

**ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL**

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la  
Producción**

“Mejora en el Proceso de Temperado del Chocolate en una  
Industria Chocolatera Ecuatoriana.”

**TESIS DE GRADO**

Previo a la obtención del Título de:

**INGENIERA DE ALIMENTOS**

Presentada por:

Gisella Alexandra Pérez Lara

**GUAYAQUIL – ECUADOR**

Año: 2006

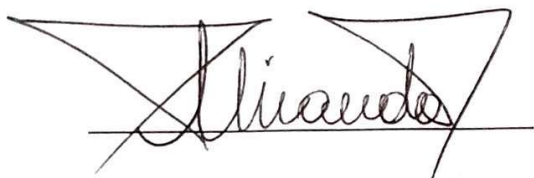
## AGRADECIMIENTO

Hacia aquellas personas que de una u otra forma me ayudaron, apoyaron en la realización de mi tesis; especialmente a Dios a mi familia, a Carlos Yong. Y un agradecimiento muy especial a la Ingeniera Fabiola Cornejo directora de mi tesis por su aporte incondicional e invaluable en el desarrollo de mi tesis.

## DEDICATORIA

A Dios, a mis  
padres, a mis  
hermanas, a mis  
abuelitas y a mi  
enamorado a cuya  
inspiración y  
consejos debo la  
realización del  
presente trabajo.

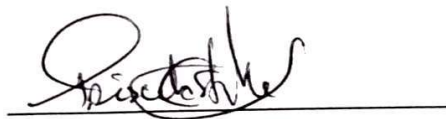
## TRIBUNAL DE GRADUACION



Ing. Luis Miranda S.  
DELEGADO DEL DECANO FIMCP  
PRESIDENTE



Ing. Fabiola Cornejo Z.  
DIRECTOR DE TESIS



Ing. Priscila Castillo S.  
VOCAL PRINCIPAL



## DECLARACIÓN EXPRESA



“La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, me corresponden exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”

(Reglamento de Graduación de la ESPOL).

Gisella Alexandra Pérez Lara.

## **RESUMEN**

En una empresa chocolatera de Guayaquil, existe un alto índice de reclamos y reproceso que repercuten en los costos directos de fabricación del producto; haciendo de esta manera al producto menos rentable y provocando cierto descontento en los consumidores. Por lo general, los reclamos se deben a que los consumidores identifican en su chocolate una superficie blanquecina dando una apariencia de viejo y por apariciones de burbujas pensando que contiene algún tipo de insecto.

Estos defectos son característicos de un mal temperado. Por lo tanto en este trabajo pretendemos realizar una mejora en el proceso industrial de la elaboración del chocolate (masa oscura) enfocándonos en el temperado.

Los objetivos que conseguiremos mejorando el proceso de temperado son los siguientes: disminuir reclamos y reproceso, aumentar el brillo en el chocolate, incrementar el rompimiento crujiente, alargar vida e anaquel del producto y finalmente eliminar burbujas de aire en el mismo.

Esta tesis esta comprendida en 5 capítulos. En el primer capítulo damos a conocer los antecedentes de la empresa, así como también el proceso de elaboración del chocolate y una breve descripción de la situación actual frente a: temperado, condiciones ambientales, viscosidad, selección de materias primas y formulación porcentual de la grasa.

En el segundo capítulo analizaremos como las materias primas están influyendo en el proceso de temperado. De tal manera que veremos como debe ser la composición de un chocolate, el tipo de grasas y la mezclas de grasas que puede contener la masa de chocolate.

Para el caso del tercer capítulo veremos las funciones de temperado, análisis actual frente el proceso de temperado, donde encontraremos el equipo y curva de temperado, control del equipo en línea y un análisis a través de una herramienta estadística llamada Q –STAT.

En el cuarto capítulo implementaremos una propuesta de mejora en la línea de producción. En este capítulo realizaremos un perfil sensorial identificando si en realidad obtenemos un mejor producto frente al actual; es decir que si efectivamente hubo un impacto positivo y notorio en las características organolépticas del producto (brillo, textura, fundencia).

Finalmente en el quinto capítulo veremos reflejado las conclusiones y recomendaciones pertinentes de esta tesis.

## ÍNDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN.....	I
ÍNDICE GENERAL.....	III
ABREVIATURAS.....	VI
SIMBOLOGÍA.....	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	IX
ÍNDICE DE TABLAS.....	X
INTRODUCCIÓN.....	XI

### CAPITULO 1

<b>1. GENERALIDADES.....</b>	<b>2</b>
1.1 Antecedentes de la Empresa.....	2
1.2 Diagrama de Flujo del Chocolate (Masa Oscura).....	6
1.3 Descripción del Proceso del Chocolate (Masa Oscura).....	7
1.4 Descripción de la Situación Actual.....	13



1.4.1 Situación Actual Frente al Temperado.....	15
---	----

## **CAPITULO 2**

### **2. ANÁLISIS DE MATERIAS PRIMAS UTILIZADAS**

<b>QUE PUEDEN AFECTAR EL TEMPERADO .....</b>	<b>19</b>
--	-----------

2.1 Estudio de Formulación del Chocolate.....	22
---	----

2.2 Cristalización de la Grasa en el Chocolate.....	25
---	----

2.2.2 Morfología de los Cristales de Grasa.....	25
---	----

2.2.3 Mezclas de Grasas Diferentes.....	29
---	----

## **CAPÍTULO 3**

<b>3. ANÁLISIS DEL PROCESO DE TEMPERADO .....</b>	<b>31</b>
---	-----------

3.1 Precristalización o Atemperado.....	32
---	----

3.2 Equipo de Temperado.....	35
------------------------------	----

3.3 Curva de Temperado.....	41
-----------------------------	----

3.3.1 Curvas de Temperado para Masas con Contenido de Grasa Normal.....	43
--	----

3.4 Control del Equipo en Línea.....	47
--------------------------------------	----

3.4.1 Análisis de Datos en Q-Stat.....	50
--	----

**CAPÍTULO 4**

<b>4. IMPLEMENTACIÓN DE MEJORA EN LA LÍNEA TEMPERADO.....</b>	<b>63</b>
4.1 Implementación de Mejora.....	63
4.2 Monitoreo y Análisis de la Mejora .....	67
4.3 Análisis Sensorial del Producto Terminado.....	76

**CAPITULO 5**

<b>5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>81</b>
---	-----------

**APÉNDICES****BIBLIOGRAFÍA**

## ABREVIATURAS

min	Minuto
S1	Sector 1
S2	Sector 2
S3	Sector 3
3D	Tercera Dimensión
vs.	Versus

## SIMBOLOGÍA

$\gamma$	Gamma
$\alpha$	Alfa
$\beta$	Beta
$\beta_1$	Cristales Estables Beta
$\beta_2$	Cristales Inestables Beta
$C_p$	Índice de capacidad del proceso
LSL	Límite inferior especificado
USL	Límite superior del proceso
$\sigma$	Desviación estándar
$\bar{x}$	Media de la población
$C_{pk}$	Índice de capacidad estimada
%	Porcentaje
Kg/ h	Kilogramo por hora (flujo másico / Caudal)
°C	Grado Centígrado
Hz.	Hertz
$\Theta$	Teta (Tiempo)

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1.1.1	Total de Reclamos (2000 – 2006) .....3
Figura 1.1.2.	Reclamos por Calidad desde el 2000 hasta el 2006.....4
Figura 1.1.3	Chocolate con Fat Bloom.....5
Figura 1.2.	Diagrama de Flujo del Chocolate (Masa Oscura).....6
Figura 1.3.1	Mezclador marca Carle & Montanari.....8
Figura 1.3.2.	Refinador marca Bhuler.....8
Figura 1.3.3.	Conchador Marca Frisse.....9
Figura 1.3.4.	Tanque de Almacenamiento.....9
Figura 1.3.5.	Templadora marca Asteed.....11
Figura 1.3.6.	Túnel de Enfriamiento marca Cavemil.....13
Figura 2.2.1.	Temperaturas de Cristalización de la Manteca de Cacao.....27
Figura 3.1.	Etapas de Formación de Cristales del Chocolate.....34
Figura 3.2.1	Controles de Temperatura de Sectores (Templadora Asteed).....35
Figura 3.2.2.	Diagrama en 3D Templadora Asteed.....36
Figura 3.2.3.	Esquema del Proceso de Temperado.....41
Figura 3.3.	Esquema Representativo del funcionamiento del Temperímetro Sollich.....42
Figura 3.3.1	Tipos de Precristalización.....43
Figura 3.4.1.1	Gráfica de Control sobre el índice de Temperado en el mes de Julio.....52
Figura 3.4.1.2	Gráfica de Control del Sector 1.....54
Figura 3.4.1.3	Gráfica de Control sobre la Entrada de Agua del Sector 1.....55

Figura 3.4.1.4	Gráfica de Control sobre la Salida de Agua del Sector 1.....	56
Figura 3.4.1.5	Gráfica de Control del Sector 2.....	57
Figura 3.4.1.6	Gráfica de Control sobre la Entrada de Agua del Sector 2.....	58
Figura 3.4.1.7	Gráfica de Control sobre la Salida de Agua del Sector 2.....	59
Figura 3.4.1.8	Gráfica de Control del Sector 3.....	60
Figura 3.4.1.9	Gráfica de Control sobre la Entrada de Agua del Sector 3.....	61
Figura 4.2.1.	Curva de Temperado antes de la prueba de Temperado con un índice de 7.7.....	68
Figura 4.2.2.	Curva de Temperado antes de la prueba de Temperado con un índice de 3.8.....	69
Figura 4.2.3.	Curva de Temperado antes de la prueba de Temperado con un índice de 3.8.....	70
Figura 4.2.4.	Curva de Temperado antes de la prueba de Temperado con un índice de 5.....	71
Figura 4.2.5.	Comportamiento de Curva de Temperado Una vez realizada la prueba.....	72
Figura 4.2.6.	Comportamiento de Temperaturas cada 30 minutos en el Primer Sector .....	73
Figura 4.2.7.	Comportamiento de Temperaturas cada 30 minutos en el Segundo Sector .....	74
Figura 4.2.8.	Comportamiento de Temperaturas cada 30 minutos en el Tercer Sector .....	75
Figura 4.3.1	Chocolate Actual vs. Prueba.....	77
Figura 4.3.2	Perfil Chocolate Actual.....	79
Figura 4.3.3	Perfil Chocolate Prueba.....	79

## ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
TABLA 1	Criterios de Calidad frente a las Principales Materias Primas empleadas en la elaboración de Chocolate.....21
TABLA 2	Formulación de Chocolate con Diferente Porcentaje de Grasa Láctea.....23
TABLA 3	Formulación de Chocolate con Leche con Diversos contenidos de Grasa Total .....24
TABLA 4	Productos vs. Moldes por Minuto.....38
TABLA 5	Costo por Escenario.....64
TABLA 6.	Temperaturas de Sectores.....67
TABLA 7.	Atributos Destacados del Chocolate Actual vs. Chocolate Prueba.....77

## **INTRODUCCIÓN**

Hoy en día en las industrias de confitería el chocolate es uno de sus principales productos. Es por ello que es necesario ayudar y mejorar ciertas etapas del proceso; logrando de esa forma un producto apetecible e irresistible hacia el consumidor con un mayor margen de utilidad por parte del fabricante.

El chocolate es un alimento considerado único ya que se encuentra en estado sólido a temperatura ambiente pero funde rápidamente en la boca.

Nuestro alcance repercutirá en mejorar el proceso del chocolate en la etapa del temperado con lo que conseguiremos mejorar el perfil actual del producto centrándonos en las características organolépticas específicamente brillo, color, textura y fundencia; propias del chocolate.

La tesis abarcará exclusivamente lo referente al chocolate con masa de leche; es decir chocolate oscuro.



# **CAPITULO 1**

## **1. GENERALIDADES.**

### **1.1 Antecedentes de la Empresa**

La industria en donde se realizó el estudio, es una empresa prestigiosa a nivel mundial. Uno de sus productos tradicionales en el mercado es el chocolate.

Durante los últimos reportes los reclamos de calidad son los que tienen mayor incidencia frente a reclamos por empaque, cuerpos extraños o relacionados con salud como se puede observar en la figura 1.1.1

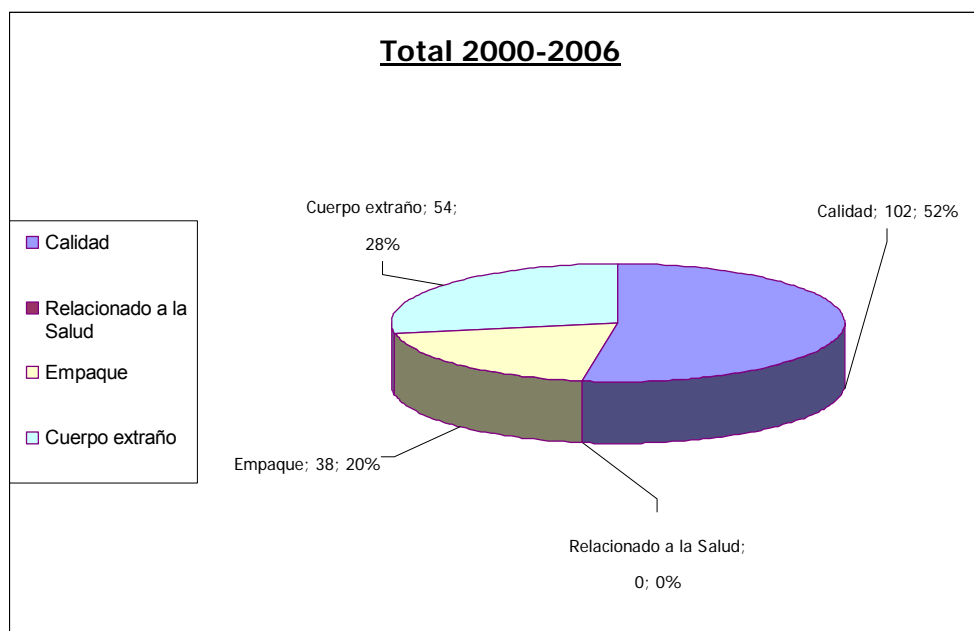
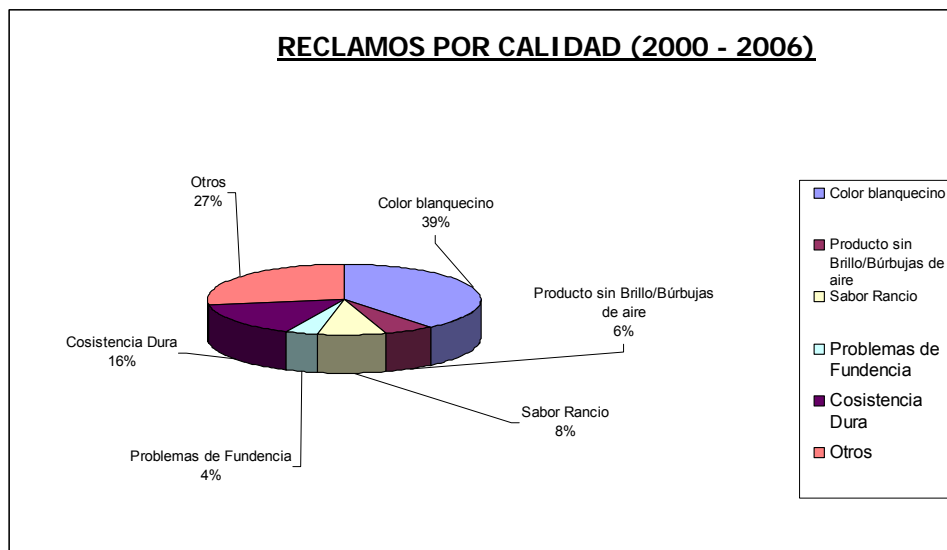


Fig. 1.1.1 TOTAL DE RECLAMOS (2000 – 2006)

Los reclamos de calidad se los ha clasificado por: color blanquecino, sin brillo y burbujas de aire, sabor rancio, problemas de fundencia, consistencia dura y otros. Esto se puede visualizar en la figura 1.1.2 donde se observa como el 39% de los reclamos de calidad son por migración de grasa.; siendo estos mayoría. A su vez, se puede apreciar como el 65% de reclamos son por causa del temperado.



Elaborado por: Gisella Pérez

Fig.1.1.2 RECLAMOS POR CALIDAD DESDE EL 2000 HASTA EL 2006

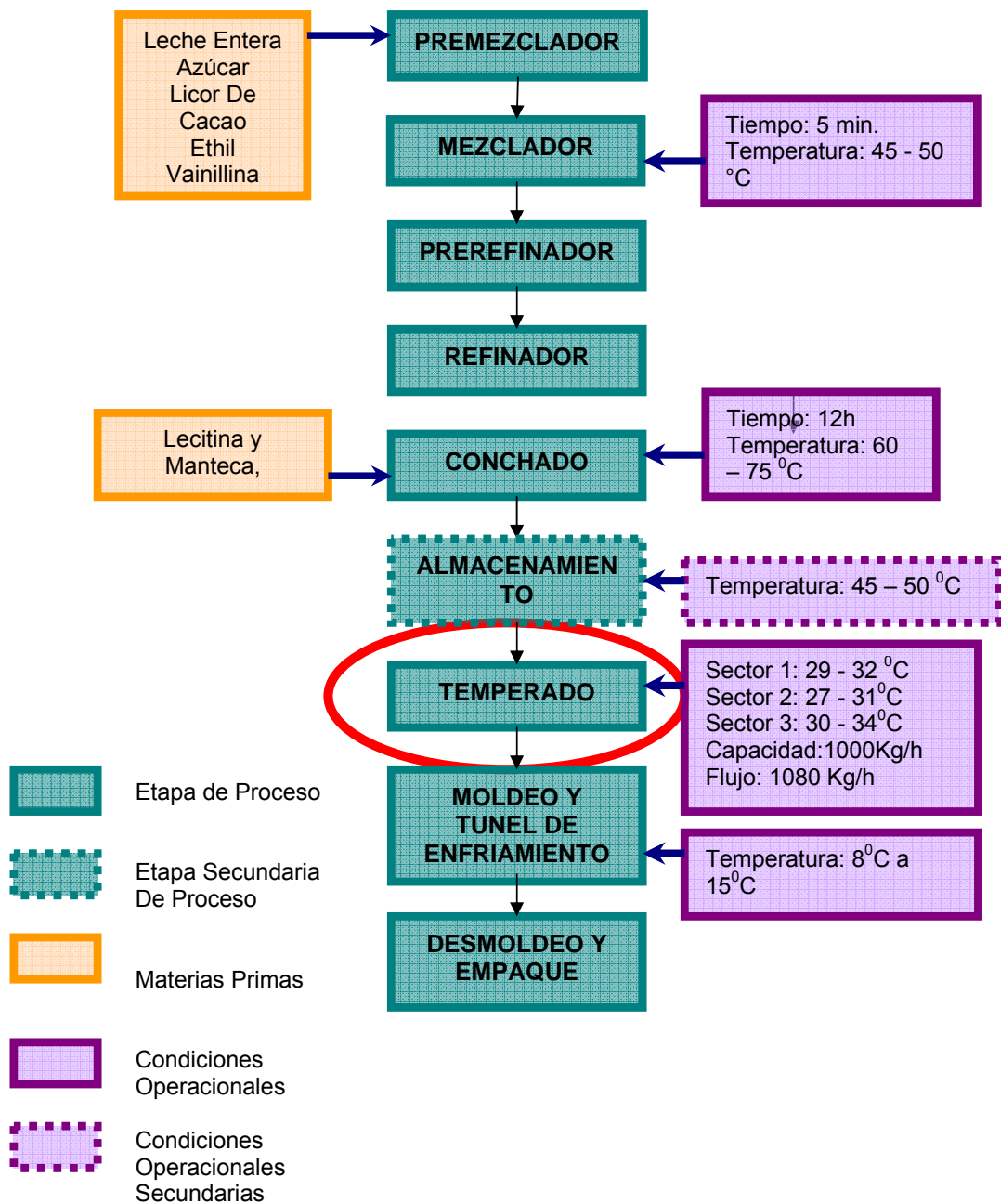
Esto ha generado preocupación en los ejecutivos de la empresa puesto que se está perdiendo confiabilidad por parte del consumidor y credibilidad de marca.

Al tener en la empresa problemas de temperado produciendo un alto índice de formación de burbujas y de fat bloom optamos por realizar el estudio pertinente en el mismo. En la figura 1.1.3 podemos observar chocolates con migración de grasa.



Fig.1.1.3. CHOCOLATES CON FAT BLOOM

El diagrama de flujo del chocolate (masa oscura) se puede observar en la figura 1.2; desde que ingresan algunas materias primas al premezclador hasta llegar a la etapa de empaque.



**Fig 1.2 DIAGRAMA DE FLUJO DEL CHOCOLATE (MASA OSCURA)**

## 1.2 Descripción del Proceso de Chocolate (Masa Oscura)

### Premezclado y Mezclado

La elaboración del Chocolate (Masa Oscura) empieza con la adición de las siguientes materias primas: Azúcar Cristal, Leche en polvo, Licor de Cacao y Ethil Vainillina en el pre- mezclador. Luego estos ingredientes entran al mezclador marca Carle Montanari (ver figura 1.3.1) para lograr una buena homogenización, el tiempo de estadía es de 5 minutos a una temperatura de 45 - 50°C.

### Prerefinado y Refinado

La masa sale del mezclador muy gruesa y espesa necesitando de un pre -refinador (BUHLER ver figura 1.3.2) que se encarga de moler la masa por medio de rodillos. Posteriormente pasa a dos refinadores simultáneamente dando una masa más fina con el objetivo de que haya menos grumos.

La diferencia entre el prerefinador y el refinador es conseguir un polvo homogéneo con un tamaño de partículas reducido (20 a 28 micras); ya que si pasa por un solo refinador el tamaño de partículas será mayor a las 30 micras, afectando al producto final en la textura dando una sensación arenosa.



Fig. 1.3.1 MEZCLADOR MARCA CARLE & MONTANARI



Fig. 1.3.2 REFINADOR MARCA BHULER

### Conchado

Posteriormente la masa es transportada a la concha ver figura 1.3.3, equipo en el que se le adiciona la manteca y lecitina de soya (emulsificador) mezclándose por un tiempo de doce horas a temperaturas de 60 a 75 °C. La función específica en esta etapa es la de eliminar microorganismos patógenos y el sabor a cacao.



Fig. 1.3.3 CONCHADOR MARCA FRISSE

### Almacenamiento

Luego el chocolate es transportado a los tanques de almacenamiento, para ser utilizado cuando producción solicite.



Fig. 1.3.4. TANQUE DE ALMACENAMIENTO



Posteriormente el chocolate pasa a un tanque pulmón ver figura 1.3.4 donde se agita el chocolate para que no se vaya a solidificar; manteniendo a una temperatura de 45 a 50°C.

### Temperado

Después el chocolate pasa a la templadora, cuya función primordial es que la manteca de cacao forme cristales estables ( $\beta_1^I, \beta_2$ ).

La templadora tiene tres zonas en el primer sector la temperatura de 29 - 32 °C, en el segundo sector es de 27 - 31 °C y en el tercer sector es de 30 - 34 °C.



Fig. 1.3.5 TEMPLADORA MARCA ASTEED

#### Moldeo y Túnel de Enfriamiento

Una vez que la masa de chocolate es temperada (ver figura 1.3.5) pasa a la dosificadora para luego ser colocado en los moldes; pasando por una banda vibradora para entrar al túnel de enfriamiento.

El túnel de enfriamiento empleado en la fábrica es un túnel multipiso como se puede apreciar en la figura # 1.3.6. de marca Cavemil, con una capacidad de 600Kg/h.

El tiempo de solidificación de un producto no depende solamente de la cantidad de cristales presentes en el chocolate sino

también de su tipo y cantidad. El tiempo que permanece en el túnel el chocolate actualmente, es de 15 a 20 minutos a una temperatura que fluctúa entre 8 a 15 °C aproximadamente dependiendo de la etapa.

La temperatura del aire no es constante, ya que existen tres etapas con diferentes temperaturas. En la primera etapa la temperatura es de aproximadamente 15 °C y su objetivo es continuar con la cristalización. En la segunda etapa la temperatura oscila entre 8 a 10 °C con la función de que solidifique completamente la masa. En la tercera etapa la temperatura sube a 15 °C para que al salir el chocolate este no se condense y se habitúe con la temperatura del exterior.

La humedad relativa debe ser del 55% para evitar la condensación y a una temperatura de 20 °C, sin embargo el porcentaje de humedad se encuentra en 47% y a una temperatura de 22 °C. A pesar que la humedad y temperatura del área de empaque no son las más recomendables, no es un factor determinante siempre y cuando se tenga un buen control del proceso.



Fig 1.3.6. TÚNEL DE ENFRIAMIENTO MARCA CAVEMIL

#### Desmoldeo y Empaque

El chocolate sale desmoldeado del túnel y finalmente por bandas transportadoras el producto es empacado.

### **1.4 Descripción de la Situación Actual**

En la actualidad hemos seccionado ciertos parámetros que suelen afectar las características organolépticas del chocolate mostrando su situación actual.

- Selección de Materias Primas
- Formulación Porcentual de Grasa
- Temperado

#### Selección de Materias Primas

La selección de materia prima al igual que la composición de la fórmula son aspectos muy importantes, debido que influye de manera significativa en las características organolépticas del producto.

Con respecto a la selección materias primas se lleva un control microbiológico y físico- químico para luego realizar una degustación. Cabe mencionar que las especificaciones brindadas por los proveedores deben regirse bajo la norma ecuatoriana o en su defecto al codex alimentarius. Este procedimiento se lleva a cabo de manera periódica y al azar para aquellas materias primas que empleamos frecuentemente. Finalmente realizamos auditorias periódicas a nuestros proveedores para tener mayor certeza de que nos entregan productos de calidad y seguridad alimentaria

### Formulación Porcentual de Grasa

Con lo que respecta a la cantidad de grasa presente en el chocolate es necesario verificar y realizar diversas pruebas variando porcentualmente la grasa. Sin embargo nuestro estudio no se enfocará en la reformulación de la masa de chocolate, porque en la actualidad se emplea el 12% de grasa; siendo aceptada por el consumidor.

#### **1.4.1 Situación Actual Frente al Temperado**

Como se indicó en la sección 1.3 la templadora tiene tres zonas con diferentes temperaturas.

En esta etapa se han encontrado inconvenientes en el proceso como está descrito a continuación.

- En la empresa se fábrica con diferentes turnos. La verificación que se realice en capítulos posteriores se hará considerando este detalle.

- El método de control por parte de la empresa está basado en un formulario donde se coloca las temperaturas por cada sector. Sin embargo nunca se había analizado si las mediciones tomadas reflejaban resultados coherentes o en su defecto velar por la calibración periódica de los equipos y sobre todo buena capacitación en el monitoreo de equipos.

#### *Fat Bloom*

Existen cristales de grasa que se transforman en inestables gamma y alfa (  $\gamma, \alpha$  ) cuando se elabora chocolate produciendo migración de grasa hacia la superficie llamada eflorescencia de grasa o fat bloom. Estos cristales inestables pueden cambian su estructura hacia cristales estables beta (  $\beta^1, \beta_2$  ); sin embargo en estas formas también puede haber presencia de fat bloom como veremos a continuación.

El fat bloom puede producirse cuando el chocolate se funde y recristaliza; es decir cuando el chocolate

se lo coloca en el sol con la intención de que ahí se temple. Esto puede solucionarse añadiéndole al chocolate, cristales de grasa pertenecientes a la manteca de cacao, pero con un punto de fusión mucho más alto. Estos cristales permanecerán en el chocolate y actuarán a modo de núcleo cuando estos vuelvan a solidificarse, previendo la aparición del fat bloom. (Becket, 2000)

La aparición de fat bloom también se puede dar en chocolates compuestos por un centro alto en frutos secos (como avellanas) porque la grasa de este tipo de frutos se encuentra casi en su totalidad en estado líquido a temperatura ambiente; produciendo una migración de las grasas blandas hacia el chocolate. (Becket, 2000)

Sin embargo nuestro enfoque no se basará en las formaciones mencionadas de fat bloom; sino en el envejecimiento del chocolate (puede retrasarse con la adición del 1% de grasa láctea).

Hay varios modos de reducir el bloom. Algunos se basan en tratar de evitar que la grasa blanda llegue a la superficie del chocolate utilizando una grasa



más dura para que forme una capa en la cubierta del chocolate evitando así que llegue a migrar a la superficie. Otra forma es produciendo un sistema muy similar al de una esponja en el centro del chocolate (bombón). (Becket, 2000) Estos dos mecanismos no son significativos para nuestro estudio. Sin embargo creemos que nuestro bloom parte del mal manejo del proceso de temperado, es por ello que en el capítulo 3 veremos un análisis profundo frente a las materias primas y nuestro control en línea actualmente.

## **CAPITULO 2**

### **2. ANÁLISIS DE MATERIAS PRIMAS UTILIZADAS QUE PUEDEN AFECTAR EL TEMPERADO.**

Las principales materias primas empleadas en la elaboración del chocolate son: licor de cacao, manteca de cacao, azúcar, leche en polvo, vainillina y lecitina (emulsificante).

En la tabla 1 se resume las principales materias primas utilizadas en la elaboración del chocolate (masa oscura) y como estas influyen en la calidad del producto final. Las materias primas que retardan el fat bloom son: manteca de cacao y la lecitina de soya. La manteca de cacao puede ser un factor determinante en

la eflorescencia del chocolate cuando se mezclan indebidamente diferentes grasas (sustitutos de manteca por encima del 5%, o sustitutos equivalentes a la manteca por encima del 20%) con la grasa de la manteca y leche; trayendo como consecuencia un impedimento en la formación de cristales beta. En el caso de la lecitina de soya al exceder del 0,5% en vez de ayudar a retardar el bloom, ayudara a que aparezca más rápido la superficie blanquecina debido a que sus moléculas se separaran complicando la formación de cristales beta.

Cabe mencionar que en este trabajo sólo analizaremos el porcentaje de grasa debido a que sería lo que podríamos cambiar en el caso de ser necesario.

**TABLA 1**

**CRITERIOS DE CALIDAD FRENTE A LAS  
PRINCIPALES MATERIAS PRIMAS EMPLEADAS EN LA  
ELABORACIÓN DEL CHOCOLATE**

MATERIAS PRIMAS	CRITERIOS DE CALIDAD	INFLUENCIAS/ PROPIEDADES
<b>LICOR DE CACAO</b> Líquido	Procedencia: Forastero Criollo Color  Sabor Valor pH Contenido de grasa  Contenido de Agua	Marrón claro - Marrón oscuro Agradable suave hasta aromático acerbo, amargo, astringente  30% Propiedades reológicas óptimas con 18 - 20pm y < 2% de humedad Residual
<b>MANTECA DE CACAO</b> SÓLIDO – LIQUIDO	Manteca de prensado Pura Clara Desodorizada Índice de Oxidación Propiedades de cristalización Dureza	Contenido de agua máx.: 0.1  Contracción Brillo neutro en sabor y olor Retarda el blanqueado de grasas
<b>AZUCAR</b> <b>SACAROSA</b>	Azúcar cristal libre sustancias Ajenas	La proporción determina el dulzor más fino al igual que el tiempo de mezclado con una mayor viscosidad
	Seco Pureza	No haya un sabor metalizado producto de la pulverización.
	Fineza	La molienda es más fina cuando la propor - ción de manteca de cacao es mayor.
<b>LECHE EN POLVO</b>	Leche spray o Soller Color Olor Sabor	Nota de leche  Característico
	Susceptible de fluir Sin grumos	viscosidad, susceptibilidad de corrimiento , fusión, rompimiento, estabilidad en alma - cén, ahorro de manteca de cacao.
	Contenido de agua y grasa	
<b>VAINILLINA</b>	Tipos diferentemente estandar- izados idéntico al natural - ex eugenol sintético, blanco, olor y sabores débiles, polvo fino	Puro o en mezcla con manteca de cacao, alcohol o azúcar glas.  Mejora y acentúa el sabor
	(vainillina etílica) Sustancia extraña	Identificación obligatoria
<b>LECITINA</b>	Natural Color agradable, limpio y lo más claro posible ( dependiendo del	Emulgente – baja la viscosidad y mejora las propiedades reológicas Ahorro de manteca de cacao

	tipo y de la utilización)	Retarda el blanqueado de grasa
	Olores y sabores típicos, neutros	Mejora la mojabilidad de cacao instantáneo
	Comportamiento emulsionante	Estabiliza
	Sustancia inofensiva	máx. 0.3% de fosfolípidos. Generalmente lo
	Contenido de lecitina pura- 60%	óptimo son cantidades menores al 0.5% cantidad que va depender de la humedad residual. Termosensible
	Libre de mohos y levaduras	Cuando la dosis es demasiado alta el efecto
	Microbiológicamente	es contrario al igual que el límite de fluidez.
	Irreprochable	

Fuente: Tecnología de los Dulces ( Tomo 1 Chocolate)

## 2.1 Estudio de la Formulación del Chocolate

Este estudio abarcará los componentes grasos del chocolate.

Los factores que determinan el perfil del consumidor del chocolate son: licor de cacao, sacarosa, leche en polvo y manteca de cacao

La composición y propiedades mínimas y máximas del chocolate con leche están reglamentadas por el decreto sobre los productos de cacao.

En cuanto más alto es el contenido de componentes de leche (particularmente grasas de leche) más claro, fino y suave será el chocolate con leche.

Los requerimientos mínimos de cacao, licor de cacao, leche y grasas podemos observarlos en la tabla 2. Donde el chocolate con leche entera es mucho más suave, fino y claro frente al chocolate con leche normal.

**TABLA 2**

FORMULACIÓN DE CHOCOLATE CON DIFERENTE PORCENTAJE DE GRASA LÁCTEA

<b>Todos los valores en %</b>	<b>Chocolate con Leche Normal</b>	<b>Chocolate con Leche Entera</b>
Cacao Total	25	30
Cacao sin grasa	2,5	2.5
Licor de cacao	5,5	5.5
Grasas total	25	25
Grasa de Leche	3,5	4.5
Leche	14	18
Manteca de cacao		
Sacarosa	55	50

Fuente: Tecnología de los Dulces ( Tomo 1 Chocolate)

Para el caso de la formulación de un chocolate con leche los criterios que se consideran son: la formulación, sabor, color, olor, fineza, fundencia, sonido al partirlo y brillo. Es por ello que en la tabla 3 podremos apreciar la formulación de un chocolate con leche tanto con poca grasa como con un contenido normal y con un alto contenido de grasa.

El chocolate con leche entera es el que tiene mayor contenido de grasa 33,8% frente a los otros dos tipos de chocolates. Es mejor que el contenido de grasa se encuentre entre el chocolate con poca grasa y el chocolate con grasa normal porque nos ayuda a que fluya la masa evitando quedarse en los rodillos del refinador, también ayuda a que no se sobre cargue el motor de la concha y finalmente ayuda a retardar el fat bloom. Además tanto la leche en polvo como la manteca de cacao son materias primas costosas.

**TABLA 3**

FORMULACIÓN DE CHOCOLATE CON LECHE CON DIVERSOS CONTENIDOS DE GRASA TOTAL

<b>MATERIAS PRIMAS</b>	<b>Chocolate Con Leche con poca Grasa</b>	<b>Chocolate con Leche Con Normal Grasa</b>	<b>Chocolate con Leche Entera Alta Grasa</b>
Licor de cacao	14%	12%	13.5%
Manteca de cacao	18%	20%	21%
Azúcar	50%	48%	42%
Leche entera en polvo	16%	20%	23,5%
Leche en polvo desengrasada	4%	0%	
Lecitina	0,40%	0,40%	0,4%
Vainillina	0,04%	0,04%	0,03%
Contenido aproximado de grasa	29,70%	31,20%	33,8%

Fuente: Tecnología de los Dulces ( Tomo 1 Chocolate)

## **2.2. Cristalización de la Grasa en el Chocolate**

Para poder comercializar un producto con el nombre de chocolate es necesario que contenga mayoritariamente manteca de cacao como grasa, la cuál está compuesta de varios triglicéridos cada uno de los cuáles solidifica a diferentes temperaturas y velocidades

En la manteca de cacao hay tres ácidos grasos principales que representan el 95% de los ácidos grasos presentes. Casi el 35% (C18:1) corresponden al ácido oleico, 34% (C18:0) al ácido esteárico y 26% al ácido palmítico (C16:0). Esto se debe a que es una grasa relativamente simple porque esta constituida por pocos componentes, por lo que funde rápidamente a temperatura ambiente y a la de la boca. (Beckett, 2000)

El porcentaje de manteca de cacao utilizado actualmente es del 19%.

### **2.2.1 Morfología de los Cristales de Grasa**

Las grasas pueden cristalizarse de diferentes modos, de hecho poseen una propiedad que se conoce como



*poliformismo* (se pueden presentar bajo diferentes formas moleculares). Según la estructura que posee la grasa se vuelve más densa cuando posee un contenido alto de energía, pero cuando el contenido es menor, se vuelve menos estable y difícil de fundir. La razón de esto es que las diferentes moléculas de grasa pueden encajar entre sí de varios modos distintos.

Algunas grasas sólo tiene una forma estable de apilarse, mientras otras tienen tres que son:  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\beta^i$ . Sin embargo como se mencionó anteriormente la manteca de cacao posee seis formas de cristalización; su nomenclatura es en números romanos que va desde I hasta el VI. Las formas V y VI son las más estables y sus empaquetamientos son de tres cadenas mientras que las demás son de dos. Como podemos apreciar en la figura 2.2.1 la forma I es muy inestable, se forman los cristales gamma ( $\gamma$ ) que funden a 17 °C aproximadamente, cambiando rápidamente a la forma II que funde a temperaturas de 22 a 24 °C formándose los cristales inestables alfa ( $\alpha$ ), a su vez se transforma (a velocidades más lentas) en la forma III donde empieza la formación de

cristales inestables beta ( $\beta_2$ ) que funde a una temperatura de 24 a 26 °C y está se transforma (a velocidades más lentas que en la forma III) en la forma IV continúa con la formación de cristales estables beta ( $\beta_1$ ) . En la forma V el comportamiento es igual al de la forma IV, continuando con la formación de cristales estables beta. (Beckett,2000)

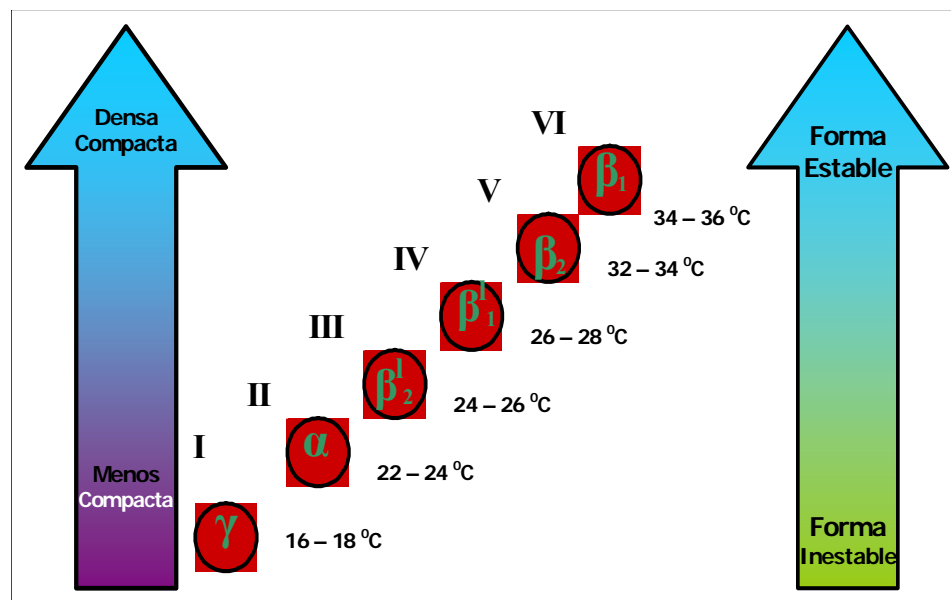


FIG.2.2.1 TEMPERATURAS DE CRISTALIZACIÓN DE LA MANTECA DE CACAO

Si un chocolate líquido a unos 30 °C se utiliza para hacer un producto de confitería que posteriormente va a ser enfriado en una corriente de aire a unos 13 °C durante 15 minutos, la forma IV será el principal tipo de cristal que

esté presente. La forma IV es relativamente blanda de modo que el chocolate no producirá ninguna ruptura crujiente. Además al pasar unos días podría transformarse en la forma V; tiempo que dependerá de las condiciones de almacenamiento (mientras más altas sean las temperaturas, el chocolate con mayor velocidad cambiará su formación de cristales). (Becket 2000)

Las formas más estables son más densas, produciendo que el chocolate se contraiga; pero aún así, parte de la manteca de cacao se encuentra en estado líquido a temperatura ambiente y además, cuando la grasa pasa a un estado energético más bajo, se libera algo de energía. Esta combinación de efectos empuja a la grasa situada entre las partículas sólidas hacia la superficie formando grandes cristales que dan apariencia blanca conocida como eflorescencia grasa o fat bloom. (Becket 2000)

En la empresa la temperatura a la que suele estar el chocolate almacenado antes de ser temperado es de 45 a 50°C cuando el tanque se encuentra lleno; sin embargo

suele ser de temperaturas menores, es decir 34 a 38 °C cuando existe una recirculación de masa.

Después de ser temperada la masa se enfría por un tiempo de 15 a 20 minutos a una temperatura aproximada que va entre 8 a 10 °C.

### **2.2.2 Mezclas de Grasas Diferentes**

Cuando se mezclan dos o más grasas es importante que el chocolate final solidifique a una velocidad adecuada y que la textura y propiedades en la boca sean las apropiadas.

La grasa de la leche tiene una estructura diferente a la manteca de cacao a pesar de estar formada por triglicéridos; ya que al mezclarse hace que la estructura global se vuelva menos estable, por lo que el producto se fundirá fácilmente, ya que contendrá más grasa en estado líquido.

Las grasas de leche se encuentran presente en todos los chocolates con leche e incluso en muchos chocolates puros. En este segundo caso la razón es la de reducir la posibilidad de un fat bloom. Si se añade grasa láctea en

cantidades próximas al 5% del peso del chocolate. La grasa láctea hace al chocolate más blando y aumenta el tiempo necesario para que la manteca de cacao pase de forma V a forma VI y que no se produzca la capa blanquecina en la superficie.

El porcentaje de grasa de leche que se emplea en la empresa es del 11% en una parada de producción, porcentaje permitido ya que solamente existen requerimientos mínimos que en este caso es del 5%.

(Beckett, 2000)

La temperatura a la que adicionamos la grasa láctea es de 35 a 38 °C encontrándose dentro del rango óptimo.

(Beckett, 2000)

# **CAPITULO 3**

## **3. ANÁLISIS DEL PROCESO DE TEMPERADO**

El temperado se basa en que el chocolate sufra un cambio de estado de líquido a sólido (solidificación que se producirá en el túnel de enfriamiento); de manera que se formen cristales estables. Al realizar un buen temperado tendremos las siguientes propiedades

- Buenas propiedades de viscosidad
- Brillo Perfecto
- Rompimiento crujiente
- Textura y fusión agradable
- No burbujas de aire

- Mejora en la transferencia de sabor
- Resistencia al blanqueado de grasa y buenas propiedades de almacén.

### 3.1 Precristalización o Atemperamiento

En el tanque pulmón se lleva acabo la precristalización; etapa en la cuál se forman todos los cristales inestables ( $\gamma, \alpha$ ) y estables ( $\beta, \beta^l$ ). Aquí la masa de chocolate se encuentra en estado líquido pero con partículas dispersas de cacao, leche, azúcar, etcétera.

La precristalización en la industria estudiada se realiza en un tanque pulmón. La masa oscura se debe mantener entre 45 a 50°C en el tanque pulmón. Es importante mantener estás temperaturas para que no exista una insuficiencia o sobre temperado posterior. Por lo tanto, recomendamos colocar un termómetro a la salida del tanque pulmón para así verificar la temperatura de la masa que entra a la templadora. Esta implementación la veremos reflejada en el siguiente capítulo.

La agitación constante evita que el chocolate espese en el fondo del tanque, debido a que parte de la grasa se dirige hacia la

superficie. Uno de los factores que inciden en la velocidad de formación de cristales es la velocidad a la que se mezcla la masa de chocolate. Es importante que la agitación produzca una elevada fuerza cizalla, debido a que se debe romper los cristales de grasas sólidas y distribuirlos de forma uniforme. La fuerza de cizalla aporta con calor y energía para que se incremente la velocidad en que los cristales muy inestables ( $\gamma$ ) puedan transformarse en cristales alfa y beta en etapas posteriores.

El agitador trabaja a 21RPM generando una temperatura en la masa de 45 a 50 °C. Esto es variable debido a que cuando existe una recirculación de masa proveniente de la templadora hacia el tanque pulmón las temperaturas bajan alcanzando 34 °C y 38 °C produciendo solidificación de grasas. Esta situación se suele presentar porque el departamento de planificación de la compañía solicita la variación de formatos de chocolates para cumplir con el programa requerido por el departamento de ventas, perjudicando las características organolépticas del producto y aumentando el reproceso del chocolate

En la figura 3.1. se puede observar 3 etapas de formación de cristales en el proceso. En la etapa de precrystalización están



presentes todas las formas cristalinas (etapa que se ve reflejada en el tanque pulmón). En la etapa de cristalización, las temperaturas bajan enfriando el chocolate y formando cristales inestables y estables ( $\alpha$ ,  $\beta$ ), lo cuál ocurre en la templadora. Finalmente la etapa de solidificación se produce cuando entra al túnel de enfriamiento obteniendo una textura sólida propia del chocolate.

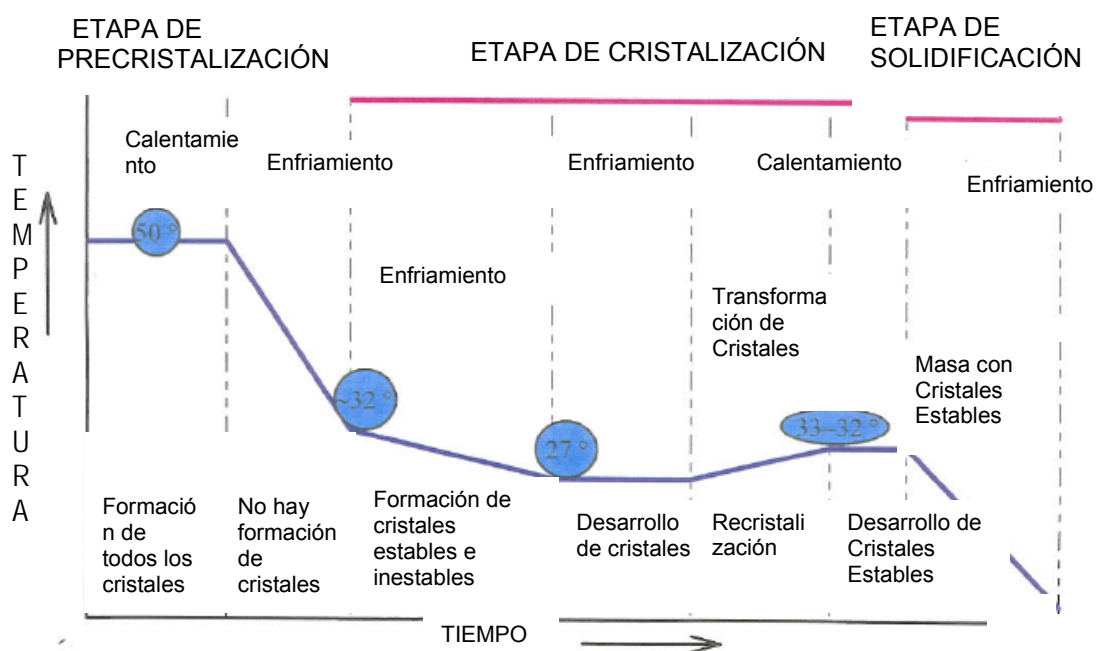


FIG. 3.1 ETAPAS DE FORMACIÓN DE CRISTALES DEL CHOCOLATE.

### 3.2 Equipo de Temperado

El equipo utilizado para el temperado de la masa de chocolate es un intercambiador de calor de superficie barrida, que tiene tres zonas de enfriamiento. Posee además, un sistema de válvulas automáticas que controlan la entrada de agua fría y/o caliente para la regulación de la temperatura. La templadora está constituida por una columna central (eje giratorio) al que se unen una serie de platos, los cuáles aseguran que el chocolate fluya. Cuanto más rápido gira el eje más rápido es la formación de cristales. Este equipo sólo es utilizado para masa oscura. En el equipo los controles se encuentran localizados de abajo hacia arriba, ver figura # 3.2.1.



FIG. 3.2 1. CONTROLES DE TEMPERATURA DE SECTORES (TEMPLADORA ASTEED)

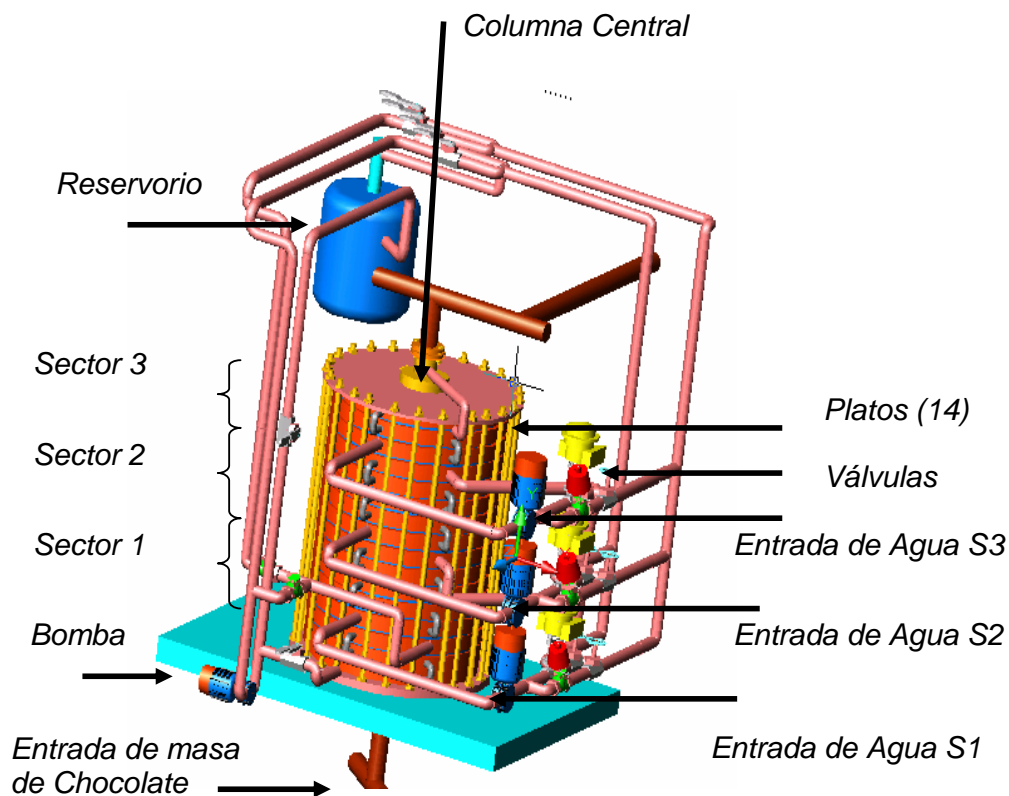


FIG. 3.2 2. DIAGRAMA EN 3D TEMPLADORA ASTEED

En el primer sector la temperatura a la cuál debe encontrarse el termómetro digital está entre 29 a 31 °C, por que en esta zona se precristaliza una pequeña cantidad de la grasa del chocolate, de modo que los cristales forman un núcleo, que facilita que la grasa solidifique rápidamente en la forma correcta. Estas temperaturas dependen de la temperatura a la que ingrese la masa; entre más fría entre la masa mayor debe ser la

temperatura a la que deberá ser sometida en este primer sector, lo óptimo es 30°C. Esto ocurre cuando la masa de chocolate estuvo en el tanque pulmón a temperaturas de 45 a 50°C. Para el caso del sector dos la temperatura del termómetro digital debe oscilar entre 27 a 29 °C lo cuál depende de la temperatura a la que haya sido ingresada la masa al sector 1, pero la temperatura óptima para este sector es 28°C. Es muy importante llegar a estas temperaturas porque será en este sector donde los cristales  $\beta$  se desarrollen, de modo que se hallen presentes los cristales de forma IV y V. En el sector tres la temperatura del termómetro digital debe verse aumentada es decir, que se debe encontrar entre 29 a 32°C, obedece de igual manera a la temperatura a la que haya sido ingresada la masa, siendo lo óptimo 29.5°C. Aquí básicamente se funden los cristales inestables ( $\gamma$ ,  $\alpha$ ) presentes en el chocolate.

Cabe mencionar que estas temperaturas teóricas son influidas de acuerdo al formato que se este fabricando. Los moldes por minuto que entran al túnel son diferentes de acuerdo al producto que se este elaborando como podemos observar en la tabla 4.

**TABLA 4**  
PRODUCTOS VS. MOLDES POR MINUTO

Productos	Moldes/min
Circulo	20
Corcho	35
Barras 10g	18 - 20
Barras 23g	23-27
Barras 100g	46-48

Elaborado por: Gisella Pérez

Por lo tanto al modificar el flujo de la bomba las temperaturas de las zonas se verán afectadas. Por otro lado como nos estamos refiriendo a un intercambiador de calor; entre más lento sea el flujo de masa de chocolate que pasa por la templadora mayor será su enfriamiento, por lo que la entrada de agua se verá afectada. Este equipo consta de dos circuitos que son: agua de enfriamiento y calentamiento. El agua de calentamiento es calentada en un intercambiador central a toda la planta. Su temperatura debe ser ajustada entre 50 y 55 °C. El agua fría por otro lado permite el paso del agua caliente cerrando el paso del agua fría. El ingreso de agua a la templadora es por sensores. Su presión debe ser determinada de acuerdo a las caídas de presión y a la presión admisible de las partes del circuito. La presión utilizada en nuestro equipo es de 4 a 6 Bar.

Existe agua caliente a 65°C para el recalentamiento de chocolate de la temperadora que retorna al tanque pulmón.

El agua de enfriamiento inyectada a la temperadora debe ser blanda porque de lo contrario se acumula suciedad, produciendo incrustaciones y reduciendo el intercambio de calor. Esta agua proviene de una torre de enfriamiento que por medio del chiller (sistema de compresión) llega a la temperatura requerida para la temperadora que es de 8 a 10°C.

En el apendice A se puede apreciar el formulario actual empleado por los operadores, donde se refleja el monitoreo que se realiza en la línea. Como podemos ver, la persona encargada del turno tiene que monitorear:

- Temperatura del tanque pulmon
- Temperaturas de los sectores, las entradas y salidas de agua por sectores,
- Flujo y frecuencia de la bomba
- Vibraciones por minuto de la moldeadora
- Temperaturas del tunel de enfriamiento.

La templadora contiene 70 litros de agua con un tiempo de temperado de 25 minutos, con un flujo másico de 1000 Kg/h trabajando la bomba a una frecuencia de 35Hz.

Si trabajamos con un mayor flujo el retorno hacia el tanque pulmón es mayor; generando complicaciones en el temperado como se aprecia en la figura 3.2.3. Cuando se produce chocolates de 100gramos generalmente no se tiene este tipo de problemas ni fat bloom, ya que se consume toda la masa de chocolate en la dosificadora impidiendo que exista una recirculación de masa; por lo que no habrá cambios de temperaturas en los sectores. Es por ello que podemos decir que el flujo constante dependerá del formato que se esté fabricando.

Si se trabaja con menor flujo se produce un enfriamiento interno en los platos de la templadora produciendo un daño en el equipo, evitando que se pueda continuar con el proceso de elaboración de chocolate. Esto ocurre porque la templadora tiene mayor capacidad que la dosificadora.

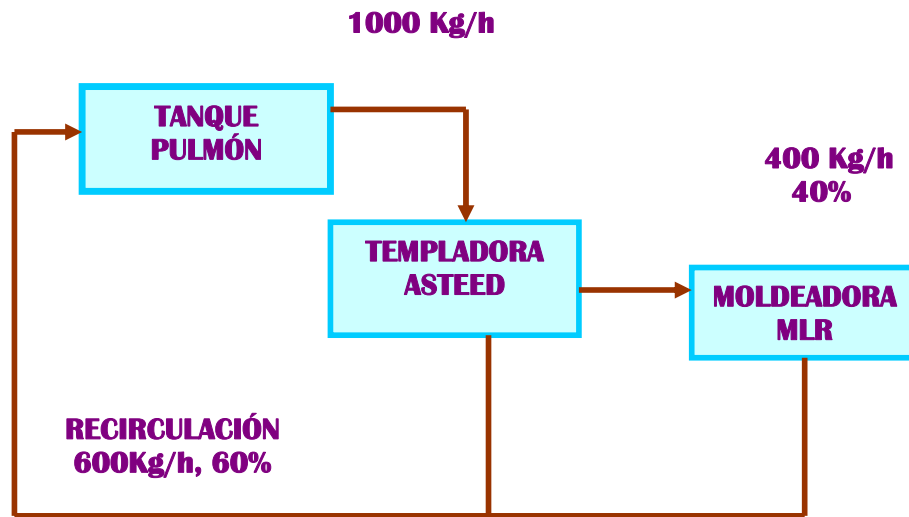


Fig.3.2.3 ESQUEMA DEL PROCESO DE TEMPERADO

La recirculación de masa provoca un gasto innecesario de energía y problemas en el temperado. En el apéndice B se puede visualizar esta etapa apreciando las entradas y salidas de flujo.

### 3.3 Curva de Temperado

La curva de temperado como su nombre lo menciona es una curva donde se aprecia la formación de cristales ya sea inestables o estables ( $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\beta^i$ ). Estos se forman, de acuerdo al tipo de temperado que haya tenido el chocolate.

El Temperímetro E3 de Sollich es un equipo que determina la relación entre la curva de enfriamiento y las condiciones a las



que ha sido temperado ( $30^{\circ}\text{C}$  en sector 1,  $28^{\circ}\text{C}$  en sector 2 y  $29.5^{\circ}\text{C}$  en sector 3), bajo enfriamiento controlado ( $6$  a  $8^{\circ}\text{C}$ ). Este método nos ayuda a medir fácilmente el temperado en un tiempo de 10 minutos. El objetivo de utilizar este método, es mostrar como ha sido la formación de cristales de la manteca de cacao del chocolate; en el proceso de enfriamiento.

El instrumento trabaja registrando la temperatura de la muestra de chocolate colocada en un tubo angosto a través de un conector electrónico e inmerso en una mezcla de agua y hielo. Este dispositivo está conectado a un registrador que imprime la temperatura en iguales intervalos de tiempo, ver figura 3.3, generando una curva de enfriamiento, la cual va a tener diferentes formas de cristales de acuerdo al grado de temperado.

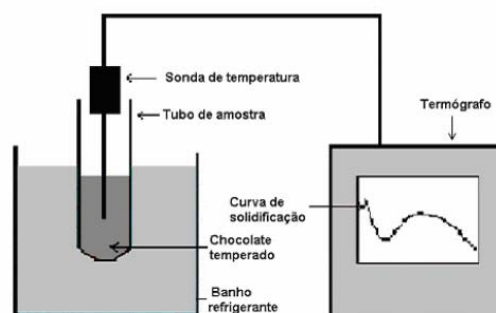


Fig. 3.3 ESQUEMA REPRESENTATIVO DEL  
FUNCIONAMIENTO DEL TEMPERÍMETRO  
SOLLICH

El equipo evalúa automáticamente el grado de temperado en base al plano inclinado de la curva (en aquella sección en la cual la prueba de la masa se solidifica). El grado de temperar se imprime con la designación “índice de temperar “, a manera de un valor numérico. Para el caso de la temperatura a la que la masa se solidifica en el vaso se imprime como “cristalización C” (la temperatura indica el tipo de cristales presentes; es decir la calidad del temperado).

### 3.3.1 Curvas de Temperado para Masas con Contenido de Grasa Normal

Existen tres tipos de precristalización, pero de cada una pueden derivarse dos, de acuerdo a su grado de temperado.

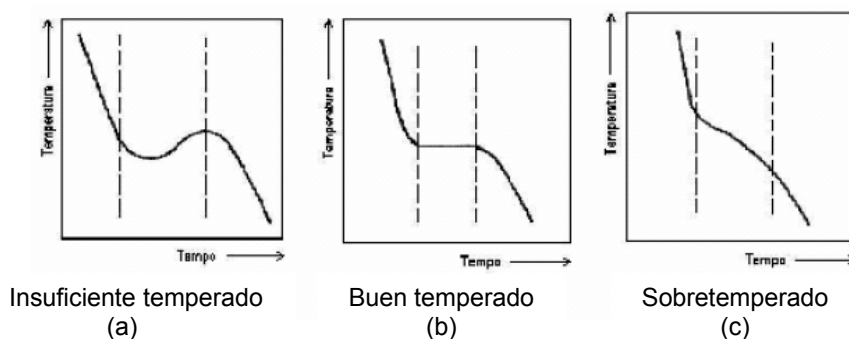


FIG.3.3.1 TIPOS DE PRECRISTALIZACIÓN

En la figura 3.3.1 se puede apreciar los tipos de precrystalización, en la primera gráfica (a) observamos una precrystalización insuficiente; es decir que hay un porcentaje reducido de cristales. Por consiguiente la temperatura baja antes de que empiece a solidificarse el chocolate; liberando más calor latente y haciendo que la temperatura aumente nuevamente. Esto ocurre cuando la templadora ha sido calentada demasiado. Esta situación se presenta cuando la masa no es temperada, por lo que contiene un porcentaje relativamente alto de grasa líquida, de manera que libera gran cantidad de calor de solidificación, causando un autocalentamiento de masa.

Los valores numéricos pertenecientes al grado de temperado en una precrystalización insuficiente son los siguientes:

- 1= Temperado insuficientemente de manera extrema
- 2 = Temperado insuficientemente de modo importante
- 3 = Temperado insuficiente

En la segunda gráfica (b) de la figura 3.3.1 se visualiza que el tipo de precrystalización que se puede presentar

es el ideal. Es en este tipo de curvas donde el calor de solidificación liberado como el calor aportado de refrigeración se mantiene temporalmente en equilibrio

Los valores numéricos en una precristalización ideal son los siguientes:

4 = Temperado insuficientemente de modo insignificante

5 = Temperado ideal

6 = Demasiado temperado, pero de modo insignificante

Y la tercera gráfica (c) presente en la figura 3.3.1 se observa un sobretemperado; esto se produce cuando la masa de chocolate se somete a una temperadora demasiado fría.

Este tipo de curvas se presentan cuando la masa esta muy mezclada y en consecuencia la solidificación es temprana. Cuando el grado de solidificación es alto, solamente un porcentaje de grasa reducido puede solidificarse en el vaso; puesto que el porcentaje de calor

de solidificación liberado de la masa es relativamente bajo.

Los valores para una precristalización demasiado temperada son los siguientes:

7 = Demasiado temperado

8 = Demasiado temperado de modo importante

9 = Demasiado temperado, de modo extremo

En el apéndice A podemos observar como la mayoría de curvas que se generan en el mes de Julio hacen referencia a un sobretemperado. El 86% de esta tabla nos remite a una cristalización excesiva e innecesaria, volviéndose perjudicial para nuestro producto.

Analizando lo ocurrido en este mes, nos indica que el motivo de sobretemperado es debido al retorno de masa a la salida de la templadora, puesto que una parte se dirige hacia la dosificadora y el 60% restante regresa al tanque pulmón.

### 3.4 Control del Equipo en Línea

El monitoreo en la línea se lo realiza a diario llenando un formulario o parte; que es una hoja de control llenada manualmente por el operador.

En esta hoja se coloca la temperatura a la que se encuentra la masa antes de ser temperada (tanque pulmón), luego se colocan las temperaturas de cada sector, después la temperatura de entrada y salida (de Agua fría), el tipo de producto, los kilogramos producidos por hora o turno (en caso de cambiar de formato o de producto) y otros datos referentes al moldeo. Ver apéndice A

Debido a la verificación de datos e incoherencias decidimos digitalizar estos datos durante 1 mes para poder analizarlos (ver apéndice C ) encontrando lo siguiente:

- En el caso de la masa ubicada en el tanque pulmón la temperatura inicialmente es de 45°C encontrándose dentro de los rangos establecidos, sin embargo después es de 40°C ( estando fuera de especificación) y luego

retoma los 45°C. Finalmente en las últimas producciones del mes de julio la temperatura bajo hasta 38°C.

- Luego se observa que en el sector 1 las temperaturas se mantienen dentro de especificación (29 – 31°C), pese algún valor disparado por dos décimas aproximadamente. También se puede observar la alta variabilidad en las temperaturas.
- El sector 2 tiene prácticamente el mismo comportamiento que lo mencionado en el sector 1, con décimas sobrepasando la especificación ( 27- 29°C), pero a su vez con décimas por debajo de lo establecido.
- Para el caso del sector 3 las temperaturas se comportan de la misma forma que en el sector 2.
- En el caso de entrada de Agua Fría del sector 1 las temperaturas oscilan entre 18°C a 36°C; dejando de actuar como agua fría.

- Para el caso de la salida de agua del sector 1 el comportamiento es muy similar al de la entrada fluctuando entre 20 a 36°C; con la particularidad que en determinadas ocasiones sale con temperaturas por debajo que la de entrada. Y el comportamiento del diferencial de temperatura no es constante.

Siendo una total contradicción puesto que las temperaturas del sector 1 observadas en la “Tabla de Análisis Temperado de Chocolate Masa Oscura” bajan frente a la temperatura que se tiene cuando la masa se encuentra en el tanque pulmón; no puede ser posible, que la masa siendo ingresada a una temperatura superior al sector 1, se enfríe ( mediante el ingreso de “agua fría” de 30°C) y finalmente el agua de salida en ocasiones termina saliendo con menos temperatura frente a la de entrada. Esto nos indica que existe una desconfianza de datos y/o los operadores no tienen la capacitación adecuada para hacer en el momento preciso la toma de temperaturas.



- Por otro lado, en la entrada de agua del segundo sector las temperaturas van más acorde frente a la especificación encontrándose, algunos datos por debajo de la especificación.
- En lo que a salida de agua se refiere se encuentra por debajo de especificación en la mayoría de temperaturas.
- Finalmente en la entrada de agua del sector 3 las temperaturas casi en su totalidad, se encuentran dentro los parámetros establecidos. Sin embargo, los valores no son constantes, por lo que debemos considerar la posibilidad de un reajuste de especificaciones en las temperaturas de los sectores y entradas de agua.

#### **3.4.1 Análisis de Datos en Q- STAT**

Las gráficas que a continuación observaremos las hemos obtenido a partir de un programa diseñado exclusivamente para esta empresa de confites.

El Q – STAT es una herramienta de control de calidad que mediante funciones estadísticas puede determinar la confiabilidad de un proceso. Este programa es utilizado en otras fábricas a nivel mundial y es de requerimiento por parte de la compañía el uso de esta herramienta para analizar cualquier proceso.

Las fórmulas que empleamos para medir los controles estadísticas son las siguientes.

$$C_p = \frac{USL - LSL}{6\sigma}$$

$$C_{pk} = \frac{\min(\bar{x} - LSL, USL - \bar{x})}{3\sigma}$$

Donde:

$C_p$ : Índice de capacidad del proceso

LSL: Límite inferior especificado

USL: Límite superior del proceso

$\sigma$ : Desviación estándar

$\bar{x}$  : Media de la población

$C_{pk}$  : Índice de capacidad estimada



FIG. 3.4.1.1 GRÁFICA DE CONTROL SOBRE EL ÍNDICE DE TEMPERADO EN EL MES DE JULIO

En la figura 3.4.1.1 se muestra el índice de temperado vs. El tiempo en horas. En esta gráfica se visualiza como el comportamiento de la masa de chocolate tiende hacia un sobre temperado es decir que la masa está siendo sometida a temperaturas muy frías. Esto se genera porque la masa se encuentra muy mezclada debido al reproceso, produciendo una solidificación temprana.

El índice de temperado debería ubicarse en la mayoría de muestras entre 4 y 6; ya que son en estos índices en

donde se forman los cristales beta. En el caso de la formación de cristales sean los alfa y gamma no se generará la curva de temperado y producirá incertidumbre en la empresa de cómo se está llevando a cabo el proceso; haciendo notar que existe un problema en el proceso de temperado como fue planteado a manera de hipótesis al inicio de esta tesis. Además existe un alto índice de variabilidad en el índice de temperado, arrojando un resultado estadístico de un 86% de no reproducibilidad del proceso; es decir que el proceso no es confiable.

Al remitirse a la figura 3.4.1.2 muestra, la temperatura del sector 1 vs. Tiempo. Los rangos de la especificación son muy amplios, es por ello que sólo un 0,446% se encuentra fuera de especificación; sin embargo existe una alta variabilidad en el proceso. Es importante trabajar con rangos más estrechos puesto que es en esta zona se empiezan a formar los cristales. Considerando que al momento de realizar la implementación de mejora la diferencia de los límites deberán estar dadas por décimas, llegando como máximo un grado entre ambas especificaciones. También se llevará a cabo una

verificación en la calibración de termómetros. Adicionalmente se debe realizar una capacitación detenida sobre el uso del equipo, revisión del formulario actual monitoreado por los operadores; viendo de esa forma en el capítulo propuesto el comportamiento de cada uno de los sectores con sus respectivas entradas y salidas de agua en el caso de que su monitoreo sea establecido como punto de control.



FIG. 3.4.1.2 GRÁFICA DE CONTROL DEL SECTOR 1

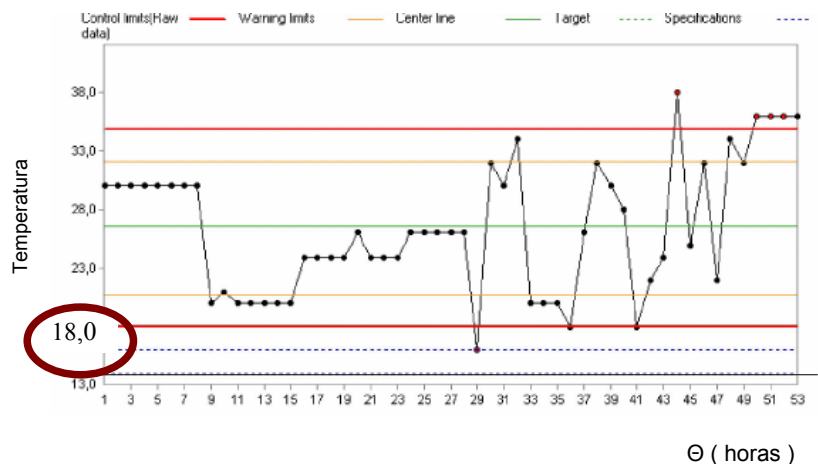


FIG. 3.4.1.3 GRÁFICA DE CONTROL SOBRE LA ENTRADA DE AGUA DEL SECTOR 1

Para el caso de la figura 3.4.1.3, referente a la entrada de agua del sector 1. Se puede observar que prácticamente todas las temperaturas se encuentran fuera de especificación. Analizando estos resultados se vio que los operadores están tomando en un momento inapropiado la medición, sacando valores totalmente contradictorios frente a la especificación.

Estas temperaturas arrojan una incapacidad de proceso del 99%. Este podría ser uno de los motivos por los cuáles no se llega a las temperaturas recomendadas para el sector uno. Por lo que se recomienda un reajuste de especificaciones y monitoreo; dejando claro la relación

que tiene tanto la temperatura de los sectores con sus respectivas entradas de agua.

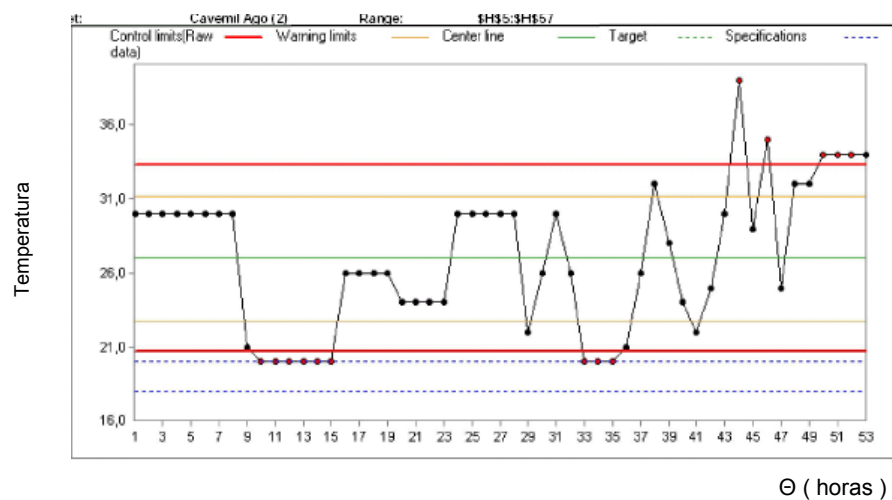


FIG. 3.4.1.4 GRÁFICA DE CONTROL SOBRE LA SALIDA DE AGUA DEL SECTOR 1

En la gráfica de control de la salida de agua del sector 1 (figura 3.4.1.4), el comportamiento es similar al mencionado en la entrada de agua. Es por ello que los resultados estadísticos se encuentran fuera de especificación en un 99.96%.

Observando esto, se puede sugerir que para la implementación de la mejora se analice la necesidad de tener tantos parámetros de control por parte del operador, ya que se puede estar mal utilizando el control

produciendo una deficiencia por la complejidad del proceso.

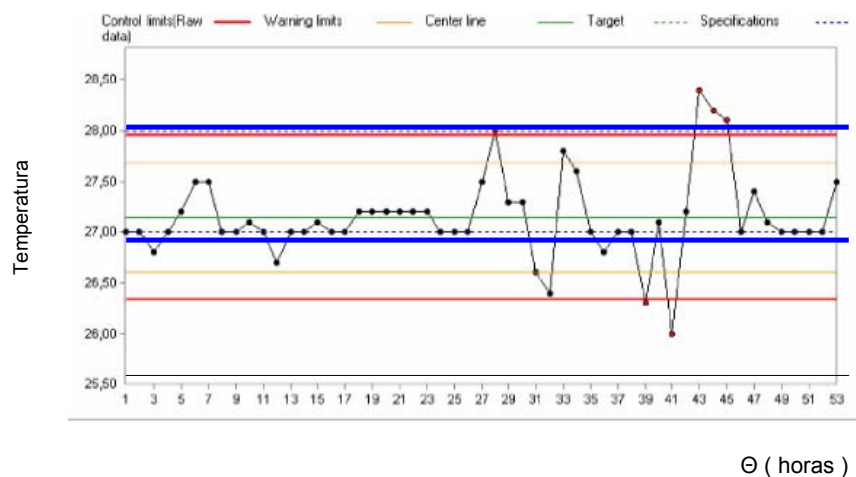


FIG. 3.4.1.5 GRÁFICA DE CONTROL DEL SECTOR 2

En la figura 3.4.1.5 se observa el comportamiento de las temperaturas en el sector dos cada media hora. Es importante mantener estas temperaturas ya que será en esta zona donde se encuentre presente la forma IV y V que son los cristales estables. Al formarse estos cristales con facilidad se obtiene la curva de temperado, dando como resultado un índice comprendido entre 4 y 6.

A pesar de que en el Sector 2 los valores se encuentran en su mayoría dentro de las especificaciones establecidas el proceso no es confiable debido a la alta variabilidad y a



que algunos datos sobrepasan los límites establecidos. Es por ello que nuestro análisis estadístico arroja un 29% de confiabilidad. Por lo tanto, se recomienda reajustar las especificaciones antes de realizar la implementación de la mejora.



FIG. 3.4.1.6 GRÁFICA DE CONTROL SOBRE LA ENTRADA DE .AGUA DEL SECTOR 2

Si se observa la figura 3.4.1.6 que hace referencia a la entrada de agua del Sector 2 se puede apreciar como todas las temperaturas de entrada de agua se encuentran totalmente dentro de la especificación, sin existir tanta variabilidad. Es por ello que las temperaturas del sector 2 se encuentran en su mayoría dentro de la especificación. También se puede observar como los límites de control se

ajustan aún más pese a lo establecido en la especificación; dando a notar que la especificación podría ser más estrecha. Se Aconseja realizar un ajuste como fue sugerido en la zona anterior.

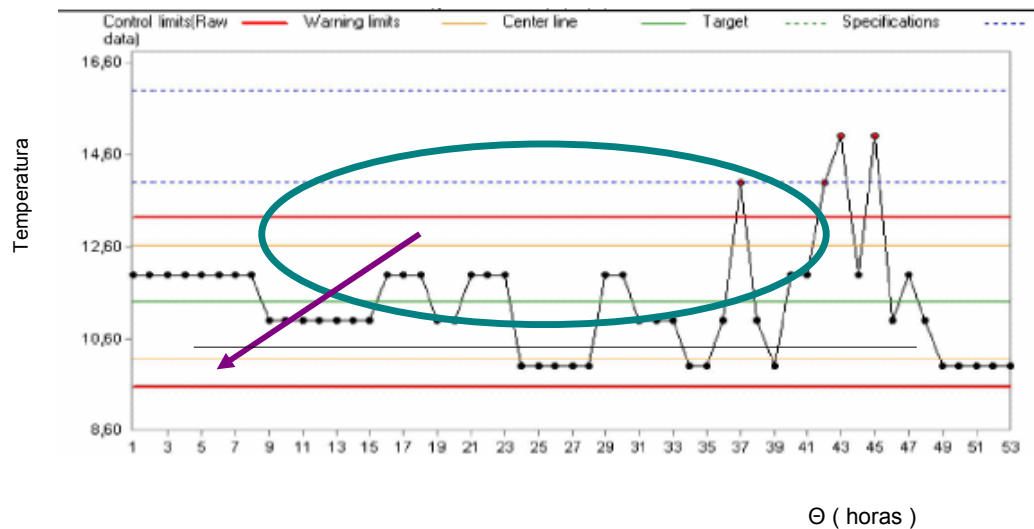


FIG. 3.4.1.7 GRÁFICA DE CONTROL SOBRE LA SALIDA DE AGUA DEL SECTOR 2

Si se observa el gráfico de la figura 3.4.1.7, que indica las temperaturas de entrada de agua de la masa de chocolate, nos damos cuenta que las temperaturas de la masa se mantienen constante durante un determinado periodo; sin embargo por alguna razón toman otro valor y luego permanece constante. Esto se produce por la masa que retorna al tanque pulmón. Al enfriar la masa, el agua fría no ingresa con un flujo constante sino variado; ya que

las temperaturas de la masa son más frías requiriendo que ingrese agua fría. Este suceso se puede apreciar en algunas ocasiones.

En general, la capacidad de proceso no es aceptable en un 99.9% es decir que se encuentra fuera de la especificación en el porcentaje mencionado anteriormente.

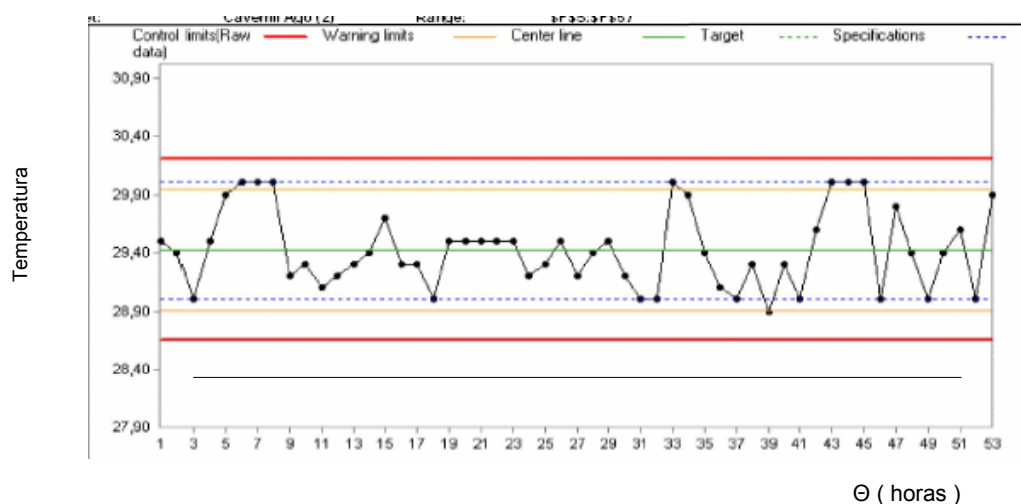


FIG. 3.4.1.8 GRÁFICA DE CONTROL DEL SECTOR 3

En la gráfica de control del sector 3, figura 3.4.1.8 es muy importante llegar a una temperatura de 30 °C, ya que es en esta etapa donde se funden los cristales inestables. La capacidad de proceso no es aceptable, ya que nos da un promedio del 6.6% indicando que en esté porcentaje se encuentra fuera de especificación. Si bien es cierto no es

tan crítico como la entrada del sector 1 y salidas de los sectores anteriores, no es lo recomendable por la alta variabilidad en temperaturas.



FIG. 3.4.1.9 GRÁFICA DE CONTROL SOBRE LA ENTRADA DE AGUA DEL SECTOR 3

A pesar de que la capacidad de proceso de la gráfica de control sobre la entrada de agua del Sector 3 figura 3.4.1.9 es satisfactoria; sin embargo su capacidad estimada no lo determina de la misma forma; sugiriendo un reajuste de especificaciones. Las temperaturas de entrada de agua están muy lejanas del límite inferior. Además se puede apreciar como muchos de los datos se encuentran fuera de los límites superiores. Es por ello que

los resultados estadísticos arrojan un promedio del 4.9% fuera de especificación.

No se presenta una gráfica estadística para el caso de la salida de agua en el sector 3 puesto que el termómetro no funciona, por lo que en el apéndice B no se aprecia ninguna temperatura.

Con todo lo antes observado podemos concluir que existe una deficiencia de control y alta variabilidad en el proceso de temperado, de acuerdo a los parámetros medidos como: temperaturas en los sectores (impidiendo la formación constante de la curva de temperado; es decir de los cristales beta) y temperaturas de entrada y salida de agua (siendo incoherentes con las especificaciones y con lo que implica el enfriamiento de la masa para la obtención de un buen temperado); hemos realizado unas propuestas de mejora que podremos observar en el siguiente capítulo.

## **CAPITULO 4**

### **4. IMPLEMENTACIÓN DE MEJORA EN LA LÍNEA DE TEMPERADO.**

#### **4.1 Implementación de Mejora**

Para la implementación de la mejora se planteo tres escenarios como posibles inversiones, esto se puede apreciar al detalle en la tabla 5

Como se observó en el análisis del capítulo 3, el problema es el retorno de la masa de chocolate que se obtiene a la salida de la templadora; debido a que se envía mayor flujo de masa hacia la moldeadora.

**TABLA 5****COSTO POR ESCENARIO**

<b>ESCENARIO 1</b>	<b>COSTOS E1</b>
Tuberías entre Tanques de Almacenamientos	600
<b>ESCENARIO 2</b>	<b>COSTOS E2</b>
Precristalizador	6000
Tuberías	300
<b>ESCENARIO 3</b>	<b>COSTOS E3</b>
Línea Nueva ( Sudáfrica)	3000

Elaborado por: Gisella Pérez

Una de las propuestas no es el de disminuir el flujo con el objetivo de que no exista retorno, ya que la capacidad de la templadora está sobre dimensionada frente a los moldes por minutos que pueden entrar al túnel de enfriamiento. Si se disminuye el flujo los platos que conforman la templadora se desgastan (capítulo 3); ya que al ir muy lento la masa, el equipo se sobre enfría. Cabe mencionar que el costo de cada plato de la templadora es de 4000 dólares, sin contar el paro en la producción haciendo nuestra línea menos confiable.

La propuesta en el primer escenario es la de instalar tuberías que vayan desde el tanque de almacenamiento hacia el tanque

pulmón. A pesar de ser el primer escenario el más económico aparentemente, no fue el seleccionado por la empresa debido a los siguientes motivos:

El tanque de almacenamiento tendrá que estar siempre al cuarto de su capacidad, para que de esa forma retorne la masa temperada. Por consiguiente se tendría menos producción, ya que no estaríamos maximizando y optimizando la capacidad de almacenamiento del tanque.

No hay certeza de que el chocolate enfriado al pasar al tanque de almacenamiento llegue a las temperaturas del tanque pulmón (45 a 50 °C); ya que el tanque de almacenamiento también posee un removedor sin velocidad de agitación.

En el segundo escenario tenemos la compra de tuberías y precristalizador. La finalidad del precristalizador es calentar la masa de chocolate, de tal manera que la formación de cristales de la manteca de cacao regrese a su forma alfa. Por lo tanto obtendríamos una masa de 45 a 50 °C; siendo la temperatura optima en el tanque pulmón.



Este escenario nos ayuda en cuanto a calidad pero no en eficiencia de proceso, ya que la masa temperada implica un consumo de energía. Con este escenario la recirculación del 60% continúa de tal manera que no aporta a la optimización del proceso.

La mayoría de nuestros equipos tienen más de 30 años, es por ello que se nos dificulta el proceso de fabricación, haciendo ineficiente la fabricación de chocolate. Por lo tanto el tercer escenario es el más aconsejable para la empresa.

El equipo limitante en nuestro proceso de elaboración de chocolate es el túnel de enfriamiento, debido a que la capacidad por minuto es menor frente a los demás

El costo de comprar una línea nueva es superior al que se puede visualizar en la tabla 5, esto se debe a que se adquirirá una línea proveniente de Sudáfrica perteneciente a la misma compañía, sin embargo el costo reflejado en la figura se lo retribuye al traer e instalar los equipos.

Este escenario requiere mayor inversión que los demás, pero los ejecutivos están seguros que el proceso será más eficiente y por ende más rentable. Sin embargo esto se adquirirá a finales del 2007, es por ello que la empresa opta por el escenario 2 que será instalado a inicios del siguiente año.

#### 4.2 Monitoreo y Análisis de la Mejora.

Para el monitoreo y análisis se efectuó lo siguiente:

Se colocó un termómetro a la entrada de la templadora con la finalidad de tener la certeza de que la masa esté entrando a temperaturas entre 45 a 50 °C.

Se calibró los termómetros de las zonas, evitando que los operadores modifiquen las temperaturas seteando los sectores en las siguientes temperaturas como se muestra en la tabla 6.

**TABLA 6**

TEMPERATURAS DE SECTORES

Sectores	Temperaturas
Sector 1	29.5°C
Sector 2	26.5 °C
Sector 3	29.5°C

Elaborado por: Gisella Pérez

Se instaló una tubería que envié la masa de retorno hacia la concha, para luego la masa ser bombeada al tanque de almacenamiento retornando finalmente al tanque pulmón.

Se aumento el caudal de la bomba de 1080Kg/h a 1500Kg/h, lo cuál nos ayudó a tener un producto en menos tiempo temperado.

Se tomó muestras en el Sollich para observar los comportamientos de las curvas de temperado cada media hora.

En las figuras 4.2.1 a la 4.2.4 se puede observar los comportamientos de la curvas de temperado antes y durante la prueba de temperado.



FIG. 4.2.1 CURVA DE TEMPERADO ANTES DE LA PRUEBA DE TEMPERADO CON UN ÍNDICE DE 7.7

Antes de iniciar la prueba las curvas de temperado tomadas por el operador en el temperímetro Sollich, con un intervalo de tiempo de 1 hora; arrojó un índice de 7.7 como se muestra en la figura 4.2.1 haciendo referencia a un sobre temperado. Luego el índice de temperado disminuyó a 2,2, es decir un temperado

insuficiente; con lo que nos ratificó la alta variabilidad en el proceso.

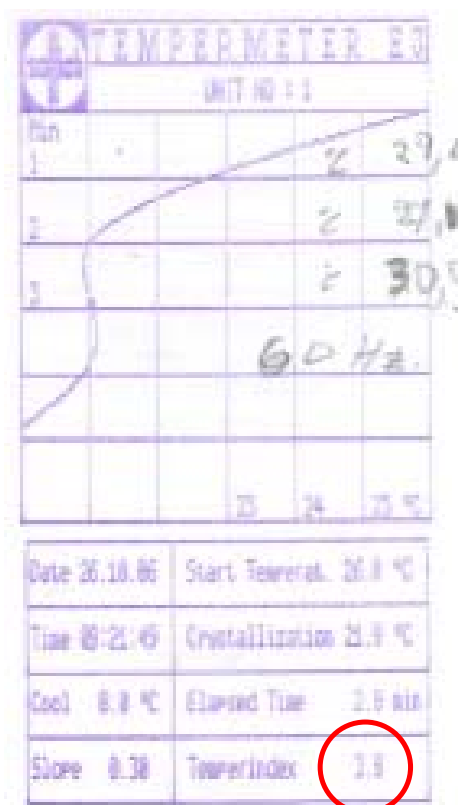


FIG. 4.2.2 SEGUNDO MONITOREO DE LA CURVA DE TEMPERADO CON UN ÍNDICE DE 3,8

Al empezar la prueba, se aumentó el flujo de la bomba a su capacidad máxima (2400 Kg/h) y se seteo las temperaturas como se comentó al inicio de esta sección. Sin embargo nos arrojó un índice por debajo de lo recomendable, es decir 3.8. Es por ello que se realizó un ajuste en la velocidad de la bomba obteniendo la figura 4.2.3.

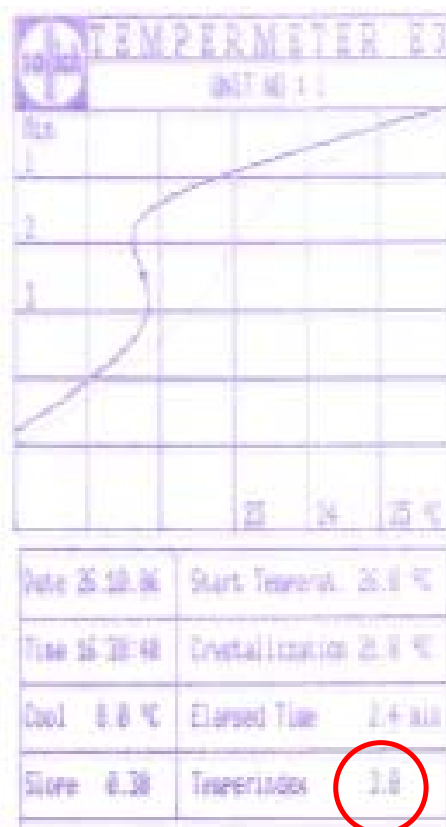


FIG. 4.2.3 SEGUNDO MONITOREO DE LA CURVA DE TEMPERADO CON UN ÍNDICE DE 3,8

En la figura 4.2.3 podemos observar que el comportamiento de la curva es muy similar al obtenido en la figura anterior. Para esta curva se mantuvo las temperaturas de los sectores pero se modificó la velocidad de flujo a 2000Kg/h. Obteniendo como resultado una insuficiencia de temperado 3.8, esto se debe a que la masa de chocolate esta pasando por los platos muy rápido sin llegar a enfriarse debidamente.

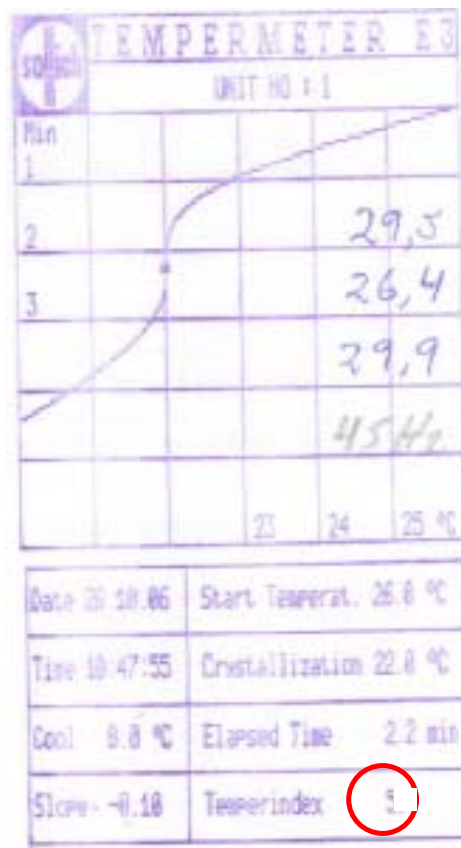
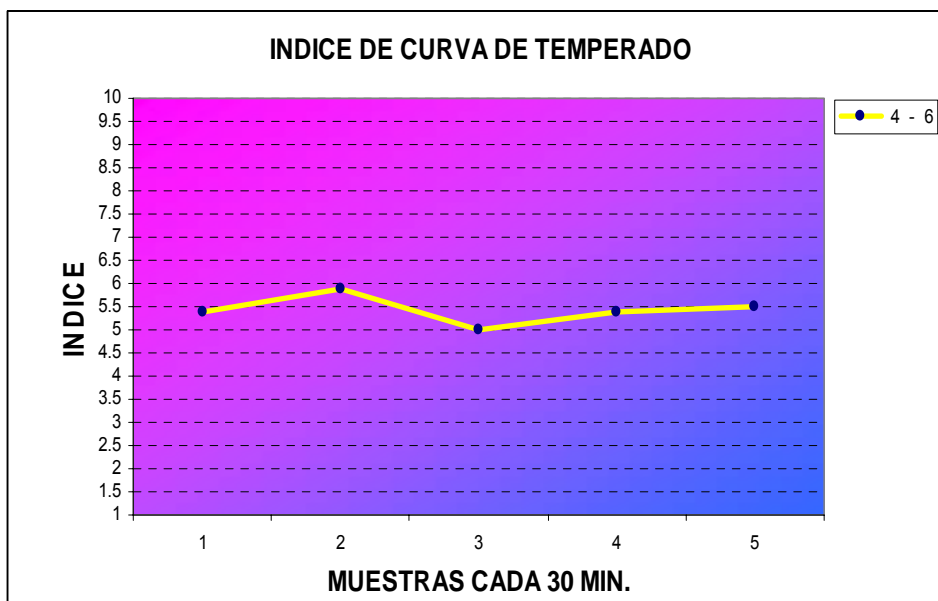


FIG. 4.2.4 CURVA DE TEMPERADO DURANTE LA PRUEBA DE TEMPERADO CON UN ÍNDICE DE 5.

Para obtener la figura 4.2.4 con un índice de temperado de 5, se realizó un ajuste en el flujo de la bomba a 1500Kg/h.

Cabe mencionar que la prueba se realizó al medio día donde las condiciones ambientales están a altas temperatura, pero sin embargo se pudo obtener el objetivo esperado.

A continuación visualizaremos el comportamiento del índice de temperado y de las zonas en la prueba realizada.

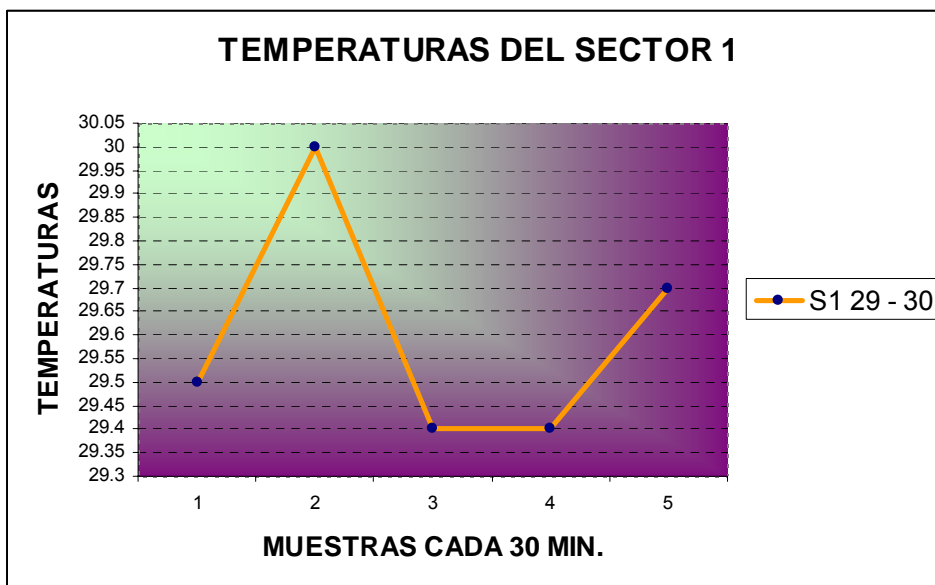


Elaborado por: Gisella Pérez

FIG. 4.2.5 COMPORTAMIENTO DE CURVA DE TEMPERADO UNA VEZ REALIZADA LA PRUEBA.

En la figura 4.2.5 se puede observar el comportamiento de las curvas de temperado con la toma de diferentes muestras al paso del tiempo. Se ve claramente como todas las muestras se encuentran dentro de especificación a pesar de haber realizado la prueba al medio día; hora donde se considera que mayor problema existe, debido a las altas temperaturas ambientales.

La desviación estándar ( $\sigma$ ) para el índice de curva de temperado es de 0.09. Dando a notar poca variabilidad en el proceso.



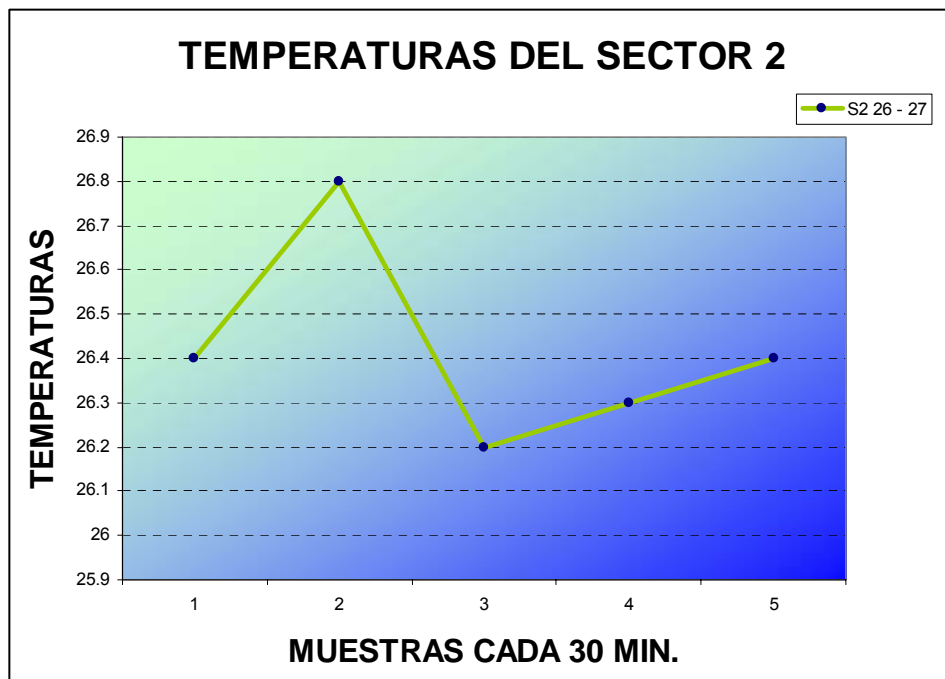
Elaborado por: Gisella Pérez

FIG. 4.2.6 COMPORTAMIENTO DE TEMPERATURAS CADA 30 MINUTOS EN EL PRIMER SECTOR.

La figura 4.2.6 hace referencia al comportamiento de temperaturas cada media hora en el sector 1, se puede notar como su comportamiento es estable, manteniéndose dentro de la especificación que ha sido previamente ajustada.

La temperatura del primer sector se determinó en 29,5 porque existe una desviación estándar 0,25, de tal manera se obtuvo la especificación deseada.



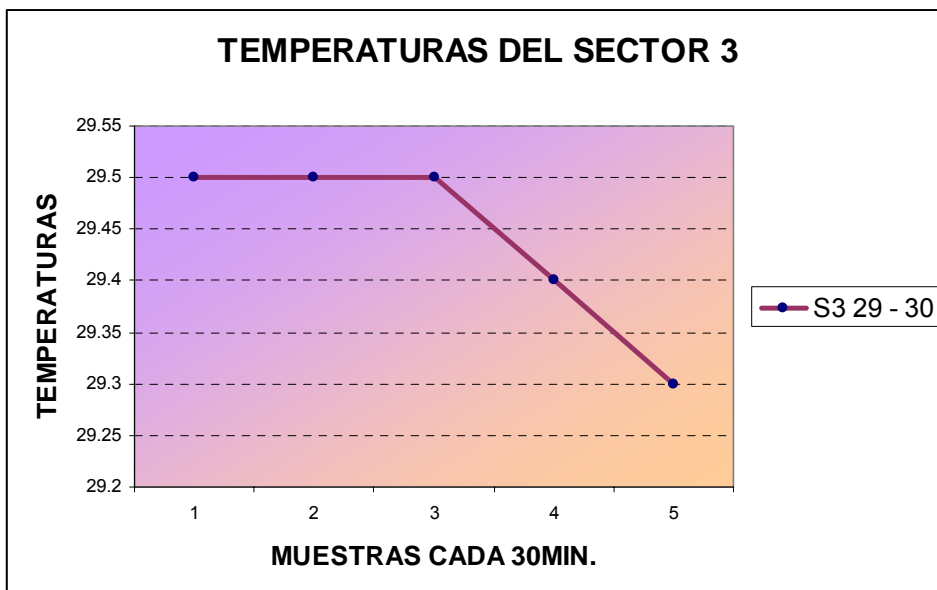


Elaborado por: Gisella Pérez

FIG. 4.2.7 COMPORTAMIENTO DE TEMPERATURAS CADA 30 MINUTOS EN EL SEGUNDO SECTOR.

La figura 4.2.7 hace referencia al comportamiento de temperaturas vs. tiempo en el sector 2. Se puede notar que las temperaturas se mantienen estable, dentro de la especificación que ha sido previamente ajustada.

La temperatura del segundo sector se encuentra a 26,5 porque existe una desviación estándar de 0.23, obteniendo la especificación deseada.



Elaborado por: Gisella Pérez

FIG. 4.2.8 COMPORTAMIENTO DE TEMPERATURAS CADA 30 MINUTOS EN EL TERCER SECTOR

La figura 4.2.8 hace referencia al comportamiento de temperaturas vs. tiempo en el sector 3. Se puede notar que el comportamiento de las temperaturas es estable, manteniéndose dentro de la especificación previamente ajustada.

La temperatura del tercer sector se encuentra a 29,5 porque existe una desviación estándar 0,09, de tal manera que se obtuvo la especificación deseada.

### 4.3 Análisis Sensorial del Producto Terminado

En la figura 4.3 se puede observar como es la apariencia del chocolate actual frente al chocolate una vez realizada la prueba.



FIG. 4.3.1 CHOCOLATE ACTUAL VS. CHOCOLATE PRUEBA.

Se realizó un análisis sensorial como se puede observar en la tabla 7, considerando los atributos en los cuáles el proceso del temperado tiene un rol importante. Dentro de los atributos se consideró: aspecto y textura.

En el aspecto nos referimos a la apariencia; que no exista superficie blanquecina, ausencia de burbujas de aire, el color y brillo del producto.

En el caso de la textura, está relacionado con la finura y dureza que también tiene relación con la crujencia.

**TABLA 7**

ATRIBUTOS DESTACADOS DEL CHOCOLATE ACTUAL VS. CHOCOLATE PRUEBA

Atributos	Chocolate Normal	Chocolate Prueba
<b>Aspecto</b>	Color y brillo bajo	Color y brillo alto
<b>Aroma</b>	Moderado aroma a cacao	Alto aroma a cacao
<b>Sabor</b>	Ligero a cacao y lácteo	Ligero a cacao y lácteo
<b>Textura</b>	Poca finura y ligera dureza	Alta finura y moderada dureza

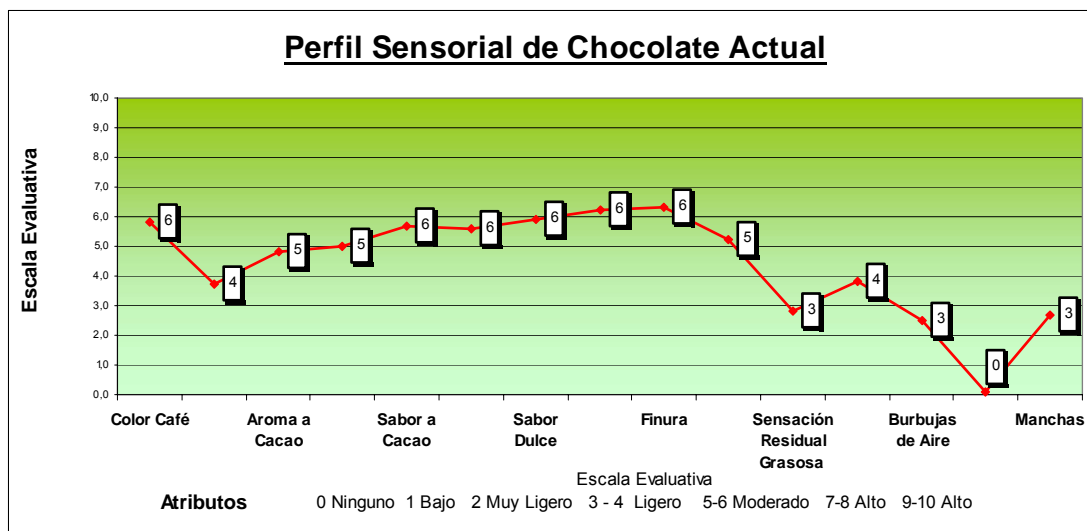
Elaborado por: Gisella Pérez

Para obtener esta tabla se realizó un análisis sensorial hedónico y posteriormente un comparativo; entre 12 panelitas entrenados en la fábrica, arrojando los siguientes resultados:

- Se puede notar que el chocolate prueba tiene mayor brillo y color frente al chocolate actual en cuanto aspecto se refiere.
- Para el caso de la textura el chocolate prueba tiene una mayor finura y alta dureza mientras que el chocolate actual tiene moderada finura y dureza. Por lo tanto el chocolate prueba es mejor en cuanto a características sensoriales frente al chocolate actual.

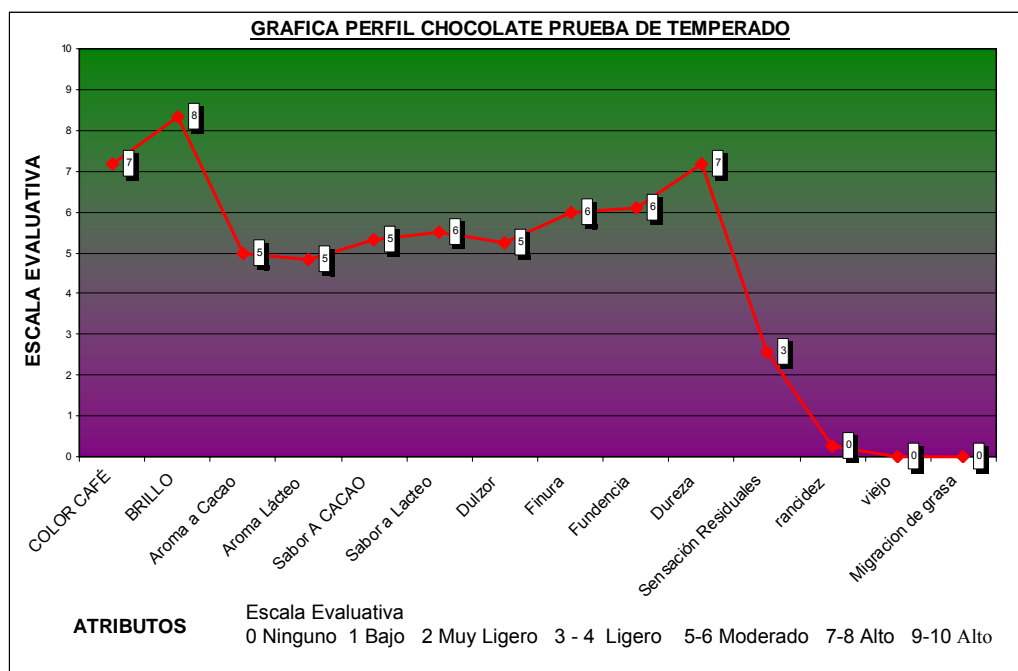
En la figura 4.3.2 se puede observar el comportamiento que sigue el chocolate actual. En la gráfica perfil chocolate actual se puede apreciar, que existe migración de grasa, burbujas de aire de manera ligera.

Todos estos atributos analizados tienen una desviación estándar máxima de 1.



Elaborado por: Gisella Pérez

FIG. 4.3.2 PERFIL CHOCOLATE ACTUAL



Elaborado por: Gisella Pérez

FIG. 4.3.3 PERFIL CHOCOLATE PRUEBA

En la figura 4.3.3. se puede observar claramente que no existe ni migración de grasa, ni burbujas de aire. A su vez en atributos de color, brillo, finura y dureza se destaca frente al chocolate actual.

Como se puede observar comparando los dos perfiles, el de chocolate prueba demuestra tener mejores atributos de manera significativa frente al actual.

# **CAPITULO 5**

## **4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

El temperado es uno de los procesos más importante dentro de la elaboración del chocolate puesto que de esta etapa dependerá la apariencia del producto y textura. Por lo tanto, a continuación se indicarán las conclusiones de este trabajo de investigación.

- 1.- La variación de temperaturas en los sectores, influye en la formación cristales estables  $\beta$ , en la distribución de los mismos y finalmente en la variabilidad del proceso.



2.- Las posibles soluciones que contribuyen en el problema de temperado son:

- Colocar una tubería que vaya desde la Templadora al tanque de almacenamiento para luego retornar al tanque pulmón (ciclo cerrado)
- Comprar de Precristalizador con la finalidad que la formación de cristales regresen a ser inestables.
- Traer una línea nueva de Sudáfrica, de esta forma se satisface sin problema la demanda existente.

3.- Monitoreo y seguimiento de las especificaciones nuevas establecidas de las temperaturas del proceso

Finalmente se puede concluir que la contribución de esta tesis ha ayudado en la mejora del proceso de temperado de la siguiente manera:

- Mejorando las características propias del chocolate.
- Disminuyendo la variabilidad del proceso
- Generando oportunidades de mejora por parte de la compañía como lo es la clasificación de los re procesos

- Minimización de reclamos por calidad

Dentro de las recomendaciones sugeridas tenemos:

- Es necesario trabajar como se realizó en la prueba hasta comprar el precristalizador o la adquisición de la nueva línea, ya que como observamos en el capítulo anterior las mejoras de las características del chocolate son significativas.
- Se recomienda incluir dentro de los parámetros de control la viscosidad, ya que contribuye a la fluidez del producto. Para esto se recomienda realizar una hoja de control donde se tenga rangos de fluidez, esto se debe llevar a cabo hasta que se tenga el viscosímetro.
- Se aconseja llevar un monitoreo en el Temperímetro Sollich cada 30 minutos, de esta manera se llevará un mejor control. Información que también deberá ser colocada en la hoja de control del proceso.

- Se recomienda capacitaciones periódicas para el personal que opera las máquinas, indicándoles la importancia esta etapa y como repercute en el producto terminado.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Drouven H. Fabry, Tecnología de los Dulces, Quinta Edición, Tomo I, Editorial Acribia.
2. Beckett Stephen. La Ciencia del Chocolate, Editorial Acribia, 2000.
3. [www.chocolatier-electro.com/spanish/whatis.htm](http://www.chocolatier-electro.com/spanish/whatis.htm)
4. [www.elgastronomo.com.ar/especiales/chocolate.htm](http://www.elgastronomo.com.ar/especiales/chocolate.htm)
5. Cheftel J. Henri, Introducción a la Bioquímica y Tecnología de los Alimentos, Volumen II, Editorial Acribia.
6. Becket Stephen. Industrial Chocolate Manufacture and Use, Editorial Blackie avi, 1988.
7. Badui. Salvador, Química de los Alimentos, Editorial Pearson Educación.
8. Kirrk. R, Composición y Análisis de Alimentos de Perason, Editorial CECSA.

## BIBLIOGRAFIA

1. "PROGRAMA DE FORMACION EN GESTION DE LOGISTICA" Escuela de Organización Industrial, Madrid – España. Gonzalo alvares lastra.
2. "LOGISTICA EMPRESARIAL" boixereu editores, 1989 Eduardo a. arbones malisani
3. "GESTION DE STOCKS" R. Laumaille
4. "Bien Hecho en América" Peter C. McGraw-Hill, 1991
5. BONINI, Charles/ otros; ANÁLISIS CUANTITATIVO PARA LOS NEGOCIOS; Novena edición; Ma Graw Hill; Colombia, 1999.
6. EPPEN, G. D./ otros; INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES EN LA CIENCIA ADMINISTRATIVA; Quinta edición; Pearson; México, 2000.
7. MONTOYA, Alberto; ADMINISTRACIÓN DE COMPRAS; Medellín 1992.
8. NAMAIFOROOSH, Mohammad; INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES, INTERPRETACIÓN DE MODELOS Y CASOS; Cuarta reimpresión; Limusa Noriega Editores; México 1996.
9. NARASIMHAN, Seetharama/ otros; PLANEACIÓN DE LA PRODUCCIÓN Y CONTROL DE INVENTARIOS; Segunda edición; Prentice-Hall; México 1997.
10. Administracion financiera. Robert w. Johnson. Capitulo . Administracion de inventarios. Inicio pagina 177.
11. Enfoques cuantitativos a la administracion. Richard Levin and Charles a Kirkpatrick. Modelos de inventarios 1. Inicio pagina 234.

APÉNDICE A CONDICIONES OPERACIONALES DE LA TEMPLADORA Y TÚNEL DE ENFRIAMIENTO

				<b>MOLDEO</b>				Binder <input type="checkbox"/>		Cavemil <input type="checkbox"/>		Fecha: <input type="text"/>		Turno: <input type="text"/>																							
				Tanque de almac. de masa a usar (Bombeado al tanque pulmón):																																	
				L1: <input type="radio"/> L2: <input type="radio"/> F1: <input type="radio"/> G2: <input type="radio"/> G1: <input type="radio"/> F2: <input type="radio"/> LC: <input type="radio"/> LCE: <input type="radio"/> LCP: <input type="radio"/>																																	
				Tipo de masa:		Kilos: <input type="text"/>																															
Producto: <input type="text"/>				Precio: <input type="text"/>				Verificación de limpieza / Control prearranque				Acción correctiva antes arrancar				Entrega a próximo turno																					
Código: <input type="text"/>				Clave: <input type="text"/>				Equipo limpio				Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>				Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>																					
Formato: <input type="text"/>				Exp.: <input type="text"/>				Equipo/área en buen estado				Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>				Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>																					
								Utensilios de limpieza en su lugar				Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>				Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>																					
								Piso, escobas, trapos, area en orden				Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>				Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>																					
Condiciones Operacionales Cavemil - Bimdlr																																					
Parametros	Templadoras Assted - Tan 10										Moldeo				Tunel de Enfriamiento																						
	Temperatura				Agua Fría						Vel.		Vel.		Grupo		Temp.		Grupo		Sector 1		Sector 2		DM												
	Masa	Sect. 1	Sect. 2	Sect. 3	t°C Sector 1		t°C Sector 2		t°C Sector 3		Temp.	Masa	Golpes	Batidor	De Molde	Desmoldeo	Temp.	Temp.																			
	Temp.	Temp.	Temp.	Temp.	E	S	E	S	E	S	S-T-B	Hertz	/ min	Hertz	Temp.	Hertz	°C	°C																			
	45-50	29-32	27-28	29-30	14-16	18-20	7-12	14-16	34-40	33-39		35-45			1,5 > a la masa	19-45	8-10	11-12																			
7-15-23																																					
8-16-00																																					
9-17-01																																					
10-18-02																																					
11-19-03																																					
12-20-04																																					
13-21-05																																					
14-22-06																																					
Codigo	Producto			(kg) / Cajas		Retrabajo Utilizado				PROCEDIMIENTO CUERPOS EXTRAÑOS:				Ayudantes																							
						Tipo				Fecha				¿Faltan piezas que han podido ser introducidos al producto? <input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No																							
														Si faltan piezas o utensilios que han sido presentes al inicio del turno: Bloquea el lote producido, informe su Jefe de Area-Lider de línea/aseg.de calidad, busca en todo el area (incl. Desechos) las pzs/h-mientas faltan																							
						Retrab. (purga) :				Retrab. (espátulado) :				Barredura :																							
Operador :																		Jefe de Area :																		F-07.003-12	

## APÉNDICE B SEGUIMIENTO DE TEMPERADO

MASA - PRODUCTO	TEMPERATURA				AGUA FRÍA						TEMPERADO	Vel Cavemil Golpes / min	Minutos
	MASA TANQUE DE ALMACENAMIENTO	SECTOR 1 TEMP	SECTOR 2 TEMP	SECTOR 3 TEMP	T SECTOR 1		T SECTOR 2		T SECTOR 3				
					ENTRADA	SALIDA	ENTRADA	SALIDA	ENTRADA	SALIDA			
	45 - 50	29 - 32	27 - 28	29 - 30	14 - 16 °C	18 - 20	7 - 12 °C	14 - 16	34 - 40 °C	33 - 39	5 OPTIMO		
Bombon	45	30,5	27	29,5	30	30	8	12	40			22	30 min.
Bombon	45	30,5	27	29,4	30	30	8	12	40		4,6	22	13 min.
Bombon	45	30	26,8	29	30	30	8	12	40		6,8	22	8 min.
Bombon	45	30,8	27	29,5	30	30	8	12	40		7,7	22	20 min.
Bombon	45	31	27,2	29,9	30	30	8	12	40			22	8 min.
Bombon	45	31	27,5	30	30	30	8	12	40		4	22	20 min.
Bombon	45	31	27,5	30	30	30	8	12	40		6,1	22	8 min.
Bombon	45	31	27	30	30	30	8	12	40		3,8	22	20 min.
Bombones Cereza/ Naranja	40	29,9	27	29,2	20	21	10	11	38		3,8	21	
Bombones Cereza/ Naranja	40	30	27,1	29,3	21	20	10	11	38		6,8	21	8 min.
Bombones Cereza/ Naranja	40	29,9	27	29,1	20	20	10	11	38		5,2	21	
Bombones Cereza/ Naranja	40	29,4	26,7	29,2	20	20	10	11	38		3,2	21	8 min.
Bombones Cereza/ Naranja	40	30,1	27	29,3	20	20	10	11	38		5	21	
Bombones Cereza/ Naranja	40	30,5	27	29,4	20	20	10	11	38		4,6	21	8 min.
Bombones Cereza/ Naranja	40	30,1	27,1	29,7	20	20	10	11	38		2	21	
B Coco / B Leche	45	30	27	29,3	24	26	8	12	40		4,6	22	20 min.
B Coco / B Leche	45	30,2	27	29,3	24	26	8	12	40			22	
B Coco / B Leche	45	30,5	27,2	29	24	26	8	12	40		4,8	22	20 min.
B Coco / B Leche	45	30,5	27,2	29,5	24	26	8	11	40			22	8 min.
B Coco / B Leche	45	30,5	27,2	29,5	26	24	8	11	40		5,2	22	20 min.
B Coco / B Leche	45	30,5	27,2	29,5	24	24	8	12	40			22	
B Coco / B Leche	45	30,5	27,2	29,5	24	24	8	12	40		4,6	22	18 min.
B Coco / B Leche	45	30,5	27,2	29,5	24	24	8	12	40			22	25 min.
B. Cereza B. Naranja	45	30,7	27	29,2	26	30	8	10	40		7,5	22	
B. Cereza B. Naranja	45	30,5	27	29,3	26	30	8	10	40		7,2	21	10 min.
B. Cereza B. Naranja	45	30	27	29,5	26	30	8	10	40		4	21	20 min.
B. Cereza B. Naranja	45	31	27,5	29,2	26	30	8	10	40		3,5	21	8 min.
B. Cereza B. Naranja	45	30,8	28	29,4	26	30	8	10	40		4,8	21	10 min.
B. Naranja, Coco, Leche	38	30,3	27,3	29,5	16	22	10	12	38			20	10 min.
B. Naranja, Coco, Leche	45	31,3	27,3	29,2	32	26	8	12	40			20	
B. Naranja, Coco, Leche	43	29,9	26,6	29	30	30	8	11	38			20	20 min.
B. Naranja, Coco, Leche	45	29,6	26,4	29	34	26	8	11	40			20	40 min.
Bombon Leche	45	31,2	27,8	30	20	20	8	11	40			22	30 min.
Bombon Leche	45	31	27,6	29,9	20	20	8	10	40		2,3	22	23 min.
Bombon Leche	45	31	27	29,4	20	20	8	10	40		6,3	22	26 min.
Bombon Coco, Cerza, Naranja	45	29,9	26,8	29,1	18	21	8	11	40			20	10 min.
Bombon Coco, Cerza, Naranja	43	30,8	27	29	26	26	10	14	40			20	15 min.
Bombon Coco, Cerza, Naranja	45	29,9	27	29,3	32	32	8	11	40			20	10 min.
Bombon Coco, Cerza, Naranja	43	29,3	26,3	28,9	30	28	8	10	40			20	15 min.
Bombon Coco, Cerza, Naranja	45	31	27,1	29,3	28	24	8	12	40			20	9 min.

## APÉNDICE C LAY OUT DEL PROCESO DE TEMPERADO ( DIRECCIONAMIENTO DEL FLUJO DE CHOCOLATE Y ENTRADAS DE AGUA)

