteca de cacao corresponde a una manteca de alta pureza sin contaminación.

3.1.2.4. Caracterización del azúcar

En el azúcar blanco granulada se realizó un análisis de humedad el mismo que arrojó un valor de 0.01 % valor que según la norma NTE INEN 259:2000 que refiere los requisitos de azúcar blanco y que rige en el Ecuador, al resultado encontrado está bajo el límite máximo permitido que es de 0,075 % y no aporta una cantidad significativa de humedad a la mezcla.

3.1.3. ELABORACIÓN DE CHOCOLATES

La elaboración de chocolates negros y chocolates con leche a nivel piloto se desarrollo en la planta piloto del DECAB.

El proceso usado para obtener los chocolates se muestra en las Figuras 3.2 y 3.3. El proceso se detalló en la parte experimental, en los acápite 2.2.1.2, 2.2.1.3, 2.2.1.5, 2.2.1.6, 2.2.1.7 y los resultados se discuten a continuación



Figura 3.2. Diagrama de bloques de operaciones unitarias para elaborar chocolate negro

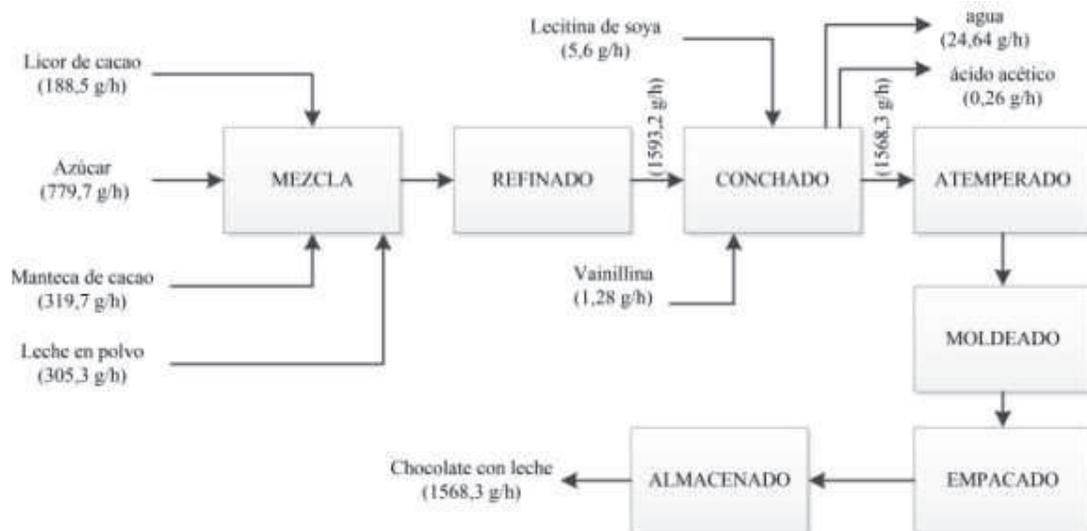


Figura 3.3. Diagrama de bloques de operaciones unitarias para elaborar chocolate con leche

Los balances de masa presentado en las Figuras 3.2 y 3.3 se basaron en los resultados obtenidos de los análisis de humedad y acidez efectuados antes y después del proceso, de manera práctica se encontró una diferencia en el peso real del chocolate obtenido y se debió a la cantidad de chocolate que se quedó adherida en los recipientes y equipos, el bajo volumen procesado y el tipo de procesamiento (por lotes), produjeron una pérdida del 20 %.

En la elaboración de chocolates a escala piloto se producen resultados similares a los obtenidos a escala industrial, parámetros como: humedad, acidez, polifenoles y viscosidad no varían significativamente entre las conchadoras de escala industrial y de escala piloto.

El análisis sensorial se ve afectado por las reacciones producidas por la leche en polvo debido a cambios de temperatura propios de cada escala (Schumacher, 2009, pp. 621 - 622).

A continuación en el acápite 3.2 se detalla de manera específica el comportamiento de cada uno de los parámetros analizados.

3.2. DETERMINACIÓN DE LA INFLUENCIA DEL TIEMPO Y LA VELOCIDAD EN EL PROCESO DE CONCHADO

3.2.1. EVALUACIÓN DE PARÁMETRO FÍSICOS , QUÍMICOS, REOLÓGICOS Y SENSORIALES

3.2.1.1. Humedad

En la Tabla 3.4 se presentan los resultados de humedad en diferentes periodos del conchado, según lo planteado en el diseño experimental. El fin es determinar el tiempo y la velocidad del motor con las que se provoca una disminución de humedad adecuada para producir un chocolate de calidad.

La mezcla que ingresa al conchado tenía una humedad inicial elevada, pero esto pudo deberse al azúcar, ya que para el proceso ésta se molió en una licuadora Oster modelo 4655 de 600 W y se obtuvo azúcar glass, esta azúcar fue almacenada por aproximadamente dos meses que duro el experimento, se almacenó en un recipiente plástico con tapa no hermética y se observó una humectación de la misma.

En efecto, Beckett (2000) presenta datos sobre la absorción de humedad ambiental en el almacenamiento de azúcar. Por ejemplo analiza isotermas de sorción, en las que a 20 °C si se supera el 60 % de humedad ambiental, el contenido de humedad del azúcar aumentará significativamente (p. 22). La humedad en el Distrito Metropolitano de Quito en promedio es de 76 % (Echanique, P., 2008, p. 1), por lo que el incorrecto almacenamiento del azúcar glass utilizado como materia prima aportó humedad a la mezcla inicial.

Tabla 3.4. Humedad del chocolate negro y con leche durante el conchado con velocidades del motor de la conchadora de 1 000 y 1 500 rpm

Prueba N°	Tiempo de conchado (h)	Revoluciones del motor de la conchadora (rpm)	Humedad chocolate negro ¹ % (g/100 g)	Humedad chocolate con leche ¹ % (g/100 g)
1	0	1 000	2,74 ± 0,00 ^c	2,57 ± 0 ^c
	4	1 000	1,57 ± 0,09 ^b	1,32 ± 0,1 ^b
	8	1 000	1,14 ± 0,12 ^a	0,96 ± 0,08 ^a
	12	1 000	1,05 ± 0,01 ^a	1,15 ± 0,09 ^{ab}
2	0	1 500	2,74 ± 0,00 ^c	2,57 ± 0,00 ^c
	4	1 500	0,99 ± 0,06 ^a	1,04 ± 0,00 ^b
	8	1 500	1,02 ± 0,02 ^{ab}	0,82 ± 0,03 ^a
	12	1 500	1,08 ± 0,01 ^b	1,15 ± 0,15 ^b
3	0	1 000	2,74 ± 0 ^c	2,57 ± 0,00 ^b
	5	1 000	1,41 ± 0,08 ^b	1,10 ± 0,17 ^a
	10	1 000	1,23 ± 0,19 ^{ab}	0,89 ± 0,16 ^a
	16	1 000	1,03 ± 0,05 ^a	0,86 ± 0,11 ^a
4	0	1 500	2,74 ± 0,00 ^c	2,57 ± 0,00 ^c
	5	1 500	1,60 ± 0,17 ^b	2,04 ± 0,63 ^{bc}
	10	1 500	1,04 ± 0,12 ^a	1,35 ± 0,05 ^{ab}
	16	1 500	0,95 ± 0,13 ^a	0,96 ± 0,07 ^a

¹ Tratamientos con la misma letra son estadísticamente homogéneos en cada prueba

El conchado tiene tres etapas, en la etapa inicial llamada la fase seca se produce la evaporación de la mayor parte del agua por el calentamiento y aireación sufridas (Shumacher et al., 2009, p. 619). Este hecho es corroborado en la Tabla 3.4 en la que se muestra una diferencia significativa en las primeras horas de conchado de todos los experimentos.

De Oliverira y Hoelz (2009), encontraron que en el primer tercio de tiempo del conchado (fase seca) del chocolate con leche se redujo un 58% del total contenido de agua. En el presente trabajo se observó una reducción del 51% en el chocolate negro y un 53 % en el chocolate con leche

En la Figura 3.4 se muestra la humedad obtenida en los experimentos con chocolate negro y chocolate con leche respecto a las 12 h de conchado.

En la Figura 3.5 se presenta los resultados obtenidos en la investigación efectuada por Shumacher (2009) al comparar la humedad obtenida en dos conchadoras, se muestra una caída en la humedad durante la etapa pastosa del conchado (4 h – 8 h) con un ligero incremento al final del conchado al igual que lo encontrado en el mencionado estudio (p. 619).

Los porcentajes de humedad inicial de las muestras conchadas difieren en un 2 % aproximadamente entre el experimento efectuado por Schumacher 2009 y el presente experimento, pero la tendencia en disminuir la humedad de manera pronunciada en las primeras horas de conchado se mantiene.

En las figuras comparadas se aprecia que el valor inicial de humedad difiere, es mayor la humedad del experimento de este trabajo. La disminución de humedad presenta tendencias similares con un menor contenido en la etapa pastosa del conchado, a las 8 h de conchado y ligeros aumentos al final del proceso. El aumento de humedad es un hecho previsto debido al equilibrio que alcanza con la humedad ambiental.

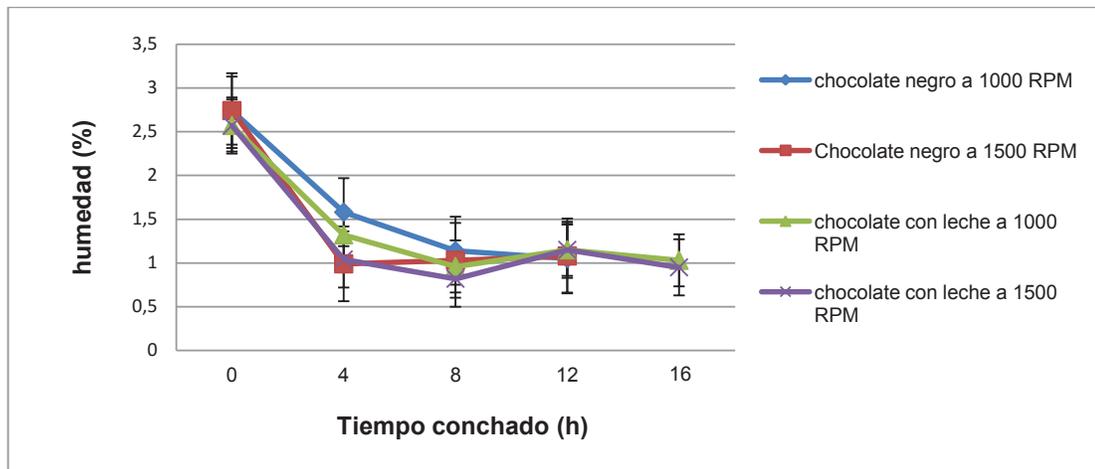


Figura 3.4. Humedad en el conchado de chocolate negro y chocolate con leche durante 12 h de conchado

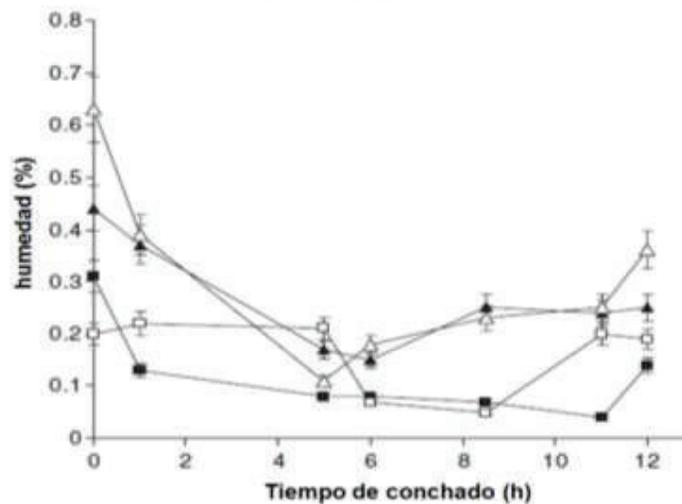


Figura 3.5. Humedad del chocolate en el proceso de conchado en dos conchadoras.
Triángulos (Conchadora industrial), cuadrados (conchadora de laboratorio)
(Shumacher et al., 2009, p. 620)

El menor valor de humedad se presenta en la etapa intermedia del conchado conocida como fase pastosa, debido al incremento de temperatura por el calor generado en la etapa inicial del conchado, posteriormente se presenta un ligero incremento en la humedad debido al equilibrio del chocolate conchado con la humedad ambiental (Shumacher et al., 2009, pp. 619 - 620).

La humedad final de los chocolates negros y con leche se redujeron hasta un valor aproximado de $1,03 \pm 0,06$ % y $1,03 \pm 0,14$ %, El chocolate negro y chocolate con leche procesados por 16 h a 1 500 rpm presentaron la menor humedad con valores de $0,95 \pm 0,13$ % y $0,96 \pm 0,06$ % respectivamente. Según Afoakwa (2010) la humedad del chocolate en general debe estar entre 0,5 % a 1,5 % (pp. 52 - 54) los valores encontrados están en un rango aceptable.

Por cada 0,3 % extra de humedad es necesario incrementar en un 1 % la cantidad de grasa, que es el ingrediente más costoso en la formulación (Beckett, 2000, p. 86).

El agua que se elimina es el agua libre lo que resta es agua ligada, agua de la cristalización de la lactosa, agua en el interior de células de cacao no molidas y agua ligada con emulgentes; este tipo de agua no afecta de mayor manera en la viscosidad del chocolate (Beckett, 2000, p. 87).

3.2.1.2. pH

El pH del chocolate negro se ubicó en un rango de $5,9 \pm 0,1$ y el pH del chocolate con leche en $6,3 \pm 0,1$. De Oliveira y Hoelz (2009) encontró que durante el conchado, el pH se mantuvo en valores cercanos a 6,0 (p. 17). Este hecho es corroborado por los valores encontrados en el experimento.

El pH presentó un valor más alto a las 12 h a 1 000 rpm tanto para el chocolate negro como para el chocolate con leche.

El análisis de varianza indica que el pH de los dos tipos de chocolate se vio afectado significativamente por la variable velocidad del motor de la conchadora como se muestra en la Tabla 3.5. Al final del proceso se encontró mayor pH en las muestras conchadas a 1 000 rpm en los chocolates negro y en los chocolates con leche.

Tabla 3.5. Análisis de varianza del parámetro pH en el proceso de conchado de chocolate negro y con leche por 12 y 16 h a 1 000 y 1 500 rpm

Tipo de Chocolate	Fuente	Suma de cuadrados	Gl	Cuadro medio	Razón-F	Valor-P
Chocolate negro	A: Tiempo	0,96605	1	0,96605	7,68	0,0503
	B: RPM	2,53125	1	2,53125	20,12	0,0109
	AB	0,54080	1	0,54080	4,30	0,1068
	Total error	0,50330	4	0,125825		
Chocolate con leche	A: Tiempo	2,59920	1	2,59920	6,21	0,0673
	B: RPM	4,32180	1	4,32180	10,33	0,0325
	AB	0,3362	1	0,33620	0,80	0,4208
	Total error	1,674200	4	0,41855		

En la Figura 3.5 se muestra un aumento del pH en el conchado, aumenta con mayor rapidez cuando se procesa a 1 500 rpm, probablemente el aumento de la velocidad provocó mayor reducción de ácidos volátiles provocando disminución en la acidez y generando un ligero aumento en el pH (Afoawka, 2010, p. 39).

Menor pH presenta el chocolate negro que el chocolate con leche probablemente por el mayor contenido de licor de cacao en la formulación del chocolate negro, la tendencia de un ligero aumento se mantiene a pesar del contenido inicial.

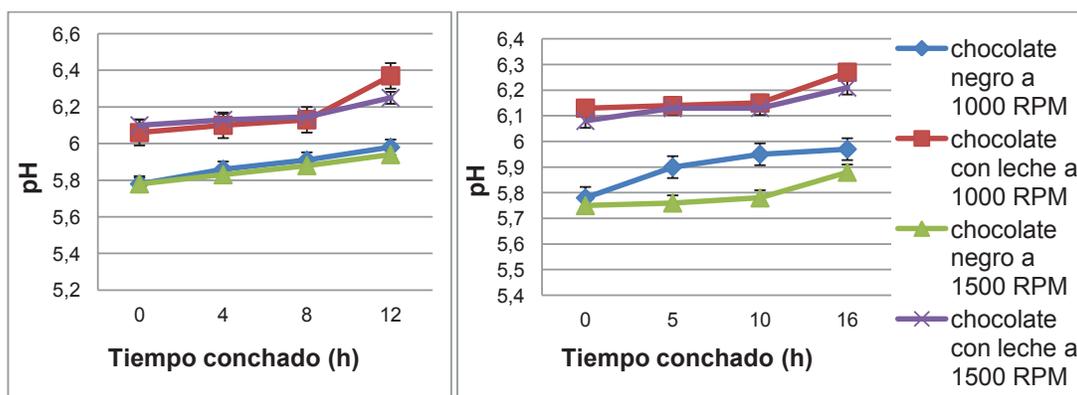


Figura 3.6. pH del chocolate negro y con leche durante el proceso de conchado por 12 h (izquierda) y 16 h (derecha)

El pH muestra una tendencia similar a la encontrada por Misnawi et al. (2006) en la que evaluó los cambios del pH durante el conchado del chocolate con licor de cacao alcalinizado, en el estudio se encuentra un incremento constante hasta las 16 h de conchado (p. 125) comportamiento similar al presentada en el pH del chocolate negro y con leche, como se presentan en la Figura 3.6.

En la Tabla 3.6 se aprecia que los cambios de pH son significativos si se analiza el inicio y el final del proceso, excepto la prueba realizada a 1 500 rpm y 16 h. Se encuentra mayor incremento de pH en el conchado desarrollado a 1 000 rpm.

Tabla 3.6. pH del chocolate negro y con leche durante el conchado con velocidades del motor de la conchadora de 1 000 y 1 500 rpm

Prueba N°	Tiempo de conchado (h)	Revoluciones de la conchadora (rpm)	pH chocolate negro % (g/100 g)	pH chocolate con leche % (g/100 g)
1	0	1 000	5,78 ± 0,0 ^a	6,13 ± 0,0 ^c
	4	1 000	5,86 ± 0,01 ^b	6,06 ± 0,01 ^a
	8	1 000	5,91 ± 0,01 ^c	6,1 ± 0,0 ^b
	12	1 000	5,98 ± 0,01 ^d	6,37 ± 0,01 ^d
2	0	1 500	5,78 ± 0,0 ^a	6,13 ± 0 ^{ab}
	4	1 500	5,83 ± 0,02 ^{ab}	6,1 ± 0,01 ^a
	8	1 500	5,88 ± 0,04 ^b	6,15 ± 0,05 ^{ab}
	12	1 500	5,94 ± 0,01 ^c	6,25 ± 0,07 ^b
3	0	1 000	5,78 ± 0,0 ^a	6,13 ± 0,0 ^a
	5	1 000	5,90 ± 0,04 ^b	6,14 ± 0,04 ^a
	10	1 000	5,95 ± 0,01 ^b	6,15 ± 0,04 ^a
	16	1 000	5,97 ± 0,04 ^b	6,27 ± 0,03 ^b
4	0	1 500	5,78 ± 0,0 ^a	6,13 ± 0,0 ^a
	5	1 500	5,75 ± 0,08 ^a	6,13 ± 0,02 ^a
	10	1 500	5,76 ± 0,09 ^a	6,08 ± 0,02 ^a
	16	1 500	5,87 ± 0,01 ^a	6,21 ± 0,02 ^b

¹ Tratamientos con la misma letra son estadísticamente homogéneos en cada prueba

3.2.1.3. Acidez

Se puede observar en las Figura 3.6 que los valores de acidez del chocolate con leche y del chocolate negro tienden a disminuir a lo largo del conchado. Durante la fermentación el cacao produce ácidos como el acético y en menor proporción el propanoico e isobutírico, que son retirados del chocolate en el conchado junto con el agua, con un efecto de destilación de vapor (Beckett, 2000, pp. 64 - 65).

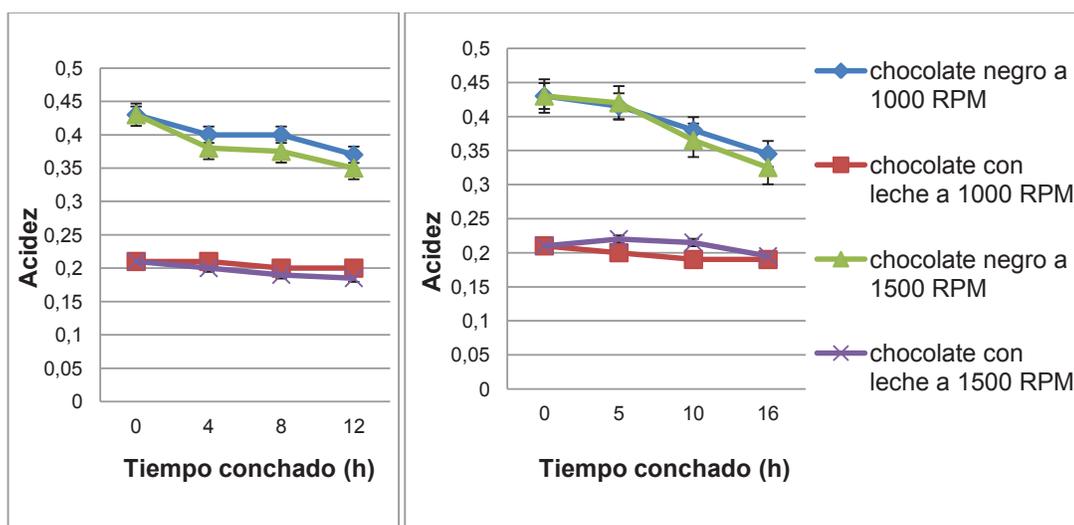


Figura 3.7. Acidez del chocolate negro y con leche durante el proceso de conchado por 12 h (izquierda) y 16 h (derecha)

Los chocolates negros y con leche presentan diferencias significativas entre las muestras iniciales y finales. El efecto de la velocidad del motor de la conchadora puede deberse a que una mayor fuerza de cizallamiento, provoca mayor agitación, temperatura, aireación consiguiendo una mayor reducción de la acidez.

Comparando los resultados al final del proceso, los chocolates negros y con leche conchados a diferente velocidad por el mismo periodo no presentan diferencia notables.

Los valores de menor acidez se alcanzaron en el chocolate negro con el tratamiento a 1 500 rpm por 16 h y en el chocolate con leche con el tratamiento a 1 000 rpm por 16 h.

El análisis de los grupos homogéneos realizado con los resultados de acidez se presentan en la Tabla 3.7. Analizando la mencionada tabla se encuentra que la acidez del chocolate con leche a las 4, 5, 8, 10, 12 h presenta una diferencia estadística significativa ($p < 0,05$) entre los experimentos realizados a 1 000 rpm y los realizados a 1 500 rpm, corroborando que las muestras tomadas a las 16 h que no presentan diferencia significativa, este resultado demuestra que en las primeras fases del conchado se disminuye con mayor intensidad la acidez. En el chocolate con leche, una vez alcanzado un tiempo de conchado mayor a 12 h, no incide en la acidez la velocidad de conchado.

Tabla 3.7. Acidez del chocolate negro y con leche durante el conchado con velocidades del motor de la conchadora de 1 000 y 1 500 rpm

Prueba N°	Tiempo de conchado (h)	Revoluciones de la conchadora (rpm)	acidez chocolate negro % (g/100 g)	acidez chocolate con leche % (g/100 g)
1	0	1 000	0,43 ± 0,00 ^a	0,21 ± 0,00 ^b
	4	1 000	0,41 ± 0,01 ^b	0,21 ± 0,00 ^b
	8	1 000	0,40 ± 0,01 ^c	0,2 ± 0,00 ^a
	12	1 000	0,37 ± 0,00 ^d	0,20 ± 0,00 ^a
2	0	1 500	0,43 ± 0,00 ^a	0,21 ± 0,00 ^c
	4	1 500	0,38 ± 0,00 ^{ab}	0,20 ± 0,00 ^b
	8	1 500	0,37 ± 0,01 ^b	0,19 ± 0,01 ^a
	12	1 500	0,35 ± 0,00 ^c	0,19 ± 0,00 ^a
3	0	1 000	0,43 ± 0,00 ^a	0,21 ± 0,00 ^c
	5	1 000	0,42 ± 0,02 ^b	0,20 ± 0,00 ^b
	10	1 000	0,38 ± 0,04 ^b	0,19 ± 0,0 ^a
	16	1 000	0,35 ± 0,01 ^b	0,19 ± 0,0 ^a
4	0	1 500	0,43 ± 0,00 ^a	0,21 ± 0,00 ^{ab}
	5	1 500	0,42 ± 0,01 ^a	0,22 ± 0,01 ^b
	10	1 500	0,37 ± 0,02 ^a	0,21 ± 0,01 ^{ab}
	16	1 500	0,33 ± 0,01 ^a	0,20 ± 0,01 ^a

¹ Tratamientos con la misma letra son estadísticamente homogéneos en cada prueba

En el chocolate negro no existe diferencia significativa comparando los periodos analizados a diferentes velocidades de conchado. Este hecho es corroborado por Schumacher (2009) en su estudio, al encontrar que la acidez en diferentes conchadoras al final del proceso no muestra diferencia significativa (p. 620).

La acidez del chocolate negro es mayor debido a que la formulación contiene más licor de cacao, ingrediente que aporta acidez al chocolate.

Este hecho se produce tanto al inicio del proceso (chocolate negro 0,43 g / 100 g, chocolate con leche 0,21 g / 100g), como al final de proceso (chocolate negro $0,35 \pm 0,02$ g / 100 g, chocolate con leche $0,20 \pm 0,01$ g / 100g). Este comportamiento se debe a que en el chocolate con leche, además del ácido acético, tiene también ácido láctico proveniente de la leche en polvo. Los ácidos acético, propanoico e isobutírico son ácidos de cadena corta (Ronzio, 2003, p. 580) y en el conchado se elimina ácidos de cadena corta.

3.2.1.4. Tamaño de partícula

El tamaño de partícula del chocolate negro al inicio del proceso fue de $114,8 \pm 1,2$ μm y el tamaño de partícula del chocolate con leche fue $106 \pm 1,8$ μm . Según Beckett (2009) después de la mezcla de los ingredientes se procede al refinado de los ingredientes. El refinado de los ingredientes se realiza con una refinadora de cinco rodillos en esta etapa se consigue disminuir el tamaño de partícula. Los rangos de tamaño de partícula de la mezcla de ingredientes están entre los 100 y los 150 μm (pp. 154 - 157).

En el experimento el proceso de refinado se realizó en la primera etapa del conchado, por efecto del rodillo de la conchadora, el tamaño de partícula se encuentra en un rango adecuado. En la Tabla 3.8 se muestran los valores medios y los grupos homogéneos de los resultados de medir el tamaño de partícula durante el proceso de conchado.

El análisis indica que en el chocolate negro hay un cambio estadísticamente significativo entre las muestras a cada tiempo analizado, es decir el tiempo de conchado afecta de manera constante y significativa en el tamaño de partícula.

Tabla 3.8. Tamaño de partícula del chocolate negro y con leche durante el conchado con velocidades del motor de la conchadora de 1 000 y 1 500 rpm

Prueba N°	Tiempo de conchado (h)	Revoluciones de la conchadora (rpm)	Tamaño de partícula chocolate negro % (g/100 g)	Tamaño de partícula chocolate con leche % (g/100 g)
1	0	1 000	114,8 ± 0,00 ^d	106 ± 0,00 ^d
	4	1 000	53,6 ± 0,00 ^c	57,7 ± 0,71 ^c
	8	1 000	33,6 ± 1,12 ^b	51,8 ± 0,00 ^b
	12	1 000	21,8 ± 0,57 ^a	33,7 ± 0,0 ^a
2	0	1 500	114,8 ± 0,00 ^d	106 ± 0,42 ^d
	4	1 500	51,8 ± 0,28 ^c	55,9 ± 0,00 ^c
	8	1 500	31,5 ± 0,42 ^b	47,8 ± 0,71 ^b
	12	1 500	20,4 ± 0,28 ^a	32,4 ± 0,57 ^a
3	0	1 000	114,8 ± 0,00 ^d	106 ± 0,00 ^d
	5	1 000	50,1 ± 0,14 ^c	55,3 ± 0,42 ^c
	10	1 000	30,8 ± 0,00 ^b	53,9 ± 5,80 ^b
	16	1 000	20,7 ± 0,42 ^a	31,6 ± 0,00 ^a
4	0	1 500	114,8 ± 0,00 ^d	106 ± 0,00 ^d
	5	1 500	42,5 ± 0,42 ^c	52,9 ± 0,42 ^c
	10	1 500	25,5 ± 1,27 ^b	45,7 ± 0,14 ^b
	16	1 500	17,6 ± 0,57 ^a	28,4 ± 0,28 ^a

¹ Tratamientos con la misma letra son estadísticamente homogéneos en cada prueba

En el chocolate negro se puede comparar las muestras conchadas por diferentes periodos a diferente velocidad donde se encuentra un mejor resultado a 1 500 rpm.

Al comparar el conchado durante 12 y 16 h a 1 500 rpm se obtiene mejores resultados a las 16 h de conchado.

El chocolate con leche no presenta un cambio significativo al comparar resultados obtenidos a diferentes velocidades en el mismo periodo, con excepción de los resultados obtenidos a las 16 h de conchado en el que si presentaron cambios entre los dos niveles de velocidad del conchado, probablemente debido a la dificultad de reducir el tamaño de las partículas de leche que contienen proteínas, carbohidratos y lípidos. La presencia de los sólidos no grasos formando aglomerados con los lípidos no permitieron disminuir de mejor manera el tamaño de la leche en polvo por lo que no se presenta una disminución significativa.

El análisis de varianza que se indica en la Tabla 3.9, en la que se aprecia que el tiempo y la velocidad de conchado presentan influencia estadísticamente significativa ($p < 0,05$) en el chocolate negro. La reducción del tamaño de partícula en el chocolate negro se ve afectado por los dos parámetros analizados, pero no existe un efecto sinérgico. En el chocolate con leche el análisis de varianza muestra que ninguno de los dos parámetros (velocidad y tiempo) influyó de manera significativa sobre el tamaño de partícula del chocolate con leche.

Tabla 3.9. Análisis de varianza del tamaño de partícula del chocolate negro y del chocolate con leche

Tipo	Fuente	Suma de cuadrados	Gl	Cuadro medio	Razón-F	Valor-P
Chocolate negro	A: Tiempo	5,7800	1	5,7800	33,85	0,0043
	B: RPM	7,6832	1	7,6832	45,00	0,0026
	AB	1,0952	1	1,0952	6,41	0,0645
	Total error	0,6830	4	0,1707		
Chocolate con leche	A: Tiempo	84,4350	1	84,4350	3,21	0,1477
	B: RPM	4,4551	1	4,4551	0,17	0,7018
	AB	14,8240	1	14,8240	0,56	0,4946
	Total error	105,2060	4	26,3016		

El tamaño de partícula es un parámetro fundamental en la calidad del chocolate debido a la sensación en boca o “mouth feel”. Cuando el tamaño de partícula es muy grueso, produce una sensación conocida como “gritty”, arenosa o áspera. Cuando se ha disminuido demasiado el tamaño de partícula, produce una sensación empalagosa conocida como “stickly” (Afoakwa, 2010, p. 78).

El tamaño de partícula en el chocolate además de reducir la sensación arenosa también mejora la forma de derretirse, el aroma, sabor, color y brillo. (Beckett, 2009, p. 165). El tamaño de partícula aceptable para chocolates negros va de 15 a 22 μm en Europa y de 20 a 30 μm en Estados Unidos (Afoakwa, 2010, p. 48).

El chocolate con leche presenta una distribución bimodal con partículas de tamaño de hasta 65 μm (Beckett, 2009, p. 42). El tamaño de partícula entre 15 y 50 μm es aceptable pero además que entre 30 a 35 μm ya se siente una sensación arenosa (Beckett, 2009, p. 165). Un tamaño de 20 μm se utiliza como parámetro estándar (Cohen, 2004, p. 24). En la Figura 3.7 se presenta el descenso y el tamaño alcanzado con cada las variables aplicadas.

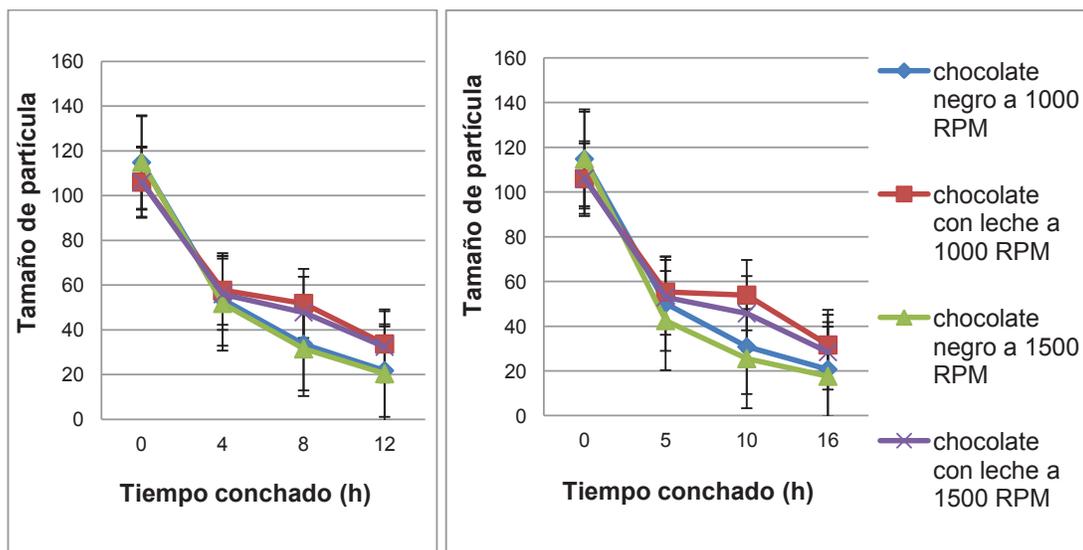


Figura 3.8. Tamaño de partícula del chocolate negro y con leche durante el proceso de conchado por 12 h (izquierda) y 16 h (derecha)

El chocolate negro presentó a las 10 h de conchado un valor de 30,8 μm y 25 μm a 1 000 rpm y 1 500 rpm respectivamente, estos valores hacen aceptable al chocolate para Estado Unidos. A las 12 h de conchado el chocolate negro presentó un tamaño de 21,8 y 20,4 μm a 1 000 rpm y 1 500 rpm respectivamente, alcanzando el rango aceptado en Europa. No tiene sentido disminuir el tamaño de partícula por debajo de 15 μm , debido a que debajo de este valor, no se puede distinguir la variación del tamaño, además produce una sensación a mantequilla el cual no agradable ni deseable (Afoakwa, 2010, p. 75).

Según Beckett (2009), el tamaño de partícula del chocolate negro es menor que el del chocolate con leche (p. 152). Este hecho es corroborado por los resultados obtenidos en el presente trabajo.

El chocolate con leche procesado por 12 h obtuvo un tamaño de partícula de 33,7 y 32,4 μm a 1 000 rpm y 1 500 rpm respectivamente, rango donde se prevé se presente una sensación arenosa al degustar. Esto se corroboró con los resultados del análisis sensorial discutido en el acápite 3.2.2.4. El chocolate con leche conchado por 16 h alcanzó el tamaño de 31,6 y 28,4 μm a 1 000 rpm y 1 500 rpm respectivamente que lo ubican en un rango aceptable.

El chocolate con leche no alcanzó valores de tamaño de partícula preferidos en Europa por lo que es necesario incrementar el tiempo de conchado. Reducir el tamaño de partícula de los ingredientes es otra opción para reducir el tamaño de partícula del producto final. Procesos como el refinado, se deben utilizar para lograr el tamaño partícula que requiere el mercado (Afoakwa, 2010, pp. 41 - 43).

3.2.1.5. Viscosidad

El chocolate se comporta como un líquido no newtoniano con un comportamiento pseudoplástico que necesita un esfuerzo inicial para fluir (Afoakwa, 2010, p. 54).

Fernandes et al. (2011) demostraron que la manteca de cacao se comporta como un fluido de Bingham (p. 66). La adición de ingredientes con partículas sólidas como el licor de cacao y el azúcar sobre la matriz de manteca de cacao hacen que el chocolate cambie a comportarse como un pseudoplástico. Este comportamiento se da por la resistencia que presentan las partículas en suspensión potenciada por el azúcar (Shear thickening) (Fernandes et al., 2011, p. 68).

Este hecho es corroborado al comparar los resultados obtenidos de los análisis de viscosidad obtenidos con el reómetro TA AR 2000 presentados en la Figura 3.8 y en el acápite 3.3.5.

La Internacional Office of Cocoa, Chocolate and Sugar Confectionery (IOCCC), recomienda la ecuación de Casson para describir la reología del chocolate. A partir del año 2000 la misma institución (IOCC), debido a la falta de precisión de la ecuación de Casson, recomendó que los valores de umbral de fluencia se midan a valores gradientes de deformación y a valores altos y estandarizados para la viscosidad aparente.

En la Figura 3.9 se puede apreciar que a mayor gradiente de deformación (shear rate) se reduce la viscosidad antes y después del conchado. Los modelos Herschel-Bulkley y Casson son utilizados para adaptarse al comportamiento de este tipo de fluido pseudoplástico.

El valor de viscosidad obtenido con un esfuerzo de cizallamiento (shear stress) a 5 s^{-1} es usado como el valor del umbral de fluencia el mismo que fue tomado para el presente trabajo.

Servais et al. (2004) demostraron que la medida realizada a un gradiente de deformación de 40 s^{-1} se puede utilizar como medida de la viscosidad aparente. (Afoakwa, 2010, pp. 54 - 55).

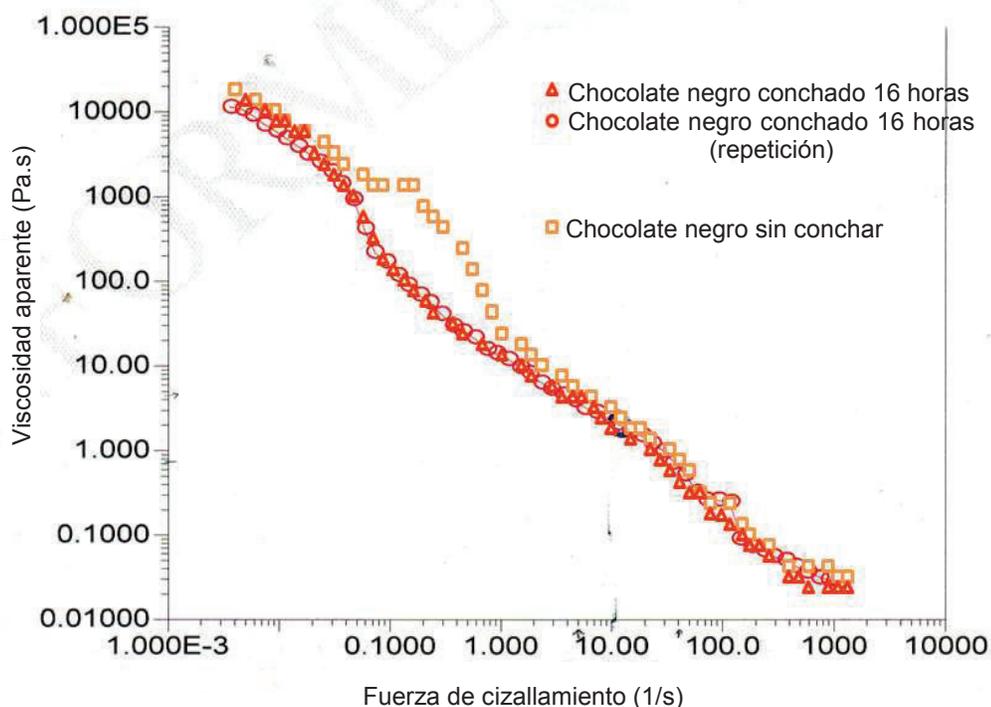


Figura 3.9. Viscosidad del chocolate negro conchado por a 1 000 rpm durante 10 h a diferentes esfuerzos de cizallamiento (reómetro TA AT 2000)

La Tabla 3.10 presenta los valores medios del umbral de fluencia obtenidos con un esfuerzo de cizallamiento de 5 s^{-1} en los tratamientos aplicados. Los valores del umbral de fluencia para el chocolate negro al final del conchado en promedio fueron de $4,94 \pm 0,47 \text{ Pa}$. Comparando con lo encontrado por Fernandes (2011) a la misma temperatura ($45 \text{ }^\circ\text{C}$) en chocolates negros con porcentajes de licor de cacao de entre 60 % y 100 %, los valores de umbral de fluencia variaron entre 2,39 a 10,95 Pa (p. 13), rango en el cual se presentaron los resultados obtenidos.

El análisis realizado en la Tabla 3.10 para el chocolate con leche indica que solo existe un grupo homogéneo. No se presentan diferencias estadísticamente significativas en ninguno de los tratamientos. El promedio del umbral de fluencia del chocolate con leche es $5,88 \pm 0,32 \text{ Pa}$. Comparando esto con los valores obtenidos por Servais en el 2004 para chocolate con leche en un reómetro VT550 a un gradiente de deformación de 5 s^{-1} , es decir analizando al mismo gradiente de deformación, se encontró un valor medio de $5,24 \pm 1,44 \text{ Pa}$ (p. 478), corroborando de esta manera el valor obtenido se encuentra en un rango similar.

Se han identificado que existe una diferencia estadísticamente significativa al comparar la muestra inicial del conchado con la obtenida en el tratamiento más intenso, es decir a 1 500 rpm y 16 h de tratamiento.

Tabla 3.10. Valores medios y grupos homogéneos del umbral de fluencia del chocolate negro y del chocolate con leche

Prueba N°	Tiempo de conchado (h)	Revoluciones del motor de la conchadora (rpm)	Umbral de fluencia chocolate negro % (g/100 g)	Umbral de fluencia chocolate con leche % (g/100 g)
1	0	1 000	6,5 ± 0,00 ^b	8 ± 0,00 ^a
	4	1 000	6 ± 0,00 ^{ab}	7 ± 1,13 ^a
	8	1 000	5,5 ± 0,71 ^{ab}	6,7 ± 0,28 ^a
	12	1 000	5,25 ± 0,35 ^{ab}	5,5 ± 2,12 ^a
2	0	1 500	6,5 ± 0,00 ^b	8 ± 0,00 ^a
	4	1 500	6 ± 1,41 ^{ab}	7 ± 1,41 ^a
	8	1 500	5 ± 1,41 ^{ab}	6,5 ± 2,12 ^a
	12	1 500	5,25 ± 0,35 ^{ab}	6 ± 4,24 ^a
3	0	1 000	6,5 ± 0,00 ^b	8 ± 0,00 ^a
	5	1 000	6 ± 1,41 ^{ab}	7 ± 2,12 ^a
	10	1 000	5,5 ± 2,12 ^{ab}	5,5 ± 1,41 ^a
	16	1 000	5 ± 0,00 ^{ab}	6,25 ± 0,35 ^a
4	0	1 500	6,5 ± 0,00 ^b	8 ± 0,00 ^a
	5	1 500	6 ± 1,41 ^{ab}	6,5 ± 0,71 ^a
	10	1 500	5 ± 0,00 ^{ab}	6,5 ± 0,00 ^a
	16	1 500	4,25 ± 2,47 ^a	5,75 ± 0,35 ^a

¹ Tratamientos con la misma letra son estadísticamente homogéneos en cada prueba

En la Tabla 3.11 se presenta los valores medios de la viscosidad aparente con un esfuerzo de cizallamiento de 40 s⁻¹. Se ha identificado que existe una diferencia significativa en la viscosidad del chocolate negro a partir de las 10 h de tratamiento, con las dos velocidades aplicadas. Según Vivar (2008) el incremento en la velocidad ayuda a reducir la viscosidad del producto final (p. 380 - 382).

La viscosidad aparente del chocolate negro al finalizar el conchado fue de $0,49 \pm 0,07$ Pa·s. Si se comparan con los obtenidos por Fernández (2011) para chocolate negro a una temperatura de $45\text{ }^{\circ}\text{C}$, que señala que la viscosidad varía entre $0,3178 - 0,74146$ Pa·s, se encontró resultados similares en este trabajo.

El chocolate con leche no presentó diferencia significativa en la viscosidad. Este hecho puede deber a los lípidos y proteínas de la leche que afectan a la viscosidad del chocolate con leche, además puede sumarse la falta de precisión del equipo, debido a la ausencia de la geometría (rotor/copa) recomendada para la medición en relación de radios mayor 0,65 (Beckett, 2009, p. 234).

Tabla 3.11. Valores medios y grupos homogéneos de la viscosidad aparente a 40 s^{-1} del chocolate negro y del chocolate con leche

	Tiempo de conchado (h)	Revoluciones de la conchadora (rpm)	Viscosidad aparente a 40 s^{-1} chocolate negro % (g/100 g)	Viscosidad aparente a 40 s^{-1} chocolate con leche % (g/100 g)
1	0	1 000	$0,85 \pm 0,00^c$	$0,8 \pm 0,00^a$
	4	1 000	$0,73 \pm 0,25^{bc}$	$0,75 \pm 0,25^a$
	8	1 000	$0,68 \pm 0,53^{abc}$	$0,6 \pm 0,53^a$
	12	1 000	$0,55 \pm 0,07^a$	$0,55 \pm 0,07^a$
2	0	1 500	$0,85 \pm 0,00^c$	$0,8 \pm 0,00^a$
	4	1 500	$0,68 \pm 0,11^{abc}$	$0,73 \pm 0,11^a$
	8	1 500	$0,63 \pm 0,18^{abc}$	$0,63 \pm 0,18^a$
	12	1 500	$0,55 \pm 0,07^a$	$0,5 \pm 0,07^a$
3	0	1 000	$0,85 \pm 0,00^c$	$0,8 \pm 0,00^a$
	5	1 000	$0,65 \pm 0,07^{abc}$	$0,73 \pm 0,07^a$
	10	1 000	$0,48 \pm 0,11^{ab}$	$0,58 \pm 0,11^a$
	16	1 000	$0,45 \pm 0,07^a$	$0,55 \pm 0,07^a$
4	0	1 500	$0,85 \pm 0,00^c$	$0,8 \pm 0,00^a$
	5	1 500	$0,5 \pm 0,00^{ab}$	$0,7 \pm 0,00^a$
	10	1 500	$0,45 \pm 0,07^{ab}$	$0,6 \pm 0,07^a$
	16	1 500	$0,4 \pm 0,00^a$	$0,5 \pm 0,00^a$

¹ Tratamientos con la misma letra son estadísticamente homogéneos en cada prueba

Además, los resultados reológicos pueden ser afectados por la complejidad estructural del producto, condiciones tecnológicas, tamaño, forma y naturaleza de las partículas, formulación, materias primas y aditivos utilizados (Fernandes, 2011. p. 12).

La viscosidad aparente promedio del chocolate con leche al finalizar el conchado fue de $0,53 \pm 0,03$ Pa·s. En un estudio realizado por De Hombre y Valdés (1996), mostraron que la viscosidad del chocolate con leche estaba en un rango entre $0,91$ Pa·s y a $5,1$ Pa·s, hecho que indica que el chocolate obtenido tiene una menor viscosidad (p.120).

El mejor tratamiento fue a $1\ 500$ rpm y 16 h, el chocolate negro y con leche presentaron un umbral de fluencia de $4,25 \pm 1,06$ y $5,75 \pm 0,35$ Pa y una viscosidad aparente de $0,40 \pm 0,02$ y $0,5 \pm 0,14$ Pa·s respectivamente.

3.2.2. ANÁLISIS SENSORIAL

Se realizó un análisis sensorial para evaluar las cualidades de los chocolates negros y con leche al finalizar el conchado, con los resultados se realizó un análisis de varianza para los parámetros: olor, sabor, acidez, arenosidad y fundido.

En las Tablas 3.12, 3.13, 3.14, 3.15, 3.16, 3.17, 3.18, 3.19, 3.20, 3.21 se muestra un análisis de varianza de doble vía. Los resultados muestran que los panelistas no tuvieron efecto estadísticamente significativo ($p > 0,05$) en los resultados, pero los tratamientos de conchado si tuvieron un efecto significativo hecho adecuado para un panel entrenado ($p < 0,05$).

Estos resultados se obtuvieron en todos los parámetros analizados en los dos tipos de chocolates, a excepción del análisis sensorial realizado para detectar la percepción de acidez del chocolate con leche, en el cual no se presentó diferencia significativa para los tratamientos.

3.2.2.1. Olor

En la Tabla 3.12 y 3.13 se presentan los resultados obtenidos de la prueba sensorial de olor a cacao. Para los dos tipos de chocolates se presentan tres grupos homogéneos. El análisis estadístico indica que los panelistas no tuvieron efecto pero los tratamientos si presentaron cambios en la percepción de olor como se presenta en las Tablas 3.12 y 3.13. En el chocolate negro existe diferencia entre los tratamientos aplicados, lo que indica que a mayor velocidad y tiempo de conchado disminuye el olor a chocolate. En el chocolate con leche existe una diferencia significativa entre los chocolates sometidos a diferentes velocidades de conchado, el parámetro tiempo no tuvo influencia significativa.

Tabla 3.12. Análisis de varianza con prueba de rango múltiple para prueba sensorial de olor a chocolate en chocolates negro

Fuente	Suma de cuadrados	Df	Cuadro medio	Razón-F	Valor-P
Panelistas	8,1818	1	8,1818	3,79	0,0541
Tratamientos	63,2273	3	21,0758	9,75	0,0000
Residual	248,5460	115	2,1612		
Total (Corregido)	319,9550	119			
Tratamiento	Casos		Media		
1 500 rpm y 16 h	30		9,09 ± 1,06 ^a		
1 000 rpm y 16 h	30		10,24 ± 0,72 ^{bc}		
1 500 rpm y 12 h	30		10,48 ± 0,93 ^b		
1 000 rpm y 12 h	30		11,09 ± 1,27 ^c		

[†] Tratamientos con la misma letra son estadísticamente homogéneos en cada prueba

El incremento en el tiempo de conchado y velocidad de conchado reduce la percepción en el olor a cacao de las muestras de chocolate negro evaluadas. El tiempo de conchado dependerá de intensidad del aroma del cacao y viceversa (Beckett, 2009, p. 192). Según Fisher et al. (2010) en un estudio realizado para medir el efecto del conchado se encontró que hay una disminución en el olor a medida que se incrementa el conchado (p. 311).

Esto se debe a que durante el conchado se produce la volatilización de compuestos indeseables además de aromas propios del cacao. (Beckett, 2009, p.80). Un exceso de conchado produce un chocolate sin el característico olor a cacao del chocolate debido a una excesivo conchado que elimina estos olores característicos (Beckett, 2000, p. 64).

Tabla 3.13. Análisis de varianza con prueba de rango múltiple para prueba sensorial de olor a chocolate en chocolates con leche

Fuente	Suma de cuadrados	Df	Cuadro medio	Razón-F	Valor-P
Panelistas	0,75557	1	0,755578	0,43	0,5112
Tratamientos	25,9923	3	8,66408	4,98	0,0028
Residual	200,092	115	1,73993		
Total (Corregido)	226,84	119			
Tipo de muestra	Casos		Media		
1 500 rpm y 16 h	30		8,30 ± 0,53 ^{ab}		
1 000 rpm y 16 h	30		7,85 ± 0,94 ^a		
1 500 rpm y 12 h	30		8,85 ± 0,62 ^c		
1 000 rpm y 12 h	30		8,90 ± 0,51 ^{bc}		

¹ Tratamientos con la misma letra son estadísticamente homogéneos en cada prueba

3.2.2.2. Sabor

En las Tablas 3.14 y 3.15 se presentan los resultados obtenidos de la prueba sensorial de sabor a cacao. Se presentan dos grupos homogéneos en los chocolates negros y tres grupos en los chocolates con leche.

En el chocolate negro los tratamientos efectuados por 12 h y 16 h presentaron diferencia estadísticamente significativa entre sí. Tuvieron mayor sabor a cacao los chocolates negros conchados por 12 h. No existe diferencia significativa entre los tratamientos de igual duración a diferente velocidad de conchado. El chocolate con leche procesado por 12 h y 16 h presentaron diferencia estadísticamente significativa a la misma velocidad de conchado.

El efecto del tiempo de conchado se corroboró al comparar con el estudio de Prawira y Barringer (2009), donde se encontró que el tiempo de conchado si contribuye al desarrollo del sabor del chocolate (p. 579). La fuerza de cizallamiento no afecta en el parámetro sabor pero si en la textura y reológica (Bolenz y Thiessenhusen, 2003, p. 67) hecho comprobado en el presente trabajo.

Tabla 3.14. Análisis de varianza con prueba de rango múltiple para prueba sensorial de sabor a chocolate en chocolates negros

Fuente	Suma de cuadrados	Df	Cuadro medio	Razón-F	Valor-P
Panelistas	3,2302	1	3,2302	1,79	0,1839
Tratamientos	23,6062	3	7,86875	4,35	0,0061
Residual	207,887	115	1,80771		
Total (Corregido)	234,723	119			
Tipo de muestra	Casos		Media		
1 500 rpm y 16 h	30		9,86 ± 0,72 ^a		
1 000 rpm y 16 h	30		10,18 ± 0,70 ^a		
1 500 rpm y 12 h	30		10,66 ± 1,00 ^b		
1 000 rpm y 12 h	30		11,02 ± 0,84 ^b		

[†] Tratamientos con la misma letra son estadísticamente homogéneos en cada prueba

Tabla 3.15. Análisis de varianza con prueba de rango múltiple para prueba sensorial de sabor a chocolate en chocolates con leche

Fuente	Suma de cuadrados	Df	Cuadro medio	Razón-F	Valor-P
Panelistas	2,18879	1	2,18879	0,96	0,3298
Tratamientos	32,4776	3	10,8259	4,74	0,0037
Residual	262,86	115	2,28574		
Total (Corregido)	297,526	119			
Tipo de muestra	Casos		Media		
1 500 rpm y 16 h	30		7,88 ± 0,84 ^a		
1 000 rpm y 16 h	30		8,77 ± 0,84 ^b		
1 500 rpm y 12 h	30		8,86 ± 0,84 ^{bc}		
1 000 rpm y 12 h	30		9,32 ± 0,84 ^c		

[†] Tratamientos con la misma letra son estadísticamente homogéneos en cada prueba

3.2.2.3. Acidez

En las Tablas 3.16 y 3.17 se presentan los resultados obtenidos de la prueba sensorial de percepción de acidez en los chocolates negros y con leche

En la Tabla 3.16 se muestra que existe un descenso significativo en la percepción en la acidez del chocolate negro, con el incremento del tiempo de conchado y con el aumento en la velocidad de conchado.

La disminución de la acidez en el chocolate puede deberse seguramente al efecto del proceso de conchado. Los ácidos en especial el ácido acético desarrollado en la fermentación disminuyen en el proceso de conchado haciendo más suave y menos amargo al chocolate (Hoskin, 1994, p. 1070).

Tabla 3.16. Análisis de varianza con prueba de rango múltiple para prueba sensorial de acidez en chocolates negros

Fuente	Suma de cuadrados	Df	Cuadro medio	Razón-F	Valor-P
Panelistas	0,0827298	1	0,082729	0,16	0,6890
Tratamientos	191,872	3	63,9572	124,42	0,0000
Residual	59,1156	115	0,514049		
Total (Corregido)	251,97	119			
Tipo de muestra					
		Casos		Media	
	1 500 rpm y 16 h	30		5,37 ± 1,55 ^a	
	1 000 rpm y 16 h	30		6,36 ± 1,83 ^b	
	1 500 rpm y 12 h	30		7,69 ± 2,22 ^c	
	1 000 rpm y 12 h	30		8,69 ± 2,20 ^d	

¹ Tratamientos con la misma letra son estadísticamente homogéneos en cada prueba

En el chocolate con leche se observó una nula influencia de los tratamientos y de los panelistas. En la Tabla 3.17 existe un solo grupo homogéneo, lo que nos indica que la percepción de acidez en chocolates con leche conchados a diferentes condiciones no es estadísticamente significativa ($p < 0,05$). Probablemente el sabor proporcionado por la leche en polvo no permite apreciar cambios en la acidez de las muestras de chocolate con leche degustados. La leche en polvo y el azúcar influye en la percepción del sabor con mayor efecto que el conchado (Prawira y Barringer, 2009, p. 586; Bolenz y Thiessenhusen, 2003, p. 67) por lo que en el chocolate negro si se aprecia la diferencia entre los tratamientos

Tabla 3.17. Análisis de varianza con prueba de rango múltiple para prueba sensorial de acidez en chocolates con leche

Fuente	Suma de cuadrados	Df	Cuadro medio	Razón-F	Valor-P
Panelistas	1,6568	1	1,65682	1,48	0,2256
Tratamientos	0,8730	3	0,291	0,26	0,8536
Residual	128,362	115	1,11619		
Total (Corregido)	130,892	119			
Tipo de muestra	Casos		Media		
1 500 rpm y 16 h	30		3,15 ± 0,67 ^a		
1 000 rpm y 16 h	30		3,15 ± 0,59 ^a		
1 500 rpm y 12 h	30		3,35 ± 0,66 ^a		
1 000 rpm y 12 h	30		3,19 ± 0,69 ^a		

¹ Tratamientos con la misma letra son estadísticamente homogéneos en cada prueba

3.2.2.4. Arenosidad

En la Tabla 3.18 y 3.19 se presentan los resultados obtenidos de la prueba sensorial para detectar arenosidad en los chocolates negros y con leche.

Se observó que la percepción de arenosidad guarda relación con el tamaño de partícula. La disminución en el tamaño de partícula presenta una tendencia similar a la medida de manera instrumental con el micrómetro en la que se observa un descenso con el avance del conchado y con el incremento de la velocidad de conchado como lo indica la Figura 3.7.

Existe un descenso en la percepción del tamaño de partícula del chocolate negro con el aumento de tiempo de conchado y con el aumento en la velocidad del conchado. En el chocolate negro se puede apreciar que el incremento en el tiempo y la velocidad de conchado producen una disminución estadísticamente significativa de la percepción en el tamaño de partícula. Este hecho se presenta debido a la disminución en el tamaño de partícula generado por las fuerzas de cizallamiento y la capacidad de la lengua de percibir partículas superiores a 30 μm , como arenosas y de sensación desagradable, cambios de 2 a 3 μm por debajo de este rango generan cambios en la suavidad del chocolate (Beckett, 2000, p. 75). Por lo que se justifica los cambios encontrados por los panelistas en el análisis del parámetro arenosidad del chocolate negro.

En el chocolate con leche no se observan diferencia estadísticamente significativa al incrementar la velocidad, pero si hay influencia del tiempo de conchado. Probablemente debido a la presencia de aglomerados que contienen partículas de proteínas, carbohidratos que no se rompen en el conchado debido a su encapsulamiento y lubricación de la leche en polvo (Beckett, 2000, p. 86).

Tabla 3.18. Análisis de varianza con prueba de rango múltiple para prueba sensorial de arenosidad en chocolates negros

Fuente	Suma de cuadrados	Df	Cuadro medio	Razón-F	Valor-P
Panelistas	0,05988	1	0,05988	0,15	0,7027
Tratamientos	593,423	3	197,8080	483,41	0,0000
Residual	47,0568	115	0,40918		
Total (Corregido)	640,54	119			

Tabla 3.18 Análisis de varianza con prueba de rango múltiple para prueba sensorial de arenosidad en chocolates negros (continuación...)

Tipo de muestra	Casos	Media
1 500 rpm y 16 h	30	4,19 ± 1,47 ^a
1 000 rpm y 16 h	30	6,81 ± 1,01 ^b
1 500 rpm y 12 h	30	8,31 ± 0,87 ^c
1 000 rpm y 12 h	30	10,28 ± 0,71 ^d

[†] Tratamientos con la misma letra son estadísticamente homogéneos en cada prueba

Tabla 3.19. Análisis de varianza con prueba de rango múltiple para prueba sensorial de arenosidad en chocolates con leche

Fuente	Suma de cuadrados	Df	Cuadro medio	Razón-F	Valor-P
Panelistas	0,373334	1	0,373334	0,16	0,6889
Tratamientos	348,05	3	116,017	50,06	0,0000
Residual	266,499	115	2,31738		
Total (Corregido)	614,922	119			
Tipo de muestra	Casos	Media			
1 500 rpm y 16 h	30	4,46± 0,98 ^a			
1 000 rpm y 16 h	30	5,15± 1,01 ^a			
1 500 rpm y 12 h	30	7,93± 1,17 ^b			
1 000 rpm y 12 h	30	8,38± 0,81 ^b			

[†] Tratamientos con la misma letra son estadísticamente homogéneos en cada prueba

3.2.2.5. Fundido

En las Tablas 3.20 y 3.21 se presentan los resultados obtenidos de la prueba sensorial para evaluar el tiempo de fundido en boca en los chocolates negros y con leche.

En el chocolate negro los tratamientos efectuados por 12 h a 1 000 rpm y 1 500 rpm no presentan diferencia significativa, los tratamientos de 16 h muestran una diferencia significativa entre las dos velocidades de conchado.

El tiempo de conchado influye en la textura del chocolate, una correcta distribución de las partículas en la matriz lipídica generan un chocolate con mejor sensación de fundido. El tiempo de conchado y la fuerza de cizallamiento producen una mejor distribución por lo que se aprecia una mejora en el chocolate conchado por 16 h a 1 500 rpm.

En el chocolate con leche se muestra que existe una diferencia en los tratamientos de 12 h a diferentes velocidades. La intensidad de mezcla (fuerza de cizallamiento) reduce la viscosidad y probablemente este factor haya afectado en la percepción de fundido en la muestra a 1 500 rpm respecto a la de menor intensidad, una vez superado el valor y por la presencia de los componentes de la leche en polvo no se aprecia diferencia en las muestras fundidas por 16 h.

En el acápite 3.2.1.4 se encontró que el chocolate negro esta en un tamaño de partícula recomendado, mientras que el chocolate con leche no alcanzó un tamaño de partícula deseado. Por debajo de 30 μm no se percibe partículas gruesas lo que influyen en la percepción del chocolate (Afoakwa, 2010, p. 75).

Tabla 3.20. Análisis de varianza con prueba de rango múltiple para prueba sensorial de fundido en chocolates negro

Fuente	Suma de cuadrados	Df	Cuadro medio	Razón-F	Valor-P
Panelistas	0,469093	1	0,469093	0,19	0,6656
Tratamientos	451,805	3	150,602	60,26	0,0000
Residual	287,396	115	2,49909		
Total (Corregido)	739,67	119			
Tipo de muestra	Casos		Media		
1 500 rpm y 16 h	30		4,78 \pm 1,08 ^a		
1 000 rpm y 16 h	30		6,48 \pm 0,98 ^b		
1 500 rpm y 12 h	30		9,32 \pm 1,13 ^c		
1 000 rpm y 12 h	30		9,32 \pm 0,69 ^c		

¹ Tratamientos con la misma letra son estadísticamente homogéneos en cada prueba

Tabla 3.21. Análisis de varianza con prueba de rango múltiple para prueba sensorial de fundido en chocolates con leche

Fuente	Suma de cuadrados	Df	Cuadro medio	Razón-F	Valor-P
Panelistas	0,157828	1	0,157828	0,07	0,7986
Tratamientos	52,8177	3	17,6059	7,29	0,0002
Residual	277,544	115	2,41343		
Total (Corregido)	330,52	119			
Tipo de muestra	Casos	Media			
1 500 rpm y 16 h	30	7,49 ± 0,6 ^{ab}			
1 000 rpm y 16 h	30	6,95 ± 0,74 ^a			
1 500 rpm y 12 h	30	7,51 ± 0,94 ^b			
1 000 rpm y 12 h	30	8,77 ± 1,19 ^c			

[†] Tratamientos con la misma letra son estadísticamente homogéneos en cada prueba

El análisis sensorial corrobora los resultados físicos, químicos y reológicos realizados en el chocolate negro, ya que se encontró una disminución en la intensidad por el efecto del tiempo y la velocidad de conchado. En el chocolate con leche se notó un enmascaramiento de los olores y sabores por la presencia de la leche en polvo (Prawira y Barringer, 2009, p. 587). La acidez es un parámetro que depende de la calidad del licor de cacao utilizado, un correcto procesamiento garantiza la disminución del contenido de ácidos volátiles hecho que se corroboró en el chocolate negro, el chocolate con leche no permitió denotar una disminución sensorial de la acidez debido al contenido de leche en polvo.

La percepción de arenosidad y el fundido tienen relación con la reología y con el sentido del gusto (Bolenz y Thienns, 2003, p. 67), en el chocolate negro se encontró la disminución en la percepción de arenosidad y tiempo de fundido, atributo ligado al descenso del tamaño de partícula y homogeneidad de la mezcla, probablemente la leche en polvo generó un aumento en la percepción de arenosidad y tiempo de fundido por la presencia de sólidos de la leche.

3.3. ESTUDIO TÉCNICO Y DISEÑO DE UNA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE CHOCOLATES A PARTIR DE LICOR DE CACAO

3.3.1. DEFINICIÓN DEL PRODUCTO

Los productos a ser elaborados serían barras de chocolates negro y con leche elaborado cumpliendo los parámetros establecidos en la norma NTE INEN 621:2010 y siguiendo la formulación presentada en la Tabla 2.1.

Los chocolates elaborados con cacao fino de aroma son apreciados en mercados internacionales, no solo por su sabor, sino por los beneficios en la salud.

La tendencia actual es consumir chocolates hechos en los mismos países productores, y con compromiso de ayuda ética y social (Procacao, 2013, p. 21). Por esta razón se consideró elaborar barras de chocolate de 50 g, con el cacao fino de aroma procedente de la asociación de mujeres “El Porvenir”, de la parroquia Pacayacu, cantón Lago Agrio de la provincia de Sucumbíos.

3.3.2. CAPACIDAD Y LOCALIZACIÓN DE LA PLANTA

La asociación de mujeres “El Porvenir” proveerá el licor de cacao, su planta de producción está también ubicada en la parroquia Pacayacu del cantón Lago Agrio. La asociación produce aproximadamente 36 t anuales, se asumirá que se procesará el 80 % de la producción de la asociación. La planta procesará 60 % de chocolate negro y el 40 % de chocolate con leche.

El licor de cacao es el ingrediente más importante, por lo que la planta de producción se ubicará en la parroquia urbana de Nueva Loja cabecera cantonal cantón Lago Agrio, la misma que cuenta con una dotación de servicios industriales como agua, tendido eléctrico, servicios de comunicación, redes de desagüe y alcantarillado, transporte público, recolección de basura. Existe también una alta oferta de mano de obra, por lo que será una fuente de empleo para los pobladores.

3.3.3. MATERIA PRIMA E INSUMOS

El chocolate será elaborado con azúcar blanco de caña de la fábrica la Troncal, la manteca de cacao se comprará en la procesadora productos Ecuador S.A., lecitina de soya será adquirida en la casa del Químico, sal de la fábrica Cris-Sal y la leche en polvo se comprará en la fábrica el Ordeño. El chocolate negro y chocolate con leche contendrán los ingredientes en los porcentajes indicados en la Tabla 2.1. Además se usará insumos como empaques de aluminio para 50 g de chocolate y cajas de cartón para su distribución

3.3.4. ALCANCE DEL PROYECTO

El proyecto tiene como fin diseñar la planta de producción de chocolates negros y chocolates con leche para generar valor agregado al cacao fino de aroma producido en la provincia de Sucumbíos. El proyecto ayudará a minimizar la brecha entre productores y consumidores, para mejorar la remuneración y garantizar el despacho de la una parte de la producción de licor de cacao producida con el cacao de la provincia.

La planta procesará 400 kg de chocolate al día, 3 días a la semana producirá chocolate negro y 2 días a la semana chocolate con leche, debido a que se usa las mismas instalaciones y equipos.

La planta de producción contará con tres zonas: mezcla sólida de ingredientes, chocolate líquido y chocolates en barra.

3.3.5. PROCESO TECNOLÓGICO

Para la elaboración de chocolates negros y chocolates con leche se siguió el proceso en las Figuras 3.9 y 3.10. En las figuras indicadas se muestran los balances de masa

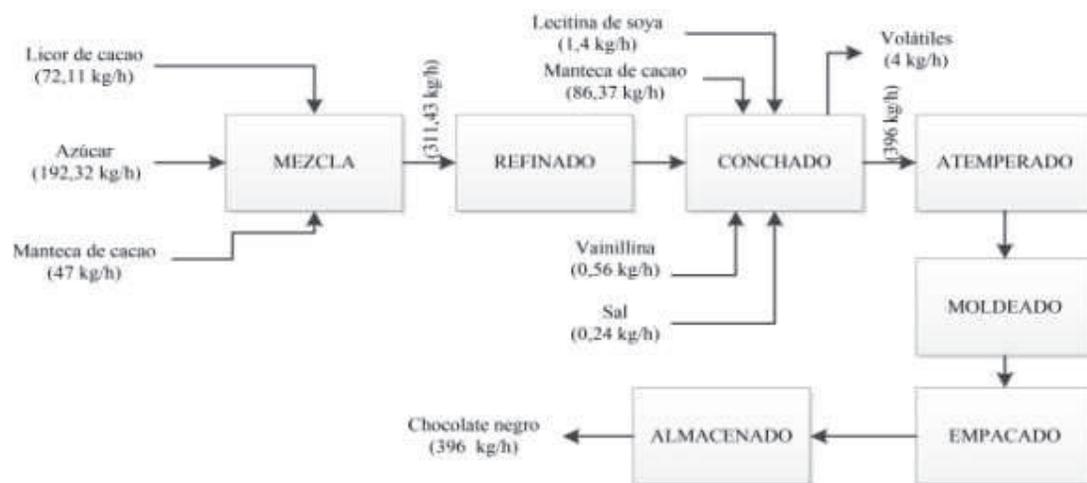


Figura 3.10. Diagrama de bloques con balance de masa del proceso de producción de chocolates negros.

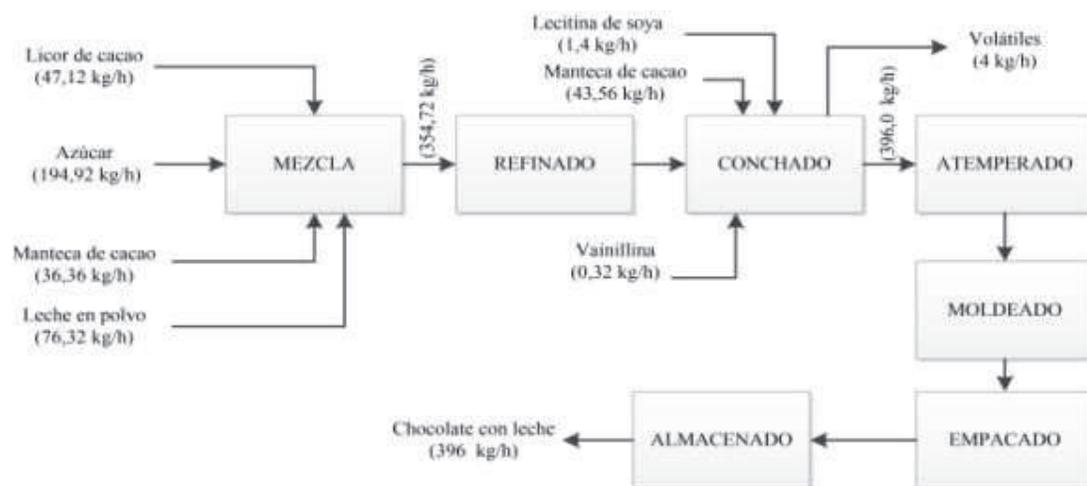


Figura 3.11. Diagrama de bloques con balance de masa del proceso de producción de chocolates con leche

La producción de chocolates se realizará por lotes, la materia prima debe cumplir con los parámetros indicados en las normas INEN, el licor de cacao, azúcar y una parte de la manteca de cacao, se agregan en la mezcladora, produciendo una masa homogénea de consistencia pastosa que se envía a un refinador de rodillos el mismo que reduce el tamaño de partícula. El refinado a diferencia del experimental desarrollado se realizará por separado como un proceso adicional debido al volumen procesado.

El licor obtenido del refinador se envía a una conchadora, que aplica fuerzas de cizallamiento que lo transforman en un líquido de agradable sabor y textura, el chocolate líquido se atempera y moldea con el fin de producir chocolates. Los chocolates se empaacan y almacenan para su posterior venta.

La humedad inicial de la mezcla de ingredientes es aproximadamente de 1,6 % y se recomienda alcanzar rangos de 0,6 % para mejorar la viscosidad (Beckett, 2009, p. 199) tomando en cuenta esto se ha realizado el balance de masa indicado en las Figuras 3.9 y 3.10.

3.3.6. DESCRIPCIÓN DETALLADA DEL PROCESO

En el diagrama PFD que se muestra en las Figuras 3.11 y 3.12 se representa el proceso de elaboración de chocolate negro y chocolate con leche respectivamente, los mismos que inicia con la recepción de las materias primas en la bodega de almacenamiento, las materias primas deben cumplir con los requisitos legales establecidos por las normas ecuatorianas.

Los ingredientes pesados son colocados en la mezcladora MZ – 101, así: el licor de cacao, azúcar, leche en polvo en el caso del chocolate con leche y un 45,8 % del total de la manteca de cacao (Schumacher, 2009, p. 618) los mismos que serán homogenizados produciendo una masa pastosa que será descargada y enviada a través de un transportador de tornillo sin fin TS – 102 hacia la refinadora de rodillos RF – 103.

En la refinadora se reduce el tamaño de partícula de la mezcla obteniendo un líquido de composición homogénea y tamaño de partícula menor a 30 μm . El líquido obtenido de la refinación será enviado por la banda transportadora BT - 104 hasta la conchadora CN - 201, la conchadora mantendrá la mezcla en constante agitación en un rango de temperatura entre 60 ± 10 °C (Afoakwa, 2010, pp. 65 - 66; Beckett, 2009, p. 437).

El tiempo de conchado se determinará hasta alcanzar el tamaño de partícula adecuado, el tamaño de partícula es el parámetro de mayor influencia y correlación con los otros parámetros de calidad del chocolate según lo encontrado en el experimento desarrollado en el presente estudio.

El tiempo de conchado en las máquinas industriales tanto para chocolate negro y chocolate con leche actualmente varían entre 5 a 12 h (Bolenz, 2003, p. 616). El conchado se realizará por 12 h desde las 16:00 hasta las 08:00 del día siguiente. En el conchado se agregará el 54,5 % restante de la manteca junto con la lecitina. El chocolate conchado será un líquido viscoso, se enviará por medio de una bomba lobular (Viejo, 2004, p. 159 - 164) con nomenclatura BL - 202 hacia el atemperador AT - 203 en el cual se cristalizará el chocolate siguiendo los cambios de temperatura descritos en el acápite 1.1.6.4.

El chocolate atemperado será bombeado por una bomba BL - 204 hacia una máquina dosificadora DS - 205, en la que se inyectará en los moldes de policarbonato la cantidad requerida por cada molde y se someterá a vibración con el fin de eliminar la posible presencia de burbujas de aire. Los moldes se enviarán a través de una banda transportadora BT - 206 hacia el túnel de enfriamiento TE - 301 en el cual se solidificará la barra de chocolate.

Los moldes enfriados se enviarán por medio de una banda transportadora BT - 302 hacia la máquina empacadora donde desmoldarán manualmente y se empacará y codificará en la máquina EM - 303, los paquetes empacados e identificados se almacenarán en cajas en la bodega de expendio para su posterior entrega.

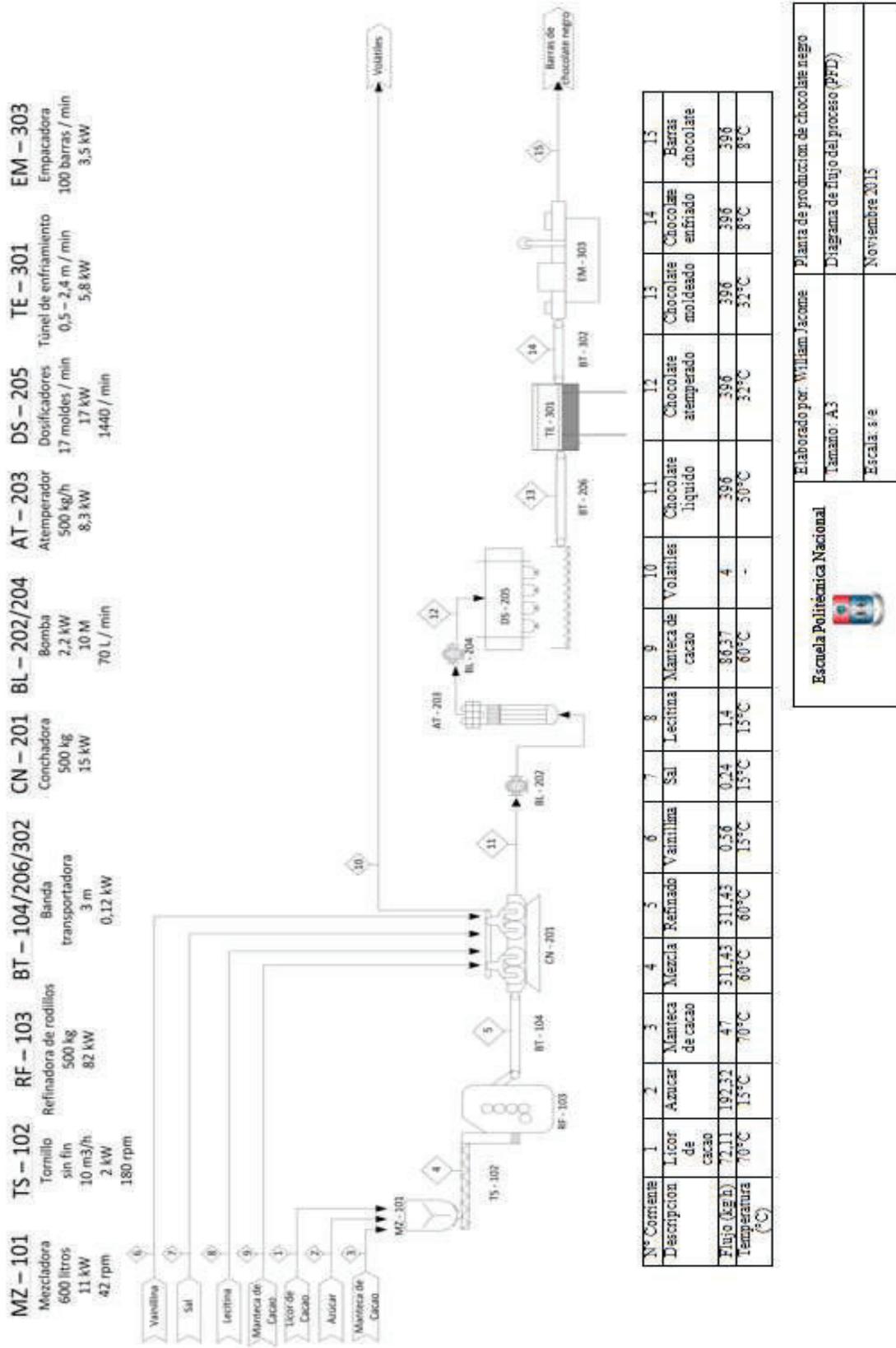


Figura 3.12. Diagrama PDF del proceso de elaboración de chocolate negro

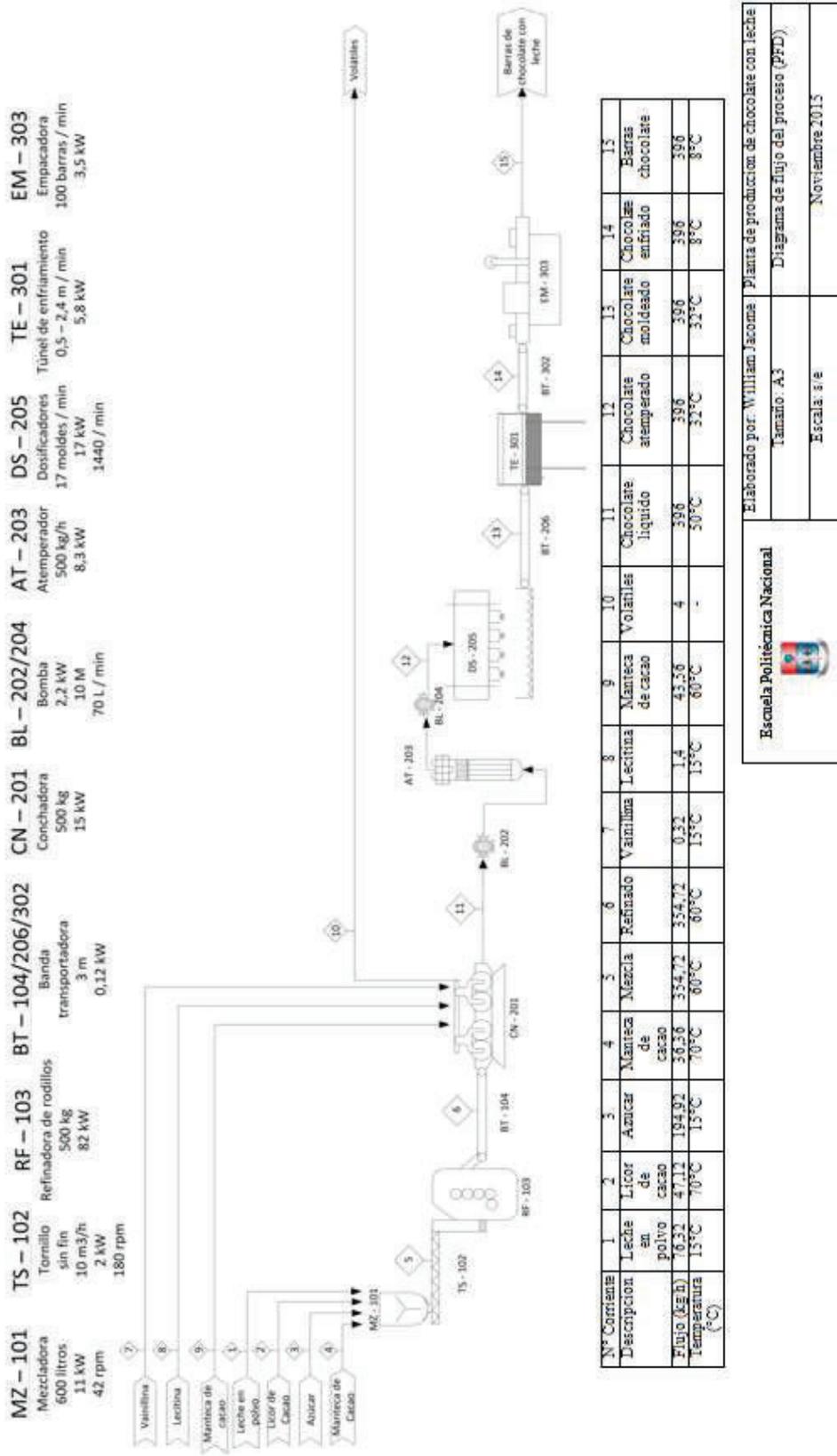


Figura 3.13. Diagrama PDF del proceso de elaboración de chocolate con leche

3.3.7. DISEÑO BÁSICO DE LA PLANTA

La planta de producción se diseñó con una disposición “U” (lo que permitirá la posibilidad de ampliar la planta), un desembarcadero para materias primas y un desembarcadero de producto terminado en una misma fachada. Es una disposición compacta de distancias de desplazamiento corto que tiene bajos costos de inversión y funcionamiento (Casp, 2005, p. 197).

En la Figura 3.13 se muestra la distribución en planta de los equipos utilizados, se ha tomado en cuenta el flujo de personal y el flujo de productos para evitar cruces y movimientos innecesarios. Se ha dispuesto un espacio para movimiento de operarios de 0,6 m (Casp, 2005, p. 126).

3.3.8. PROGRAMA DE TRABAJO

En la Tabla 3.23 se presenta el cronograma de actividades y el tiempo que toma cada actividad. El análisis de tiempos y actividades indican que es necesario tener 4 personas en cada turno de trabajo para completar las actividades y la producción estimada.

La jornada de trabajo inicia a las 8:00 y termina a las 16:00, la jornada inicia con el proceso de atemperado del chocolate conchado, el atemperado, moldeado, empacado y limpieza se prevé realizar antes del almuerzo, en la tarde a partir de las 13:00 se inicia el proceso con la recepción, la mezcla y el refinado. A partir de las 16:00 y se inicia la etapa del conchado.

Existe dos turnos de 16:00 a 00:00 y de 00:00 a 08:00 para controlar el proceso de conchado, debido a normas de seguridad se emplea mínimo dos operarios para verificar el correcto funcionamiento de la conchadora que va desde las 16:00 hasta las 8:00 del día siguiente.

Figura 3.14. Diseño de la planta de producción de chocolates

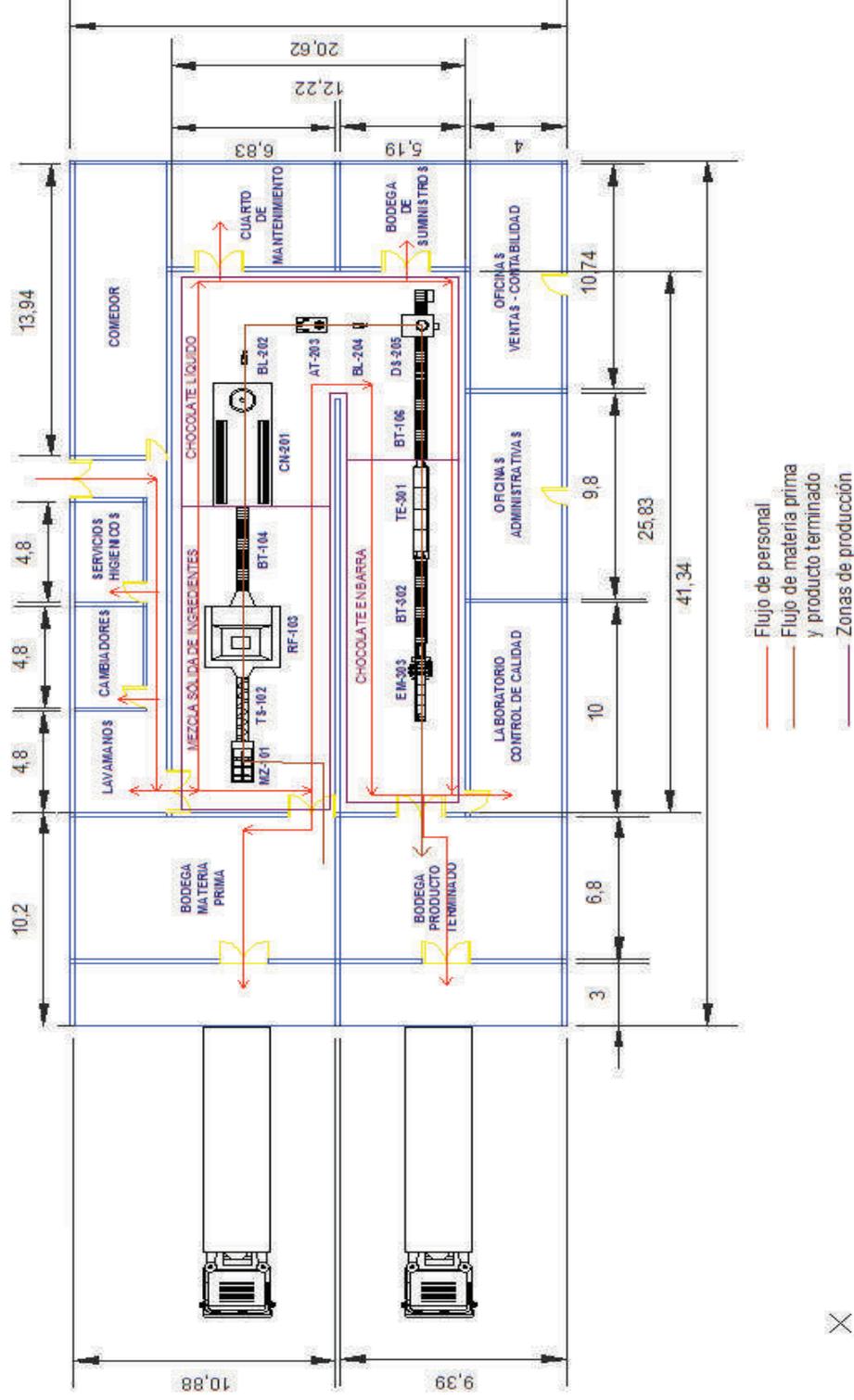


Tabla 3.22. Diagrama de Gantt

Horario	Proceso								
	Recepción	Mezcla	Refinado	Conchado	Atemperado	Moldeado	Enfriamiento	Empacado	Limpieza
08:00 - 08:30									
08:30 - 09:00									
09:00 - 09:30									
09:30 - 10:00									
10:00 - 10:30									
10:30 - 11:00									
11:00 - 11:30									
11:30 - 12:00									
12:00 - 12:30									
12:30 - 13:00	ALMUERZO								
13:00 - 13:30									
13:30 - 14:00									
14:00 - 14:30									
14:30 - 15:00									
15:00 - 15:30									
15:30 - 16:00									
16:00 - 08:00									

3.4. EVALUACIÓN DE PRE FACTIBILIDAD ECONÓMICA PARA LA PRODUCCIÓN DE CHOCOLATES

La implementación de la planta en base al estudio técnico desarrollado requiere un análisis económico para determinar la factibilidad de instalación y funcionamiento de la misma.

Se ha realizado un análisis integral tomando en cuenta costos de máquinas, implementación de la planta, obra civil, materia prima, insumos, personal directo e indirecto, costos de producción y demás costos incurridos.

3.4.1. INVERSIONES

La inversión del proyecto se detalla en la Tabla 3.24. Los costos del terreno y obra civil requerida para el desarrollo del proyecto se encuentran detallados en el Anexo VI, al igual que los costos de la maquinaria, equipos de oficina, activos diferidos y capital de operación para los 2 primeros años. El rubro construcciones es el de mayor porcentaje con un 45,16 % de la inversión total.

La inversión destinada para poner en marcha es de \$ 770 799 dólares, el crédito correspondiente al 70 % de la inversión se financia con crédito a una tasa de 12,5 % durante 10 años, la tabla de amortizaciones se detalla en el Anexo VI.

Tabla 3.23. Inversión total para implementación planta de chocolate

Rubro	Valor (\$)	(%)
Activo fijo		
Construcciones	348 080	45,16
Maquinaria y equipo	181 450	23,54
Instalación de maquinaria y equipos	36 290	4,71
Instrumentación de laboratorio	4 000	0,52
Tuberías y accesorios	9 073	1,18
Equipo y muebles de oficina	5 056	0,66
Imprevistos (5%)	29 197	3,79
Activo diferido	41 055	5,33
Capital de operación	116 598	15,13
TOTAL	770 799	100,00

El proyecto de implementación de una fábrica de chocolates orgánicos en Piura (Perú) que procesa 18,66 t al año, 20 % de la producción estimada en este trabajo, requiere \$ 1 293 595 de inversión total (Guerrero et al., 2012, pp. 91 - 96), la inversión es superior debido a que el proceso parte desde granos de cacao seco y fermentado, además que solo se procesa un tercio del día.

En la provincia de Esmeraldas la Federación de Organizaciones Negras y Mestizas del sur occidente de Esmeraldas, Atacames y Muisne (FONMSOEAM) desarrolla un proyecto para procesar cacao con una inversión de \$ 2 000 000 en el cual entre otros subproductos la producción de chocolate será de 150 t (Pro Ecuador, 2013, p. 2). Comparando con el presente proyecto, en este se procesará el 63% con el 35 % del presupuesto del proyecto de FONMSOEAM.

3.4.2. COSTOS DE PRODUCCIÓN

En la Tabla 3.24 se indica los costos en los que se incurriría para el funcionamiento de la planta. Los rubros como el costo de la materia prima directa, materia prima indirecta, mano de obra directa, mano de obra indirecta, suministros, publicidad se detallan en el Anexo IV.

Los costos generados por año para la producción de chocolate son de \$ 705 989,36. Los valores que tienen mayor influencia son el costo de las materias primas y el costo de los empaques alcanzando un 64,8 % del costo total.

Se estima una producción de 1 900 800 barras de chocolate con un peso de 50 g cada una, con un margen de utilidad del 15 %, el costo por barra será de \$ 0,43. Las barras de chocolate de similares características alcanzan un valor referencial de \$ 0.80, es decir un 46 % más costoso, el costo de la barra se baso en el precio por gramo de chocolate con leche Jet y el chocolate negro del Salinerito adquiridos en supermercados.

Tabla 3.24. Costos de producción de la planta de chocolate

Rubro	Valor	%
Materiales Directos		
Materia Prima	\$218 301,66	30,9%
Mano de obra directa	\$48 491,48	6,9%
Carga Fabril		0,0%
Mano de obra indirecta	\$28 664,98	4,1%
Materiales indirectos	\$239 500,80	33,9%
Suministros	\$14 339,16	2,0%
Depreciaciones		
Construcciones	\$12 904,00	1,8%
Maquinaria y Equipo	\$18 145,00	2,6%
Intangible	\$8 978,14	1,3%
Equipos de oficina	\$505,60	0,1%
Mantenimiento		
Maquinaria y Equipo	\$18 145,00	2,6%
Edificios	\$12 904,00	1,8%
Sueldos		
Ventas	\$672,90	0,1%
Administrativos	\$6 844,70	1,0%
Publicidad	\$10 000,00	1,4%
Gasto de oficina	\$147,01	0,0%
Interés	\$67 444,94	9,6%
TOTAL	\$705 989,36	100,0%

3.4.3. PUNTO DE EQUILIBRIO, TIR, VAN

Un análisis económico utiliza indicadores que muestran de manera más clara los resultados. Uno de los indicadores es el punto de equilibrio, que es la intersección entre la recta generada por los costos y los ingresos. Los costos se generan por la suma de los costos fijos y los costos variables. La recta producida por los ingresos depende de la cantidad producida y el precio. En la Figura 3.14 se muestra que el punto de equilibrio para la producción de chocolates y es de 1 359 755, esta es la mínima cantidad de barras de chocolate de 50 g que se deben vender para no incurrir en pérdidas, este valor corresponde al 71,54 % de la producción estimada.

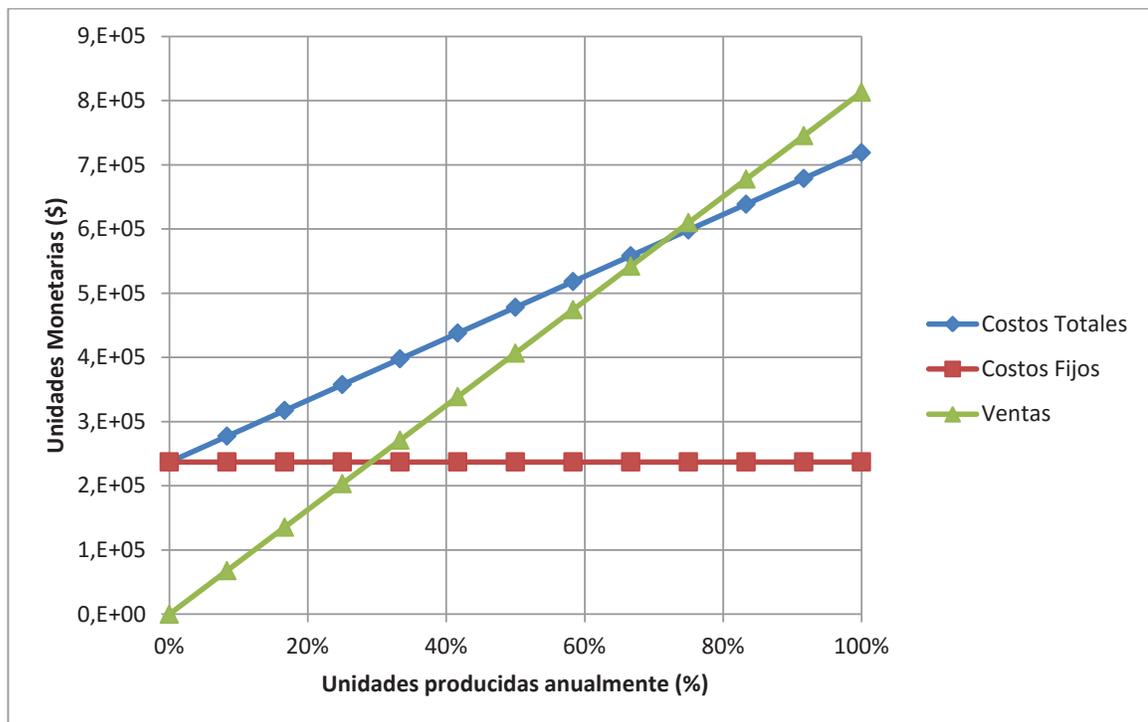


Figura 3.15. Punto de equilibrio del proceso de elaboración de chocolates

Con el estudio económico se encontró también la tasa Interna de Retorno TIR, que es de 44,74 %, y que tiene un valor superior al porcentaje esperado en una inversión bancaria. El Valor Actual Neto VAN es de \$ 542 226, que indica que la inversión es aceptable haciendo al proyecto económicamente factible.

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. CONCLUSIONES

1. El proceso de conchado produce pérdidas de aproximadamente 1,7 % y 1,54 % en el chocolate negro y con leche, respectivamente, por evaporación de agua y sustancias volátiles según lo indican los análisis químicos, pero debido al bajo volumen procesado, se produjeron pérdidas del 20 % debido a la adhesión del chocolate en los recipientes y maquinarias utilizadas.
2. En la fase inicial del conchado que comprende el primer tercio del tiempo de conchado, denominada fase seca, se presenta la mayor la pérdida de humedad y ácidos volátiles; en efecto, un 78 % del total de agua se evapora en esta etapa.
3. El conchado produce en el chocolate negro y en el chocolate con leche descenso de humedad, acidez, tamaño de partícula, viscosidad y un ligero aumento en el valor de pH.
4. La velocidad de rotación de la conchadora influye significativamente en el aumento de pH de los chocolates negros y con leche, en el descenso del tamaño de partícula del chocolate negro y en la reducción de acidez del chocolate con leche. El tiempo de conchado tiene en cambio mayor influencia en el descenso de humedad del chocolate con leche y en la disminución en el tamaño de partícula del chocolate negro.

5. El tratamiento con mejores resultados físico-químicos para el chocolate negro fue el conchado desarrollado por 16 h a 1 500 rpm obteniendo una humedad de $0,95 \pm 0,13$ %, pH de $5,87 \pm 0,01$, acidez de $0,33 \pm 0,01$ %, tamaño de partícula de $17,6 \pm 0,57$ μm , umbral $4,25 \pm 2,47$ Pa a 5 s^{-1} y viscosidad aparente de $0,4 \pm 0,0$ Pa·s a 40 s^{-1} , y presentó un comportamiento pseudoplástico.
6. El tratamiento con mejores resultados físico-químicos para el chocolate con leche fue el conchado desarrollado por 16 h a 1 500 rpm obteniendo una humedad de $0,96 \pm 0,07$ %, pH de $6,21 \pm 0,02$, acidez de $0,20 \pm 0,01$ %, tamaño de partícula de $28,4 \pm 0,28$ μm , umbral $5,75 \pm 0,35$ Pa a 5 s^{-1} y viscosidad aparente de $0,5 \pm 0,0$ Pa·s a 40 s^{-1} , y presentó un comportamiento pseudoplástico.
7. El tamaño de partícula en el chocolate negro se vio afectado significativamente por las dos variables, velocidad y tiempo de conchado, por lo que es el parámetro de mayor variación y de gran influencia en otros parámetros físicos, químicos y reológicos.
8. En el análisis sensorial de los dos tipos de chocolate las diferencias encontradas se debieron al efecto de los tratamientos aplicados. El tiempo de conchado influye significativamente en la disminución de la percepción del olor, sabor, acidez, arenosidad y fundido del chocolate negro; influye también en la disminución de la percepción sabor, arenosidad y velocidad de fundido del chocolate con leche. La velocidad de rotación de la conchadora influyeron significativamente en la disminución de la percepción de acidez y arenosidad del chocolate negro.
9. El incremento en las variables, velocidad y tiempo de conchado mejoran las propiedades físicas, químicas y sensoriales analizadas, excepto la percepción del olor y sabor a chocolate, en las que el descenso es una tendencia no deseada.

10. Para implementar una planta de producción de chocolates que procese 1 900 800 barras de 50 g de chocolate, se necesita una inversión de \$ 770 799. Si se considera que las barras se comercializarán a \$ 0,43, que representa un 46 % menos del valor de barras similares en el mercado, el estudio económico indicó que el valor TIR obtenido es del 44,74 % y el valor VAN es de \$ 542 226, haciendo factible la implementación de la inversión.

4.2. RECOMENDACIONES

1. Realizar formulaciones de chocolate con mayor porcentaje de cacao para determinar si hay cambios en las condiciones de procesamiento, en los resultados físicos, químicos y en la aceptación del producto por parte de los consumidores.
2. Evaluar tratamientos térmicos previos al conchado que ayuden a reducir el tiempo de conchado con el propósito de reducir costos, incrementar productividad y utilizar los recursos humanos y monetarios con eficiencia, generando mayor rédito.
3. Evaluar las diferencias producidas en el conchado de los chocolates producidos con cacao fino de aroma y cacao CCN-51 con la finalidad de optimizar los procesos para cada tipo de variedad y analizar la factibilidad de realizar mezclas de materia prima.
4. Desarrollar estudio de mercado y estudio de aceptabilidad en mercados locales e internacionales para completar el estudio de pre factibilidad para generar un escenario con bases técnicas para pasar del ámbito científico al mercado.
5. Desarrollar y evaluar el proceso de producción de chocolate con sustitutos del azúcar debido a la demanda y a la tendencia de productos saludables, además de dirigir la producción a nichos de mercado en los que se prohíbe su consumo por la presencia de sacarosa.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AOAC, (2005). *Official methods of analysis of the Association of Analytical Chemists*. (18ava. ed.). Ailington, USA: A.O.A.C. International.
2. Afoakwa, E. O. (2010). *Chocolate Science and Technology*. (1era. ed.). Chichester, UK: John Wiley & Sons, Ltd.
3. Andrae-Nightingale, L., Lee, S. y Engeseth, N. (2009). Textural changes in chocolate characterized by instrumental and sensory techniques. *Journal of texture Studies*, 40(1), 427 - 444.
4. Alcalde, P. (2009). *Calidad*. (1era. ed.). Madrid, España: Paraninfo.
5. Alegría, 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 (Theobroma cacao)*. (Proyecto de titulación previo a la obtención del título de Ingeniero Agroindustrial no publicado). Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador.
6. Bailey, A. (1984). *Aceites y grasas industriales*. Barcelona, España: Reverté.
7. Beckett, S. T. (2000). *La ciencia del chocolate*. (1era. ed.). Zaragoza, España: Acribia.
8. Beckett, S. T. (2009). *Industrial Chocolate Manufacture and Use*. (4ta. ed.). Oxford, UK: Blackwell Publishers.
9. Bolenz, S., Amtsberg, K. y Lipp, E. (2005). New concept for fast continuous conching of milk chocolate. *European Food Research and Technology*, 220(1), 47 - 54.

10. Bolenz, S., Kutschke, E. y Lipp, E. (2008). Using extra dry milk ingredients for accelerated conching of milk chocolate. *European Food Research and Technology*, 227(6), 1677 - 1685.
11. Bolenz, S., Thiessenhusen, T. y Schäpe, R. (2003). Fast conching for milk chocolate. *European Food Research and Technology*, 218(1), 62 - 67.
12. Bricknell, J. y Hartel, R.W. (1998). Relation of fat bloom in chocolate to polymorphic transition of cocoa butter. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 75(11), 1609 - 1615.
13. Casp, A. (2005). *Diseño de Industrias Agroalimentarias*. Madrid, España: Grupo Mundi Prensa.
14. Chaiser, S. y Dimick, P. (1989). Lipid and hardness characteristics of cocoa butters from different geographic regions. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 66(12), 1771 - 1776.
15. Cohen, K., Lucas, V. y Jackix, M. (2004). Tempering or precrystallization of chocolate. *Brazilian Journal of Food Technology*, 7(1), 23 - 29.
16. De Hombre, R. y Valdés, C. (1996). Propiedades reológicas de pastas de chocolate fundido. *Revista Tecnológica de Alimentos de México*, 18 (1), 119 - 120.
17. De Oliveira, K. y Hoelz M. (2009). Efeito do proceso de conchagem nas características físicas e químicas do chocolate ao Leite e de productos análogos. (1era. ed.). Planaltina, DF, Brasil: Embrapa.
18. Doutre-Roussel, C. (2007). *Chocolate para entendidos: Guía práctica para catarlo y disfrutarlo*. (2da. ed.). Barcelona, España: Robinbook.

19. Echanique, P. (2008). *Atlas Ambiental del Distrito Metropolitano de Quito*. Quito, Ecuador.
20. Egas, M. (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. (Proyecto de titulación previo a la obtención del título de Ingeniero Agroindustrial no publicado). Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador.
21. Fernandes, V., Müller, A., y Sandoval, A. (2011). Evaluación de las propiedades reológica y térmicas de diferentes composiciones de chocolate. *Revista latinoamericana de metalurgia y materiales*, S3, 12 – 13.
22. Fisher, A., Abudaker, T., Hasselbarth, A, y Ullrich, F. (2010). Understanding the impact of conching on chocolate flavour using a combination of instrumental flavour analysis and tasting techniques. *Expression of multidisciplinary flavour science*. 309 – 312.
23. Gil, A. y Ruiz, M. (2010). *Tratado de Nutrición: Composición y Calidad Nutritiva de los Alimentos*. (2da. ed.). Madrid, España: Medica Panamericana.
24. Guerrero, D., Girón, C., Madrid, A., Mogollón, C., Quiroz, C. y Villena, D. (2012). Diseño de la línea de producción de chocolate orgánico. (Tesis de grado previo a la obtención del título de Ingeniero Industrial no publicado). Universidad de Piura, Piura, Perú.
25. Guzmán, E., De Pablo, D., Yáñez, C., Zacarías, I. y Nieto, S. (2003). Estudio comparativo de calidad de leche fluida y en polvo. *Revista Chilena de pediatría*, 74(3), 277 - 286.

26. Hii, C., Law, C., Suzannah, S., Misnawi y Cloke, M. (2009). Polyphenols in cocoa (*Theobroma cacao* L.). *Asian Journal of Food and Agro-Industry*, 2(04), 702 - 722.
27. Holm, C. y Aston, J. (1993). The effects of the Organic Acid in Cocoa on the Flavour of Chocolate. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 61(1), 65 - 71.
28. Hoskin, J. (1994). Sensory properties of chocolate and their development. *The American Journal of clinical nutrition*, 60(1), 1068 - 1070.
29. Hui, Y. (2006). *Handbook of Food Science, technology, and engineering*. (4ta. ed.). Boca Raton, Estados Unidos: Taylor & Francis Group .
30. INEN. (2013a). Instituto Ecuatoriano de Normalización. Catálogo de Normas Técnicas Ecuatorianas, NTE INEN 535. Chocolate. Requisitos.
31. INEN. (2013b). Instituto Ecuatoriano de Normalización. Catálogo de Normas Técnicas Ecuatorianas, NTE INEN 621:2010. Cacao (Productos derivados). Determinación del contenido de grasa. Método de extracción por Soxhlet.
32. Kinta, Y. y Hatta, T. (2007). Composition, Structure, and Color of Fat Bloom Due to the Partial Liquefaction of Fat in Dark Chocolate. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 84(2), 107 - 115.
33. Ley, D. (1994). Conching. Beckett (Ed.). *Industrial Chocolate Manufacture and Use*. (2da. ed.). Glasgow, Scotland: Blackie Academic and Professional
34. Martínez, H. (2006). *Agroindustria y competitividad: Estructura y dinámica en Colombia 1992, 2005*. Bogotá, Colombia: Mundo 3D.

35. Minifie, B. (1989). *Chocolate, cocoa, and confectionery: science and technology*. (3era. ed.). New York, United States of American: Chapman & Hall.
36. Ministerio Coordinador de Patrimonio. (2013). *Cacao: El fino aroma de nuestra identidad*. (2da ed.). Quito, Ecuador: Bucci Design.
37. Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca. (2010). *Análisis de la cadena de cacao y perspectivas de los mercados para la Amazonia Norte*. (1era ed.). Quito, Ecuador.
38. Misnawi J., Susijahadi, Selemat, J., Wahyudi, T. y Putriana, D. (2006). Effects of alkali concentration and conching temperature on flavour hardness and colour of chocolate. *Pelita Perkebunan*, 22(2), 119 - 135.
39. Mohos, F. (2010). *Confectionery and Chocolate Engineering: Principles and Applications*. (1 era. ed.). Oxford, United Kingdom: Wiley-Blackwell.
40. Nebesny, E. y Zyzelewicz, D. (2005). Effect of lecithin concentration on properties of sucrose-free chocolate masses sweetened with isomalt. *European Food Research and Technology*, 220, 131 - 135.
41. Plúa, J. y Cornejo, F. (2008). *Diseño de una línea procesadora de pasta de cacao artesanal (Theobroma cacao)*. (Tesis de grado previo a la obtención del título de Ingeniero en Alimentos no publicado). Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil, Ecuador.
42. Prawira, M. y Barringer, S.A. (2009). Effects of conching time and ingredients on preference of milk chocolate. *Journal of Food Processing and Preservation*, 33(5), 571 – 589.

43. Pro Ecuador. (2013). *Análisis del sector cacao y elaborados*. Quito. Ecuador.
44. Rojas, R. (2007). *Sistemas de Costos. Un Proceso para su implementación*. (1era. ed.). Manizales, Colombia: Centro de publicaciones Universidad Nacional de Colombia.
45. Ronzio, R. (2003). *The Encyclopedia of Nutrition and Good Health*. (2da. ed.). New York: Facts on file.
46. Rozin, P., Levine, E. y Stoess, C. (1991). *Chocolate Craving and Liking, Appetite*, 17, 199 - 212.
47. Schumacher, A., Brandelli, A., Wulf, E., Carrión, F., Pieta, L., Venzke, K. y Vogt, E. (2009). Development and evaluation of a laboratory scale conch for chocolate production. *International Journal of Food Science and Technology*, 44, 616 - 622.
48. Servais, C., Ranc, H., y Roberts, I. (2004). Determination of Chocolate Viscosity. *Journal of Texture Studies*, 34, pp. 467 - 497.
49. Spectra. (2011). *Specialty Equipment – Stone Melangers*. (5ta. ed.). TN, India.
50. Talbot, G. (2009). *Science and Technology of Enrobed and Filled Chocolate, Confectionery and Bakery Products*. (1era. ed.). Cambridge, UK: Woodhead Publishing Limited.
51. Torres, M. (2012). Influencia de las características y procesado del grano de cacao en la composición físico-química y propiedades sensoriales del chocolate negro. (Proyecto de titulación previo a la obtención del título de Doctor no publicado). Universitat Rovira I Virgili, Reus, España.

52. Valenzuela, A. (2007). Chocolate, a healthy pleasure. *Revista chilena de nutrición*, 34(3), 180-190. doi: 10.4067/S0717-75182007000300001.
53. Viejo, M. Y Álvarez, J. (2004). *Bombas: Teoría, diseño y aplicaciones*. (3era. ed.). México D.F., México: Limusa.
54. Vivar, G., Torrestiana, S., Monroy, J. y Brito, E. (2008). Chonching : Rheological and Strucuture Changes of Chocolate Mass. *Deutsche Lebensmittel-Rundschau*, 220, 376 - 382.
55. Watts, B.M., Ylimaki, G.L., Jeffery, L.E. y Elías L.G. (1992). *Métodos sensoriales básicos para la evaluación de alimentos*. (1era. ed.). Ottawa, Canadá: CIID.
56. Wohlmuth, E. G. (1999). *Recipes. Industrial Chocolate Manufacture and Use* (3era. ed.). Oxford: Blackwell Science
57. Wollgast, J. y Anklam, E. (2000). Review on polyphenols in Theobroma cacao: changes in composition during the manufacture of chocolate and methodology for identification and quantification. *Food Research International*, 33(6), 423 - 447.
58. Zambrano, A. (2014). Mercados del Cacao, *El Agro*, 217(1), 20 - 22.

ANEXOS

ANEXO I

**BALANCE DE MASA EN LAS OPERACIONES PARA LA ELABORACIÓN DE
LICOR DE CACAO**

Tabla I. 1. Corrientes de entrada y salida del proceso de elaboración del licor de cacao

Operación	Lote	Ingreso	Salida	Perdida
Recepción y pesaje	1	43 kg	43 kg	0 kg
Selección	1	43 kg	38,9 kg	41 kg
Tostado	1	10 kg	9,09 kg	0,91 kg
	2	10 kg	8,87 kg	1,13 kg
	3	10 kg	9,01 kg	0,99 kg
	4	8,9 kg	8,03 kg	0,87 kg
Descascarillado	1	35 kg	12,8 kg	9,8 kg
	2		8,4 kg	
	3		2,1 kg	
	4		1,2 kg	
	5		0,7 kg	
Molturación	1	25,2 kg	25 kg	0,2 kg

ANEXO II

REQUISITOS DEL LICOR DE CACAO

Según la Norma INEN 623, el licor de cacao debe ser sometido a ensayos en los que cumpla con los requisitos indicados en la tabla II.1.

Tabla II. 1. Requisitos físicos y microbiológicos que debe cumplir el licor de cacao según la Norma INEN 623

REQUISITOS	Unidad	Mínimo	Máximo	Método de ensayo
Grasa	%	48,0	54,0	INEN 535
Humedad	%		3,0	INEN 1676
Almidón natural	%	8,5	9,0	INEN 636
Fibra Cruda	%		4,7	INEN 534
Cenizas totales	%		7,5	INEN 533
Mohos y levaduras	u.f.c. / g		100,0	INEN 1529
Coniformes	u.f.c. / g		10,0	INEN 1529
E. coli	u.f.c. / g		1,0	INEN 1529
Salmonella	u.f.c. / g		0,0	INEN 1529

u.f.c.: unidades formadoras de colonias

ANEXO III

EVALUACION SENSORIAL



ESCUELA POLITECNICA NACIONAL



FACULTAD DE QUIMICA Y AGROINDUSTRIA

DEPARTAMENTO DE CIENCIA DE ALIMENTOS Y BIOTECNOLOGIA

EVALUACIÓN DE ANÁLISIS SENSORIAL

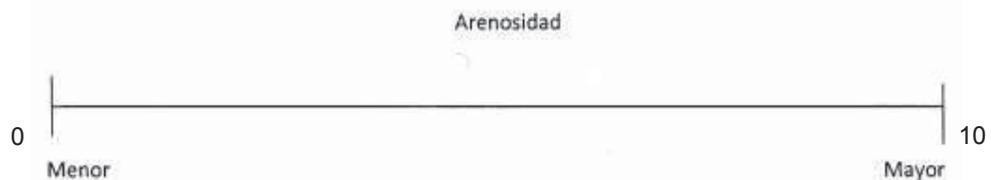
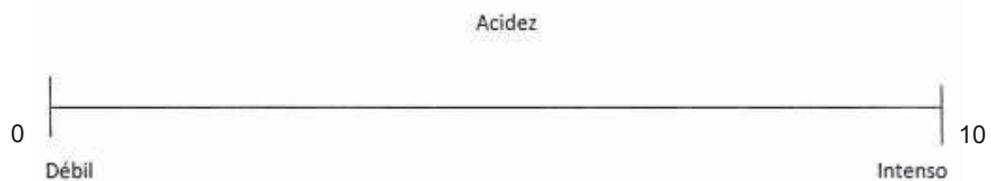
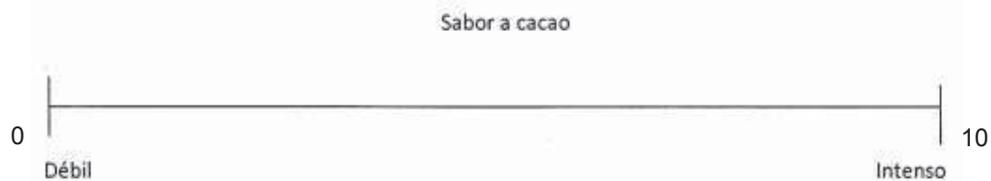
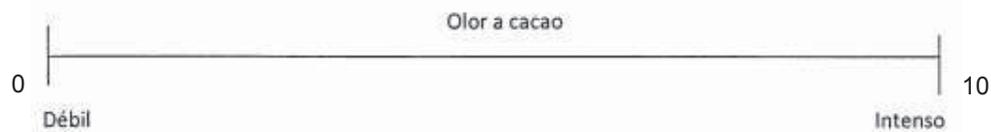
Producto: Chocolate Negro

Fecha:

Nombre:

Hora:

Usted está recibiendo cuatro muestras de chocolate. La prueba consiste en evaluar la intensidad de los cinco atributos de las muestras entregadas. Coloque una línea vertical en la posición que usted considere pertinente para evaluar el parámetro. Pruebe de izquierda a derecha.



Observaciones:

.....

.....

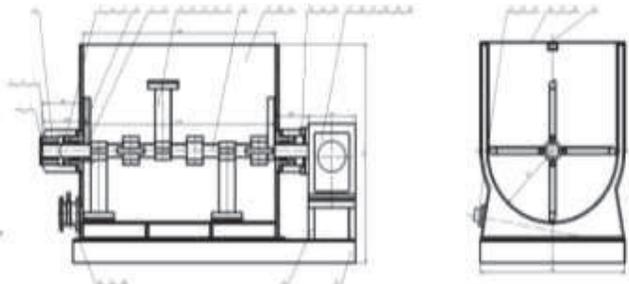
W.J./E.V./J.R.

Gracias por su colaboración

ANEXO IV

HOJAS DE ESPECIFICACIÓN DE LOS EQUIPOS PARA LA PRODUCCIÓN DE CHOCOLATES

Hoja de especificación N° 1

MEZCLADORA	
Fabricante: DELANI	
N° requerido: 1	
<p>Función: La máquina mezcladora de chocolates se utiliza para combinar los ingredientes de chocolate antes de la refinadora.</p> <p>Para que todos los ingredientes, como el licor de cacao, la manteca de cacao, la leche en polvo, el azúcar, etc. Pueden pasar al refinador de rodillos después de estar mezclados uniformemente.</p> <p>Operaciones: Por lotes</p>	
<p>Datos del Diseño:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Dimensiones: 2 000 mm × 900 mm × 1 250 mm ➤ Capacidad: 600 litros ➤ Potencia del motor: 11 kW ➤ Velocidad de rotación de las paletas: 42 rpm por minuto 	
<p>Material: Acero Inoxidable</p>	
<p>Principio de operación: El equipo está diseñado para homogenizar ingredientes sólidos hasta convertirlos en mezclas homogéneas, utilizan un sistema de paletas que producen un movimiento helicoidal. El sistema es funcionamiento eléctrico.</p>	
<p>Esquema de equipo:</p> <div style="text-align: center;">  </div>	

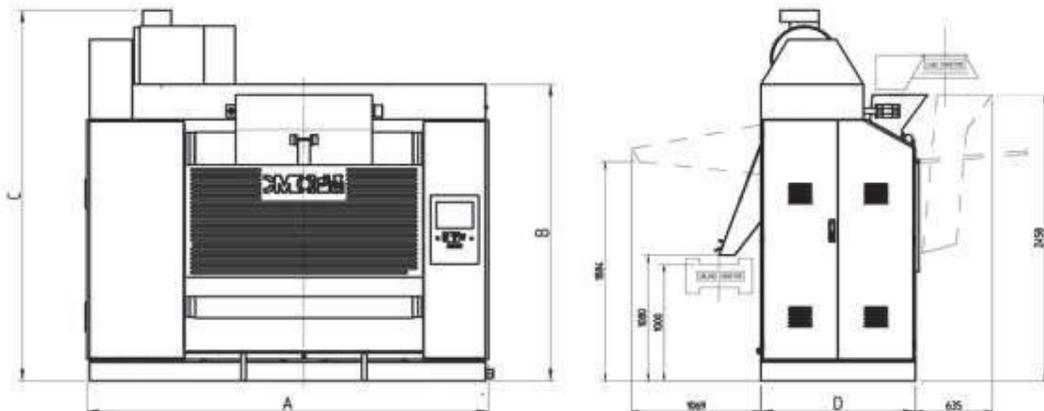
Hoja de especificación N° 2

TRANSPORTADOR TORNILLO SIN FIN	
Fabricante:	ECUASTEEL
N° requerido:	1
Función:	El transportador de tornillo sin fin se utiliza para transportar la mezcla homogénea que descarga la mezcladora y la transporta hacia un refinador de rodillos por el impulso proporciona el movimiento helicoidal del tornillo
Operaciones:	continuo
Datos del Diseño:	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Dimensiones: 1 300 mm × 500 mm × 3 000 mm ➤ Capacidad: 10 m³/h ➤ Potencia del motor: 2 kW ➤ Velocidad de rotación: 180 rpm minuto
Material:	Acero Inoxidable 304
Principio de operación:	El sin fin consta de una hélice helicoidal asentada sobre cojines y chumaceras impulsada por un motor reductor directo con árbol cubierto por un casquillo y una cubierta, la entrada es de cámara muerta.
Esquema de equipo:	

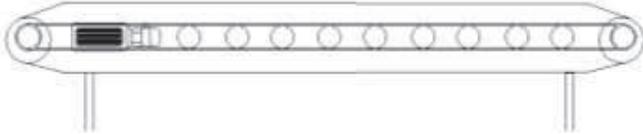
Hoja de especificación N° 3

REFINADORA DE RODILLOS**Fabricante:** LOYNDS**N° requerido:** 1**Función:** Reduce el tamaño de partícula a un rango entre 12 a 35 μm , dependiendo las necesidades del producto**Operaciones:** Por lotes**Datos del Diseño:**

- Dimensiones: 2 100 × 3 100 × 2 100 mm
- Capacidad: 500 kg
- Potencia del motor: 82 kW
- Eficiencia : 95 %
- Consumo de agua: 3-3.5 m³ / h

Material: Acero Inoxidable**Principio de operación:** El equipo refinador consta de 5 rodillos horizontales, los rodillos son huecos y por ellos fluye agua para controlar la temperatura del proceso, tiene presurización hidráulica. Cada rodillo tiene diferente velocidad de giro permitiendo el paso de la mezcla de abajo hacia arriba.**Esquema de equipo:**

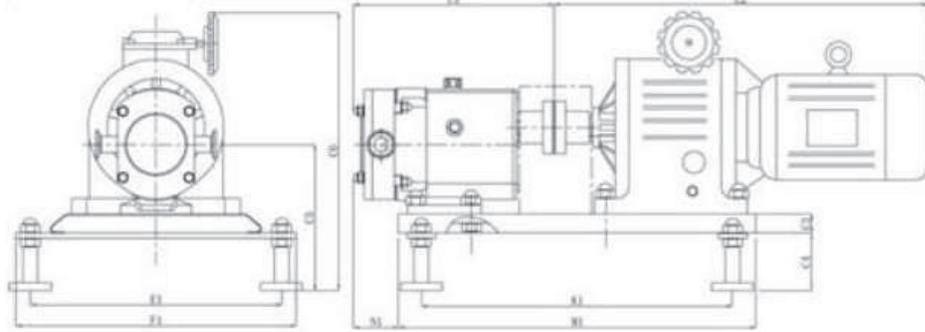
Hoja de especificación N° 4

BANDA TRASPORTADORA	
Fabricante: MB-CONVEYORS	
N° requerido: 3	
Función: Transportar el polvo de cacao procedente de la refinadora de rodillo y trasladarlo a la conchadora	
Datos del Diseño:	
➤ Dimensiones: Altura 1080 mm, largo 4 000 mm, inclinación opcional 0 – 30°	
➤ Velocidad: 3 m (fijos)	
➤ Motor: 0,12 kW	
➤ Rango temperaturas : -10 °C hasta 70 °C	
Material: Acero Inoxidable y tela PVC	
Principio de operación: La banda transportadora o conveyors son aparatos fijos o móviles según la necesidad cuya función es transportar materiales entre dos puntos fijos a través de movimientos fijos sobre una ruta fija sobre un conjunto de rodillos accionados por un motor	
Esquema de equipo:	
	

Hoja de especificación N° 5

CONCHADORA	
Fabricante: ALPHA	N° requerido: 1
Función: Transformar el polvo procedente de los rodillos mediante agitación hasta convertirlo en un líquido viscoso con agradable sabor	
Operaciones: Por lotes	
Datos del Diseño:	
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Dimensiones: 2400 × 5937 × 490 mm ➤ Capacidad: 500 kg ➤ Potencia del motor: 15 kW ➤ Peso: 2990 kg ➤ Tamaño de salida: 20-25 µm 	
Material: Acero Inoxidable	
Principio de operación: La conchadora aplica fuerzas de cizallamiento que reduce la viscosidad del chocolate, el cizallamiento proviene de elementos mezcladores que giran en el interior de depósito. La pared del depósito tiene temperatura controlada y las sustancias que se volatilizan salen por bocas de ventilación, los agitadores son cuñas con doble sentido de giro según la viscosidad de la mezcla.	
Esquema de equipo:	
<p>The technical drawing consists of two views of the conchadora machine. The left view is a side profile showing a cylindrical main body with a motor and drive mechanism on top. Dimension lines indicate a height of 3085 mm and a length of 5937 mm. The right view is a front view showing the machine's width and a central circular opening. Dimension lines indicate a width of 2400 mm and a total height of 4090 mm.</p>	

Hoja de especificación N° 6

BOMBA	
Fabricante: DELANI	
N° requerido: 2	
Función: Transportar el chocolate líquido procedente de la conchadora hasta la atemperadora	
Operaciones: Continua	
Datos del Diseño:	
➤ Dimensiones: 800 × 350 × 500 mm	
➤ Peso: 180 kg	
➤ Potencia del motor: 2,2 kW	
➤ Entrega : 10 M	
➤ Flujo: 70 L / min	
Material: Acero Inoxidable 304	
Principio de operación: Es una bomba de lóbulos diseñada para transportar líquidos viscosos , tiene una chaqueta de calentamiento para evitar el endurecimiento del material bombeado	
Esquema de equipo:	
	

Hoja de especificación N° 7

ATEMPERADOR**Fabricante:** DELANI**N° requerido:** 1

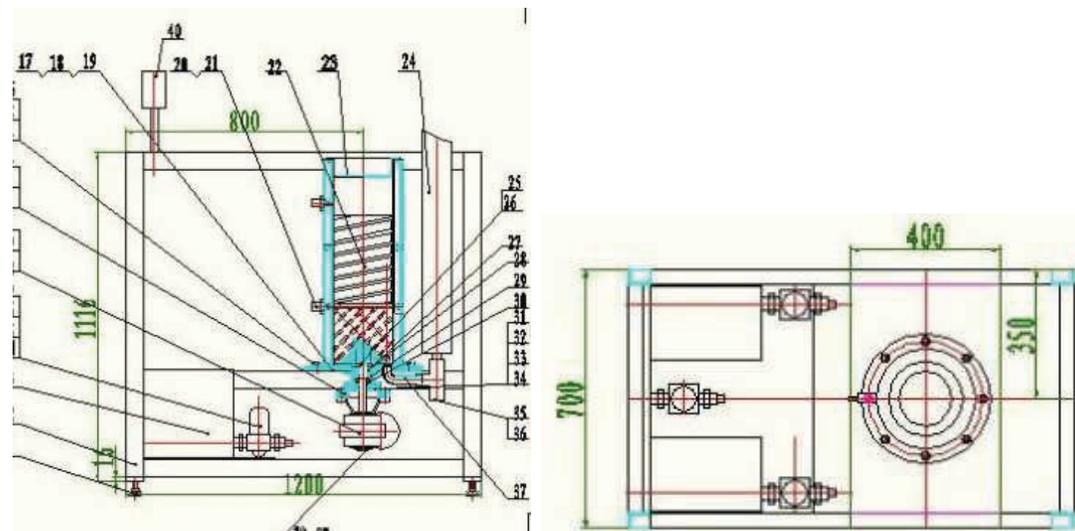
Función: Conseguir una adecuada cristalización del chocolate a través de cambios de temperatura para generar un productos con adecuado brillo, apariencia, sabor uniforme y prolongar el tiempo de vida útil.

Operaciones: Por lotes**Datos del Diseño:**

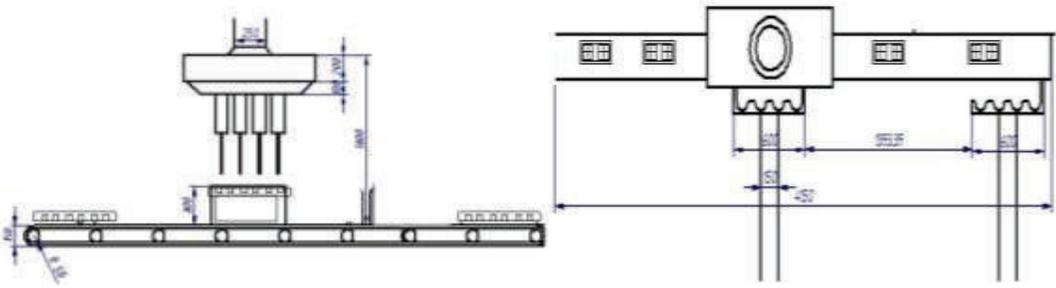
- Dimensiones: 1200 × 700 × 1116 mm
- Capacidad de producción: 500 kg / h
- Potencia del motor: 8,3 kW
- Peso: 580 kg

Material: Acero Inoxidable 304

Principio de operación: La masa de chocolate es bombeada a través de discos donde existen cambios de temperatura por medio de calefactores propios con agua caliente y sistema de enfriamiento, el control de temperatura es totalmente automático

Esquema de equipo:

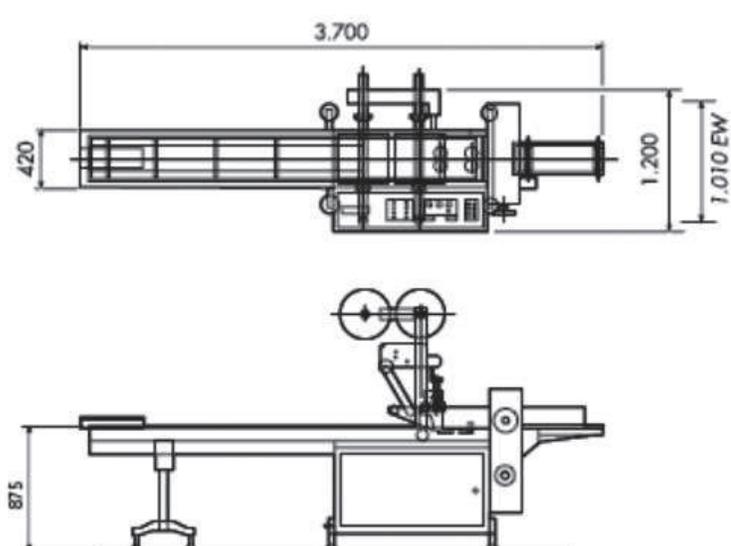
Hoja de especificación N° 8

DOSIFICADOR	
Fabricante: VEC	
N° requerido: 1	
Función: Inyectar la cantidad adecuada de chocolate atemperado en moldes plásticos y someter a vibración para eliminar posibles presencia de burbujas	
Operaciones: Continua	
Datos del Diseño:	
➤	Dimensiones: 4 150 × 1 520 × 1 650 mm
➤	Potencia del motor: 17 kW
➤	Velocidad: 17 moldes / min
➤	Temperatura enfriamiento: 0 – 8 °C
➤	Frecuencia de vibración: 1440 / min
➤	Amplitud vibración: 0 – 4 mm
Material: Acero Inoxidable 304	
Principio de operación: El chocolate procedente de la atemperadora es inyectado por un sistema de pistón hacia las boquillas que depositan el chocolate en los moldes, el molde es elevado hasta la boquilla de dosificación. Los moldes se someten a vibración en la banda que los transporta	
Esquema de equipo:	
 <p>The technical drawing consists of two views: a side view on the left and a top view on the right. The side view shows a hopper at the top with a piston mechanism below it, which is positioned above a conveyor belt. The top view shows the layout of the conveyor belt with two dosing nozzles positioned above it. Dimensions are provided for various components, including the height of the hopper, the distance between nozzles, and the width of the conveyor belt.</p>	

Hoja de especificación N° 9

TUNEL DE ENFRIAMIENTO	
Fabricante:	CHOCOLATE WORLD
N° requerido:	1
Función:	Enfriar los moldes con chocolate para conseguir una adecuada cristalización
Operaciones:	Continua
Datos del Diseño:	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Dimensiones: 594 × 4 742 × 1 103 mm ➤ Espacio de entrada: 500 mm ➤ Zona de enfriamiento: 4 000 mm ➤ Espacio de salida: 1 000 mm ➤ Velocidad variable: 0,5 – 2,4 m / min ➤ Potencia total: 5,8 kW
Material:	Acero Inoxidable 304
Principio de operación:	Retira el calor latente y parte del calor específico haciendo circular aire frío sobre el producto, la temperatura del aire debe ser superior al punto de rocío. Los túneles de enfriamiento poseen diferentes zonas cada una a diferente temperatura para conseguir una adecuada cristalización y evitar condensación en la superficie.
Esquema de equipo:	<p>The technical drawing illustrates the cooling tunnel from three perspectives: a front view on the left showing a width of 594 mm; a side view at the top showing a total length of 4742 mm, with a 500 mm entry zone, a 4000 mm cooling zone, and a 1000 mm exit zone, and a height of 1103 mm; and a top view at the bottom showing the length of the cooling zone as 4000 mm.</p>

Hoja de especificación N° 10

EMPACADORA	
Fabricante: DELANI	
N° requerido: 1	
Función: Envolver de manera individual y hermética los chocolates para proteger de posibles daños ambientales y para extender el tiempo de vida útil	
Operaciones: Continua	
Datos del Diseño:	
➤ Dimensiones: 3 700 × 1 200 × 875 mm	
➤ Velocidad de empaque: (máximo) 100 barras / min	
➤ Diámetro de carrete: 350 mm	
➤ Bobina ancho: (máximo) 500 mm	
➤ Consumo de energía: 3,5 kW	
Material: Acero Inoxidable 304	
Principio de operación: Una bobina con rollos del empaque impreso alimentan la máquina que forma el empaque y sella con calor, el producto se introduce en el empaque formado y finalmente se cierran los extremos del empaque.	
Esquema de equipo:	
 <p>The technical drawing consists of two views of the wrapper machine. The top view shows a rectangular machine with a length of 3,700 mm, a width of 420 mm, and a depth of 1,200 mm. A vertical dimension of 1,010 EW is also indicated. The side view shows the machine's profile with a height of 875 mm. The machine features a hopper on the left, a central processing area with rollers, and a discharge chute on the right.</p>	

ANEXO V

Tabla V. 1. Costo de los equipos de la planta de producción de chocolates

Designación del equipo	Número de unidades	Valor unitario (\$)	Valor Total (\$)	Dividendo Anual de Amortización
Mezclador	1	6000	6000	600
Tornillo sin fin	1	3900	3900	390
Banda transportadora	3	2800	8400	840
Conchadora	1	78450	78450	7845
Bomba lobular	2	350	700	70
Atemperador	1	32000	32000	3200
Dosificador	1	18500	18500	1850
Tunel de enfriamiento	1	13800	13800	1380
Empacadora	1	19700	19700	1970
TOTAL			181450	18145

Tabla V. 2. Costo de los inmuebles de oficina de la sección administrativa de la planta de producción de chocolates

Denominación	Número de unidades	Valor unitario (\$)	Valor total (\$)	Dividendo Anual de Amortización
División modulares	4	320	1280	128
Escritorios	4	80	320	32
Sillas	12	18	216	22
Computadores	4	480	1920	192
Suministros de escritorio	4	80	320	32
Muebles Oficina	4	250	1000	100
TOTAL			5056	506

Tabla V. 3. Costo y área del terreno y la obra civil de la planta de producción de chocolates

Designación	metros cuadrados (m2)	Valor Unitario (USD)	Valor total (\$)	Dividendo anual de Amortización
Terreno	3000	30	90000	4500
<u>Construcciones:</u>				
Fábrica	532	250	133000	6650
oficinas y laboratorios	122	280	34160	1708
bodegas	206	200	41200	2060
Andenes	60	180	10800	540
Baños	139	280	38920	1946
		TOTAL TERRENO Y CONSTRUCCIONES	348080	17404

Tabla V. 4. Cantidad y valor de la venta de barras del chocolate

Tipo de producto	Cantidad de producto producidos por día	Cantidad de producto producido por mes	Cantidad de producto producido por año	Precio de venta, por unidad	Ingresos anuales por ventas
Barra de chocolate (50 g)	7920	158.400	1.900.800	\$0,43	\$813.132,03
				TOTAL INGRESOS POR VENTAS	\$813.132,03

Tabla V. 5. Flujo de caja de la planta productora de chocolates

Rubro	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Ingreso de ventas		813132,03	846877,01	882022,41	918626,34	956749,33	996454,43	1037807,29	1080876,29	1125732,66	1172450,56
Costos de producción		-580347,07	-604431,47	-629515,38	-655640,27	-682849,34	-711187,58	-740701,87	-771441,00	-803455,80	-836799,21
Interés préstamo		-67444,94	-63693,33	-59473,20	-54725,32	-49383,96	-43374,93	-36614,77	-29009,60	-20453,77	-10828,47
Depreciación		-36054,60	-36054,60	-36054,60	-36054,60	-36054,60	-36054,60	-36054,60	-36054,60	-36054,60	-36054,60
Amortización intangible		-8978,14	-8978,14	-8978,14	-8978,14	-8978,14	-8978,14	-8978,14	-8978,14	-8978,14	-8978,14
Utilidad antes de impuestos		120307,28	133719,27	148001,09	163228,01	179483,29	205837,31	224436,05	244371,10	265768,49	288768,28
Impuesto a la renta (23%)		-27670,68	-30755,43	-34040,25	-37542,44	-41281,16	-47342,58	-51620,29	-56205,35	-61126,75	-66416,70
Participación de trabajadores (15%)		-18046,09	-20057,89	-22200,16	-24484,20	-26922,49	-30873,60	-33665,41	-36655,66	-39865,27	-43315,24
Utilidad neta		74590,52	82905,95	91760,68	101201,37	111279,64	127619,13	139150,35	151510,08	164776,46	179036,33
Depreciación		36054,60	36054,60	36054,60	36054,60	36054,60	36054,60	36054,60	36054,60	36054,60	36054,60
Amortización intangible		8978,14	8978,14	8978,14	8978,14	8978,14	8978,14	8978,14	8978,14	8978,14	8978,14
Inversión total	-770799,29										
Préstamo	539559,51										
Capital del crédito		-30011,26	-33762,67	-37983,00	-42730,88	-48072,24	-54081,27	-60841,43	-68446,60	-77002,43	-86627,73
Valor de salvamento											680418,87
Flujo de caja	-231239,79	89612,00	94176,02	98810,42	103503,23	108240,15	109592,47	114363,52	119118,08	123828,63	808882,07

Tabla V. 6. Punto de equilibrio de la producción de chocolates

Porcentaje (%)	Unidades Producidas en el año	Costos Fijos (\$)	Costos Variables (\$)	Costos totales (\$)	Ventas (\$)
0%	0,00	237175,80	0,00	237175,80	0,00
8%	158400,00	237175,80	40132,04	277307,84	67761,00
17%	316800,00	237175,80	80264,07	317439,87	135522,01
25%	475200,00	237175,80	120396,11	357571,91	203283,01
33%	633600,00	237175,80	160528,15	397703,95	271044,01
42%	792000,00	237175,80	200660,19	437835,98	338805,01
50%	950400,00	237175,80	240792,22	477968,02	406566,02
58%	1108800,00	237175,80	280924,26	518100,06	474327,02
67%	1267200,00	237175,80	321056,30	558232,10	542088,02
75%	1425600,00	237175,80	361188,33	598364,13	609849,03
83%	1584000,00	237175,80	401320,37	638496,17	677610,03
92%	1742400,00	237175,80	441452,41	678628,21	745371,03
100%	1900800,00	237175,80	481584,45	718760,24	813132,03
	PUNTO DE EQUILIBRIO		1.359.756	unidades	94372

Tabla V. 7. Consumo de energía eléctrica por alumbrado y sección administrativa

	Potencia [W]	Tiempo de uso (h)	Energía Consumida (Kwh)
Alumbrado	250,00	24,00	6,00
Administración + Empleados	1000,00	8,00	8,00

Tabla V. 8. Consumo de energía eléctrica de equipos en la producción de chocolates

Equipo	Unidades	Tiempo de uso (h)	Potencia (Kw)	Energía Consumida (kWh)
Mezcladora	1	1	11	11,00
Tornillo sin fin	1	0,1	2	0,20
Refinadora	1	1,5	11	16,50
Banda Transportadora	3	0,5	0,12	0,18
Conchadora	1	16	15	240,00
Bomba lobular	2	0,2	2,2	0,88
Atemperador	1	1	8,3	8,30
Dosificador	1	1	17	17,00
Tunel Enfriamiento	1	2	5,8	11,60
Empadora	1	2	3,5	7,00
CONSUMO ENERGÉTICO DIARIO MÁQUINAS				312,66

Tabla V. 9. Consumo y costo total de energía eléctrica en la producción de chocolates

	Energía (Kwh)	Costo Kwh (\$)	Costo de la Energía Eléctrica
CONSUMO ENERGÉTICO DIARIO	316,66	0,0897	\$ 28,40
CONSUMO ENERGÉTICO MENSUAL	6333,20	0,0897	\$ 568,09
CONSUMO ENERGÉTICO ANUAL	75998,40	0,0897	\$ 6.817,06

Tabla V. 10. Consumo y costo del agua requerida por la planta de producción de chocolates

Operación	Cantidad diario (m3)	Requerimiento mensual	Requerimiento anual	Costo del m3 (USD)	Costo anual (USD)
Refinadora	3,5	70	840	0,5376	451,58
Conchadora	40	800	9600	0,5376	5160,96
Atemperador	4,8	96	1152	0,5376	619,32
Limpieza	10	200	2400	0,5376	1290,24
				TOTAL	7522,10

Tabla V. 11. Gastos de activos diferidos

Rubro	Costo total (\$)
Planeación e integración (3% de la inversión total)	23124
Ingeniería del proyecto (3,5 % de la inversión en activos de producción)	6351
Supervisión (1,5 %)	11562
Administración del proyecto (0,5 % de la inversión total)	3854
TOTAL	44891

Tabla V. 12. Costos totales y unitarios de la producción de chocolates

Rubro	Valor (\$)	(%)
Costo de producción	632782	89,49
Gastos administrativos	6845	0,97
Gastos financiero	67445	9,54
TOTAL	707071	100,00
unidades producidas	1900800	
Costo unitario del producto	0,37	
Precio de venta unitario	0,43	

Tabla V. 13. Costo de mano de obra directa e indirecta de la producción de chocolates

Nº personas	Operador de Máquina o Proceso	Salario Mensual	Aporte Patronal de 12.15% al IESS	Recargos por turnos nocturnos	Mensual, ex-bonificaciones	Annual, ex-bonificaciones	Vacaciones	13a vo	14a vo	Fondo de Reserva	Gran total anual
1	Supervisor de producción	600	73	0	673	8075	336	673	340	673	10097
1	Supervisor de calidad	500	61	0	561	6729	280	561	340	561	8471
1	Vendedor	600	73	0	673	8075	336	673	340	673	10097
4	Operador de Máquina y/o Proceso	\$340,00	\$41,31	\$0,00	\$381,31	\$4.575,72	\$190,66	\$381	\$340	\$381	\$21.950
4	Operador conchadora	\$340,00	\$41,31	\$85,00	\$466,31	\$5.595,72	\$233,16	\$466	\$340	\$466	\$26.540
										TOTAL	28665