



UNIVERSIDAD DEL AZUAY

FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA DE ALIMENTOS

**“REINSTALACIÓN Y OPERACIÓN EN LÍNEA DEL EQUIPO
DE PASTEURIZACIÓN Y ENVASADO DE LECHE DE LOS
LABORATORIOS DE LA UNIVERSIDAD DEL AZUAY”**

TRABAJO DE GRADUACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO EN ALIMENTOS

AUTOR:

BERMEO QUINDE RODRIGO ALEXANDER

DIRECTOR:

ING. CLAUDIO SÁNCHEZ JÁUREGUI

CUENCA – ECUADOR

2009

DEDICATORIA

A Dios, a mi esposa, a mi hija Anita,
a mis padres, a mis hermanos,
a mis amigos y a todas
aquellas personas que
me han apoyado en
todo el trayecto
de mi vida.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios sobre todas las cosas por la vida y por todo lo que ha puesto en mi camino, agradezco a toda mi familia por el apoyo incondicional; de la misma manera agradezco al Ing. Claudio Sánchez por haber sido mi guía en este trabajo y haber hecho posible el desenvolvimiento muy profesional del mismo, al Ing. Rómulo Ruiz por su magnífica colaboración en mi equipo de trabajo, a todos mis profesores de la Facultad de Ciencia y Tecnología por los grandes conocimientos que con sabiduría y entrega supieron guiarme todos estos años y a todos quienes estuvieron conmigo en este gran paso de mi vida.

RESUMEN

En el presente trabajo se desarrolló una revisión del fundamento teórico del proceso de pasteurización junto a la información teórico práctica del equipo de pasteurización de placas. Además se incluyó una máquina envasadora que permite dosificar el volumen de leche.

En el equipo de pasteurización, se desarrolló el proceso de mantenimiento, desde el plano de distribución de los equipos. Al término de este trabajo, se distribuyeron los equipos de una forma secuencial y se complementó con el diseño y construcción de una unidad de frío, necesaria para la óptima transferencia de calor o enfriamiento de la leche en el proceso de pasteurización.

ABSTRACT

The present work includes a theoretical background of pasteurization process, and the technical data of the pasteurization equipment and a variable volume bottling machine.

The equipments were submitted to a maintenance process; afterwards the apparatus were sequentially located. At the end of the in-line process, a freeze unit was added to optimize the heat exchange of the plate pack pasteurizer.

ÍNDICE GENERAL

| | |
|----------------|-----|
| DEDICATORIA | i |
| AGRADECIMIENTO | ii |
| RESUMEN | iii |
| ABSTRACT | iv |
| INTRODUCCIÓN | 1 |

CAPÍTULO I: LA PASTEURIZACIÓN

| | |
|---|----|
| 1.1 Características Generales | 3 |
| 1.2 Historia | 4 |
| 1.3 Tipos de pasteurización | 6 |
| 1.3.1 Proceso LTHT | 6 |
| 1.3.2 Proceso HTST | 7 |
| 1.3.3 Proceso UHT | 7 |
| 1.4 Organismos reguladores del estándar | 7 |
| 1.5 Dinámica de la pasteurización | 8 |
| 1.6 Diagrama de la pasteurización | 9 |
| 1.7 Equipos de pasteurización | 10 |
| 1.7.1 Equipos de pasteurización LTHT | 10 |
| 1.7.1.1 Marmita | 11 |
| 1.7.2 Equipos de pasteurización HTST | 11 |
| 1.7.2.1 Intercambiadores tubulares | 11 |
| 1.7.2.2 Intercambiadores de placas | 12 |
| 1.7.3 Equipos de pasteurización UHT | 12 |

CAPÍTULO II: EL ENVASADO

| | |
|--|----|
| 2.1 Características generales | 13 |
| 2.2 Tanques | 13 |
| 2.2.1 Tanques de almacenamiento | 14 |
| 2.2.1.1 Tanques silo | 14 |
| 2.2.1.2 Depósitos intermedios de almacenamiento | 14 |
| 2.2.1.3 Depósitos de mezcla | 15 |
| 2.2.2 Tanques de proceso | 15 |
| 2.3 Tipo de envasado | 15 |
| 2.3.1 Envases de vidrio | 15 |
| 2.3.2 Envases de cartón | 16 |
| 2.3.3 Envase plásticos | 16 |
| 2.4 Equipos de envasado | 17 |
| 2.4.1 Equipo para envasado en botellas de vidrio | 17 |
| 2.4.2 Equipos para envasado en cartones | 17 |
| 2.4.3 Equipos para envasado en fundas plásticas | 17 |
| 2.4.3.1 Selladoras mecánicas | 18 |
| 2.4.3.2 Selladoras electromecánicas | 18 |

CAPÍTULO III: EQUIPOS AUXILIARES Y CONEXIONES PARA EL SISTEMA DE PASTEURIZACIÓN

| | |
|--|----|
| 3.1 Tanque de alimentación de leche | 20 |
| 3.2 Tanque de alimentación de agua helada | 21 |
| 3.3 Bombas | 21 |
| 3.3.1 Bomba de alimentación de leche | 22 |
| 3.3.2 Bomba de alimentación de agua caliente | 23 |
| 3.4 Intercambiador de placas | 23 |
| 3.5 Calderín | 24 |
| 3.6 Válvulas | 25 |
| 3.7 Compresor de aire | 26 |
| 3.8 Tuberías | 26 |

| | |
|---------------------------------|----|
| 3.9 Termómetros | 27 |
| 3.10 Tablero de control | 27 |
| 3.10.1 Switches de mando | 28 |
| 3.10.2 Luces piloto | 28 |
| 3.10.3 Termómetros electrónicos | 28 |
| 3.10.4 Transformador | 29 |
| 3.10.5 Contactores | 29 |
| 3.10.6 Portafusibles | 29 |
| 3.10.7 Variador de frecuencia | 29 |
| 3.10.8 Cables de conexión | 29 |

CAPÍTULO IV: IDENTIFICACIÓN, MANTENIMIENTO Y REINSTALACIÓN DEL EQUIPO DE PASTEURIZACIÓN

| | |
|--|----|
| 4.1 Identificación de desarmado de las partes del equipo de pasteurización | 31 |
| 4.2 Mantenimiento de la bomba de alimentación de leche | 31 |
| 4.3 Desarmado, revisión y mantenimiento del intercambiador de placas | 31 |
| 4.4 Mantenimiento de la bomba de alimentación de agua caliente | 32 |
| 4.5 Verificación de funcionamiento de termómetros de carátula | 32 |
| 4.6 Revisión de válvulas de flujo y de presión junto a compresor auxiliar | 33 |
| 4.7 El Tablero de control, elementos operativos, pruebas de funcionamiento | 33 |
| 4.8 Mantenimiento de calderín | 35 |
| 4.9 Instalaciones eléctricas de equipos auxiliares | 35 |
| 4.10 Ensayo de laboratorio | 36 |
| 4.11 Inclusión de la unidad de enfriamiento | 37 |
| 4.12 Cálculos de la unidad de enfriamiento | 37 |
| 4.12.1 Cálculo del caudal de la leche en gramos | 39 |
| 4.12.2 Cálculo del caudal de agua | 39 |
| 4.12.3 Cálculo de la bomba de agua | 40 |
| 4.12.4 Cálculo del volumen de cuba | 42 |
| 4.12.5 Cálculo del motor de enfriamiento | 42 |

**CAPÍTULO V: IDENTIFICACIÓN, MANTENIMIENTO Y
REINSTALACIÓN DEL EQUIPO DE ENVASADO**

| | |
|---|----|
| 5.1 Identificación de las partes del equipo de envasado | 44 |
| 5.2 Revisión del tanque de almacenamiento de leche y válvula dosificadora | 45 |
| 5.3 Medición de voltajes operativos y funcionamiento de instrumentos auxiliares | 46 |
| 5.4 Cambio de mordazas de sellado | 46 |
| 5.5 Instalación de resistencias de sellado y corte | 47 |
| 5.6 El tablero de control | 47 |
| 5.7 Pruebas de funcionamiento de sellado | 47 |
| 5.8 Calibración y ajustes terminales | 48 |

**CAPÍTULO VI: GUÍA PRÁCTICA DE FUNCIONAMIENTO DEL
EQUIPO PASTEURIZADOR Y ENVASADO**

| | |
|---|----|
| 6.1 Introducción | 49 |
| 6.2 Guía General | 49 |
| 6.2.1 Puesta en marcha del equipo de pasteurización | 49 |
| 6.2.1 Puesta en marcha del equipo de envasado | 51 |
| 6.3 Precauciones | 51 |
| 6.4 Mantenimiento | 52 |
| CONCLUSIONES | 54 |
| RECOMENDACIONES | 56 |
| BIBLIOGRAFÍA | 57 |

ANEXOS

INDICE DE ANEXOS:**ANEXOS FIGURAS**

| | |
|---|----|
| Figura 1.1 Diagrama de la pasteurización | 10 |
| Figura 3.1 Esquema de la alimentación de leche al pasteurizador | 20 |
| Figura 3.2 Esquema de la realimentación de agua helada al proceso | 21 |
| Figura 3.3 Esquema de intercambiador de placas | 24 |
| Figura 3.4 Esquema de calderín y alimentación de agua caliente al proceso | 25 |

ANEXOS FOTOFRÁFICOS

| | |
|--|----|
| Fotografía 3.1 Bomba de alimentación de leche | 23 |
| Fotografía 3.2 Bomba de alimentación de agua caliente | 23 |
| Fotografía 3.3 Compresor de aire | 26 |
| Fotografía 3.4 Termómetro | 27 |
| Fotografía 3.5 Tablero de control situación inicial y situación actual | 27 |
| Fotografía 3.6. Switches de mando situación inicial y situación actual | 28 |
| Fotografía 3.7 Termómetros electrónicos situación inicial y situación actual | 28 |
| Fotografía 4.1 Equipo de Pasteurización | 37 |
| Fotografía 4.2 Unidad de enfriamiento – Banco de hielo | 37 |
| Fotografía 5.1 Envasadora de leche | 45 |
| Fotografía 5.2 Tanque de almacenamiento de leche y válvula dosificadora | 46 |
| Fotografía 5.3 Tablero de control situación inicial y situación actual | 47 |

ANEXOS PLANOS

| | |
|--|---|
| Plano 1 Esquema situación inicial del equipo de pasteurización y envasado | 1 |
| Plano 2 Esquema situación actual del equipo de pasteurización y envasado | 2 |
| Plano 3 Distribución de la situación inicial del equipo de pasteurización y envasado | 3 |
| Plano 4 Distribución de la situación actual del equipo de pasteurización y envasado | 4 |

Bermeo Quinde Rodrigo Alexander

Trabajo de Graduación

Ing. Claudio Sánchez Jáuregui

Junio del 2009

“REINSTALACIÓN Y OPERACIÓN EN LÍNEA DEL EQUIPO DE PASTEURIZACIÓN Y ENVASADO DE LECHE DE LOS LABORATORIOS DE LA UNIVERSIDAD DEL AZUAY”

INTRODUCCIÓN

En la mayoría de los países, la refrigeración, clarificación y pasteurización son etapas obligatorias en el tratamiento de los productos lácteos líquidos de consumo directo, la grasa se homogeneiza de forma rutinaria en muchos países, mientras que en otros se omite la homogeneización porque la presencia de una buena “línea de nata” se considera como una prueba evidente de la calidad de la leche.

La desaireación se utiliza en ciertos casos, cuando la leche tiene un alto contenido en aire y también cuando se encuentran presentes en el producto sustancias muy volátiles de sabores anormales; esto puede ocurrir por ejemplo si el pienso utilizado en la granja contiene plantas de la familia de la cebolla.

El tratamiento de los productos lácteos líquidos requiere partir de una materia prima de alta calidad y utilizar líneas de proceso correctamente diseñadas si queremos obtener productos finales que tengan una elevada calidad; es necesario también garantizar un tratamiento suave para evitar una influencia negativa sobre los constituyentes más valiosos del producto.

Con referencia a la calidad de la leche, en la siguiente tabla se muestran parte de los parámetros microbiológicos que las Normas INEN aceptan para una buena calidad de leche:

| | |
|--|--------------------------|
| Contaje de microorganismos aerobios hemofílicos. Recuento en placas INEN 1529-5 | 3×10^4 UFC/cc |
| Coliformes totales INEN 1529-6 | $3,6 \times 10^6$ NMP/cc |
| Coliformes fecales INEN 1529-7 | 5×10^6 NMP/cc |
| Coliformes fecales y E. Coli INEN 1529-8 | $< 3 \times 10^6$ NMP/cc |

Tabla 1 Datos normas INEN de leche pasteurizada

Junto con la refrigeración correcta, la pasteurización de la leche es uno de los procesos más importantes en su tratamiento; si se efectúa correctamente, este proceso consigue que la leche tenga una vida útil mayor.

El tiempo y la temperatura de pasteurización son factores muy importantes que deben ser especificados de forma precisa en relación a la calidad de la leche, a sus necesidades de vida útil; la temperatura escogida para la leche normal, pasteurizada con el sistema HTST y homogeneizada, es de 72°C-75°C durante 15-20 segundos.

La leche es altamente susceptible a la contaminación bacteriana y química (cobre, hierro) así como a los efectos de la exposición a la luz, sobre todo cuando está homogeneizada; por lo tanto es muy importante conseguir unas buenas instalaciones de limpieza (CIP) para la planta y usar detergentes, desinfectantes y agua de buena calidad.

Una vez envasada debe ser protegida de la luz, tanto natural como la artificial; la luz tiene un efecto perjudicial sobre muchos nutrientes, aunque también tiene un efecto negativo sobre el sabor de la leche; los malos sabores provocados por la exposición a la luz se producen a partir de las proteínas de la leche; la exposición de la luz degrada el aminoácido metionina o metional, el ácido ascórbico (Vitamina C) y la riboflavina (Vitamina B) juegan un importante papel en el proceso, debiendo estar presente el oxígeno.

CAPÍTULO I

LA PASTEURIZACIÓN

1.1 Características generales

La pasteurización es el proceso térmico cuyo nombre tiene en honor al químico francés *Louis Pasteur* (1822-1895) por cuanto el fue quien descubrió este proceso, el mismo que tiene como principio fundamental elevar la temperatura bajo el punto de ebullición e inmediatamente bajar esta temperatura de tal manera que mueran los microorganismos y se mantenga en estas condiciones, generalmente en los líquidos que se somete a este tratamiento se reduce los agentes patógenos, tales como bacterias, protozoos, mohos, levaduras, etc. y al mismo tiempo desactiva las enzimas que modifican los sabores de los mismos.

En nuestro caso particular de investigación la leche también es sometida a este tratamiento para su conservación y comercialización óptima.

Debemos indicar dentro de los métodos más comunes de pasteurización de la leche es mediante un calentamiento directo a una cuba de doble pared por donde circula agua, la misma que se calienta sobre los 70°C luego de lo cual se baja la temperatura por circulación de agua fría, que vendría a ser una pasteurización lenta ya que mediante el se destruye los microorganismos y las enzimas que alteran las condiciones para consumo humano pero por tiempo y eficiencia se ha cambiado por procesos más tecnificados con el uso de equipos semiautomáticos y automáticos que realizan este proceso en menor tiempo y con garantías de óptimo resultado.

Con la pasteurización se sabe que se consigue la destrucción o eliminación de los microorganismos más termo sensibles, como los coliformes, y se inactiva la fosfatasa alcalina, pero no así las esporas o la peroxidasa, ni las bacterias un poco más termo resistentes, como las lácticas; es decir, la leche pasteurizada todavía tiene una determinada carga microbiana, principalmente de bacterias lácticas no patógenas

pero si fermentativas, y requiere de refrigeración, ya que su vida de anaquel es tan sólo de algunos días en todo caso se dispone de un producto apto para el consumo humano normalizado a nivel mundial.

1.2 Historia

El proceso de esterilización por calentamiento que es nuestro tema de investigación descubrió Pasteur cuando buscaba métodos para eliminar organismos contaminantes de vino y tras varios ensayos determinó que estos podían ser inactivados al someter al producto a temperaturas inferiores al punto de ebullición. La primera pasteurización se completó el 20 de abril de 1882.

El proceso, nació de la necesidad de esterilizar la comida en contenedores sellados y según ciertos datos se atribuyó las primeras pruebas al inventor francés *Nicholas Appert* en sus trabajos de investigación realizados en el siglo XVIII. No obstante investigaciones realizadas demuestran que con anterioridad, ya se había intentado esterilizar contenedores sellados de alimentos pero no se tiene datos registrados.

Hacia fines del siglo XIX, los químicos alemanes trasladaron este procedimiento a la leche cruda, seguros que los tratamientos térmicos resultaban eficaces para la destrucción de las bacterias presentes en ella pero no se publicó nada al respecto, de todas maneras todos estos experimentos dieron origen no sólo a un importante método de conservación, sino también a una medida higiénica fundamental para cuidar la salud de los consumidores y conservar la calidad de los alimentos. Estos trabajos sentaron las bases de lo que *Pasteur* posteriormente descubriría y explicara científicamente.

Algunos de los contemporáneos de *Pasteur*, incluido el eminente químico alemán *Justus Von Liebig*, insistían en que la fermentación era un proceso puramente químico y que no requería en absoluto de la intervención de ningún organismo vivo.

En el año 1864, a instancia del emperador Napoleón III, *Pasteur* investigó la causa de que el vino y la cerveza se agriaban con el tiempo, causando a Francia grandes pérdidas económicas debido a lo percedero de estas mercancías y cuando regresó al pueblo de su infancia, *Arbois*, con el objetivo de resolver el problema definitivamente; allí estudió el problema que afectaba a las viñas. Con la ayuda de

un microscopio, descubrió que, en realidad, intervenían dos tipos de organismos dos variedades de levaduras de la familia acetobacter los mismos que eran la clave del proceso de fermentación, en estas circunstancias procedió a almacenar el líquido en cubas bien selladas y elevando su temperatura hasta los 44 grados centígrados durante un corto periodo de tiempo, comprobó experimentalmente que las poblaciones de acetobacter se reducían en extremo hasta quedar casi esterilizado el alimento. A pesar del error inicial de la industria ante la idea de calentar el vino, un experimento controlado con lotes de vino calentado y sin calentar demostró de forma contundente la efectividad de él.

Con posterioridad *Charles North* aplicó el mismo método de *Pasteur* a la leche con éxito en el año 1907. *Pasteur* dio el primer paso en el que sería este nuevo método denominado posteriormente "*pasteurización*" en su honor, y lo fue aplicando a otros alimentos líquidos como la leche. El proceso se aplica hoy en día como un estándar de higiene en los procesos básicos de la industria alimenticia y actualmente garantiza la seguridad de muchos productos alimenticios del mundo.

La leche esterilizada se desarrolló industrialmente en el año 1921, y el proceso de inyección de vapor fue desarrollado en 1927 por *G. Grindrod* en Estados Unidos.

Sin embargo, las iniciativas más relevantes que dieron lugar a la comercialización del método UHT se empezaron a desarrollar a finales de los años 1940 debido a la técnica desarrollada en los esterilizadores de tubos concéntricos y de vapor de pasteurización para los sistemas de producción de leche. Debe entenderse que fueron muy grandes los esfuerzos de aquella época en la industria para lograr empaquetar asépticamente la leche, hasta que finalmente se logró con éxito en el año 1961.

El avance científico de *Pasteur* mejoró la calidad de vida al permitir que productos alimenticios básicos como la leche pudieran ser transportados a largas distancias sin que la descomposición afectara al alimento. En la pasteurización no es el objetivo primordial la eliminación completa de los agentes patógenos sino la disminución sensible de sus poblaciones, alcanzando niveles que no causen intoxicaciones alimentarias a los humanos (suponiendo que el producto pasteurizado se ha

refrigerado correctamente y que se consume antes de la fecha de caducidad indicada).

En la actualidad la pasteurización va siendo cada vez más objeto de polémicas en ciertas agrupaciones de consumidores a lo largo de todo el mundo, debido a las dudas existentes sobre la destrucción de vitaminas y alteración de las propiedades organolépticas (sabor y calidad) de los productos alimenticios tratados pero por las condiciones microbianas que posee el producto se seguirá utilizando.

1.3 Tipos de pasteurización

Existen tres tipos de procesos bien diferenciados de pasteurización a altas temperaturas durante un breve periodo de tiempo; siendo estos:

- a) **LTLT (Low Temperature/Long Time)**, con temperaturas entre los 60°C a 65°C en un periodo de tiempo promedio de 30 minutos.
- b) **HTST (High Temperature/Short Time)**, cuyas temperaturas fluctúan entre los 72 °C a 75°C en un lapso de 15 segundos.
- c) **UHT (Ultra-High Temperature)**, con temperaturas entre los 130°C hasta los 140°C durante 2 segundos.

1.3.1 Proceso LTHT

Como sus siglas los indican es un método que se emplea para eliminar los microorganismos aplicando baja temperatura pero en un largo periodo de tiempo para su tratamiento, por lo general se realiza en recipientes grandes en los cuales se pone el producto que generalmente son las marmitas u ollas de doble fondo por donde circula agua caliente o vapor para calentamiento, mientras que el enfriamiento se realiza con agua fría o helada. Este método también conocido como batch o por lotes se utiliza a nivel de pequeños productores pero por el tiempo que se emplea para el efecto está casi reemplazado por los otros que requieren menor tiempo y óptimos resultados

1.3.2 Proceso *HTST*

Este proceso es el más utilizado en la actualidad y consiste en aplicar al producto altas temperaturas por un corto tiempo por lo general para este proceso existen equipos ya diseñados para el efecto en este método el trabajo es de tipo continuo lo que representa buen rendimiento en la producción industrial.

El proceso se realiza en equipos diseñados para este efecto que se llaman intercambiadores de calor, los mismos que son en forma tubular o de placas, tienen el mismo principio que es hacer circular por un lado la leche a tratar, en forma paralela por el otro lado agua caliente o helada, produciendo en segundos el cambio de temperatura que requiere el proceso con lo que es posible tratar grandes cantidades de leche en un corto tiempo.

1.3.3 Proceso *UHT*

El proceso *UHT* es de flujo continuo y se considera como un proceso *HTST* con la diferencia que se alcanza temperaturas de 138°C durante un periodo de dos segundos, por las condiciones que tiene este proceso se obtiene un tratamiento antimicrobiano garantizado y por norma de comercialización es necesario indicar en la etiqueta como leche ultra pasteurizada o simplemente *UHT*. Los equipos para el efecto son elaborados en acero inoxidable con las características que exige el tratamiento.

1.4 Organismos reguladores del estándar

La leche pasteurizada óptima para el consumo humano son controlados por diferentes organismos cuyas normas se manejan a nivel internacional con parámetros básicos que determinan las pruebas de peroxidasa positiva y fosfatasa negativa como básicos cuyos métodos y técnicas de control en nuestro País está a cargo de *INEN*. El funcionamiento de las diferentes plantas de tratamiento lácteo es permitido por el Ministerio de Salud el mismo que luego de una inspección exhaustiva otorga el permiso pertinente.

Para la comercialización se exige el respectivo registro que es otorgado por el Instituto Nacional de Higiene y Medicina Tropical “Leopoldo Izquieta Pérez” luego que el producto cumpla con las condiciones de calidad determinado por el análisis físico químico y nutricional así como el envasado y presentación que exigen las normas respectivas.

1.5 Dinámica de la pasteurización

El proceso de pasteurización tiene en consideración los elementos patógenos que se encuentran en la leche por lo que para determinar su dinámica operativa utilizamos la siguiente fórmula:

$$N = N_0 e^{-K_d T} \quad (1)$$

Donde:

N: Número de microorganismo que se encuentran vivos en la muestra a tratar.

T: Temperatura con la que se va a trabajar.

N₀: Población inicial.

K_d: Constante de muerte de microorganismos a tratar o velocidad de muerte de los mismos.

Adicionalmente, el rango de supervivencia de los microorganismos viene dado por $\log(N/N_0)$ tomando en cuenta una temperatura de tratamiento fija **T**.

En la pasteurización la temperatura de exposición de la leche es determinante, este factor se conoce como tiempo de reducción decimal o valor **D** de un microorganismo que en otras palabras vendría a ser el tiempo que se necesita para reducir el 90% de la población microbiana de la leche y se puede determinar con la siguiente fórmula:

$$D_T = \frac{\Delta t}{\log N_0 - \log N} \quad (2)$$

Donde:

Δt : Período de tiempo a tratar la leche.

N_0 : Población inicial de microorganismos.

N : Población final de los mismos.

Con estos cálculos podemos encontrar diferentes valores de acuerdo a los microorganismos dados y de acuerdo a ello será desarrollado el proceso para los diferentes productos a tratar.

1.6 Diagrama de la pasteurización

La pasteurización persigue una doble finalidad:

- 1) Destrucción de todos los gérmenes patógenos para el hombre, este es el punto de vista higiénico
- 2) Reducción de la flora banal al nivel más bajo posible, con el fin de mejorar la calidad de conservación; este es el punto de vista económico y comercial, que tiene casi tanta importancia como el primero.

La Figura 1.1 da una representación gráfica, según los principios expuestos de los efectos térmicos. La recta de en medio define las normas recomendables para conseguir una pasteurización eficaz. Se ve que, en estas condiciones, el aspecto físico no se modifica en lo que se refiere a la capa de crema y que existe un margen de seguridad suficiente para la destrucción del bacilo tuberculoso.

El bacilo tuberculoso es el germen patógeno más resistente entre los que pueden encontrarse en la leche; las brucelas y salmonellas se destruyen más fácilmente, lo mismo ocurre con la *Coxiella burneti*, que es el virus más resistente de los que pueden encontrarse en la leche. Por lo tanto, puede afirmarse hoy en día con certeza que la pasteurización, según normas fijas, destruye completamente los gérmenes más peligrosos para el hombre. Estas normas corresponden a dos puntos del diagrama:

- 1) 62°C durante 30 minutos; estas son las condiciones de la pasteurización baja (L.T.L.T.).
- 2) 72°C durante 15 segundos; estas son las condiciones de la pasteurización alta (H.T.S.T.).

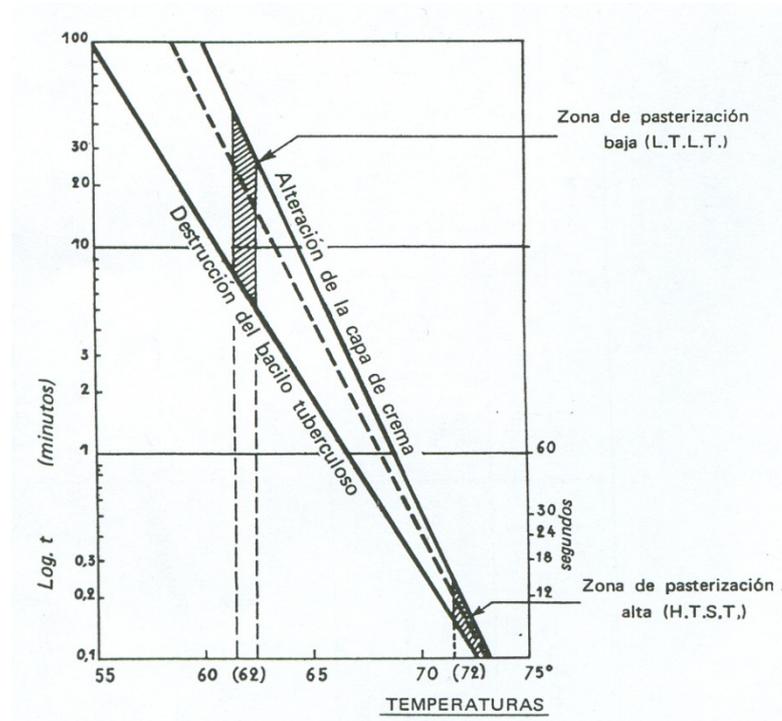


Figura 1.1 Diagrama de la pasteurización (fuente: Ciencia de la leche)

1.7 Equipos de pasteurización

Los equipos para pasteurizar la leche se clasifican de acuerdo a los diferentes tipos del proceso pero se centran en dos tipos plenamente determinados y en su orden tenemos:

1.7.1 Equipos de pasteurización LTHT

En este proceso de pasteurización se maneja temperaturas bajas que van de 60°C a 65°C que generalmente se precisa en 63°C por 30 minutos en un recipiente de doble pared.

1.7.1.1 Marmita

Es un recipiente cilíndrico de acero inoxidable *AISI* 304 o 316 de doble pared sabiendo que en el espacio que recepta la leche y la pared externa tenemos agua o vapor en el primer caso elevamos la temperatura con fuego directo hasta el rango necesario y en el otro caso lo hacemos con vapor para luego bajar la temperatura con agua fría o helada para conseguir bajar rápidamente la temperatura y conseguir el efecto deseado.

La limitante que tienen estos equipos es la discontinuidad operativa, la lentitud, el desprendimiento de CO_2 y a la posible oxidación de vitaminas, sin embargo, su sencillez, conservación de la línea de nata y la facilidad de limpieza tienen como ventajas.

1.7.2 Equipos de pasteurización *HTST*

Este proceso tiene como rango de pasteurización de 72°C a 75°C pero puede alcanzar 85°C sin que afecte el tratamiento y el tiempo de enfriamiento es 15 segundos; los equipos que se ocupan para este propósito son los intercambiadores de calor que son de dos tipos: tubulares y de placas.

1.7.2.1 Intercambiadores tubulares

El principio fundamental de estos equipos es la circulación de la leche, ya sea a través de un haz de tubos de 5 a 6 milímetros que se comunican entre sí o mediante un serpentín propiamente para tal efecto; de todas maneras en cualquiera de estos métodos, se debe suministrar agua caliente o vapor con la finalidad de elevar la temperatura en toda la sección tubular para posteriormente ser enfriada. La ventaja de este funcionamiento es el tiempo en relación a *LTLT*, mientras que la desventaja principal radica en la limpieza del equipo, el cual, puede ser mitigado mediante la utilización de detergentes y soluciones antisépticas.

1.7.2.2 Intercambiadores de placas

Consiste en placas onduladas con nervaduras dispuestas de manera horizontal o vertical, generalmente de 0.7mm de espesor y unidas entre sí mediante juntas de goma o silicón, las mismas que se sujetan en un bastidor y se disponen para el paso de la leche; por el contrario y en contracorriente, circula vapor o agua caliente en la sección de calentamiento y fría o helada en la parte de enfriamiento.

Actualmente, este tipo de equipos son los más usados en la industria de lácteos por su versatilidad y rendimiento, permitiendo procesar hasta 20.000 litros por hora. Por otra parte, la principal ventaja es el espacio pequeño que ocupa dentro del área de procesamiento y su mantenimiento es efectuado mediante la circulación de soluciones específicas, tales como sosa cáustica al 5% (detergente) y ácido nítrico al 2% (desencrustante de sales).

1.7.3 Equipos de pasteurización *UHT*

Para el proceso conocido como ultra alta temperatura, utilizamos intercambiadores de placas que permiten subir la temperatura en un rango entre 135°C a 150°C; y permitiendo a su vez, bajar la temperatura a 4°C durante un tiempo muy corto que oscila entre 10 a 15 segundos. Este tipo de equipos son similares a los anteriores, con la diferencia de que se necesita la utilización de vapor para conseguir la temperatura de tratamiento. Cabe señalar que para el proceso de enfriamiento se requiere la utilización de un banco de hielo, de tal manera que permita la circulación de agua helada, optimizando la calidad del producto a nivel microbiológico.

CAPÍTULO II

EL ENVASADO

2.1 Características generales

El envasado es el proceso mediante el cual se almacena los diferentes productos en envases específicos de acuerdo a las características que este tiene y se debe mantener, para este efecto tomamos en cuenta no solamente las recomendaciones técnicas y científicas sino también las conveniencias económicas y preferencias de los consumidores.

El envasado debe garantizar la conservación de la leche durante el tiempo de consumo que se indicará en la etiqueta lo mismo que es controlado mediante análisis pertinentes, en nuestro País las Normas *INEN* indican claramente este particular mientras que *ECOP* es la empresa que se encarga de asignar el código de barras si se necesita el mismo que sirve para identificar el producto a nivel nacional e internacional.

2.2 Tanques

Los tanques en la industria láctea se utilizan en gran cantidad de operaciones; los tamaños oscilan entre 150000 litros de los tanques silo de los departamentos de recepción, y los aproximadamente 100 litros de los tanques más pequeños.

Los tanques se pueden dividir en dos grandes categorías de acuerdo con su función:

- Tanques de almacenamiento
- Tanques de proceso

2.2.1 Tanques de almacenamiento

2.2.1.1 Tanques silo

Varían en tamaño desde los 25 000 litros hasta unos 150 000 litros y las superficies en contacto con el producto son de acero inoxidable. Se colocan a veces en el exterior con el objeto de ahorrar costes en edificios.

En estos casos los tanques están aislados normalmente. Tiene una doble pared con un mínimo de 70 mm de aislamiento de lana mineral. La pared exterior es de acero inoxidable, pero, por razones de economía, normalmente es de acero al carbono, cubierta con una pintura corrosiva; con objeto de facilitar un drenaje completo, el fondo del depósito es inclinado (con un 6% hacia la salida). Esto viene a veces regulado en las normas de algunos países.

2.2.1.2 Depósitos intermedios de almacenamiento

Se utilizan para almacenar un producto durante un período corto de tiempo antes de que continúe a la línea de proceso. Son también utilizados como depósitos pulmón o reguladores, para absorber variaciones en el caudal de producto en proceso. Después del tratamiento térmico y del enfriamiento, la leche se bombea hacia un depósito de regulación y desde allí al llenado. Si la operación de llenado es interrumpida, la leche procesada se mantiene en dicho depósito.

En los tanques de almacenamiento con una capacidad de 1000 litros y 50000 litros la pared interior es de acero inoxidable. El depósito se aísla con el objeto de asegurar una temperatura constante para el producto. En este caso, la pared exterior también es de acero inoxidable, con una capa aislante de lana mineral entre ambas paredes.

2.2.1.3 Depósitos de mezcla

Estos depósitos son utilizados para mezclar diferentes productos y para incorporar diversos ingredientes al producto principal. Estos depósitos pueden ser aislados o con una pared simple de acero inoxidable. Se puede equipar con dispositivos para el control de temperatura; los tanques aislados, con lana mineral entre las paredes exterior e interior, tienen una camisa colocada en la cara interior de la pared interna que soporta el aislamiento, a través de la cual se bombea los medios de calentamiento-enfriamiento.

2.2.2 Tanques de proceso

En estos depósitos los productos son tratados con el fin de cambiar sus características; entre los que más se utilizan en la industria láctea tenemos para depósitos de maduración para nata y para productos ácidos tales como el yogur, así como los depósitos de cristalización para nata batida y depósitos para la preparación de cultivos lácticos iniciadores.

2.3 Tipos de envasado

La leche para uso público se debe envasar con las condiciones sanitarias y comerciales plenamente reconocidas a nivel mundial; es así como tenemos tres tipos bien diferenciados que son en envases de vidrio, cartón y plástico.

2.3.1 Envases de vidrio

La presentación del producto hace años atrás, se lo realizaba en botellas de vidrio de formas diferentes con volúmenes que oscilaban entre 500cc y 1000cc y cuyas capacidades se dosificaban en forma manual al inicio y luego, con el desarrollo tecnológico, de una manera automática con el fin de garantizar exactitud en la medida. Estos envases debían estar herméticamente sellados para evitar su contaminación y contener en su etiqueta información nutricional, registro sanitario y tiempo de consumo, a más del número de lote.

Hoy en día, este tipo de envase está ya casi descartado, debido a factores tales como el peligro y la manejabilidad de los mismos, transmisión de rayos solares que producen la pérdida de vitaminas y finalmente cambios en sus características organolépticas.

2.3.2 Envases de cartón

Son un tipo muy aceptado y comercializado se identifican como *Tetra Pack*, técnicamente producidos con cartón o papel *kraft*, sobre el cual va etiquetado el producto mientras que interiormente están recubiertos por polietileno, que se funde al realizar el sellado permitiendo el hermetismo deseado y la conservación ideal de la leche.

Esta presentación es aceptada en todas partes aunque en nuestro país; por costos se utiliza para un sector limitado pero justificado económicamente los indicativos de producción, normativa y consumo deben estar igual que en el caso anterior.

2.3.3 Envases plásticos

Constituyen lo que en nuestro medio se comercializa en mayor número y son las típicas bolsas de polietileno de alta densidad conocido como *PEHD*, que es permitido para productos alimenticios, la forma como vienen estas es en fundas pre elaboradas, en las que se pone el producto y se sellan en máquinas automáticas o semiautomáticas permitiendo el envasado hermético que asegura el mantenimiento adecuado del producto.

De la misma forma que en las otras presentaciones, debe ir todo el contenido en la etiqueta como las normas lo exigen. En el Laboratorio de Lácteos de la Universidad del Azuay disponemos de una selladora semiautomática para este tipo de envasado por lo que más adelante detallaremos el proceso.

2.4 Equipos de envasado

Para envasar la leche los equipos que se utilizan son de acuerdo al tipo de envasado a realizar como detallamos a continuación:

2.4.1 Equipos para envasado en botellas de vidrio

Para este efecto disponemos de una cuba de acero inoxidable, la misma que rellena los envases a través de una válvula de alimentación, pudiendo ser de tipo manual o automática; esta última funciona mediante una electroválvula que es controlada por un temporizador calibrado de tal forma que, en un determinado tiempo, se colme el envase con el volumen exacto requerido, para luego, trasladarlos por medio de una banda transportadora para su correspondiente sellado; finalmente, son esterilizados en el autoclave.

2.4.2 Equipos para envasado en cartones

En este tipo de envasado se utilizan máquinas cada día más sofisticadas, que a la vez, dosifican la leche en volúmenes requeridos, forman y sellan el cartón; seguidamente se realiza el sellado superior y corte respectivo antes de continuar el ciclo con otro cartón. Cabe indicar que la lámina de cartón ya viene previamente etiquetada, mientras que los datos de producción y otra información relevante del producto, lo coloca la misma máquina en forma automática. Este último proceso se ejecuta mediante una orden electrónica a través de cámaras fotosensibles.

2.4.3 Equipos para envasado en fundas plásticas

Para este tipo de envasado se utilizan selladoras, ya sean de tipo mecánicas o automáticas.

2.4.3.1 Selladoras mecánicas

Funcionan de forma manual a través de un pedal, el cual produce el accionamiento de una mordaza provista de una resistencia eléctrica que realiza el sellado. Para este tipo de equipos se utilizan empaques plásticos que vienen armados y etiquetados, los mismos que son rellenados generalmente en forma manual; por tanto, se puede decir que este tipo de equipos son muy utilizados en la producción del tipo artesanal.

2.4.3.2 Selladoras electromecánicas

En este grupo encontramos dos tipos: semiautomáticas y automáticas.

- **Selladoras semiautomáticas**

Este equipo, es el que tenemos en la Universidad, permiten el sellado de las fundas de leche que ya vienen armadas y etiquetadas, por lo que en forma manual se coloca la funda en la ubicación necesaria para llenado y posterior sellado; su funcionamiento consiste en accionar un switch para el llenado del volumen de leche a través de un temporizador que abre una electroválvula que permite el paso por un tubo de acero inoxidable, tomando en cuenta el tiempo necesario para alcanzar la capacidad deseada. El sellado se determina accionando un pedal que energiza una resistencia dispuesta en la mordaza móvil del equipo que une los bordes de la funda térmicamente.

- **Selladoras automáticas**

Este tipo de equipos son muy comunes en la mayoría de empresas dedicadas a esta industria. Poseen un recipiente que sirve para el almacenamiento de la leche pasteurizada y el mecanismo de accionamiento es por lo general de tipo neumático. En cuanto a su funcionamiento, se inicia con el envolvimiento de la lámina plástica al tubo de acero inoxidable sellándolo en primera instancia en la parte inferior para formar la base del empaque, permitiendo a la vez, el paso de una determinada cantidad de plástico la cual será colmada con la cantidad de volumen programado del lácteo; finalmente el empaque es

sellado en la parte superior. Este proceso es cíclico para toda la producción requerida.

CAPÍTULO III

EQUIPOS AUXILIARES Y CONEXIONES PARA EL SISTEMA DE PASTEURIZACIÓN

3.1 Tanque de alimentación de leche

Es el depósito donde se almacena la leche y cuyo material es de acero inoxidable. Las especificaciones técnicas de diseño se basan en el *AISI 304 (American Iron and Steel Institute)*, norma utilizada para diseño de equipos en la industria alimenticia. Cabe señalar que este código tiene algunas derivaciones, las mismas que son utilizadas en el campo de diseño en estructuras metálicas dentro de la construcción de obras civiles.

Seguidamente, el tanque es conectado en forma directa a través de un ducto de salida a una bomba de alimentación, cuya capacidad varía de acuerdo a la cantidad de leche que se va a procesar para finalmente enlazarse al intercambiador de placas.

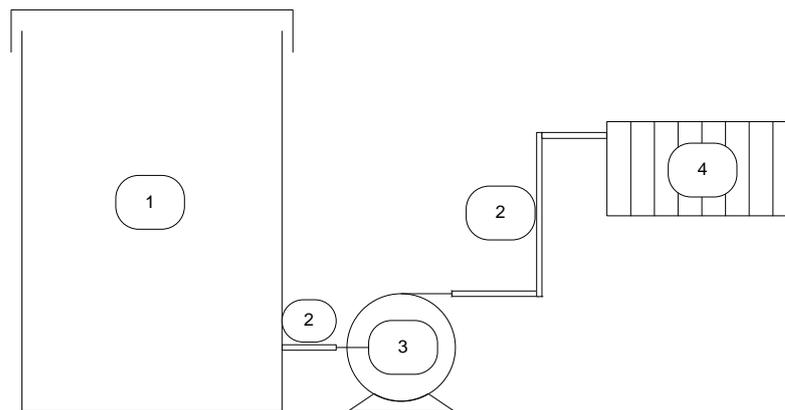


Figura 3.1 Esquema de la alimentación de leche al pasteurizador

- 1.- Tanque de almacenamiento de leche
- 2.- Tuberías de transporte de leche
- 3.- Bomba de alimentación de leche
- 4.- Intercambiador de placas

3.2 Tanque de alimentación de agua helada

Es el recipiente en el cual se almacena el agua para el enfriamiento del proceso; por lo general tiene un sistema de recirculación para no desperdiciar el agua y mantener el agua fría gracias a una unidad que provoca su respectivo enfriamiento. Cabe señalar que el agua nunca llega a su punto de congelación debido a la utilización de líquidos anticongelantes como el propilenglicol.

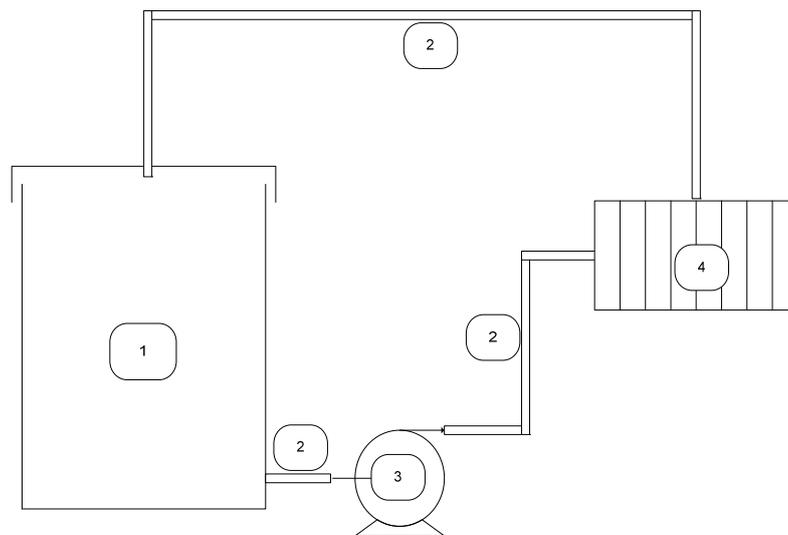


Figura 3.2 Esquema de la realimentación de agua helada al proceso

- 1.- Tanque de almacenamiento de agua helada
- 2.- Tubería de transporte de agua helada
- 3.- Bomba de alimentación de agua helada
- 4.- Intercambiador de placas

3.3 Bombas

El líquido que entra en la bomba se dirige al centro del impulsor y allí se le comunica un movimiento circular por parte de las aspas. Como resultado de la fuerza centrífuga y el movimiento del impulsor el líquido lo deja a una presión más alta y velocidad mayor que la que tenía en el centro. La velocidad es parcialmente convertida en presión en la carcasa de la bomba antes que el líquido deje la bomba a través de la conexión de salida.

Las aspas del impulsor forman canales en la bomba. Las aspas están normalmente curvadas hacia atrás, pero pueden ser rectas en las bombas pequeñas. Este tipo de bombas son las más utilizadas en la industria láctea y es la que se debe utilizar si la aplicación concreta lo requiere.

La bomba centrífuga se puede utilizar en el bombeo de todo tipo de líquidos de relativamente baja viscosidad, que no requieren un tratamiento particularmente suave. Se puede utilizar también en líquidos que contienen partículas relativamente grandes, siempre que estas partículas no sean más grandes que las dimensiones del canal impulsor.

Una desventaja de la bomba centrífuga es que no puede bombear líquidos aireados. Deja de estar cebada y se para el bombeo, entonces, debe pararse la bomba y cebarse (llenarse con líquido) y ponerla en marcha de nuevo para volver a bombear.

3.3.1 Bomba de alimentación de leche

Es de acero inoxidable y se encuentra en la parte inferior del equipo y va conectada entre el tanque de almacenamiento del producto a pasteurizar y el intercambiador de placas, en este caso disponemos de una bomba trifásica de 1HP que tiene un regulador de velocidad que controla el flujo de leche que alimentará el equipo pasteurizador y que será calibrado adecuadamente por medio de un reóstato que se encuentra en el variador de frecuencia del tablero de control.



Fotografía 3.1 **Bomba de alimentación de leche** (fuente: foto tomada de los laboratorios de lácteos de la Universidad del Azuay)

3.3.2 Bomba de alimentación de agua caliente

Es también centrífuga de 1 *HP* y funciona con corriente trifásica, tiene 1750 rpm y es energizada desde el tablero a través de un switch que la comanda su función es alimentar el agua caliente desde el calderín al intercambiador de placas, el flujo de agua de alimentación se regula por una válvula de media vuelta manual.



Fotografía 3.2 **Bomba de alimentación de agua caliente** (*fente: foto tomada de los laboratorios de lácteos de la Universidad del Azuay*)

3.4 Intercambiador de placas

Es la parte principal del equipo ya que en él se realiza netamente la pasteurización de la leche; comprende cuatro culatas de acero inoxidable, las cuales por motivo de explicación las denominaremos A, B, C y D; identificando los siguientes aspectos relevantes:

- a. **Culata A:** posee ductos de alimentación de agua fría y descarga de leche pasteurizada.
- b. **Culata B:** su ubicación es intermedia; por ésta se suministra la leche desde la bomba de alimentación por medio de una válvula manual por un extremo, mientras que por el otro se sitúa una tubería cuyo fin es proporcionar la circulación del lácteo; así mismo, en la parte inferior, se encuentra una tubería de salida de agua cuyo objetivo es el enfriamiento del fluido.
- c. **Culata C:** su ubicación es igualmente intermedia. Posee de igual manera 2 tuberías de acero inoxidable cuyas funciones son: recirculación de leche y

retorno del vapor de agua hacia el calderín a través de suministro de aire (compresor), respectivamente.

- d. Culata D:** su función es cerrar el conjunto de placas; tiene una tubería que sirve para la alimentación de agua caliente y otro conducto que dispone de un termómetro de carátula que mide la temperatura en el proceso de pasteurización. En su armado se encuentran tres grupos consecutivos de placas alineados en 9, 7 y 5 unidades respectivamente y enlazados por medio de pernos de acero inoxidable de $\frac{3}{4}$ ".

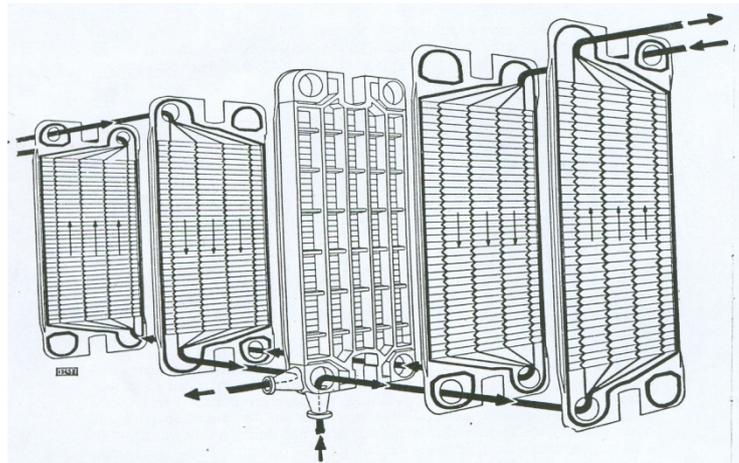


Figura 3.3 Esquema de intercambiador de placas (fuente: *Ciencia de la leche*)

3.5 Calderín

Es un tanque de acero inoxidable que almacena y calienta el agua para la pasteurización; se encuentra conectado a la bomba de alimentación de agua caliente al intercambiador y se alimenta de agua de la tubería de acometida pública a través de una válvula de media vuelta de $\text{Ø } \frac{1}{2}$ " ; dispone de una tubería de rebosamiento en el mismo material del tanque, su calentamiento lo hace por medio de dos resistencias eléctricas de 3000 *Watts* y dispone de un sensor térmico que da el indicativo al panel de control, su funcionamiento se realiza por medio de un switch dispuesto en el tablero.

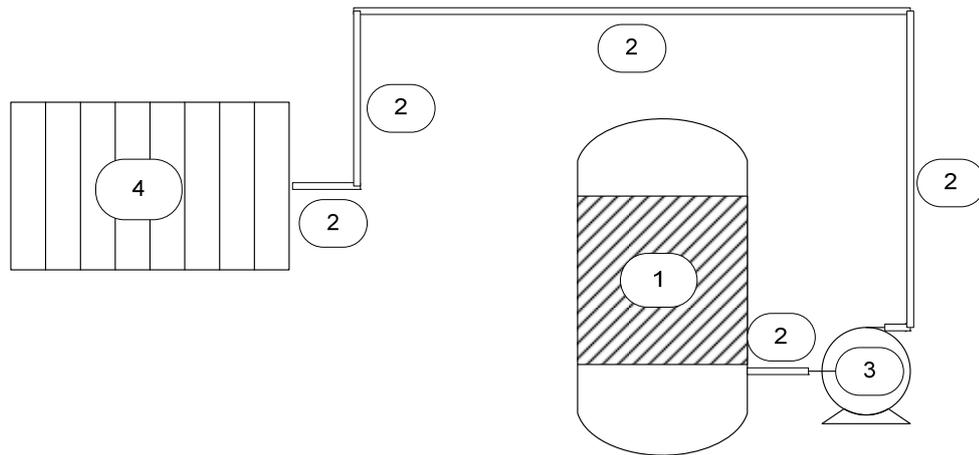


Figura 3.4 Esquema de calderín y alimentación de agua caliente al proceso

- 1.- Calderín
- 2.- Tubería de agua caliente
- 3.- Bomba de alimentación de agua
- 4.- Intercambiador de placas

3.6 Válvulas

En nuestro medio conocemos como “llaves de paso”, son accesorios de acero inoxidable que permiten el paso de fluidos en uno u otro sentido cuyo trabajo está determinado por selección manual, sabiendo que al girar la manija a la izquierda o derecha permiten abrir o cerrar el paso del líquido que circule a través de ella; el material de construcción obedece a las normas sanitarias y su área transversal, por ende su diámetro nominal, están calculados para soportar las presiones de trabajo que se van a aplicar; en el equipo de pasteurización se encuentran dispuestas de la siguiente manera:

- Para la alimentación de agua fría tanto al calderín como al intercambiador de placas es de $\text{Ø } 1/2''$.
- Para la alimentación de vapor disponemos de una válvula de $\text{Ø } 1 1/2''$ de igual tamaño tenemos para la alimentación de leche.

Desde el intercambiador hacia el calderín encontramos una válvula presurizada la misma que trabaja con una presión neumática que permite el flujo del agua caliente que va al intercambiador de placas cuando pasa la presión de trabajo normal y de esa

manera alimenta al calderín con lo que no se desperdicia esta agua y el ciclo continúa.

3.7 Compresor de aire

Es un generador de aire que se encarga de alimentar la válvula presurizada que mantiene el flujo de agua caliente en las condiciones que el equipo requiere; el compresor que tenemos dispone de un motor de $\frac{1}{2}$ HP con tanque de almacenamiento e instrumentos de control como presostato, manómetro de presión y válvula de seguridad.



Fotografía 3.3 **Compresor de aire** (fuente: foto tomada de los laboratorios de lácteos de la Universidad del Azuay)

3.8 Tuberías

Son los conductores de agua y leche que tenemos en el equipo; se identifican por el diámetro que tienen y encontramos de $\varnothing \frac{1}{2}$ " en hierro galvanizado para conducción de agua fría y de $\varnothing 1\frac{1}{2}$ " para conducción de vapor; todos los componentes en contacto con los productos lácteos que se transportan están construidos con acero inoxidable.

Se utilizan dos tipos principalmente, el acero inoxidable *AISI 304* y *AISI 316*, este último es más resistente a la corrosión; estos tipos de acero inoxidable se corresponden con los tipos que se especifican a continuación en las normas suecas:

| | | | |
|--------|----------|----------|-----------|
| USA | AISI 304 | AISI 316 | AISI 316L |
| Suecia | SIS 2333 | SIS 2343 | SIS 2359 |

3.9 Termómetros

Son instrumentos de control que permiten medir la temperatura en la que se encuentra el producto; su funcionamiento es a través de un sensor bimetálico que se dilata con la elevación de temperatura y permite el desplazamiento de aguja que dará la lectura de la temperatura en que se encuentran en nuestro caso la leche en el punto de pasteurización y salida del equipo.



Fotografía 3.4 **Termómetro** (fuente: foto tomada de los laboratorios de lácteos de la Universidad del Azuay)

3.10 Tablero de control

Es una caja metálica en la cual encontramos en la parte frontal los *switches* de funcionamiento, luces pilotos y termómetros electrónicos de temperatura operativa, en la parte interna tenemos un transformador, cuatro contactores con sus respectivos protectores térmicos, portafusibles y los cables de conexión que van en sus respectivas canaletas plásticas.



Fotografía 3.5 **Tablero de control situación inicial y situación actual** (fuente: foto tomada de los laboratorios de lácteos de la Universidad del Azuay)

3.10.1 Switches de mando

Son interruptores manuales que permiten la conducción de la electricidad cuando se encuentran en posición *ON*, su rango operativo es de 15 amperios y energizan las bobinas de los contactores que permiten el funcionamiento de de las bombas y resistencias eléctricas del calderín.



Fotografía 3.6 **Switches de mando situación inicial y situación actual** (fuente: foto tomada de los laboratorios de lácteos de la Universidad del Azuay)

3.10.2 Luces piloto

Son luminarias indicadoras de funcionamiento que se activan con cada *Switch* y funcionan con 220 VAC.

3.10.3 Termómetros electrónicos

Son medidores que marcan la temperatura por medio de un *display*, el mismo que funciona con una placa electrónica que transforma de señal térmica de una termocupla a números que se visualizan en el panel.



Fotografía 3.7 **Termómetros electrónicos situación inicial y situación actual** (fuente foto tomada de los laboratorios de lácteos de la Universidad del Azuay)

3.10.4 Transformador

Es un dispositivo eléctrico que transforma los 220 VAC a 24 VAC por medio de inductancia para que funcione una alarma de este voltaje operativo.

3.10.5 Contactores

Son conectores que permiten el funcionamiento de un equipo que esta conectado a ellos al cerrar contactos metálicos (cobre) por medio de un campo magnético generado por una bobina de bajo amperaje la misma que se energiza con un *Switche* determinado, cada uno de ellos dispone de un protector térmico que está conduciendo la corriente respectiva y se inactiva cuando pasa la temperatura operativa a causa de una elevación de amperaje.

3.10.6 Portafusibles

Como su nombre lo indica son dispositivos cerámicos que alojan determinados fusibles cuyo amperaje de corte viene dado por la capacidad que requiere el accesorio a funcionar.

3.10.7 Variador de frecuencia

Es un conjunto de implementos electrónicos que permiten variar la frecuencia que tenemos en la red de alimentación a través de una resistencia variable con lo que permite cambiar la velocidad con la que funciona la bomba de alimentación de la leche de acuerdo al flujo que se requiera, se alimenta con 220 VAC bifásica y genera 220 VAC trifásica para el funcionamiento de la bomba mentada.

3.10.8 Cables de conexión

Son los conductores eléctricos que conducen la energía para que funcionen los diferentes instrumentos y equipos eléctricos; tienen una nomenclatura

específica de acuerdo a su diámetro y viene dado por numeraciones normalizadas a nivel internacional de acuerdo a la carga que vaya a soportar.

CAPITULO IV

IDENTIFICACIÓN, MANTENIMIENTO Y REINSTALACIÓN DEL EQUIPO DE PASTEURIZACIÓN

4.1 Identificación de desarmado de las partes del equipo de pasteurización

Se procedió a realizar la respectiva identificación de cada uno de los instrumentos que se encuentran en el tablero de control y de las diferentes partes y accesorios que constituyen los equipos de pasteurización.

4.2 Mantenimiento de la bomba de alimentación de leche

La bomba de alimentación de leche está formada por un motor trifásico de 0.5 *HP* que genera la fuerza motriz y la coraza de bombeo que es en acero inoxidable que contiene en la parte interior la turbina de impele abierto que absorbe la leche a través de una tubería de $\Phi = 1''$ y sale de la misma por una tubería de igual diámetro, esta tiene una velocidad nominal de 1750 rpm pero la misma es regulada por un variador de frecuencia para alimentar la leche con el flujo que sea adecuado al tiempo de paso por el intercambiador de placas.

La bomba se desarmó completamente por lo que el motor se limpió interiormente así como la parte de trabajo mismo que viene a ser la turbina para luego armarla y situarla en su sitio de trabajo.

4.3 Desarmado, revisión y mantenimiento del intercambiador de placas

Es la parte principal del pasteurizador ya que en él es donde se realiza los cambios de temperatura que producen la pasteurización; el intercambiador fue desarmado complemente para realizar la limpieza respectiva. En esta actividad se pudo notar que

la disposición de las placas no era la correcta; por lo que, se procedió a la reubicación óptima de las placas para posteriormente rearmar el conjunto.

Este intercambiador, está compuesto de 21 placas, las cuales se encuentran dispuestas en tres grupos: *el primero*, de 9 placas, está a la entrada de agua caliente a una temperatura cuyo rango está comprendido entre los 72°C a 80°C, en la cual se produce el proceso de pasteurización; *el segundo*, de tiene 7 placas, en el cual se realiza el intercambio de flujo de leche tanto para la parte de alimentación y como para la de salida; y finalmente *el tercero*, de 5 placas y cuya función es receptor el agua helada de donde sale la leche ya pasteurizada a temperatura baja. Es necesario especificar que este cambio de temperatura de caliente a fría en el proceso de pasteurización se le conoce como “*shock térmico*” y nos ayuda a la eliminación de microorganismos termoresistentes; el tiempo óptimo para que se de un correcto proceso de pasteurización debe ser de aproximadamente 15 segundos. Si el caudal promedio de trabajo del pasteurizador es de 80litros/hora que equivaldrían a 0,022lit/seg, se puede por tanto decir que la capacidad de flujo durante los 15 segundos es de aproximadamente 0,333litros.

4.4 Mantenimiento de la bomba de alimentación de agua caliente

La bomba de agua constituye un motor trifásico de $\frac{1}{2}$ HP y la parte operativa funciona con una turbina que gracias al movimiento centrífugo que posee cumple su función conduciendo el agua que se alimenta por medio de un tubo de $\Phi = 1''$ y sale por otra de la misma dimensión; al desarmar las partes no encontramos desgaste en los rodamientos ni tampoco fuga por el sello de agua por lo que se procedió a realizar la limpieza respectiva verificando posteriormente su correcto funcionamiento.

4.5 Verificación del funcionamiento de termómetros de carátula

El equipo encontramos dos termómetros de carátula los mismos que se extrajeron del sitio en que se encontraban; para comprobar su funcionamiento se instaló un sensor en forma paralela a los termómetros, se verificó que la temperatura indicada en los aparatos correspondientes de medición sea similar, puesto que este último es la comprobación de que el funcionamiento es el correcto.

4.6 Revisión de válvulas de flujo y de presión junto a compresor auxiliar

En el equipo de pasteurización encontramos 6 válvulas:

- Dos de media vuelta de $\Phi = \frac{1}{2}$ " una para alimentar el agua fría al calderín y otra para alimentar el agua fría al intercambiador de placas,
- Una válvula de acero inoxidable de $\Phi = 1$ " que alimenta la leche al intercambiador de placas
- Una galvanizada de $\Phi = 1$ " que alimenta el agua caliente al intercambiador de placas Una válvula de similares características que recircula el agua a la bomba
- Una presurizada que permite que el agua caliente regrese nuevamente al calderín cumpliendo un ciclo de recirculación de agua caliente; todas y cada una de ellas se extrajeron del circuito, se verificó su estado y se procedió a reinstalar en el lugar correspondiente luego de la limpieza pertinente de cada una.

4.7 El tablero de control, elementos operativos, pruebas de funcionamiento

El tablero de control tiene muchos elementos funcionales e indicadores los cuales se detallaron en capítulos anteriores. En esta etapa se procedió a verificar el funcionamiento de cada una de sus partes de una manera independiente, desconectando cada elemento y energizando cada uno de sus componentes; los detalles y observaciones en esta etapa se citan a continuación:

- a) El funcionamiento de los *Switches* se constató mediante la verificación del paso de energía eléctrica a los mismos; su mantenimiento consistió en la revisión exhaustiva de los contactos de cierre, los cuales se encontraban en óptimas condiciones; finalmente, se verificó que las luces piloto funcionen correctamente. Cabe señalar que en estas últimas no hubo la necesidad de realizar ningún arreglo ni cambio, ya que sus condiciones fueron lo suficientemente favorables.

- b)** Una vez que los controles de temperatura electrónicos se extrajeron del tablero, se procedió a energizarles independientemente comprobando que el “*display*” se ilumine normalmente, situación que demostró que su funcionamiento no era el correcto, por lo que se instaló una termocupla para posteriormente verificar el funcionamiento del relé conductor, comprobando al mismo tiempo su función “*open - close*” con la variación de temperatura. Seguidamente se confrontó el resultado con otro termómetro de mercurio, se observó que las medidas de lectura fuesen iguales para finalmente demostrar que su trabajo se encuentre normal.
- c)** La programación de la temperatura se realizó mediante los botones de mando respectivo que dispone el accesorio con el objeto de comprobar su correcto desempeño, el cual fue favorable.

Una vez realizada esta primera exploración en el equipo, se procedió a verificar la parte interna, en la cual se encontraron todos los implementos de protección y alimentación de energía, los mismos que fueron revisados en el siguiente orden:

- a)** El transformador reductor de 220 VAC a 24VAC cuya función es reducir el voltaje de alimentación a 24 voltios; dicho voltaje tiene como objetivo principal el funcionamiento de una alarma que se encuentra en el equipo, la misma que se activa al momento en que el agua del calderín llega a la temperatura que se utilizará para el proceso de pasteurización, en este caso fluctúa dentro de un rango comprendido entre 72°C a 80°C; para comprobar su funcionamiento se conectó la alarma directamente y se verificó su óptimo funcionamiento.
- b)** Se realizó un control de calidad con el objeto de verificar el estado de los fusibles, esto se lo realizó a través de la respectiva medición de continuidad de los mismos, obteniendo resultados satisfactorios.
- c)** Los cuatro contactores existentes con sus respectivos protectores térmicos fueron desmontados, de tal manera que se pudiera comprobar que los contactos respectivos de paso de corriente cumplan una función adecuada. Se

comprobó posteriormente su desempeño energizando las bobinas y midiendo el paso de corriente, el cual se encontraba en el rango esperado.

- d) El variador de frecuencia es la parte electrónica que controla la velocidad de la bomba de leche, el mismo que tiene una placa electrónica que cumple su función. En esta parte se conectó el control electrónico con la bomba notando su carencia de actividad, siendo necesario realizar una revisión exhaustiva en la cual se localizó un protector accionado a causa de una posible variación de voltaje. Luego de su diagnóstico, se procedió a reemplazarlo, notando además una avería adicional en una resistencia variable siendo indispensable su correspondiente reemplazo.

4.8 Mantenimiento del calderín

El calderín es un recipiente de acero inoxidable hermético que genera agua caliente para el proceso de pasteurización, su función es ejecutada mediante el calentamiento de dos resistencias eléctricas de inmersión de 3000 *Wattios*. Su limpieza fue realizada mediante un intenso aseo y desinfección, de tal manera que las sales de calcio y magnesio que se depositan a causa de la dureza del agua sea completamente eliminada; este proceso fue realizado mediante la aplicación de una solución de ácido clorhídrico al 50%.

4.9 Instalaciones eléctricas de equipos auxiliares

Para esta parte, se efectuaron las instalaciones de todos y cada uno de los instrumentos de control y equipos auxiliares de acuerdo a las especificaciones técnicas originales del equipo, tomando en cuenta la correcta ubicación respectiva de todas sus conexiones según el funcionamiento del equipo.

4.10 Ensayo de laboratorio

Una vez terminado el mantenimiento e instalación de todos los componentes del equipo de pasteurización se procedió a realizar pruebas de laboratorio con el objeto de demostrar su correcto funcionamiento en el proceso más relevante que se presenta en el intercambiador de placas; para tal efecto su verificación fue realizada a través del suministro de leche y agua (helada y caliente); de la siguiente manera:

Paso 1: Encendido del equipo de pasteurización, dentro del cual se debe tomar en cuenta que las resistencias del calderín calienten el agua.

Paso 2: Adición de leche en el tanque de almacenamiento. La cantidad de fluido para la prueba fue de 40 litros de leche;

Paso 3: Verificación de la temperatura igual a 72°C a través del termómetro.

Paso 4: Activación de las bombas de alimentación, tanto para la de agua caliente como la de leche, calibrando el potenciómetro del variador de frecuencia en 5, puesto que en este rango el flujo para la pasteurización es el adecuado.

Paso 5: Iniciación del proceso de pasteurizado en el que se observa que el rango de flujo indica 75°C, siendo ésta la temperatura de la leche a la entrada del proceso. Por otra parte y a la salida, se observa que el fluido está a una temperatura cerca de 25°C. Cabe señalar que esta última parte no se realizaba aún la inclusión de una unidad de enfriamiento; sin embargo se realizó un análisis microbiológico el cual nos demostró que la presencia de microorganismos bajó considerablemente hasta llegar a un límite tolerable.



Fotografía 4.1 **Equipo de pasteurización** (fuente: foto tomada de los laboratorios de lácteos de la Universidad del Azuay)

4.11 Inclusión de la unidad de enfriamiento

Tal como se mencionó en el literal 4.3, debe existir un “*shock térmico*” con el objeto de garantizar una mayor eliminación de microorganismos y por ende, una mejor calidad del producto final; considerando este aspecto, se realizó la inclusión de un banco de hielo con el objeto de provocar el efecto antes mencionado, de tal manera que la leche obtendrá una temperatura aproximada de 8°C a la salida de todo el proceso.



Fotografía 4.2 **Unidad de enfriamiento – banco de hielo** (fuente: foto tomada de los laboratorios de lácteos de la Universidad del Azuay)

4.12 Cálculos de la unidad de enfriamiento

De acuerdo a datos obtenidos el equipo de pasteurización tiene la capacidad de 100 litros/hora por lo que los cálculos para esta capacidad:

Al hacer las pruebas en el laboratorio partimos con 40 litros de leche la misma que de acuerdo al termómetro que indica la temperatura de pasteurización llegó a 74°C y al salir del intercambiador de placas tenemos 23°C, el agua que utilizamos para

enfriamiento está a temperatura ambiente 17°C y salió a 42°C en tales circunstancias procedo a calcular el caudal que necesito para poder bajar la temperatura a 4°C.

Fórmulas:

$$qh = qc \quad (3)$$

Sabiendo que es la que permite el balance de calor cuando no hay cambio de fases.

$$qc = m_c * cp_c (t_{c2} - t_{c1}) \quad (4)$$

$$qh = m_h * cp_h (t_{h2} - t_{h1}) \quad (5)$$

Nomenclatura:

qh = calor del líquido caliente

qc = calor del líquido frío

m_c = caudal másico de un líquido frío (agua)

m_h = caudal másico de un líquido caliente (leche)

cp_c = calor específico del fluido frío

cp_h = calor específico del fluido caliente

t_{c1} = temperatura inicial líquido frío

t_{c2} = temperatura final líquido frío

t_{h1} = temperatura inicial líquido caliente

t_{h2} = temperatura final líquido caliente

Como el rendimiento del equipo es 100 litros/hora vamos a calcular el caudal de agua que necesito para bajar la leche de 72°C a 4°C que exige el proceso, entonces

4.12.1 Cálculo del caudal de la leche en gramos

Fórmula densidad

$$d = \frac{m}{v} \quad (6)$$

$$m = d * v$$

Datos

$$d = 1.03\text{g/cc}$$

$$v = 100 \text{ litros} = 100000\text{cc}$$

$$m = ?$$

$$m = d * v \quad (7)$$

$$m = 1.03\text{g/cc} * 100000\text{cc}$$

$$m = 103000\text{g}$$

4.12.2 Cálculo del caudal de agua

Fórmula a aplicar:

$$m_c * cp_c (t_{c2} - t_{c1}) = m_h * cp_h (t_{h2} - t_{h1}) \quad (8)$$

Datos:

$$qh = \text{calor del líquido caliente}$$

$$qc = \text{calor del líquido frío}$$

$$m_c = 100\text{lit/hora} = 103000\text{g/h}$$

$$m_h = ?$$

$$cp_c = 0,93\text{cal/g}^\circ\text{C}$$

$$cp_h = 1 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$$

$$t_{c1} = 17^{\circ}\text{C}$$

$$t_{c2} = 4^{\circ}\text{C}$$

$$t_{h1} = -8^{\circ}\text{C}$$

$$t_{h2} = 38^{\circ}\text{C}$$

Desarrollo:

$$m_c * cp_c (t_{c2} - t_{c1}) = m_h * cp_h (t_{h2} - t_{h1})$$

$$m_h = \frac{m_c * cp_c (t_{c2} - t_{c1})}{cp_h (t_{h2} - t_{h1})} \quad (9)$$

$$m_h = \frac{103000 \text{ g/h} * 0,93 \text{ cal/g}^{\circ}\text{C} (72^{\circ}\text{C} - 4^{\circ}\text{C})}{1 \text{ cal/g}^{\circ}\text{C} (-8^{\circ}\text{C} - 38^{\circ}\text{C})}$$

$$m_h = \frac{95790 \text{ cal/h} * 68^{\circ}\text{C}}{46 \text{ cal/g}}$$

$$m_h = 141602 \text{ g/h}$$

$$m_h = 141602 \text{ Kg/h}$$

$$m_h = 141.602 \text{ lit/hr}$$

4.12.3 Cálculo de la bomba de agua

Necesitamos calcular la capacidad de una bomba para transportar 141,611/h de agua a 8°C desde el banco de hielo a través de una tubería de ½ pulgada desde la base hasta una altura de 2m con una longitud de 10m tomando como rendimiento de la bomba 80%

Cálculo de U_2

$$U_2 = \frac{Q_v}{A} \quad (10)$$

Datos:

$$Q_v = 0,150 \text{ m}^3/\text{hora}$$

$$A = 0,000193 \text{ m}^2$$

$$U_2 = \frac{150 \text{ l} / \text{h}}{0,000193 \text{ m}^2}$$

$$U_2 = \frac{0.150 \text{ m}^3 / 3600 \text{ seg}}{0,000193 \text{ m}^2}$$

$$U_2 = \frac{0.000041 \text{ m}^3 / \text{seg}}{0,000193 \text{ m}^2}$$

$$U_2 = 0.021 \text{ m} / \text{seg}$$

Cálculo de W

$$W = h_2 + \frac{(U_2)^2}{2 * g} + h_f \quad (11)$$

Datos:

$$h_2 = 10 \text{ m}$$

$$h_f = 1 \text{ m}$$

$$U_2 = 0,021 \text{ m} / \text{seg}$$

$$g = 9,81 \text{ m} / \text{seg}^2$$

$$W = 10 \text{ m} + \frac{(0.021 \text{ m} / \text{seg})^2}{2(9.81 \text{ m} / \text{seg}^2)} + 1 \text{ m}$$

$$W = 11m + \frac{(0.000441m / \text{seg})^2}{19.62m / \text{seg}^2}$$

$$W = 0.56m$$

Cálculo de Pot

$$Pot = \frac{Q_v * d_2 * W}{\eta * 75}$$

Datos:

$$W = 0,56 \text{ m}$$

$$Q_v = 0,150 \text{ m}^3/\text{hora}$$

$$d_2 = 1030 \text{ kg/m}^3$$

$$\eta = 0,8$$

$$Pot = \frac{(0,15m^3 / 3600)(1030kg / m^3)(0,56m)}{0,8 * 75}$$

$$Pot = 0.40CV$$

Se requiere una bomba de 0,40 caballos de potencia por lo que podemos utilizar una bomba de medio caballo que es común en el mercado.

4.12.4 Cálculo del volumen de cuba

$$V = l * a * h \quad (12)$$

$$V = 70cm * 50cm * 75cm$$

$$V = 157500 \text{ cc}$$

$$V = 157,5lit$$

Para almacenar el agua de enfriamiento vamos a utilizar una cuba de 70 x 50 x 45 que da una capacidad de 157,5 litros

4.12.5 Cálculo del motor de enfriamiento

Tenemos que buscar una unidad que la temperatura de 38 ° que vuelve el agua desde el intercambiador de placas a -8° que es la temperatura del agua que se va a re circular

$$q = m * cp (\Delta t) \quad (13)$$

$$q = m * cp (t_{c2} - t_{c1}) \quad (14)$$

Datos:

$$q = i$$

$$m = 140 \text{ kg}$$

$$cp = 1 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$$

$$t_{c1} = 38^\circ\text{C}$$

$$t_{c2} = -8^\circ\text{C}$$

$$q = 140 \text{ kg} * 1 \text{ cal} / \text{kg}^\circ\text{C} ((38 - (-8))^\circ\text{C})$$

$$q = 140 \text{ cal} (46)$$

$$q = 6440 \text{ cal}$$

Por tanto, se trabajará con un motor que genere 6440 cal.

CAPÍTULO V

IDENTIFICACIÓN, MANTENIMIENTO Y REINSTALACIÓN DEL EQUIPO DE ENVASADO

5.1 Identificación de las partes del equipo de envasado

El equipo de envasado que tenemos en el laboratorio es de tipo semiautomático, por cuanto su funcionamiento para sellar las fundas plásticas es a base de un pedal mientras que el llenado de leche se realiza mediante una electroválvula dosificadora y consta de las siguientes partes:

- a) Un tanque de almacenamiento de leche para envasar con una capacidad de 20 litros; se encuentra en la parte superior del equipo y su material es de acero inoxidable. Dispone de una tubería que proporciona la salida de leche de $\Phi = \frac{1}{2}$ " y que va conectada directamente a una electroválvula dosificadora.
- b) En la parte interna del equipo existe un transformador reductor y el sistema mecánico de sellado es controlado por un *switch* de fin carrera.
- c) La parte operativa para el sellado está formada por dos mordazas: la **primera** es fija y tiene una lámina de silicón que permite hacer la compresión adecuada cuando se sella; mientras que la **segunda** es de tipo móvil y tiene una resistencia eléctrica que al activarse por un tiempo determinado permite el sellado y corte de las fundas de leche correspondientes. En la parte inferior a las mordazas se encuentra una lámina de acero inoxidable en forma de L y que sirve de base o soporte para las fundas de leche que se van a envasar; esta lámina se puede deslizar hacia arriba o hacia debajo de acuerdo al tipo de funda que se va a sellar.

- d) Al lado izquierdo tenemos un tablero de control que contiene dos temporizadores: **el uno** cuya función es controlar el tiempo de funcionamiento de la resistencia eléctrica mientras se realiza el sellado y **el otro** controla el tiempo que permanece funcionando la electroválvula dosificadora de acuerdo al volumen de leche que se va a envasar; existen dos luces piloto indicadoras de funcionamiento y un *switch* de energizado general.
- e) Internamente tenemos dos contactores que permiten el paso de corriente con el objeto de que funcionen tanto la resistencia eléctrica como la válvula dosificadora.

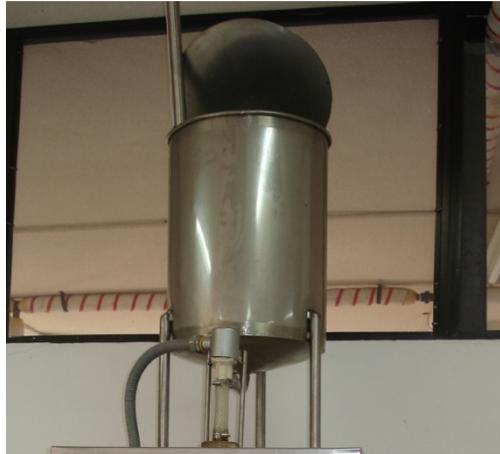


Fotografía 5.1 **Envasadora de leche** (*f fuente: foto tomada de los laboratorios de lácteos de la Universidad del Azuay*)

5.2 Revisión del tanque de almacenamiento de leche y válvula dosificadora

El tanque de almacenamiento de leche para el envasado fue diseñado para llenarlo de forma manual por lo que se instaló una tubería de acero inoxidable dispuesta desde el equipo pasteurizador con el objeto de cargar el depósito; además se incorporó una electroválvula conectada en forma directa con la bomba de alimentación de leche, la misma que tendrá un funcionamiento semiautomático ya que al momento en que se llegue a un nivel determinado ésta a través de un medidor de nivel de acero inoxidable, no permitirá el paso de leche y se apague al mismo tiempo.

Posteriormente, para cargar nuevamente este tanque tenemos que accionar el *switch* de la bomba de leche del equipo pasteurizador.



Fotografía 5.2 **Tanque de almacenamiento de leche y válvula dosificadora** (*fente: foto tomada de los laboratorios de lácteos de la Universidad del Azuay*)

5.3 Medición de voltajes operativos y funcionamiento de instrumentos auxiliares

El voltaje operativo del equipo de envasado es de 220VAC, al medir esta tensión encontramos que la alimentación y pasos de ésta a los distintos puntos de trabajo se encuentran dentro del rango adecuado con lo que disponemos de energía para su normal funcionamiento.

5.4 Cambio de mordazas de sellado

Las mordazas que realizan el sellado de las fundas de leche en un principio fueron diseñadas en hierro, posteriormente, éstas se reemplazaron con mordazas en acero inoxidable *AISI 304*, así como también se fijó una lámina de silicón, sabiendo que esta última hará de base para el sellado correcto. La parte de fijación dispone de pernos sujetadores de $\Phi = \frac{3}{4}$ ", los mismos que tienen doble tuerca cuya finalidad es fijar esta parte en la posición adecuada para que la compresión que se ejerza en el proceso de sellado sea el apropiado.

5.5 Instalación de resistencias de sellado y corte

Una vez ubicadas las mordazas en el lugar de funcionamiento respectivo se procedió a instalar la resistencia de sellado y corte, las mismas que van sujetas por los bordes a través de unos pernos conductores que permiten que dichas mordazas se calienten con la energía que emite el transformador pertinente. Cabe destacar que sobre esta resistencia va una lámina de teflón que aísla o evita el contacto directo con la funda de leche, evitando así que se adhiera y realice un sellado incorrecto.

Finalmente, la lámina mentada suele deteriorarse con el uso siendo necesario su reemplazo una vez que se encuentra en mal estado.

5.6 El tablero de control

En el tablero de control se identifican dos temporizadores, un switch de encendido y luces piloto. El funcionamiento de los temporizadores es a través de un contactor de amperios que permite la transmisión de corriente eléctrica en el rango potencial que se requiere; al revisar estos dispositivos nos percatamos que se encontraban en buenas condiciones físicas y eléctricas por lo que ubicamos en el lugar respectivo de trabajo.



Fotografía 5.3 Tablero de control situación inicial y situación actual (fuente: foto tomada de los laboratorios de lácteos de la Universidad del Azuay)

5.7 Pruebas de funcionamiento de sellado

Para realizar las pruebas de sellado utilizamos agua en lugar de leche y una manga de polietileno, la misma que sellamos primeramente en la parte inferior accionando con

el pedal respectivo como indica el proceso respectivo en un lapso de tiempo de 20 segundos. Seguidamente, se suministra el agua a diferentes volúmenes obteniendo finalmente las fundas selladas y cortadas en las condiciones requeridas. A continuación se aplica presión a las fundas selladas, sabiendo que para que se realice un sellado y corte perfecto se necesita un tiempo adecuado de aproximadamente 20 segundos.

5.8 Calibración y ajustes terminales

La máquina selladora para que tenga las condiciones operativas adecuadas se realizaron los ajustes pertinentes, entre los cuales se destaca el tiempo de calentamiento de la resistencia eléctrica, estando éste en un rango aproximado entre 15 a 20 segundos, por lo que se recomienda este valor como referencia para todos los sellados con las fundas de polietileno.

Por otra parte y en cuanto al tiempo necesario para el llenado de las fundas se debe mantener la electroválvula abierta hasta llegar a los 500cc. o 1000cc. medido en una probeta de 1000cc, calibrando paralelamente el tiempo para estos volúmenes. Cabe señalar que el tiempo de llenado promedio para una funda de 500cc. es de 15 segundos mientras que para una de 1000cc. se necesita 35 segundos aproximadamente.

CAPÍTULO VI

GUÍA PRÁCTICA DE FUNCIONAMIENTO DEL EQUIPO PASTEURIZADOR Y ENVASADO

6.1 Introducción

La guía práctica de funcionamiento de los equipos tanto de pasteurización como de envasado tiene como propósito principal el de proporcionar una guía básica del sistema operativo del equipo de pasteurización y empaçado así como su uso y mantenimiento del mismo, de tal manera que el estudiante y demás usuarios cuenten con una pequeña guía que sirva de ayuda para la correcta utilización de los equipos dentro del laboratorio; así como también, el mantenimiento y limpieza adecuados de cada uno de sus componentes básicos.

6.2 Guía general

Tanto el equipo de pasteurización como el de envasado tienen el tablero de control desde donde se realiza las diferentes acciones para el funcionamiento y la secuencia operativa se detalla a continuación:

6.2.1 Puesta en marcha del equipo de pasteurización

- a) Ponga en posición *ON* el *Switche* de alimentación de voltaje ubicado en la pared.
- b) Active la alimentación de voltaje a los instrumentos del panel mediante el *switche master* con lo que podrá ejecutar los mandos de funcionamiento de cada equipo auxiliar.

- c) Alimenta de agua al calderín accionando la válvula de paso respectiva hasta que el agua salga por el rebosadero y luego cierre el flujo.
- d) Caliente el agua accionando el *switche* que permite el paso de corriente a las resistencias respectivas, éstas calentarán hasta alcanzar la temperatura que se programe en el control indicador, el mismo que permitirá que las resistencias calienten cuando esté bajo el rango programado y se apague cuando llegue al nivel máximo, de esta manera el calentamiento es continuo y automático.
- e) Mientras se calienta el agua haga un lavado de desinfección con una solución de hipoclorito de calcio 200ppm del tanque de almacenamiento de leche y todo el circuito de flujo de la misma mediante la bomba de alimentación de leche. Seguidamente vierta la leche que va a pasteurizar en el tanque respectivo. La velocidad del flujo de lavado se puede controlar girando a la derecha o izquierda el potenciómetro ubicado en el variador de frecuencia.
- f) Poner el potenciómetro del variador de frecuencia en posición 5, conectar la línea de aire comprimido a la válvula presurizada (6 bares), energizar la bomba de alimentación de agua caliente y abrir la válvula de alimentación de agua fría. En este momento se permitirá el paso del producto a tratar mediante la válvula de alimentación respectiva a la vez que se pondrá en funcionamiento la bomba pertinente y de esta manera podemos iniciar el proceso de pasteurización.
- g) Seguidamente, se podrá leer las temperaturas tanto la requerida para la pasteurización como la de salida de la leche. Dichos valores permitirán verificar si el proceso fue óptimo o no para finalmente llevar al laboratorio y ser analizado el fluido.
- h) Luego de pasar toda la leche se apagan las bombas de leche y agua cerrando al mismo tiempo las válvulas que se abrieron; el *switche master*

se coloca en posición *off* y se suspende la energía desde el control general.

- i) Al terminar el ciclo de trabajo se procede al lavado respectivo del equipo con agua y solución de hipoclorito de calcio.

6.2.2 Puesta en marcha del equipo de envasado

- a) Conecte el equipo a la toma de alimentación de voltaje 220VAC. La luz piloto indicadora de alimentación de voltaje se iluminará.
- b) Coloque la manga de fundas en la tubería de alimentación de leche.
- c) Manualmente ubique la funda para hacer un sellado inicial y mediante el pedal realice este trabajo sin que se active el *timer* de alimentación de leche y fije la lámina de base en la posición que esté adecuada al volumen a envasar.
- d) Llene la funda por medio del tiempo programado en el temporizador y proceda a realizar el sellado y corte. Luego de realizar el sellado y corte de la primera funda las demás se realizarán automáticamente con la acción del pedal.
- e) Una vez terminado el ciclo de trabajo se apaga el equipo con el *switche* respectivo y se suspende la alimentación de voltaje desconectando el equipo.

6.3 Precauciones

- a) Para energizar el equipo de pasteurización tenga en cuenta que los *switches* de funcionamiento de las bombas de leche y agua estén en posición *ON*.

- b) Si no enciende la luz piloto que indica el paso de energía al activar el control *master* asegúrese que el equipo tenga el voltaje operativo, caso contrario revise la alimentación de este desde la caja de *breaquers*.
- c) Antes de conectar las resistencias de calentamiento del calderín asegúrese que esté con agua suficiente abriendo la válvula de alimentación hasta que salga por el rebosadero.
- d) Para activar las bombas de alimentación de agua y leche asegúrese que haya un flujo normal de éstas.
- e) Al poner en funcionamiento el equipo de envasado compruebe si hay alimentación de energía verificando la iluminación de los pilotos pertinentes, en caso contrario revise la acometida respectiva.
- f) No accione el pedal de funcionamiento si está sin la funda a envasar.
- g) Si existen problemas de alimentación de leche, sellado y corte revise los tiempos estipulados en los temporizadores.
- h) Cuando identifique un desperfecto funcional consulte con personal técnico o el autor de este trabajo.

6.4 Mantenimiento

- a) Sabiendo que el control microbiológico es la parte fundamental de este proceso cabe señalar que lo principal es controlar la carga microbiana, por lo que la limpieza del equipo de pasteurización y envasado debe realizarse antes y después de cada proceso, para esto es recomendable someter a un barrido con una solución de hipoclorito de calcio y ácido nítrico.
- b) En el aspecto mecánico se debe verificar que los sellos de los acoples del equipo de pasteurización no presenten fugas, caso contrario se deberían cambiar los empaques.

- c) En lo que se refiere a las válvulas de alimentación de entrada y salida del agua desde la unidad de enfriamiento hasta el pasteurizador es posible que con el tiempo pierda el hermetismo normal, en cuyo caso se deberá reemplazar el accesorio que presente averías.
- d) La válvula presostática puede presentar con el tiempo fugas de aire por lo que se recomienda su reemplazo correspondiente.
- e) La bomba de agua caliente tiende a sufrir desgaste en los rodamientos por lo que al notar la presencia de este desperfecto hay que reemplazarlos. Igual caso tenemos en la bomba de alimentación de leche y de la unidad de enfriamiento.
- f) En el intercambiador de placas se debe verificar que estén bien sujetadas, ya que puede presentar fuga del fluido. Es relevante tomar en cuenta este punto, caso contrario debe reemplazarse los empaques.
- g) En el equipo de envasado suelen desgastarse los bujes de deslizamiento de las mordazas por lo que se recomienda su reemplazo al momento de su ocurrencia.
- h) El pedal de la envasadora de leche puede sufrir desgastes o deformaciones físicas, por lo que se recomienda corregir el desperfecto a su forma original.
- i) Dentro de la parte electromecánica se destacan las electroválvulas dosificadoras de leche, en caso de presentar averías en la bobina activadora, deberá reemplazarse su accesorio; y de notarse fugas de sellado, se cambiará en su totalidad.
- j) En lo que se refiere a la parte eléctrica se debe tomar en cuenta que se trabaje con el voltaje adecuado; en caso contrario, se buscará el desperfecto y se reemplazarán los accesorios defectuosos. Esto se aplica para los *Switches*, resistencias, luces piloto, temporizadores, alarmas y termómetros.

CONCLUSIONES

Luego del correspondiente mantenimiento realizado en el equipo de pasteurización, se determinó su funcionamiento óptimo, se practicaron análisis microbiológicos al lácteo, obteniendo resultados satisfactorios dentro de los parámetros requeridos según la norma correspondiente.

En cuanto a la envasadora y luego del trabajo realizado, las pruebas fueron satisfactorias, pudiendo practicarse un determinado envasado en diferentes volúmenes de acuerdo a como se programe la válvula dosificadora, en capacidades de 250, 500 y 1000 ml.

En el equipo pasteurizador, se desmontaron los siguientes componentes: bombas, intercambiador de placas, válvulas, entre otros artefactos y/o piezas relacionados a los mismos con el objeto de brindar el mantenimiento respectivo para su óptimo funcionamiento.

Para la activación de la bomba de leche se dispuso de un variador de frecuencia, el mismo que exigió una reparación electrónica; así como también, el control de temperatura digital del calderín, con lo que el equipo se pudo dejar en perfecto funcionamiento.

En lo que respecta al cambio de temperatura rápido, es decir, el *shock* térmico que requiere el proceso, se instaló un banco de hielo, el mismo que cuenta con válvulas y tuberías que permiten la recirculación del agua fría hacia el intercambiador de placas por medio de una bomba que permite esta función.

En la parte mecánica, se puede decir que se instaló una tubería de acero inoxidable para la alimentación de la leche, desde la salida del producto pasteurizado hacia la envasadora. Para control de nivel, se colocó un *switche* accionado por un flotador

que suspende la alimentación de energía a la bomba de leche, de tal manera que se produzca el bloqueo de la alimentación del lácteo a la envasadora.

Finalmente, se realizó una conexión a través de una tubería de hierro galvanizado del banco de hielo hacia la marmita de procesamiento, la misma que se encuentra pintada de acuerdo a los colores que establece la norma respectiva.

RECOMENDACIONES

Como recomendaciones finales se pueden citar las siguientes:

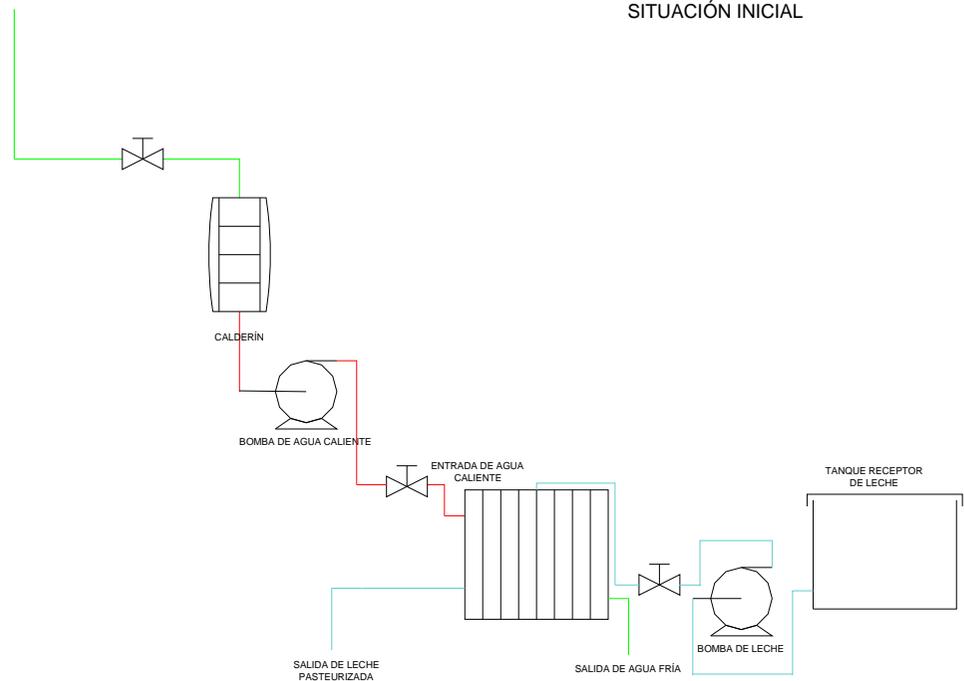
- Antes de iniciar el proceso de pasteurización es necesario realizar un lavado previo, haciendo recircular una solución de hidróxido de sodio y ácido nítrico al punto que quede libre de residuos de procesos anteriores que contaminarían el producto nuevo.
- Una vez limpio el equipo se procede a alimentar el calderín, tal como se indicó en el capítulo respectivo, teniendo la precaución de mantener el nivel que se requiere para evitar que se quemen las resistencias eléctricas por ausencia de agua.
- La alimentación de energía eléctrica es perceptible por medio de las luces piloto instaladas en los dos equipos para el efecto por lo que, en caso de notar la ausencia de esta, debemos detener el sistema y reparar la falla para continuar normalmente.
- Realizar el correcto mantenimiento de los equipos tanto de pasteurización como de envasado, de tal manera que el producto final cumpla con las normas requeridas de calidad.
- Investigar e implementar las normas de calidad correspondientes con el objeto de mejorar continuamente los procesos de pasteurización y envasado.

BIBLIOGRAFÍA

1. ALAIS, Charles, Ciencia de la leche; Principios de Técnica Lechera, México, Editorial Continental S.A. de C.V., 1984, Cuarta Impresión.
2. CASADO, C. y GARCIA, A., La calidad de la leche y factores que la influncian. Industrias Lácteas Españolas, 1985
3. CRANE, Revisión Técnica por Reza García Clemente; Flujo de Fluidos en Válvulas, Accesorios y Tuberías, México, Mc. Graw Hill Interamericana S.A. de C.V., 1989, Primera Edición en Español.
4. DESROSIER, Norman W.; Conservación de Alimentos, Compañía Editorial Continental, S.A. de C.V., México, 1999.
5. GARCÍA, C. E.; Análisis microbiológico de alimentos, Publicidad Gráfica, 1987.
6. MOSCOSO, Javier, Laboratorio de Tecnología de la leche, Homogenización y Pasteurización, Valdivia, Chile, 2006.
7. PERRY, Roberto H.; Biblioteca del Ingeniero Químico, México Mc. Graw Hill S.A. de C.V., 1986, Volumen 2, Quinta Edición.
8. RIEL, R., Ciencia y tecnología de la leche. Composición y estructura físico - química de la leche, Zaragoza, España, Editorial Acribia, S.A, 1991
9. SECAP, Marco Chacho, Manual de Productos lácteos, Cuenca, Ecuador, 1998.
10. STREETER, VICTOR L, WYLIE, E. BENJAMIN, BEDFORD, KEITH W.; Mecánica de fluidos, Mc Graw Hill, 2001, Novena Edición.

11. TETRA PACK; Manual de Industrias Lácteas, Tetra Pack Hispania, S.A., Madrid, España, 2003.
12. VENTANAS BARROSO, Jesús; Lactología Técnica, Composición, recogida, tratamiento y transformación de la leche, Zaragoza, España, Editorial Acribia, 1980, Segunda versión en Español.
13. WALSTRA, P., GEURTS, T.J., Principios de la leche, Propiedades y Procesos, España, 2001.
14. ÇENGEL, YUNUS A.; Transferencia de calor, Mc Graw Hill, 2003, Segunda Edición.

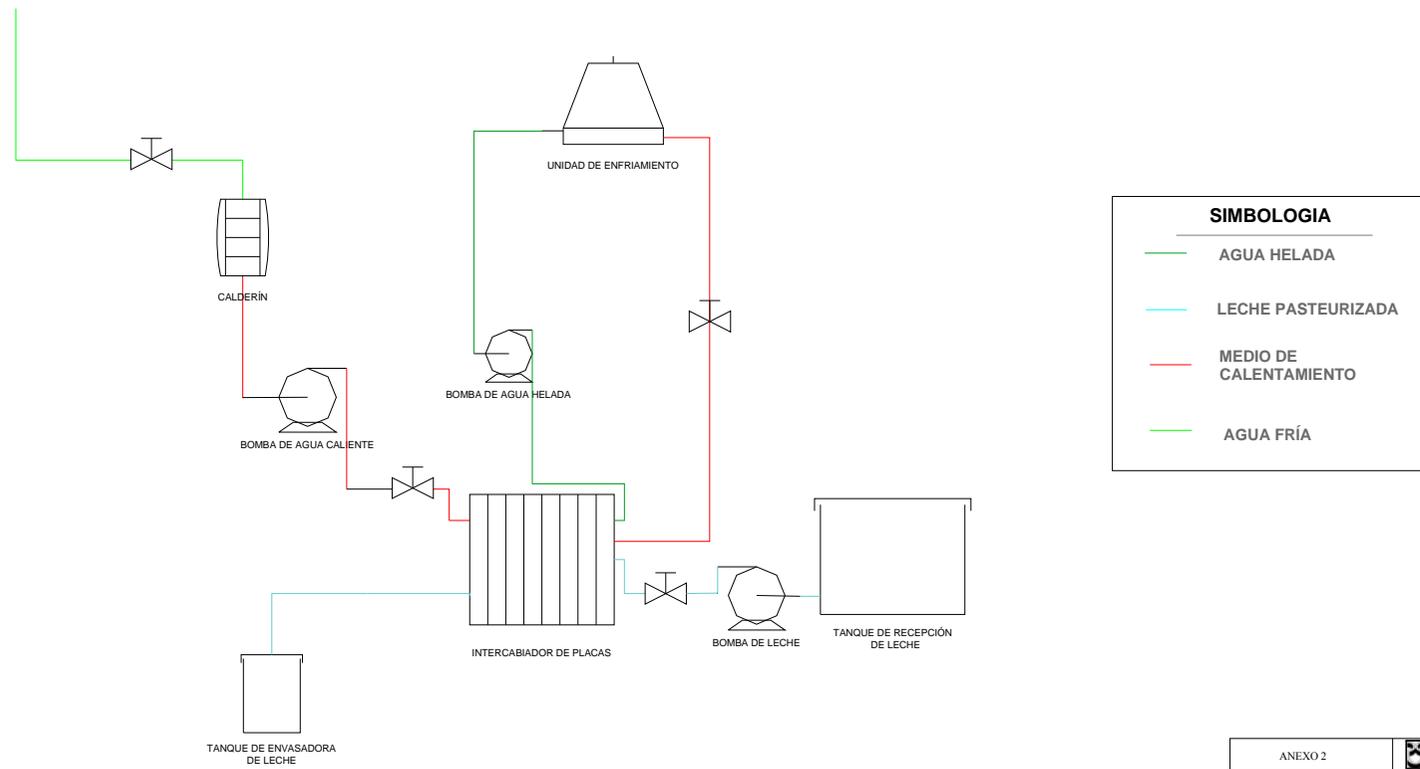
EQUIPO DE PASTEURIZACIÓN
SITUACIÓN INICIAL



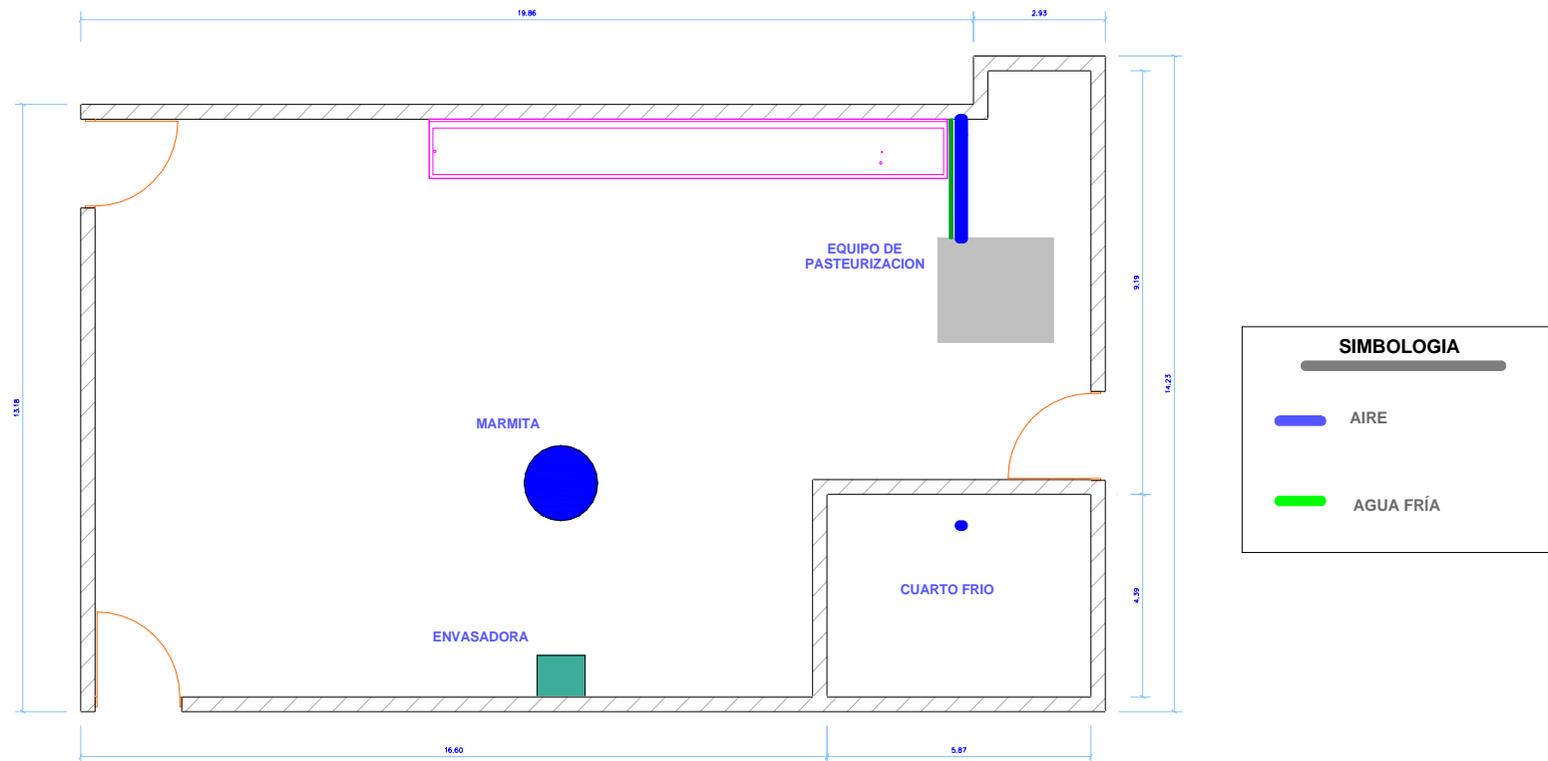
| SIMBOLOGIA | |
|--------------------------------------|------------------------|
| — | LECHE PASTEURIZADA |
| — | MEDIO DE CALENTAMIENTO |
| — | AGUA FRÍA |

| | |
|--|---|
| ANEXO 1 |  UNIVERSIDAD DEL AZUAY |
| CONTIENE: | FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGIA RODRIGO HERMOSO |
| | - ESQUEMA SITUACIÓN INICIAL DEL EQUIPO DE PASTEURIZACIÓN Y ENVASADO |
| LABORATORIO DE LÁCTEOS DE LA UNIVERSIDAD DEL AZUAY | Octubre / 2008 LAMINA: 1/4 |

EQUIPO DE PASTEURIZACIÓN
SITUACIÓN ACTUAL

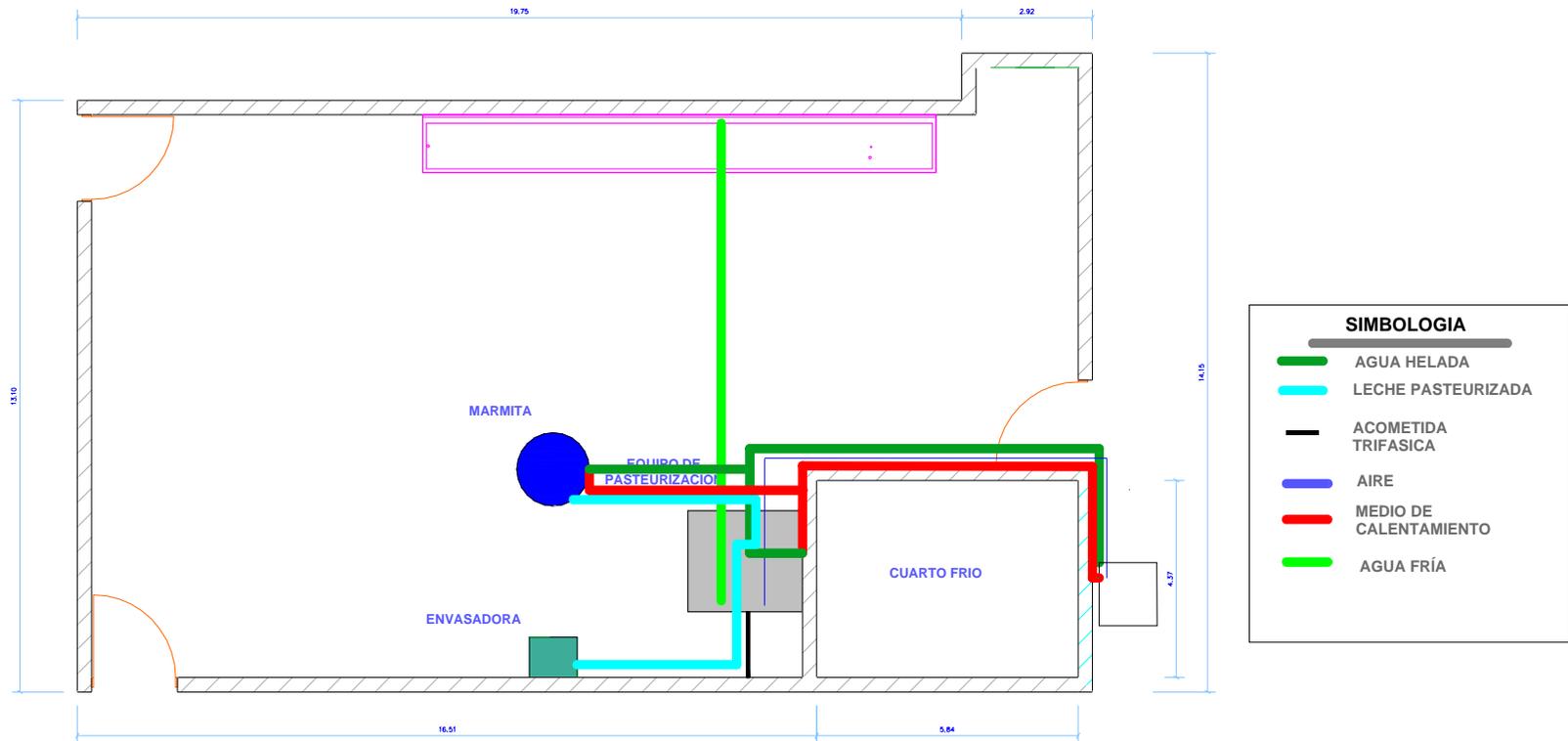


| | | | |
|--|--|---|--|
| ANEXO 2 | |  UNIVERSIDAD DEL AZUAY FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGIA RODRIGO BERMEO O. | |
| CONTIENE: | | | |
| - ESQUEMA SITUACIÓN ACTUAL DEL EQUIPO DE PASTEURIZACIÓN Y ENVASADO | | | |
| LABORATORIO DE LÁCTEOS DE LA UNIVERSIDAD DEL AZUAY | | Octubre / 2008 LAMINA: 2/4 | |



SITUACIÓN INICIAL DEL EQUIPO DE PASTEURIZACIÓN Y ENVASADO DE LECHE DEL LABORATORIO DE LÁCTEOS DE LA UNIVERSIDAD DEL AZUAY

| | |
|--|---|
| ANEXO 3 |  UNIVERSIDAD DEL AZUAY |
| CONTIENE: | FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA RODRIGO BERMEO |
| - DISTRIBUCIÓN DE LA SITUACIÓN INICIAL DEL EQUIPO DE PASTEURIZACIÓN Y ENVASADO | |
| LABORATORIO DE LÁCTEOS DE LA UNIVERSIDAD DEL AZUAY | Octubre / 2008 LAMINA: 3/4 |



SITUACIÓN ACTUAL DEL EQUIPO DE PASTEURIZACIÓN Y ENVASADO DE LECHE DEL LABORATORIO DE LÁCTEOS DE LA UNIVERSIDAD DEL AZUAY

| | |
|---|--|
| ANEXO 4 |  UNIVERSIDAD DEL AZUAY FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA RODRIGO BERNALDO |
| CONTIENE: | |
| - DISTRIBUCIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL DEL EQUIPO DE PASTEURIZACIÓN Y ENVASADO | |
| LABORATORIO DE LÁCTEOS DE LA UNIVERSIDAD DEL AZUAY | Octubre / 2008 LAMINA: 4/4 |