

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
LA MOLINA**

**FACULTAD DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**



**TITULACIÓN POR EXAMEN PROFESIONAL**

**Trabajo Monográfico:**

**“IMPORTANCIA DEL PROCESO DE TEMPERADO EN LA  
ELABORACIÓN DEL CHOCOLATE A NIVEL INDUSTRIAL”**

**Presentado por:**

**AUGUSTO YI CHANG**

**Para optar el título de  
Ingeniero en Industrias Alimentarias**

**Lima - Perú**

**2017**

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
LA MOLINA  
FACULTAD DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS  
“IMPORTANCIA DEL PROCESO DE TEMPERADO EN LA  
ELABORACIÓN DEL CHOCOLATE A NIVEL INDUSTRIAL”**

**Presentado por:  
AUGUSTO YI CHANG**

**Para optar el título de:  
Ingeniero en Industrias Alimentarias**

**Sustentado y aprobado ante el siguiente jurado:**

.....  
**M. Sc. Walter F. Salas Valerio  
Presidente**

.....  
**Mg. Sc. Fanny E. Ludeña Urquiza  
Miembro**

.....  
**Dra. Ana C. Aguilar Gálvez  
Miembro**

.....  
**Mg. Sc. Gabriela C. Chire Fajardo  
Tutor**

# ÍNDICE

## RESUMEN DE TRABAJO

### ABSTRACT

<b>I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>2</b>
2.1. CHOCOLATE .....	2
2.1.1.HISTORIA .....	2
2.2. CACAO.....	3
2.2.1.PRODUCCIÓN DE HABAS DE CACAO .....	3
2.2.2.VARIEDADES DE CACAO.....	4
2.2.3.PREPARACIÓN DE HABAS DE CACAO.....	5
2.2.4.FERMENTACIÓN .....	7
2.2.5.SECADO.....	9
2.2.6.TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO.....	10
2.3. PROCESAMIENTO DE CACAO.....	11
2.3.1.TRITURACIÓN.....	11
2.3.2.TORREFACCIÓN .....	12
2.3.3.MOLIENDA .....	12
2.4. FABRICACIÓN DE CHOCOLATE.....	13
2.4.1.MEZCLADO Y REFINADO .....	14
2.4.2.CONCHADO .....	15
2.4.3.TEMPERADO .....	18
2.5. TIPOS DE CHOCOLATE.....	19
2.5.1.CHOCOLATE OSCURO .....	19
2.5.2.CHOCOLATE CON LECHE .....	20
2.5.3.CHOCOLATE BLANCO .....	21
2.6. PORCENTAJES DE CACAO .....	21
<b>III. DESARROLLO DEL TEMA .....</b>	<b>22</b>
3.1. TEMPERADO .....	22
3.1.1.CRISTALIZACIÓN DE MANTECA.....	22
3.1.2.EQUIPOS DE TEMPERADO .....	24
<b>IV. CONCLUSIONES.....</b>	<b>34</b>
<b>V. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>35</b>

<b>VI. REVISION BIBLIOGRAFICA .....</b>	<b>36</b>
<b>VII. ANEXOS .....</b>	<b>37</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1: Interpretación del índice de temperado .....</b>	<b>28</b>
--	-----------

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1: Mazorca de cacao con granos de cacao dentro. ....</b>	<b>6</b>
<b>Figura 2: Mazorca de cacao recogida con cuchillo especial fijo a un palo largo.....</b>	<b>6</b>
<b>Figura 3: Granos de cacao fermentados en hojas de plátano.....</b>	<b>8</b>
<b>Figura 4: Granos de cacao fermentados en cajas .....</b>	<b>9</b>
<b>Figura 5: Granos de cacao secados en mesas móviles .....</b>	<b>10</b>
<b>Figura 6: Granos de cacao en sacos de cáñamo listos para ser embarcados. ....</b>	<b>11</b>
<b>Figura 7: Esquema de funcionamiento refinadora de 5 rodillos.....</b>	<b>15</b>
<b>Figura 8: Punto de fusión de las 6 formas de cristales en la manteca de cacao.....</b>	<b>19</b>
<b>Figura 9: Proceso de cristalización de la manteca de cacao durante el temperado. ..</b>	<b>24</b>
<b>Figura 10: Curva de temperado de Temperadora Convencional .....</b>	<b>25</b>
<b>Figura 11: Curva de temperado de Temperadora de Bypass .....</b>	<b>26</b>
<b>Figura 12: Curva de temperado de Temperador de Semilla.....</b>	<b>27</b>
<b>Figura 13: Temperímetro clásico .....</b>	<b>28</b>
<b>Figura 14: Curva de un buen proceso de temperado .....</b>	<b>30</b>
<b>Figura 15: Curva de un Sub temperado de chocolate.....</b>	<b>31</b>
<b>Figura 16: Curva de un sobre temperado de chocolate. ....</b>	<b>32</b>

## ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1: CODEX STAN 87-1981, REV.1-2003. NORMA PARA EL CHOCOLATE Y LOS PRODUCTOS DEL CHOCOLATE .....	37
ANEXO 2: TEMPERADORA CONVENCIONAL SOLLICH TURBOPENTER.....	38
ANEXO 3. TEMPERADORA DE BYPASS AASTED SUPERNOVA .....	38
ANEXO 4: TEMPERADORA DE SEMILLA BUHLER SEEDMASTER .....	39

## RESUMEN DE TRABAJO

El proceso de fabricación de chocolate hasta hace relativamente poco tiempo era un proceso bastante artesanal. Debido a la popularidad de este producto es que se ha empezado a generar un mayor nivel de interés en la ciencia detrás de cada uno de los procesos. Las operaciones unitarias en la fabricación de chocolate no son muy complicadas, sin embargo hay que tomar cuidado particular en varios de ellos. El presente trabajo presenta las principales etapas del proceso productivo de chocolate desde el procesamiento del cacao, hasta las etapas específicas de la fabricación del chocolate y los principales controles a tomar en cuenta. Se da énfasis a la etapa del temperado de chocolate ya que esta etapa es fundamental para la correcta formación de cristales que van a determinar la calidad final del producto, se mencionan además los principales equipos usados en la industria para realizar este proceso y las características principales de cada uno de estos. Así mismo se describe la forma en que se debe medir el índice de temperado el cual es un indicativo directo de la calidad del proceso de temperado en sí.

**Palabra clave:** Cacao, atemperado, eflorescencia grasa, temperímetro, índice de temperado.



## **ABSTRACT**

The chocolate manufacturing was, until relatively recently time, an artisan process. Due to the popularity of this product the interest behind the science of each of the processes involved has been increasing a lot. The operations behind the chocolate manufacturing process are not very complicated, nevertheless a particular care needs to be taken in several of them. The present work explain the main operations involved in the chocolate manufacturing process, starting from the cocoa beans, reviewing the stages of the process and the main controls to be taken into account in each stage. Emphasis is placed on the chocolate tempering process since this stage is fundamental for the correct formation of crystals that will determine the quality of the final product, it's also mention the main equipments used in the industry to carry out this process and the main characteristics of each one. It's also describes the way in which the tempering index should be measured which is a direct indication of the quality of the tempering process itself.

**Key words:** Cacao, fatbloom, temper index, temperimeter, tempering.

## I. INTRODUCCIÓN

El Chocolate es uno de los alimentos dulces más populares a nivel mundial, no solo por su gran variedad en formas, texturas y sabores sino también por las propiedades que se le han atribuido a sus componentes desde tiempos ancestrales.

Hasta épocas relativamente recientes, la fabricación de chocolate era una industria bastante artesanal que dependía mucho de la destreza de los maestros chocolateros. Con el desarrollo de la maquinaria moderna y debido a la necesidad de aumentar la capacidad de producción, se ha hecho necesaria la comprensión más completa de los principios que gobiernan los procesos implicados en la elaboración de este dulce producto.

Dentro de todos los procesos unitarios comprendidos en la elaboración de chocolate a nivel industrial, el temperado es sin duda uno de los procesos que más se han investigado debido al impacto que tiene tanto en las características organolépticas como en la percepción final del consumidor.

Los objetivos principales del presente trabajo son:

- Dar a conocer los aspectos técnicos importantes en el proceso de fabricación de chocolate a nivel industrial.
- Dar a conocer la importancia del proceso de temperado en la fabricación de chocolates a nivel industrial.

## II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. CHOCOLATE

#### 2.1.1. HISTORIA

El árbol de cacao fue cultivado por los aztecas de México mucho antes de la llegada de los europeos. Las habas eran apreciadas, tanto por su utilización como moneda, como para la producción de un brebaje picante llamada “*chocolatl*”. Se dice que el emperador azteca Moctezuma bebía 50 vasijas o jarras diariamente de esta bebida, que se consideraba con propiedades afrodisíacas (Beckett, 1994).

Beckett (2008) menciona que el chocolate se originó en América del Sur y Central, donde los aztecas y los incas asaron y molieron las habas para convertirlas en una bebida. Los españoles introdujeron esto en Europa y las casas de la bebida del cacao se hicieron populares.

Las primeras semillas de cacao, fueron traídas a Europa por Colón como una curiosidad, pero se explotaron después comercialmente por cortes como una bebida nueva. Los españoles preferían la bebida edulcorada y de esta forma se expansionó su popularidad a Europa Central y del Norte. En 1664 fue mencionada en Inglaterra en el Diario de Pepys, pero estaba todavía restringida a los económicamente poderosos. La primera noticia de la adición de leche en esta bebida de chocolate, fue registrada en el R.U. en 1727 por Nicholas Sanders, aunque las razones para hacer esto son inciertas. La forma sólida del chocolate con leche, es atribuida normalmente a Daniel Peters de Vevey, Ginebra, en 1876 (Beckett, 1994).

## **2.2. CACAO**

El cacao (*Theobroma cacao* L.) es nativo de América del Sur y representa uno de los recursos bioculturales más significativos de Mesoamérica, ya que es una región donde se domesticó y tuvo relevancia como bebida ritual y como moneda en muchas culturas prehispánicas hasta la llegada de los españoles, quienes difundieron su uso en el mundo y lo convirtieron en una de las mercancías más consumidas (Hipólito *et al.*, 2017).

Así mismo, Hipólito *et al.* (2017), menciona que el cacao es considerado uno de los cultivos perennes bajo sombra más importantes del planeta, ya que representa la principal fuente de ingresos de millones de personas en las zonas productoras localizadas en África, Asia y Centro y Sudamérica.

En el caso del cacao, además de manejar la sombra, el tamaño, la forma de la copa, así como la fertilización y el control de plagas y enfermedades, se han desarrollado también cultivares mejorados (clones) que, mediante injertos, pueden elevar significativamente la producción, así como tener más resistencia a eventos climáticos extremos y antagonistas (Hipólito *et al.*, 2017).

El árbol del cacao (*Theobroma Cacao*) es nativo de Centro y Sud América. Hoy, es cultivado a lo largo del ecuador, y puede ser encontrado en el caribe, África, el Sur este de Asia y hasta en las islas del sur del pacífico Samoa y Nueva Guinea (NCA, 2017).

### **2.2.1. PRODUCCIÓN DE HABAS DE CACAO**

El árbol de cacao es pequeño, crece hasta unos 20 pies (6 m) de altura a la sombra de los árboles grandes de las zonas más húmedas de la selva tropical. Las hojas son perennes, se parecen a la hoja de laurel y llegan a tener unas ocho pulgadas (20 cm) de longitud. El cacao es un árbol raro por diferentes motivos. Tiene dos clases de ramas, los chupones, que crecen verticalmente hacia arriba hasta cinco pies (1.5 m) y tienen hojas dispuestas en

espiral; y las ramas en abanico hasta cinco de los cuales salen horizontalmente como los radios de una rueda, desde la parte superior de cada chupón donde se detiene el crecimiento vertical. Esta disposición se llama “horqueta” (Beckett, 1994).

### **2.2.2. VARIEDADES DE CACAO**

Según Beckett (1994) hay dos tipos diferentes de cacao: el Forastero, que tiene los cotiledones de color púrpura, y el Criollo, que tiene cotiledones blancos. El color procede de las antocianinas, grupo de sustancias químicas que confieren la mayor parte de los colores azules y rojos a las flores. Estos pigmentos de los cotiledones, están confinados en células especiales pigmentarias, que constituyen el 10 por ciento de las células de almacenamiento. Su función en la semilla no es conocida, aunque se ha sugerido que pueden tener cierto papel protector. En el cacao Criollo, las antocianinas coloreadas están reemplazadas por formas “leuco”. En la actualidad, una proporción muy elevada de la cosecha mundial de cacao es Forastero y es difícil de conseguir el cacao Criollo puro. Hay un tercer tipo, generalmente descrito por Trinitario, que tiene dentro del mismo fruto semillas con los cotiledones que abarcan desde el color casi blanco al totalmente púrpura. Parece ser que el cacao Trinitario se originó por hibridación entre los cacaos Forastero y Criollo. Esta mezcla híbrida fue cultivada extensivamente en Trinidad después de la devastación, en el siglo XVIII, de las plantaciones de Criollo de la isla. Durante el siglo siguiente, esta pequeña isla se fue convirtiendo en el principal productor de cacao y la mezcla híbrida, que había demostrado su buen resultado, fue ampliamente cultivada en diversos países. Como consecuencia este tipo de cacao ha adquirido el nombre de la isla.

La NCA (2017), menciona que de las tres variedades, la más común es la Forastero, que representa cerca al 90 por ciento de la producción mundial de habas de cacao. La más rara y más apreciada de las habas de cacao es la de la variedad Criollo. Su aroma y delicadeza hacen que sean buscados por los mejores fabricantes de chocolate del mundo.

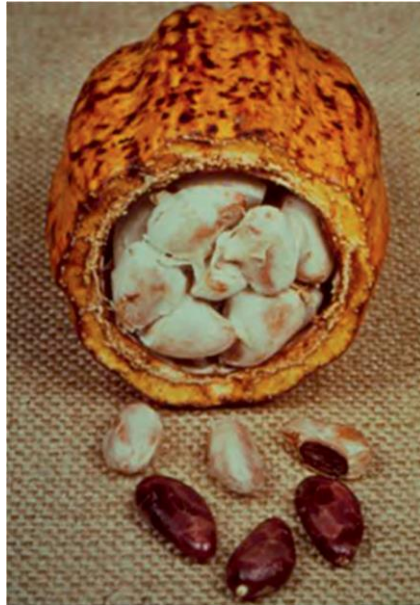
El color de los cotiledones es la diferencia fundamental entre los cacaos Criollo y Forastero. El color es también muy importante porque las antocianinas están implicadas en la producción del sabor característico del cacao. Las antocianinas de color púrpura están asociadas con los sabores más fuertes, más astringentes y robustos. Es por ello que la variedad de Criollo, sin estas antocianinas, es una variedad que presenta sabores más suaves (Beckett, 1994).

### **2.2.3. PREPARACIÓN DE HABAS DE CACAO**

Tradicionalmente, los granos de cacao eran transportados al país donde se iba a fabricar el chocolate, que normalmente estaba situado en un clima templado. Cada vez más, sin embargo, los países productores de cacao procesan sus propios granos para producir licor de cacao. Esto tiene la ventaja de que el licor es mucho más fácil de transportar. Además, la cáscara, que es esencialmente un producto de desecho, no se transporta miles de millas para ser tirada. La desventaja es que el fabricante tiene menos control sobre los tiempos y la temperatura del procesamiento del grano, que tienen un efecto sobre el sabor final del chocolate. Una solución es procesar parcialmente los granos, realizándose el tratamiento térmico final en la fábrica de chocolate. Dondequiera que se lleve a cabo el proceso, implica la limpieza de los granos, la eliminación de la cáscara y alguna forma de tostado. (Beckett, 2008).

Las mazorcas de cacao (Figura 1) se recogen, una vez maduras, cortando el pedúnculo leñoso. Esto se hace con facilidad con los frutos bajos del tronco, pero no tanto con los frutos de las ramas superiores, para las que es necesario utilizar un cuchillo especial fijo a un palo largo (Figura 2). Para liberar las semillas, se abren las mazorcas de pared gruesa, bien cortando con cuchillo, o cascándolas con un simple mazo de madera. El primer sistema requiere cuidado en la práctica para evitar penetrar la corteza demasiado profundamente y cortar la cubierta de alguna de las semillas. Las mazorcas, generalmente cambian de color al madurar, las verdes se colorean de amarillo oro, mientras que las mazorcas inmaduras rojas de otras variedades se colorean en amarillo naranja. La cosecha

no madura toda al mismo tiempo, por lo que la recolección se ha de realizar en un periodo generalmente de varios meses (Beckett, 1994).



**Figura 1: Mazorca de cacao con granos de cacao dentro.**

FUENTE: Beckett (2008).



**Figura 2: Mazorca de cacao recogida con cuchillo especial fijo a un palo largo.**

FUENTE: Beckett (2008).

#### **2.2.4. FERMENTACIÓN**

Una correcta fermentación es esencial para producir un buen sabor final en el chocolate. Es un proceso en el cual el grano muere, de modo que no puede echarse a perder por la germinación. Además, se forman ciertos productos químicos que al ser sometidos al calor de las siguientes etapas dan el sabor característico del cacao, si bien estos productos químicos por si solos pueden tener un sabor completamente diferente o pueden ni siquiera tener sabor. Estos compuestos son conocidos como precursores de sabor, ya que conducen al sabor. Los granos no fermentados pueden ser prensados para producir manteca de cacao, pero el material de cacao sólido restante no se utiliza normalmente para hacer chocolate (Beckett, 2008).

La fermentación se lleva a cabo de diversas formas, pero todas depende de apilar una cantidad de habas frescas con la pulpa suficiente para que los microorganismos produzcan calor, elevando la temperatura a la vez que se permite un limitado acceso al aire entre las habas. Puede ser, como es corriente entre los pequeños granjeros de unos cuantos acres en África occidental, que se haga en montones cubiertos con hojas de plátano (Figura 3) o, como es normal en las plantaciones más importantes, en cajas con habas cubiertas con hojas de plátano (Figura 4) o con agitación. Las cajas deben estar preparadas para que la pulpa licuada, la sudoración, drene y para que pueda penetrar algo de aire, bien por medio de pequeños orificios en el fondo de la caja, o preferiblemente a través de un suelo de tablillas separadas 0.25 pulgadas (6 mm). Los montones pueden ser útiles para fermentar entre 200 hasta 3000 libras (90 a 1100 kg) de habas de cacao húmedas, aunque son de desear cantidades intermedias. Las cajas deben tener por lo menos dos pies con seis pulgadas (0.75 m) de anchura y no deben estar llenas mucho más allá de esta profundidad (Beckett, 1994).

La fermentación se inicia con las levaduras que convierten los azúcares de la pulpa en alcohol etílico. Se producen así las condiciones iniciales anaerobias, pero luego las bacterias empiezan a oxidar el alcohol a ácido acético, y la posteriormente a dióxido de carbono y agua, produciendo más calor y la consiguiente elevación de la temperatura en



más de 18 °F (10 °C) durante las primeras 24 horas, hasta más de 104 °F (40 °C) en una buena fermentación activa. Cuando la pulpa empieza a degradarse y a drenarse durante el segundo día, las bacterias van en aumento, se produce ácido láctico y las bacterias acéticas quedan en condiciones ligeramente más anaerobias oxidando más activamente el alcohol a ácido acético. Para entonces la temperatura habrá alcanzado casi 122 °F (50 °C). Durante los pocos días restantes de una fermentación normal de Forastero, de cinco a seis días, la actividad bacteriana continúa bajo condiciones de aireación progresivamente mayor, ya que los restos del drenaje de la pulpa desaparecen permitiendo que el aire se difunda por entre las habas. La alta temperatura se mantiene por la actividad bacteriana (Beckett, 1994).



**Figura 3: Granos de cacao fermentados en hojas de plátano.**

FUENTE: Beckett (2008).



**Figura 4: Granos de cacao fermentados en cajas.**

FUENTE: Beckett (2008).

#### **2.2.5. SECADO**

Después de la fermentación, los granos deben ser secados antes de que puedan ser transportados a las fábricas donde serán procesados. De no hacerlo adecuadamente, los mohos crecerán en las habas. Estos dan al chocolate un sabor fuerte, desagradable y por lo tanto impiden que se puedan utilizar en la fabricación. Las habas no deben ser secadas demasiado. Aquellos con un contenido de humedad de menos del 6 por ciento se vuelven muy frágiles, lo que hace que el manejo y procesamiento posterior sea mucho más difícil (Beckett, 2008).

Cuando el clima lo permite, las habas pueden secarse al sol. Se extienden durante el día en capas de aproximadamente 100 mm de grosor sobre esterillas, bandejas o en terrazas. Se rastrillan a intervalos, y se amontonan y se cubren por la noche o cuando llueve. En Centro y Sur América un techo móvil se utiliza para cubrir los granos, que se colocan en el suelo. En Ghana las esteras de bambú se colocan sobre tablas bajas de madera. Las esteras se pueden enrollar cuando llueve. En estos casos normalmente toma alrededor de una semana para que los granos se sequen al nivel de humedad requerido del 7 a 8 por ciento, que es lo

suficientemente bajo para que los mohos no crezcan. En otras áreas, las habas se secan en mesas móviles que pueden colocarse bajo cubierta cuando sea necesario (Figura 5). Un problema importante del secado al sol es el riesgo de contaminación tanto del entorno, como de la granja y/o animales salvajes que son atraídos por las habas. Esto significa que deben tomarse precauciones al manejarlas cuando lleguen a la planta de procesamiento. En otros países, particularmente en Asia, el clima puede ser demasiado húmedo y el secado artificial es necesario. A veces se encienden fogatas en una cámara situada debajo del área de secado, y el gas caliente es conducido a través de una chimenea debajo de la plataforma de secado y luego a través de una chimenea vertical. El problema con esto es la fuga de humo de la chimenea. Esto, como el caso de los mohos, da a las habas un sabor desagradable y astringente (Beckett, 2008).



**Figura 5: Granos de cacao secados en mesas móviles.**

FUENTE: Beckett (2008).

#### **2.2.6. TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO**

Las habas de cacao se transportan y almacenan en sacos de cáñamo (Figura 6), que son fuertes, pueden apolarse con facilidad y se pueden sacar muestras de ellos por medio de una aguja de toma de muestras que puede pasar entre las hebras de tejido. El cáñamo deja pasar el vapor de agua de forma que gradualmente llegan a un equilibrio las semillas con la

humedad del ambiente. Esto puede tener la ventaja de permitir que un saco más húmedo se seque un poco, aunque esto es parte de la razón por la que es necesario reducir la humedad de las semillas entre 6 y 7 por ciento para permitir que durante el almacenamiento pueda haber una ligera absorción en el país de producción, donde incluso en los almacenes, la humedad relativa tienen a ser bastante elevada (Beckett, 1994).

Según Beckett (2008), los granos deben ser almacenados para que no atrapen humedad ya que pueden aparecer mohos cuando las humedades sobrepasan el 8 por ciento.



**Figura 6: Granos de cacao en sacos de cáñamo listos para ser embarcados.**

FUENTE: Beckett (2008).

## **2.3. PROCESAMIENTO DE CACAO**

### **2.3.1. TRITURACIÓN**

Una vez llega a la fábrica las habas de cacao pasan por un proceso de limpieza y una vez limpias, las habas son trituradas, partiéndose en trocitos más pequeños. Las habas de cacao son de un tamaño similar a una almendra y también tienen una ligera cáscara. Por ello, una

vez trituradas se separa la cáscara de haba de cacao a través de unos aspiradores, gracias a que pesa menos. El haba ya limpia y triturada, llamada “*grué*” pasará a ser tostada en el proceso de torrefacción (Nestle España, 2017).

### **2.3.2. TORREFACCIÓN**

Las habas sin tostar generalmente tienen un sabor muy astringente y amargo. Las altas temperaturas y el secado durante el tostado eliminan muchos de los ácidos volátiles, especialmente el ácido etanoico, y hacen que las habas, tengan un sabor menos ácido. Los ácidos menos volátiles, como el etanodioico (oxálico) y el láctico, permanecen en gran parte inalterados por el proceso de tostado (Beckett, 2008).

Nestle España (2017), menciona que la torrefacción es un delicado proceso que impacta el color, el aroma y el sabor del producto final, pues es en este proceso donde el haba de cacao desarrolla más de 400 aromas. Las habas de cacao se tuestan a una temperatura que oscila entre 120 y 150 grados centígrados durante un tiempo variable que puede llegar a 25 minutos. Temperatura y tiempo de tostado son las variables claves a controlar para obtener un sabor y otro de chocolate. Conseguir el punto exacto de torrefacción es clave para obtener después el mejor chocolate.

### **2.3.3. MOLIENDA**

Una vez tostadas las habas son molidas de nuevo. En el molido las habas alcanzan mayor temperatura, y gracias a que el haba de cacao tiene un alto contenido en materia grasa (manteca) el “*grué*” se convierte, después de molido, en una masa líquida llamada pasta o licor de cacao que irá directamente al mezclado (Nestle España, 2017).

Según Beckett (2008), la molienda tiene dos objetivos. El primero es hacer que las partículas de cacao sean lo suficientemente pequeñas para que puedan luego convertirse en

chocolate. Durante el proceso posterior de fabricación del chocolate se produce un molido adicional, por lo que no es necesario una molienda muy fina en esta etapa. La segunda razón más importante es para quitar la mayor cantidad de grasa posible de las células dentro de los cotiledones. La grasa es necesaria para ayudar a hacer más fluido el chocolate, tanto al hacer los chocolates como también cuando se derrite en la boca. La grasa también es el ingrediente más caro en el chocolate, así que económicamente hablando, es necesario hacer el mejor uso de toda la grasa presente. La grasa está contenida en células que tienen un promedio de entre 20 y 30 micras de largo y desde 10 micras de ancho / alto.

#### **2.4. FABRICACIÓN DE CHOCOLATE**

La fabricación de chocolate fue durante más de un centenar de años una industria tradicionalmente atendida por artesanos que desarrollaban sus métodos individuales de trabajo, así como los sabores de la “casa” de sus productos. Con el aumento de la demanda económica de mayores producciones y la necesidad de reducir la mano de obra, la fabricación industrial del chocolate se ha ido mecanizando cada vez más. También se ha incrementado la aplicación de la ciencia y de la tecnología para controlar las plantas de producción y conseguir que funcionen eficazmente (Beckett, 1994).

El chocolate tiene dos características fundamentales que le distinguen: su sabor y su textura. Aunque existen muchos sabores diferentes de chocolate, todos ellos deben estar libres de sabores desagradables que el consumidor asociará al producto. Una particularidad básica de la textura es que debe ser sólido a temperatura normal de una habitación, de 20 a 25 °C y, no obstante, fundir rápidamente en la boca a 37 °C produciendo un líquido que resulte suave a la lengua (Beckett, 1994).

El proceso de fabricación del chocolate implica varios procesos unitarios los cuales son indispensables para lograr las características organolépticas deseadas en el producto final.

Es importante que se controlen ciertos parámetros como el tamaño de partícula y viscosidad, los cuales están directamente relacionados a la calidad y fineza del producto.

#### **2.4.1. MEZCLADO Y REFINADO**

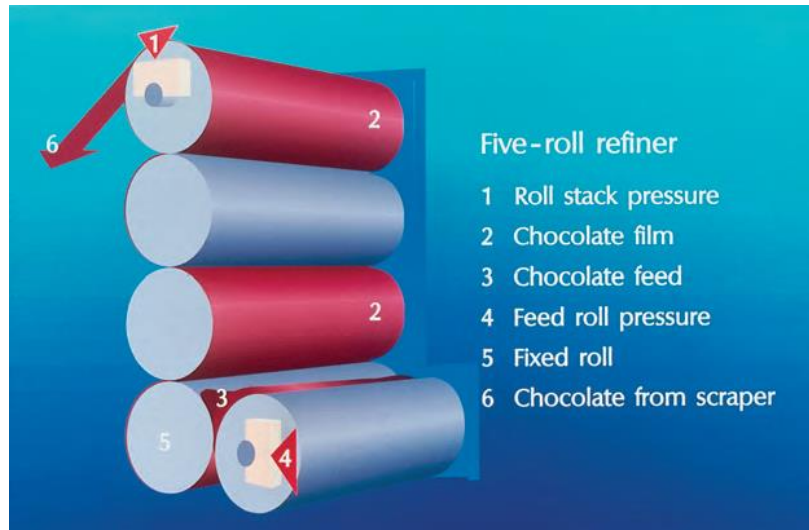
En esta etapa lo que se busca es integrar los ingredientes principales (licor, azúcar, leche, etc.) y reducir el tamaño de las partículas de estos. Beckett (2008) recomienda que estas etapas sean por partes ya que las partículas deben reducirse de medir varios milímetros a medir por debajo de los 30 micrones. Debido a ello es que a nivel industrial se suelen usar antes de la etapa de refinado un pre refinado que ayude a reducir el tamaño de partícula previo al refinado final. Inicialmente, el licor de cacao, el azúcar granulado y los componentes de la leche se colocan en un mezclador resistente junto con parte de la manteca de cacao.

Luego viene la etapa de pre refinado donde las partículas sólidas se mueven utilizando refinadores de rodillos. Es importante que esta mezcla se convierta en una pasta uniforme con la consistencia apropiada para que la molienda continúe correctamente. Esta pasta se introduce entonces en un molino de dos rodillos. Éste consta de dos cilindros, colocados horizontalmente uno al lado del otro, que giran en direcciones opuestas para hacer pasar la pasta en el espacio entre ellos. Si la pasta tiene la textura incorrecta, sólo formará un puente entre los dos rodillos y el proceso se detendrá. Si es correcta, la presión y el cizallamiento en el espacio entre los rodillos romperán algunas de las partículas y también cubrirán algunas de las superficies recién formadas con grasa, de manera que se forme una pasta más seca, con un tamaño de partícula máximo de entre 100 y 150 micras (Beckett, 2008).

Luego de ello viene la etapa de refinado, que normalmente se da en un refinador de cinco rodillos, similar al que se muestra en la Figura 7, que puede tener entre 75 cm y 2.5 m de ancho. Estos llevan la pasta a un tamaño de partícula máximo entre aproximadamente 15 micras y 35 micras. El tamaño real dependerá del tipo de chocolate que se está haciendo, y



afecta en gran medida a sus propiedades de flujo líquidas, así como el sabor y la textura en la boca.



**Figura 7: Esquema de funcionamiento refinadora de 5 rodillos.**

FUENTE: Beckett (2008).

#### 2.4.2. CONCHADO

La operación de conchado o concado es una de las más importantes en el proceso de fabricación de chocolate. Durante esta operación se dan procesos físicos y químicos en paralelo que brindan al producto final los atributos de sabor y finura deseada. En la industria del chocolate uno de los parámetros más utilizados para predecir la calidad final de un chocolate está dado por el tiempo de concado. Este tiempo puede ser entre 6 a 12 horas en promedio, pero puede llegar a tardar incluso días dependiendo de la calidad a la que se quiera llegar y a la calidad del equipo en sí. Al respecto, Jolly *et al.* (2003) menciona que el conchado es muy importante en el proceso de fabricación de chocolate, aunque es un proceso de mezclado muy ineficiente. Con mezclas que tardan hasta un día para alcanzar la calidad deseada, es por tanto ineficiente en el gasto energético así como en el gasto de tiempo del proceso.

Para que la mezcla alcance toda su finura y untuosidad y acabe de desarrollar todos los aromas, el cacao se somete al proceso de conchado, proceso en que la mezcla será amasada



durante horas o incluso durante días, y donde perderá parte de los aromas amargos y ácidos y desarrollará todos los aromas más preciados en el chocolate (Nestlé España, 2017).

Según Beckett (2008) el conchado cambia el sabor del chocolate y también la forma en que se derrite en la boca. Además, es de suma importancia para el fabricante de chocolate ya que determina la viscosidad final de la pasta antes de ser utilizada para fabricar los productos finales.

El proceso de conchado implica dos procesos distintos que tienen lugar dentro del mismo equipo. El primero es el desarrollo del sabor. Los procesos de fermentación y torrefacción producen los componentes aromáticos necesarios para dar al chocolate su agradable sabor, pero también dan lugar a algunos compuestos indeseables (astringentes y/o ácidos) que deben ser eliminados. El segundo proceso es convertir el chocolate de una pasta seca en polvo, escamosa o densa en un líquido que fluye libremente y que se puede usar para producir los productos finales. Esto implica revestir las superficies de las partículas sólidas con grasa, de manera que puedan deslizarse una por la otra (Beckett, 2008).

Así mismo Beckett (1994) menciona que durante el ciclo de conchado se ejercen fuerzas de compresión y de cizalladura, con el fin de separar los glomérulos formados durante la trituration para recubrir las partículas unitarias con grasa y dispersar la fase de manteca de cacao por todo el chocolate. El trabajo físico de la concha es el de dispersar, desecar, eliminar sustancias volátiles y homogenizar, con el fin de mejorar la viscosidad, aumentar la fluencia, mejorar la textura y producir chocolate con buenas características de fusión. La eficacia de la concha, por lo tanto, depende mucho de la buena disposición de los brazos para cortar y amasar y de la precisión de los controles térmicos.

#### **a. Fases de la operación de conchado**

Según Beckett (2008), para obtener un buen chocolate es necesario dejar pasar la pasta por tres fases:

- Fase seca
- Fase pastosa

- Fase líquida

En la fase seca, el chocolate sigue siendo pulverulento y, en particular para el chocolate con leche, contiene un exceso de humedad. Esto es perjudicial para las propiedades de flujo del chocolate. Además, cuando se retira esta humedad, es capaz de llevar consigo algunos de los sabores ácidos indeseables. Cuando una gran cantidad de las superficies están sin recubrir con grasa, es mucho más fácil para la humedad para escapar. Esto significa que si el chocolate se calienta y se mezcla en el estado pulverulento, todo el proceso puede tener lugar más rápido y alcanzar una menor humedad.

A medida que la temperatura aumenta, una mayor cantidad de la manteca de cacao se derrite y las partículas comienzan a pegarse entre ellas. A veces se forman bolas de varios centímetros de diámetro, que corren alrededor de la concha antes de unirse para formar una pasta densa. Dentro de la pasta hay una gran cantidad de leche y/o partículas de azúcar que todavía no están recubiertas con grasa. Cuando la pasta es densa, existe una alta probabilidad de que la acción de corte las recubra con cualquier grasa que esté cerca. Una vez que se vuelve más fluida, sin embargo, estas partículas no recubiertas sólo fluirán sin rumbo. Con el fin de hacer un chocolate que se derrita bien en la boca, es necesario recubrir la mayor cantidad de estas superficies. Esto significa que la pasta debe mantenerse tan densa como sea posible durante el mayor tiempo posible.

La función final del conchado es asegurar que el chocolate tenga las propiedades de fluidez correctas para las sub siguientes etapas de procesamiento. Esto a su vez dependerá del tipo de recubrimiento o maquinaria de moldeo que se vaya a utilizar. En la etapa final se realizan las últimas adiciones de grasa y emulsionante. Esto hace que la pasta sea más fluida y que casi ya no haya mezcla para este momento. La pasta puede ser bombeada a los tanques de almacenamiento lista para su uso. A veces es transportado como un líquido en un camión cisterna a otra fábrica.

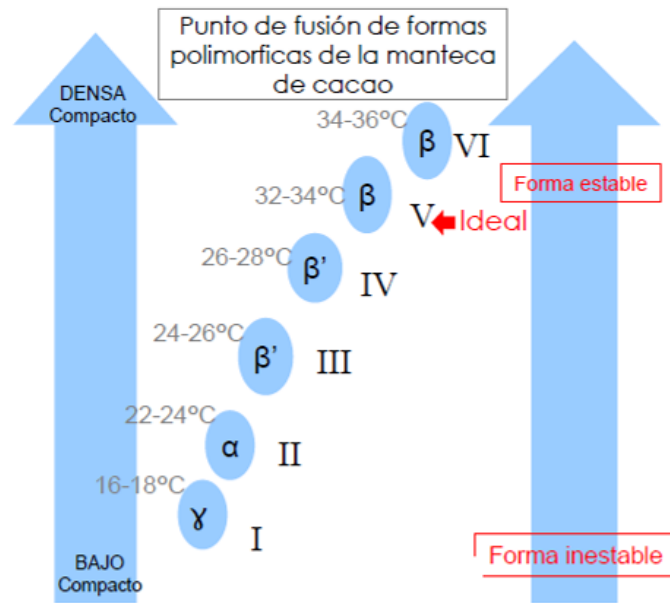
Alternativamente, el chocolate se puede solidificar y almacenar o transportar como bloques o pequeñas virutas (Beckett, 2008).

### **2.4.3. TEMPERADO**

Según Afoakwa *et al.* (2008) el temperado es una técnica de pre-cristalización controlada que se utiliza para inducir la formación de una forma más termodinámicamente estable de la manteca de cacao con el fin de brindar buenas características de rompimiento, contracción, brillo y vida útil del producto. Esta pre-cristalización de una pequeña proporción de los triglicéridos (1-3% del total) genera núcleos para que la grasa restante cristalice de una forma apropiada. Las características físicas y funcionales importantes de los chocolates son dictadas por esta red de cristales generados a partir de los núcleos previamente formados.

En la fabricación industrial de chocolate, el temperado es crucial, debido a que influye en las características de calidad como el color, la dureza, el manipuleo, el acabado final y el tiempo de vida útil (Afoakwa *et al.*, 2008).

Según Beckett (2008), existen seis tipos de formas (Figura 8) en las que pueden formarse los cristales en un chocolate. Las estructuras que se desean alcanzar son las de tipo V y VI debido a que son las más estables y compactas. Estas aseguran que el producto tenga una superficie brillante y no sea opaco, que cuente con buenas propiedades de fusión en la boca y no al manipularlo con la mano, que tenga la textura adecuada, que se facilite el posterior proceso de desmoldeo y que se maximice el tiempo de vida evitando o retardando el defecto de afloramiento de grasa.



**Figura 8: Punto de fusión de las 6 formas de cristales en la manteca de cacao.**

FUENTE: Beckett. 2008

Los cristales de tipo I son muy inestables y su punto de fusión es cercano a los 17 °C por lo cual está presente solo en coberturas para helados. Este tipo de cristales cambia rápidamente a la forma II, que se transforma luego a las formas III y IV pero a una menor velocidad (Beckett, 2008).

## 2.5. TIPOS DE CHOCOLATE

Según NCA (2017), los tres principales tipos de chocolates son: chocolate oscuro, chocolate con leche y chocolate blanco.

### 2.5.1. CHOCOLATE OSCURO

El chocolate oscuro es simplemente licor de chocolate, pasta de cacao, azúcar, un emulsionante (a menudo lecitina) y vainilla u otros aromas. Los chocolates oscuros pueden contener grasa de la leche para suavizar la textura, pero generalmente no tienen un sabor lechoso. El chocolate oscuro también se conoce como chocolate semidulce, chocolate amargo, o chocolate para hornear. Los chocolates más oscuros a menudo tienen un mayor

porcentaje de cacao, lo que significa que tienen una mayor proporción de granos de cacao en ellos que otros chocolates (NCA, 2017).

Según el Codex Alimentarius (2003) para denominar a un producto chocolate este deberá contener no menos del 35 por ciento de extracto seco total de cacao, del cual el 18 por ciento, por lo menos, será manteca de cacao y el 14 por ciento, por lo menos, extracto seco magro de cacao (Anexo 1).

### **2.5.2. CHOCOLATE CON LECHE**

Similar al chocolate oscuro, más sólidos de leche. A diferencia de lo que uno puede pensar, el chocolate de leche dulce y cremoso no se hace con leche fría y espumosa. Más bien se hace con sólidos de leche seca, que se parecen en gran medida a la leche en polvo. El chocolate con leche tiene al menos 10 por ciento de licor de cacao en peso, y al menos 12 por ciento de sólidos de leche. Es el tipo más común de chocolate que se consume a nivel mundial (NCA, 2017).

Como bien lo cita el Codex Alimentarius (2003), el chocolate con leche deberá contener, en relación con el extracto seco, no menos del 25 por ciento de extracto seco de cacao (incluido un mínimo del 2.5% de extracto seco magro de cacao) y un mínimo especificado de extracto seco de leche entre el 12 por ciento y el 14 por ciento (incluido un mínimo entre el 2.5% y el 3.5% de materia grasa de la leche). La autoridad competente aplicará el contenido mínimo de extracto seco de leche y de materia grasa de leche de acuerdo con la legislación aplicable. El extracto seco de leche se refiere a la adición de ingredientes lácteos en sus proporciones naturales, salvo que la grasa de leche podrá agregarse o eliminarse (Anexo 1).

### **2.5.3. CHOCOLATE BLANCO**

La manteca de cacao ocupa el lugar central. El chocolate blanco básicamente es chocolate con leche pero sin los sólidos magros de cacao. Además de la manteca de cacao, el azúcar, los sólidos de la leche, la lecitina y la vainilla, el chocolate blanco puede contener otros aromas. Tiene al menos 20 por ciento de manteca de cacao, 14 por ciento de sólidos de leche y no más de 55 por ciento de azúcar (NCA, 2017).

Según el Codex Alimentarius (2003), el chocolate blanco deberá contener, en extracto seco, no menos del 20 por ciento de manteca de cacao y no menos del 14 por ciento de extracto seco de leche (incluido un mínimo de grasa de leche entre el 2.5% y el 3.5% según lo aplique la autoridad competente de acuerdo con la legislación aplicable). El extracto seco de leche se refiere a la adición de ingredientes lácteos en sus proporciones naturales, salvo que la grasa de leche podrá agregarse o eliminarse (Anexo 1).

### **2.6. PORCENTAJES DE CACAO**

Cuando se ve la descripción “porcentaje de cacao” impreso en la etiqueta, se refiere al porcentaje total de ingredientes en peso en ese producto que provienen del grano de cacao, esto incluye el licor de cacao y la manteca de cacao. El término se encuentra con mayor frecuencia en los chocolates finos o de mayor precio, especialmente en los chocolates oscuros. Encontrar este descriptivo es una guía para poder identificar la posible intensidad del sabor. El porcentaje descrito normalmente apunta o bien a un sabor de chocolate más suave cuando este número es bajo o bien a un sabor mucho más intenso cuando este porcentaje es más alto. Gracias a esto el consumidor puede tomar una mejor decisión al momento de elegir un chocolate que se adapte a sus preferencias o necesidades (NCA, 2017).

### **III. DESARROLLO DEL TEMA**

#### **3.1. TEMPERADO**

El temperado es un proceso de cristalización controlada de la fase grasa, a fin de generar la cantidad necesaria de cristales con la correcta forma polimórfica y tamaño, para entregarles las propiedades organolépticas y calidad necesaria. Lo que se busca con este proceso es que el re ordenamiento de los cristales que se forman al temperar la pasta de chocolate sea de tal forma que se maximice la formación de los cristales deseados.

Durante el proceso de temperado se dan dos fenómenos que son fundamentales, el primero es la nucleación, que se define como la generación de núcleos de cristales, estos núcleos posteriormente darán pie a la multiplicación y propagación de los cristales, por ello es vital que la nucleación sea controlada para lograr la máxima cantidad de cristales con la forma deseada. El segundo fenómeno que se presenta es el crecimiento, esto se da gracias a la etapa previa y consta de la multiplicación de los cristales formados durante la nucleación.

Uno de los principales componentes de los chocolates es la manteca de cacao, esta, como cualquier grasa tiene una temperatura de fusión y sus propiedades son claves para entender el proceso de temperado.

##### **3.1.1. CRISTALIZACIÓN DE MANTECA**

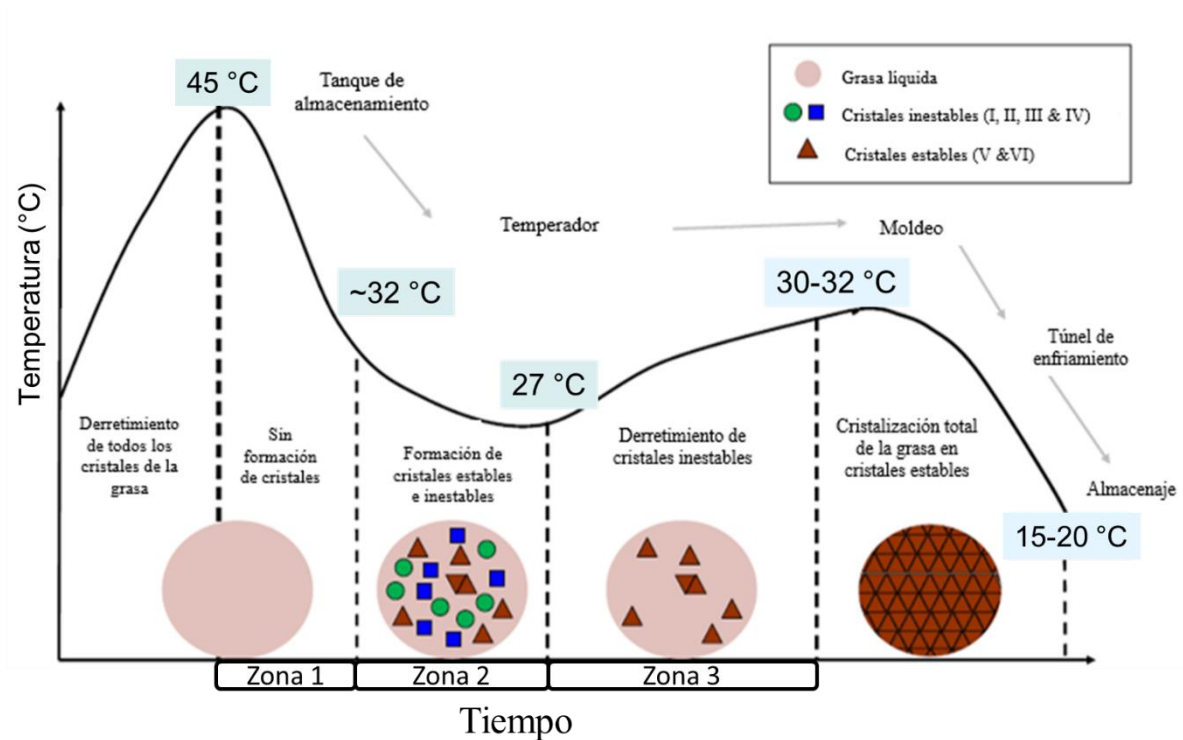
La cristalización de la manteca de cacao durante el temperado y posterior enfriado determinan las características claves del chocolate para alcanzar los requerimientos del cliente, apariencia del producto y calidad.

La mayor parte de la grasa dentro de un chocolate debe ser manteca de cacao. Esta grasa está formada por varios triglicéridos diferentes, cada uno de los cuales se solidifica a diferentes temperaturas y a velocidades diferentes. Se han identificado seis tipos de cristales cada uno de los cuales se comporta de manera diferente. Lo que hace que el proceso sea aún más difícil es que sólo uno de estos seis tipos de cristales dará al producto el buen brillo y rompimiento adecuado que dan al producto las características deseadas por el consumidor.

Según Beckett (2008), la manteca de cacao posee tres ácidos principales que representan más del 95 por ciento del total. Aproximadamente 35 por ciento es ácido oleico (C18: 1), 34 por ciento es ácido esteárico (C18: 0) y cerca al 26 por ciento es ácido palmítico (C16: 0). Debido a que esta grasa es bastante simple es que se funde relativamente rápido dentro de un rango ya de por si bajo (entre la temperatura ambiente y la de la boca).

La Figura 9 muestra lo que sucede a nivel microscópico durante el proceso de temperado. Primeramente la pasta, que se encuentra en los tanques de almacenamientos, debe estar alrededor de temperaturas de 40 a 45 °C, esto asegura que absolutamente todos los cristales están derretidos y/o terminen de derretirse los cristales existentes. En algunos casos, dependiendo la distancia entre el temperador y el tanque de almacenamiento, puede optarse por temperadores que tengan una etapa de pretratamiento el cual eleva la temperatura nuevamente alrededor de los 40 °C para asegurar que la pasta de chocolate entre libre de cristales. En la mayoría de casos la pasta es transportada al temperador y la primera etapa con la que se inicia el proceso es con una disminución de la temperatura hasta unos 32 °C, hasta este momento casi no hay formación de cristales, luego viene la segunda etapa en la que se baja la temperatura desde los 32 °C a unos 27 °C, esto permite que se empiecen a formar los núcleos de los cristales. Sin embargo este proceso no es suficiente para asegurar un buen temperado pues se forman tanto cristales estables (que son los deseados) como cristales inestables que no queremos tener en nuestro proceso. Es por ello que es necesario la tercera etapa que consta de un calentamiento a 30 a 32 °C, esto permite que los cristales inestables los cuales tienen una temperatura de fusión de menor temperatura (< 28 °C) se fundan y se logre mantener la mayor proporción de cristales tipo V. A la salida del temperador, decimos que la pasta ya está temperada y el producto está listo para ser moldeado.





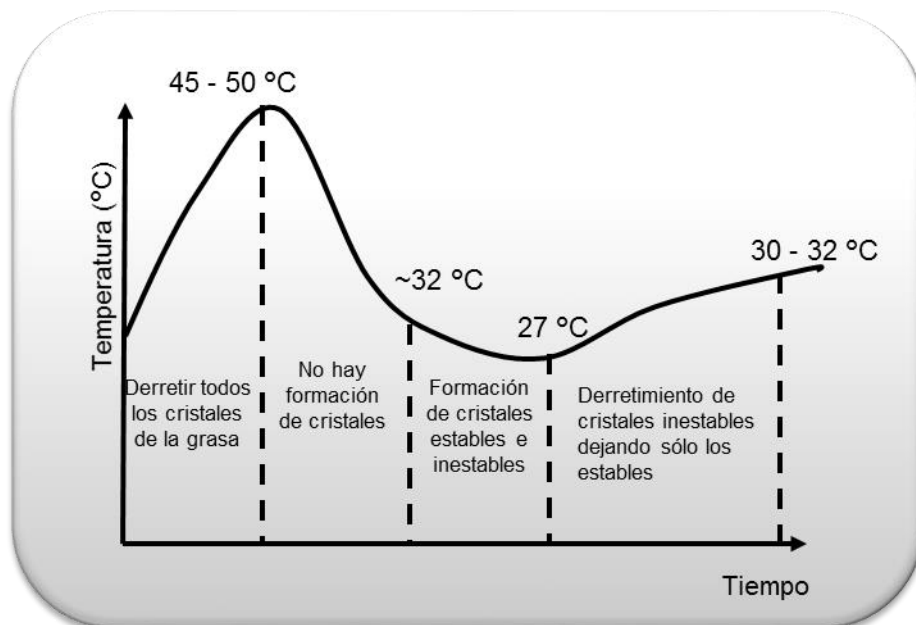
**Figura 9: Proceso de cristalización de la manteca de cacao durante el temperado.**

### 3.1.2. EQUIPOS DE TEMPERADO

Las temperadoras son las máquinas que se encargan de realizar el proceso específico de temperado, la forma en que funcionan es que primero enfrían el chocolate de tal forma que los cristales puedan comenzar a formarse. El chocolate no es un buen conductor de calor, así que para que se enfríe rápidamente este debe ser bien mezclado de tal modo que todo el chocolate entre en contacto con la superficie fría del temperador. Estas máquinas son un tipo de intercambiador de calor, que primero enfría y luego calienta el chocolate a medida que pasa a través de él (Beckett, 2008).

A nivel industrial podemos encontrar varios tipos de formas de temperar las pastas de chocolate, estos equipos han ido evolucionando con el tiempo para lograr ser más eficientes tanto en tiempo, calidad y gasto energético. Los principales tipos de temperadores que encontramos en el mercado son:

- **Temperador convencional (Figura 10):** estos temperadores son los tradicionales de tres fases. En estos, el 100 por ciento de la pasta pasa por el temperador. Son de los equipos más difundidos a nivel mundial. Un ejemplo de este tipo de equipos son los Sollich Turbotemper Champ (Anexo 2) cuya capacidad promedio es de 400 a 800 kg/h. Cabe destacar que antiguamente los temperadores convencionales solo contaban con dos fases, una de enfriamiento y otra de calentamiento, sin embargo este proceso se ha dejado de utilizar debido a que no se le da el tiempo suficiente a la pasta para que forme las cantidades óptimas de cristales tipo V. Sin embargo aún se pueden encontrar en las fábricas antiguas este tipo de equipos.



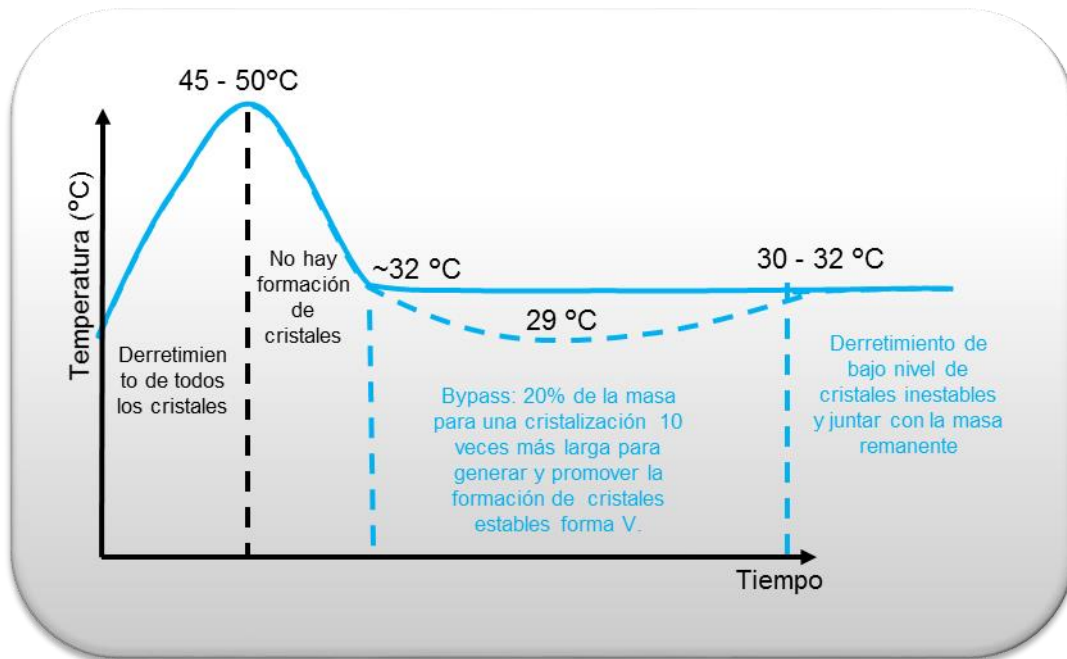
**Figura 10: Curva de temperado de temperadora convencional.**

- **Temperador con tecnología de *Bypass* (Figura 11):** Estos tipos de temperadores nacieron como una alternativa de optimización del proceso convencional, también constan de tres fases. La gran diferencia radica en que una parte de la pasta (aproximadamente el 20%) es desviada hacia el proceso de temperado en sí pero que es hasta 10 veces más largo en comparación al proceso convencional, este mayor tiempo asegura la óptima formación de los cristales de tipo V y su adecuada concentración. Esta parte de la pasta es combinada con el resto de pasta que no pasa por todo el circuito necesariamente. Con ello se logra una mejor calidad en la proporción de cristales de tipo V incluso en el producto combinado. Gracias a esto

se mejora el proceso y se logran eficiencias a nivel energético que repercuten en el costo de transformación del chocolate.

La capacidad promedio de estos equipos está alrededor de 200 a 500 kg/h, su uso a la fecha es algo limitado a nivel industrial ya que si bien puede traer ahorros a nivel de energía, estos no compensan en la mayoría de los casos la inversión para reemplazar un equipo ya existente (convencional) por una nueva temperadora.

Un ejemplo de este tipo de temperadoras es la temperadora de *Bypass* Aasted Supernova (Anexo 3).



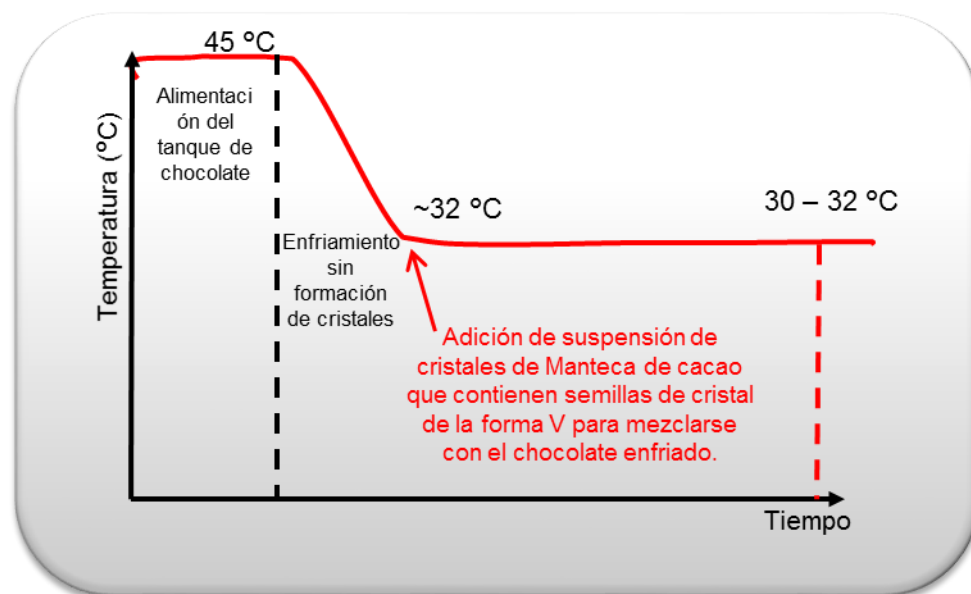
**Figura 11: Curva de temperado de temperadora de *Bypass*.**

- **Temperador de tecnología de semilla:** Este tipo de temperador es quizá el menos difundido de entre los tres. Lo que hace es crear directamente los núcleos de los cristales o también llamadas semillas y las combina con la pasta misma. A diferencia de los demás temperadores este no necesita tener mayor variación de temperatura, solo una disminución de la temperatura de almacenamiento en tanque (45 °C) a la temperatura de salida del temperador (32 °C), a esta temperatura es que se le agregan las semillas o núcleos de cristales en una proporción entre 0.2 a 0.6

por ciento con respecto al total de la pasta de chocolate (Figura 12). Esta temperadora también permite alcanzar una eficiencia energética pues hay menos variaciones de temperatura en la pasta además que los equipos son más compactos en comparación con el resto de temperadoras. Su capacidad promedio es de 150 a 500 kg/h.

La ventaja de esta tecnología es que los cristales inestables no se forman, de tal manera que el chocolate es más estable cuando existen fluctuaciones de temperatura en la cadena de abastecimiento.

Un ejemplo de este tipo de equipos es la temperadora de semilla Buhler Seedmaster (Anexo 4).



**Figura 12: Curva de temperado de temperador de semilla.**

#### a. Medición de índice de temperado

Luego del proceso de temperado es importante poder saber si este ha sido efectivo y si se han formado los cristales adecuados y en la proporción requerida. Para ello existe un método rápido y efectivo que se basa en el principio del calor latente necesario para pasar la pasta de chocolate del estado líquido al estado sólido. Esto se logra mediante la medición de la curva de enfriamiento con ayuda de un equipo que es relativamente barato llamado el temperímetro (Beckett, 2008).



**Figura 13: Temperímetro clásico.**

Básicamente el temperímetro (Figura 13) brinda una gráfica temperatura versus tiempo mientras el producto se va enfriando. Como se puede apreciar en la Tabla 1, para cada pendiente, en el segundo punto de inflexión, le corresponde un determinado índice de temperado (IT).

**Tabla 1: Interpretación del índice de temperado**

<b>Curva obtenida en relación al índice de temperado</b>			
<b>Descripción</b>	<b>Pendiente en el 2° punto de inflexión</b>	<b>Categorías</b>	<b>Índice de temperado (IT)</b>
Bajo temperado	1.00	Muy bajo temperado	2.0
	0.75	Bajo temperado	2.5
	0.50	Ligeramente bajo temperado	3.2
Buen temperado	0.25	Muy ligeramente bajo temp.	4.0
	0.00	Buen temperado	5.0
	-0.25	Muy ligeramente sobre temp.	6.1
Sobre temperado	-0.50	Ligeramente sobre temp.	7.2
	-0.75	Sobre temperado	8.0
	-1.00	Muy sobre temperado	9.0

Lo que se busca es alcanzar un índice de temperado entre 4.0 a 6.1, siendo 5.0 el IT ideal. Este IT puede ser calculado de dos formas, la primera es mediante la

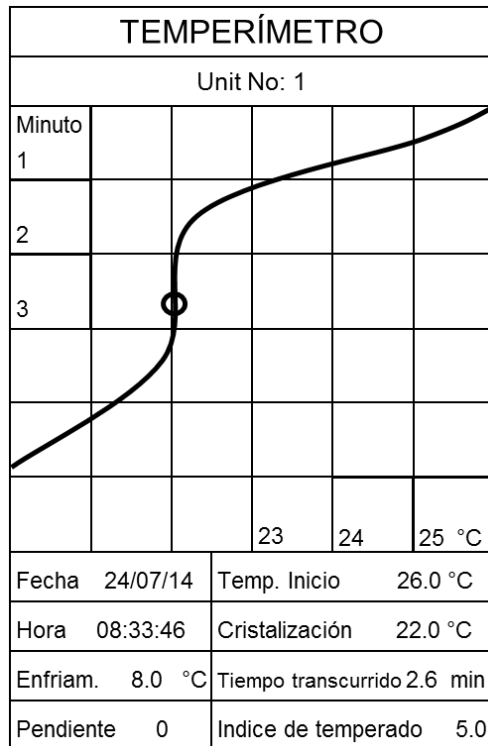
medición de la pendiente obtenida de la gráfica del temperímetro en el segundo punto de inflexión y la segunda es un cálculo directo que lo dan los temperímetros modernos, los cuales calculan directamente el IT según la pendiente obtenida. A nivel industrial es más conveniente este último método ya que es rápido y evita el error humano. Con esto nos aseguramos que el proceso de temperado ha sido satisfactorio.

Un buen temperado tiene como resultado:

- Buena viscosidad en la masa temperada
- Proceso confiable de enfriamiento
- Buen brillo en el producto final
- Buena contracción para el desmoldeo
- Producto estable con alta resistencia a la migración de grasa
- Los cristales tipo V podrán ser desde el 0.5 al 2 por ciento de la fase grasa a 30 – 32 °C

Una gráfica típica y esperada de un buen temperado es como la que se muestra en la Figura 14 donde se aprecia:

- Índice de temperado igual a 5.0
- Pendiente igual a 0
- Proporción ideal de semillas de cristal tipo V.



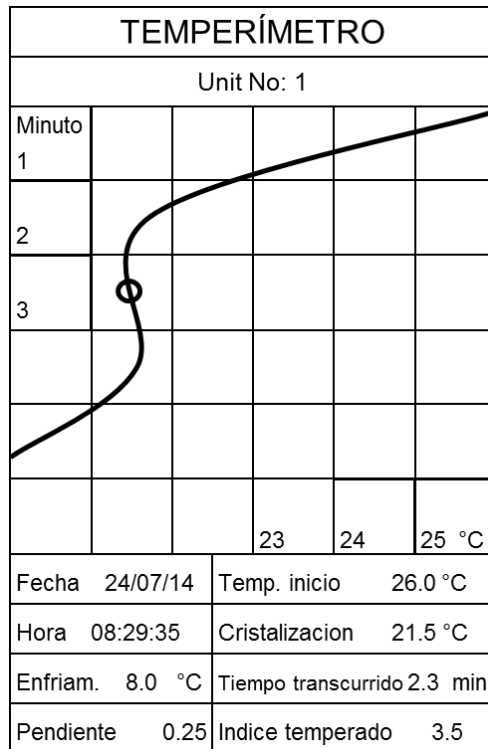
**Figura 14: Curva de un buen proceso de temperado.**

Por otro lado una gráfica típica de un sub temperado sería como la que se presenta a continuación (Figura 15), las consecuencias de tener una pasta sub temperada a nivel productivo pueden ser:

- Una proporción pequeña de cristales de tipo V en el chocolate.
- Solidificación lenta, requiere temperatura más baja.
- Brillo bajo o falta de brillo.
- Rápida apariencia de afloramiento de grasa.

Las posibles causas de un sub temperado son:

- Exceso de calentamiento en zona final del temperador (Zona 3), lo que puede generar una pérdida de cristales de tipo V por derretimiento.
- Exceso de calentamiento en segunda zona, lo cual evita que se formen suficientes cristales estables.



**Figura 15: Curva de un Sub temperado de chocolate.**

Así mismo en la figura 16 podemos apreciar una gráfica típica de una curva de Sobre temperado, esta gráfica indica que el temperador está trabajando muy frío.

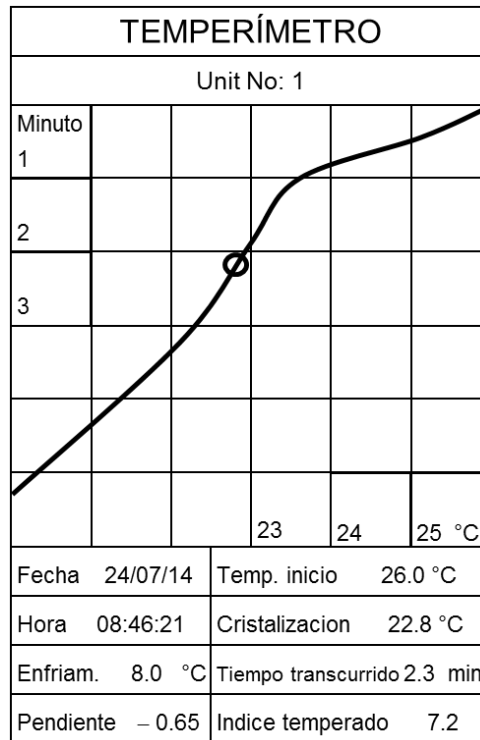
Las consecuencias de una pasta sobre temperada son:

- Masa con mayor viscosidad de la deseada debido a la alta concentración de cristales en el chocolate.
- Solidificación temprana, ocurre a una mayor temperatura.
- Menor brillo o apariencia opaca en el producto final.
- Mayor susceptibilidad al afloramiento de grasa.

Las posibles causas de un sub temperado son:

- Calentamiento insuficiente en zona final del temperador (Zona 3), lo cual evita que los cristales inestables terminen de derretirse.
- Calentamiento insuficiente en segunda zona, lo cual provoca una formación excesiva de cristales inestables y estables.





**Figura 16: Curva de un sobre temperado de chocolate.**

#### **b. Afloramiento de grasa**

El afloramiento de grasa es la causa más común de reclamos por parte del consumidor en chocolates a nivel mundial. Es un defecto que se da en los chocolates a causa de una migración de la grasa presente en estos hacia la superficie del producto, generando un cambio en la coloración del producto dando la apariencia de una capa blanquecina que se asemeja mucho a la presencia de mohos. Si bien en afloramiento de grasa es un defecto que no tiene implicancias para la salud, es de vital importancia el evitar que se de en los productos debido a que la percepción por parte de los consumidores es muy negativa. Además del defecto en el aspecto físico, el afloramiento de grasa también impacta a nivel de textura y sensación en boca, pudiendo sentir el producto seco, duro y/o grasoso.

Según Beckett (2008), hay varias formas de que el afloramiento se genere, o bien por un almacenamiento inadecuado en donde pueden darse cambios bruscos de temperatura a lo largo de la cadena; también puede darse por daño por exposición a un calor excesivo, haciendo que el producto se derrita y se vuelva a solidificar sin el correspondiente proceso de temperado, generando que los cristales que se formen

sean inestables; y por último también puede deberse a una migración del aceite presente en el producto y/o en los agregados que pueda contener, un ejemplo claro de esto es la presencia de afloramiento de grasa por el aceite que desprenden los agregados de tipo nueces como maníes o almendras.

## **IV. CONCLUSIONES**

- Es importante un control adecuado de todo el proceso de producción del chocolate, desde el control y procesamiento de las materias primas hasta las mediciones específicas durante el procesamiento para asegurar un producto de calidad y que satisfaga los requerimientos de los consumidores.
- El proceso de temperado de chocolate es vital para lograr un producto con la calidad sensorial deseada.
- Un buen proceso de temperado ayuda a evitar y/o retardar el afloramiento de grasa.

## **V. RECOMENDACIONES**

- A nivel industrial es recomendable tener implementado un destemperador el cual volverá a calentar la pasta temperada para fundir todos los núcleos de cristales formados. De lo contrario si se recircula demasiado tiempo pasta temperada, esta puede experimentar un incremento de la viscosidad afectando el proceso posterior de moldeo.
- Los nuevos métodos de temperado proveen una calidad superior en el proceso y formación de cristales adecuados, además que permiten eficiencias energéticas que pueden generar ahorros a las organizaciones.
- Es importante definir una frecuencia de medición de índice de temperado adecuada, considerando las variabilidades de cada temperador que se utilice y los diferentes tipos de pastas que se procesen.

## VI. REVISION BIBLIOGRAFICA

- Aasted, DK. 2017. Tempering equipment (en línea). Consultado 13 set. 2017. Disponible en <http://www.aasted.eu/equipment/tempering/supernova>
- Afoakwa, E; Paterson, A; Fowler, M; Vieira, J. 2008. Influence of tempering and fat crystallization behaviours on microstructural and melting properties in dark chocolate systems. *Food Research International* 42:200–209.
- Beckett, S. 1994. *Fabricación y utilización industrial del chocolate*. Zaragoza, España, Acribia.
- Beckett, S. 2008. *The Science of Chocolate*. 2 ed. Cambridge, United Kingdoms, RSC Publishing.
- Buhler, DE. 2017. Products - Seedmaster (en línea). Consultado 13 set. 2017. Disponible en <http://www.buhlergroup.com/global/en/products/seedmaster-sobc.htm#.WcjdPfPyJIU>
- Codex Alimentarius. Norma para el chocolate y los productos del chocolate. STAN 87-1981, Rev.1-2003.
- Hipólito-Romero, E; Carcaño-Montiel, M; Ramos-Prado, J; Vázquez-Cabañas, E; López-Reyes, B; Ricaño-Rodríguez, J. 2017. Efecto de inoculantes bacterianos edáficos mixtos en el desarrollo temprano de cultivares mejorados de cacao (*Theobroma cacao L.*) en un sistema agroforestal tradicional del norte de Oaxaca, México. *Revista Argentina de Microbiología*.
- Jolly, M; Blackburn, S; Beckett, S. 2003. Energy reduction during chocolate conching using a reciprocating multihole extruder. *Journal of Food Engineering* 59:137–142.
- NCA (National Confectioners Association, Estados Unidos). 2017. The story of chocolate (en línea). Consultado 8 set. 2017. Disponible en <https://www.candyusa.com>
- NESTLÉ, España. 2017. *Fabricación de Chocolate* (en línea). Consultado el 9 set. 2017. Disponible en <https://www.chocolatesnestle.es>
- Sollich, Estados Unidos. 2017. Product lines by sollich (en línea). Consultado 13 set 2017. Disponible en: <http://www.sollichna.com/products/product-lines-by-sollich/chocolate-tempering/turbotemper-top-tt-ttd>

## VII. ANEXOS

### ANEXO 1: CODEX STAN 87-1981, REV.1-2003. NORMA PARA EL CHOCOLATE Y LOS PRODUCTOS DEL CHOCOLATE

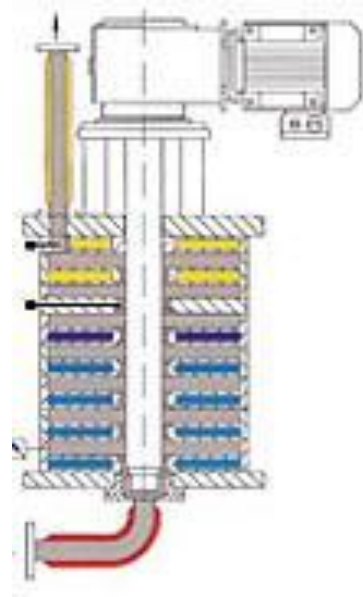
#### CUADRO 1. CUADRO RESUMIDO DE LOS REQUISITOS DE COMPOSICIÓN DE LA SECCIÓN 2<sup>1</sup>

(% referido al extracto seco del producto y previa deducción del peso de los otros productos alimenticios comestibles autorizados de la sección 2)

PRODUCTOS	COMPONENTES (%)						
	Manteca de cacao	Extracto seco magro de cacao	Total de extracto seco de cacao	Materia grasa de la leche	Total de extracto seco magro de la leche	Almidón / Harina	Avellanas
2.1 TIPOS DE CHOCOLATE (COMPOSICIÓN)							
2.1.1 Chocolate	≥18	≥14	≥35				
2.1.1.1 Chocolate a la taza	≥18	≥14	≥35			< 8	
2.1.2 Chocolate dulce/familiar	≥18	≥12	≥30				
2.1.2.1 Chocolate familiar a la taza	≥18	≥12	≥30			< 18	
2.1.3 Chocolate de cobertura	≥31	≥2,5	≥35				
2.1.4 Chocolate con leche		≥2,5	≥25	2,5-3,5	12-14		
2.1.5 Chocolate con leche familiar		≥2,5	≥20	≥5	≥20		
2.1.6 Chocolate de cobertura con leche		≥2,5	≥25	≥3,5	≥14		

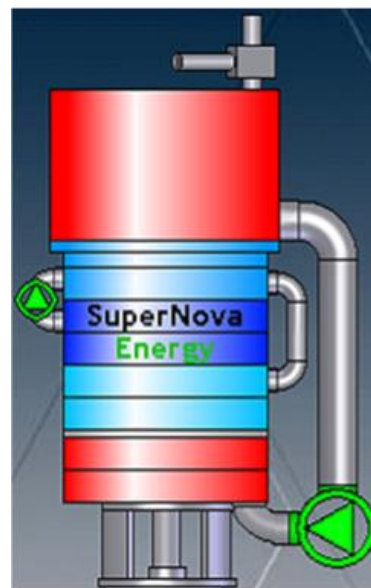
FUENTE: CODEX (2003)

## ANEXO 2: TEMPERADORA CONVENCIONAL SOLLICH TURBOPENTER



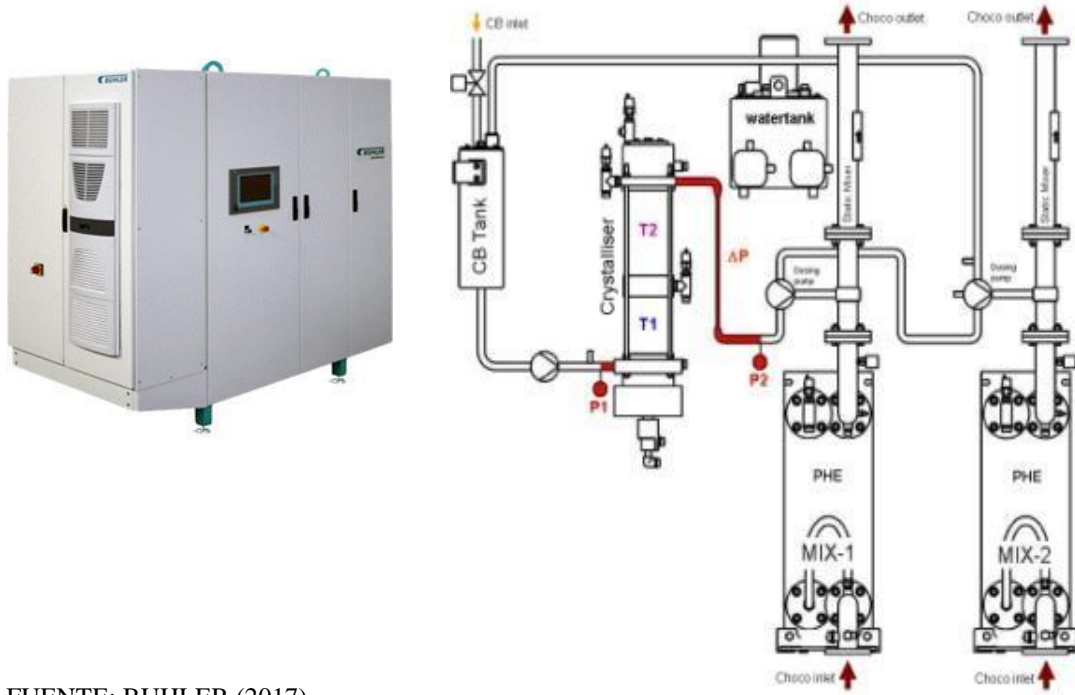
FUENTE: SOLLICH (2017)

## ANEXO 3. TEMPERADORA DE BYPASS AASTED SUPERNOVA



FUENTE: AASTED (2017)

## ANEXO 4: TEMPERADORA DE SEMILLA BUHLER SEEDMASTER



FUENTE: BUHLER (2017)