

**DISEÑO DEL SISTEMA DE RECUPERACIÓN DE EMPUJES DE AGUA-LECHE
EN LA PLANTA UHT DE LA COOPERATIVA COLANTA**

EDUARD ALFONSO AVILA ULLOA

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-QUÍMICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA
BUCARAMANGA
2010**

**DISEÑO DEL SISTEMA DE RECUPERACIÓN DE EMPUJES DE AGUA-LECHE
EN LA PLANTA UHT DE LA COOPERATIVA COLANTA**

EDUARD ALFONSO AVILA ULLOA

**Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de:
Ingeniero Químico**

**Director
Dr. RAMIRO MARTINEZ REY**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-QUÍMICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA
BUCARAMANGA
2010**

*Agradezco primero a Dios y mis padres
Por darme la oportunidad de cumplir esta meta,
Especialmente a mi mamá por el apoyo y confiar en mí.*

*A toda mi familia por estar pendiente en este camino,
A mis amigos Jhon F., Isabel, Chucho, Carolina, Edgar, Edwar, Cesar,
Diego V., John M. Bredy Gracias por la amistad y apoyo
incondicional en las alegrías y dificultades, que Dios los bendiga.*

*A mis compañeros de carrera y hoy colegas
Gracias por el acompañamiento en nuestras enseñanzas,
Al igual que a la Universidad y en especial a los profesores por
brindarme sus conocimientos y sabiduría.*

*Finalmente agradezco especialmente a los planta UHT de Funza por
darme la posibilidad de realizar la práctica, a los coordinadores y
supervisores por su colaboración y apoyo.*

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	1
1. DESCRIPCION GENERAL DEL PROCESO EN LA PLANTA	4
1.1 DESCRIPCION GENERAL DE LOS EQUIPOS DE PROCESOS	4
1.2 RECIBO DE LECHE	7
1.3 ALMACENAMIENTO DE LECHE CRUDA.	8
1.4 PASTEURIZACIÓN	9
1.5 ALMACENAMIENTO DE LECHE PASTEURIZADA Y/O TERMIZADA.	10
1.6 PREPARACION DE LECHE SABORIZADA PARA PROCESO UHT.	11
1.7 PROCESO UHT.	11
1.7.1 Proceso UHT Directo (VTIS).	12
1.7.2 Proceso UHT Indirecto (FLEX).	12
1.8 ENVASADO.	12
1.9 PÉRDIDAS DE PRODUCTO.	13
2. DISEÑO DEL SISTEMA DE RECUPERACIÓN DE EMPUJES DE AGUA-LECHE	14
2.1. ESTIMACIÓN DE LA LECHE QUE SE PUEDE RECUPERAR	15
2.1.1. Pasterizador de Leche.	15
2.1.2. Esterilizador VTIS	16
2.1.3. Esterilizador FLEX II	19
1.1. CAPACIDAD DEL SISTEMA DE RECUPERACIÓN.	21
2.2.1. Esquema general del sistema de recuperación.	22
2.2.2. Costos de Instalación del Sistema de Recuperación	25
CONCLUSIONES	26
RECOMENDACIONES	27
BIBLIOGRAFIA	28

ANEXOS	29
ANEXO A. GLOSARIO	29
ANEXO B. COTIZACIONES.	31

TABLA DE FIGURAS

Figura 1. Esquema general de los equipos de procesos. Fuente el autor basado en el manual de industrias lácteas de tetra pak, sección diseño de una línea de proceso.	4
Figura 2. Diagrama de metodología utilizada.	14
Figura 3 Variación de la concentración de leche en el pasteurizador de leche	16
Figura 4 Variación de la concentración de leche en el VTIS iniciando producción	17
Figura 5 Variación de la concentración de leche en el VTIS Finalizando producción	18
Figura 6 Variación de la concentración de leche en el FLEX II Iniciando producción.	19
Figura 7 Variación de la concentración de leche en el FLEX II Finalizando producción.	20
Figura 8 Diagrama general del diseño	22
Figura 9 Distribución del tanque de almacenamiento, entrada con intercambiador de placas y distribución de lavado CIP.	23
Figura 10 Ubicación física del sistema de recuperación en la planta.....	24

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Parámetros para el recibo de leche cruda en los carrotanques.	7
Tabla 2. Parámetros de control calidad a los silos de leche cruda.	8
Tabla 3. Clasificación de la leche según su contenido de grasa.	9
Tabla 4. Parámetros de control calidad a los silos con materia prima UHT.	10
Tabla 5. Parámetros de control calidad a leche Saborizada para proceso UHT...	11
Tabla 6. Resultados Pasterizador de leche Iniciando producción.	15
Tabla 7. Resultados Esterilizador VTIS Iniciando producción.	16
Tabla 8. Resultados esterilizador VTIS Finalizando producción.	17
Tabla 9. Resultados Esterilizador FLEX II Iniciando producción.	19
Tabla 10. Resultados Esterilizador FLEX II Finalizando producción.	20
Tabla 11. Resumen seguimiento de equipos y estimación promedio de los volúmenes recuperables.	21
Tabla 12. Costos del montaje	25
Tabla 13. Entradas Representativas directas diarias del proyecto.	25

TITULO: DISEÑO DEL SISTEMA DE RECUPERACIÓN DE EMPUJES DE AGUA-LECHE EN LA PLANTA UHT DE LA COOPERATIVA COLANTA.*

AUTOR: AVILA ULLOA, Eduard Alfonso**

PALABRAS CLAVES: Empuje, Pasterizador, Esterilizador Directo (VTIS), Esterilizador Indirecto (FLEX II), Crioscopia, CIP.

DESCRIPCIÓN

Este trabajo se hizo gracias a un estudio realizado previamente en la Planta de leche UHT de la Cooperativa Colanta ubicada en Funza Cundinamarca, con el que se determinó que los empujes de agua-leche arrojados por los equipos y no recuperados cumplían con los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos para ser utilizados en alguna aplicación dentro de la planta; con el propósito de evitar el envío de los mismos a la planta de aguas residuales (PTAR). Durante la realización de la práctica se midieron concentraciones de leche en el transcurso de los empujes de tres diferentes equipos, pasteurizador de leche, esterilizador directo (VTIS) y un esterilizador indirecto (FLEX II). Esta dinámica permitió estimar el volumen de leche que se puede recuperar para así determinar la capacidad del sistema de recuperación.

Posteriormente se plantea un sistema de recuperación en el cual se tiene en cuenta básicamente la temperatura de los empujes, el volumen y los caudales de los equipos, además de la capacidad que debe tener evaluando algunos eventos presentados en la planta.

Finalmente se determinó la viabilidad de implementar el sistema de recuperación a partir de la leche que se puede recuperar y el costo total del proyecto mediante la cotización de los elementos necesarios para el montaje. Finalmente se calcula el tiempo de recuperación de la inversión establecida en aproximadamente 120 días; además se hicieron recomendaciones para disminuir los volúmenes de leche arrojados por los equipos en el proceso de llenado y vaciado de los diferentes equipos.

**Proyecto de Grado*

*** Facultad de Ingenierías Físico-Químicas. Escuela de Ingeniería Química, Director, Dr. Ramiro Martínez Rey*

TITLE: DESIGN OF PUSH RECOVERY SYSTEM WATER-UHT MILK PLANT OF THE COOPERATIVE COLANTA *

AUTHOR: AVILA ULLOA, Eduard Alfonso**

KEY WORDS: Push, pasteurized, sterilized Direct (VTIS), Sterilizer Indirect (FLEX II), Cryoscope, CIP.

DESCRIPTION

This work was performed thanks to a study conducted earlier in the UHT milk plant of the Funza Colanta Cooperative located in Cundinamarca, with which it was determined that the thrust of water-milk dropped by the team and not recovered met the physicochemical parameters and microbiological processes for use in any application within the plant in order to avoid sending them to the wastewater plant (WWTP). During the performance of this practice, milk concentrations were measured in the course of the pushes for three different teams, pasteurized milk, direct Sterilizer (VTIS) and an indirect sterilizer (FLEX II). This dynamic allowed to estimate the volume of milk that can be retrieved in order to determine the ability of the retrieval system.

Subsequently a retrieval system is used, which basically takes into account the temperature of thrusts, the volume and flow of equipment, plus the ability to evaluate some events must be presented at the plant.

Finally it was determined the feasibility of implementing the recovery system from the milk that can be recovered and the total project cost by listing the elements necessary for mounting. Finally we calculate the recovery time of investment to be around 120 days. Also recommendations were made to reduce the volume of milk dropped by the equipment in the process of filling and emptying of the different equipment.

**Project*

*** Facultad de Ingenierías Físico-Químicas. Escuela de Ingeniería Química, Director, Dr. Ramiro Martínez Rey*

INTRODUCCIÓN

En la mayoría de los países industrializados, la legislación actual impone estrictos límites en la calidad de los productos resultantes de los procesos industriales. Distintos factores, incluidos salud pública y medioambiental así como económicos son tenidos en cuenta. Consecuentemente, los sistemas de control deben ser diseñados e implementados para ajustarse con las especificaciones totales del proceso, como un elemento más en el diseño de procesos en aras de lograr tener una producción más eficiente y limpia.

La importancia que tiene la conservación de los recursos naturales ha despertado en la sociedad la búsqueda de soluciones para cuidarlos y recuperarlos con el fin de que sean aprovechados por los seres vivos. El agua es un recurso de vital importancia en la vida del hombre por lo que su conservación debe ser uno de los principales objetivos.

El propósito del tratamiento de las aguas residuales es remover los contaminantes que perjudican el ambiente acuático y, en general, a los seres vivos, antes de que lleguen a los suelos, ríos, lagos y posteriormente a los mares. El tratamiento es una combinación de procesos físicos, químicos y biológicos. Las aguas residuales de las industrias lácteas se pueden clasificar en tres secciones:

- Aguas de procesos o servicios (enfriamiento y calentamiento). Esta agua circula por tuberías y equipos sin entrar en contacto directo con los productos. Por esto su contaminación es mínima y se deben recircular para disminuir el consumo de agua así como el consumo energético.
- Aguas sanitarias procedentes de lavamanos, retretes, casino, etc., que se envían al sistema de alcantarillado.
- Aguas residuales industriales proceden de derrames de leche así como del lavado de los equipos e instalaciones propias del área de producción con soluciones de limpieza; por lo que llevan residuos de productos (leche, crema, etc.) y están además contaminadas por soluciones acidas y alcalinas.

Los niveles de higiene en las instalaciones y equipos de las industrias lácteas son muy elevados debido a las características de la materia prima utilizada y los productos fabricados. Por ello, como en toda industria alimentaria el agua es uno de los recursos utilizados intensivamente para la limpieza de la planta y para garantizar los estándares higiénicos del producto; por esto las operaciones de limpieza deben ser minuciosas y frecuentes. La determinación de los puntos críticos de contaminación dentro del proceso y una buena programación son fundamentales para conseguir limpiezas efectivas.

Las aguas residuales son generadas principalmente por las pérdidas de producto, materias primas y por las aguas de lavado, que son utilizadas con el fin de desinfectar los equipos en cada etapa de lavado y la planta. En una industria láctea las pérdidas de producto pueden oscilar entre 1 y 5%, que van en su mayoría a parar a las aguas residuales. La cooperativa Colanta estima las pérdidas en aproximadamente 6000 litros de leche diarios enviados a la PTAR, ya que la cantidad de lodos generados diariamente es de aproximadamente 2.5 toneladas, teniendo en cuenta pruebas realizadas a los lodos deshidratados estos contienen un 32% de sólidos que son atribuidos a la leche, lo que equivale a un 2% de pérdidas/día aproximadamente en esta planta¹; sin embargo esto es difícil de comprobar ya que no se tiene la certeza exacta de que porcentaje de estos sólidos equivalen a leche recibida y además esta prueba no es realizada con frecuencia específica.

Este proyecto pretende básicamente hacer el diseño del sistema de recuperación de empujes de agua-leche en la planta de leche UHT COLANTA ubicada en Funza Cundinamarca, determinar los costos de la implementación del diseño y por supuesto analizar la viabilidad del proyecto en aspectos económicos, sociales, Ambientales y económicos. Además, se hacen sugerencias en aras de tener una producción más limpia, con respecto al tratamiento que se le puede dar a los residuos de soda cuando se realizan los lavados de los equipos; ya que estos residuos son enviados a los drenajes que finalmente van a parar a los pozos de inicio de la planta de aguas residuales generando problemas por pH alto, y por otra parte sugerencias acerca del agua que se está perdiendo en los empujes.

Los empujes de agua-leche son generados cuando los equipos paran de producir, ya sea por lavado total, lavado intermedio, cambio de producto, agua estéril etc. Como su nombre lo indica en los empujes, la leche desplaza al agua estéril para llenar los equipos de producto cuando se está iniciando producción, y viceversa cuando se paran los equipos, es decir, el agua empuja la leche para vaciar el equipo de producto.

Otro aspecto importante que se tiene en cuenta, es la capacidad a la que trabajan los equipos a la hora que se generan los empujes, ya que esta capacidad es fundamental para determinar la capacidad del sistema a diseñar. Además del caudal también se tienen en cuenta estudios de la calidad de los empujes, analizando en cada empuje parámetros de la calidad de la leche tales como, acidez y pH.

¹ Datos: Gestión Ambiental Planta Colanta Funza.

La realización de esta práctica y este diseño fue gracias a un estudio preliminar en el que se determinó la viabilidad de utilizar los empujes en algunas aplicaciones dentro de la planta. Este estudio fue realizado por aprendices del SENA y otros practicantes universitarios los cuales determinaron que los empujes de agua-leche están en los rangos normales de los parámetros fisicoquímicos establecidos por el área de control calidad de la empresa. Sin embargo estos parámetros fueron comprobados mediante la medición del pH y la acidez; además se realizó la medición del punto crioscópico para estimar la leche que se puede recuperar como un índice del proyecto para determinar el tiempo de recuperación de la inversión necesaria y la viabilidad del mismo.

1. DESCRIPCION GENERAL DEL PROCESO EN LA PLANTA

COLANTA controla el acopio de leche cruda desde las fincas brindando asistencia técnica a sus asociados productores en el área zootécnica y veterinaria tal como calidad de pastos y control de la salud de los animales, al igual que en el mantenimiento en los sistemas de enfriamiento; ya que la leche debe ser enfriada por debajo de los 4°C rápidamente después del ordeño. La leche cruda es transportada en carrotanques desde las fincas hasta la planta, estos carrotanques son isotérmicos para mantener la leche refrigerada y sus capacidades están entre 4.000 a 9.000 litros dependiendo del número de compartimientos que tenga.

1.1 DESCRIPCION GENERAL DE LOS EQUIPOS DE PROCESOS

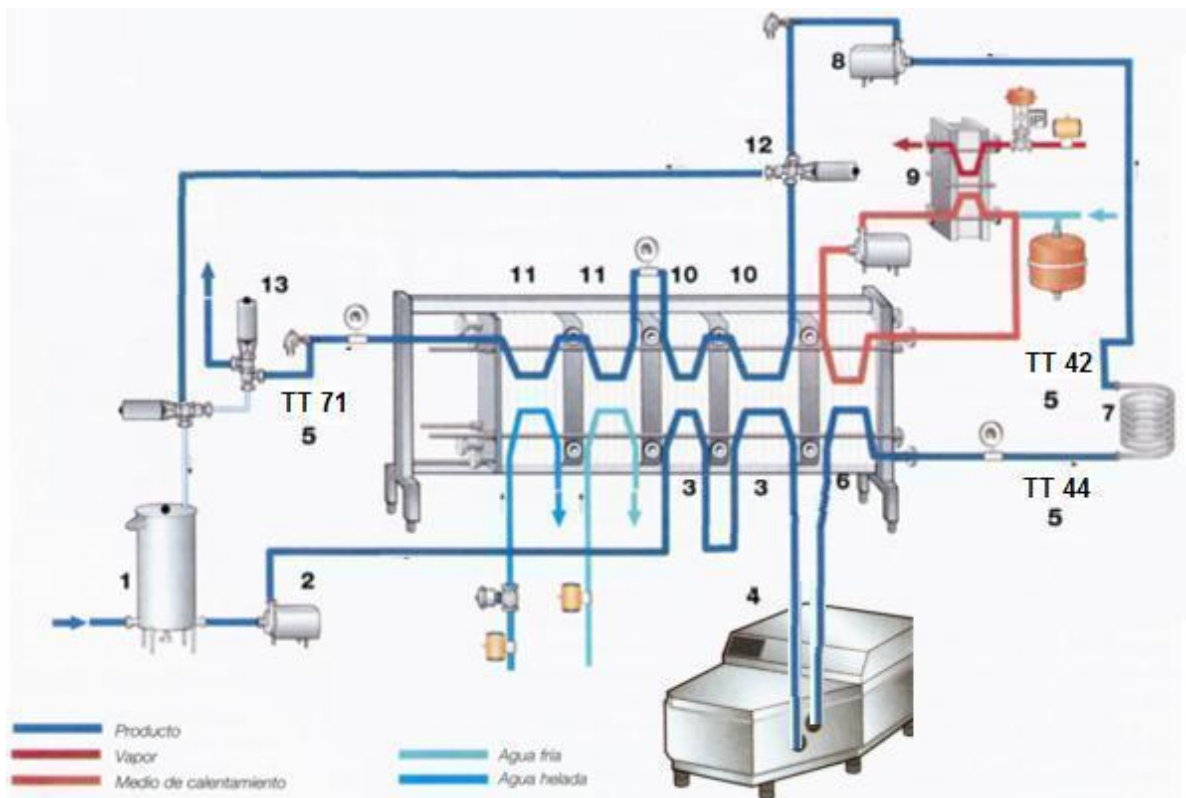


Figura 1. Esquema general de los equipos de procesos. Fuente el autor basado en el manual de industrias lácteas de tetra pak, sección diseño de una línea de proceso.

1. Tanque de balance o BT.D.

La entrada de producto a los equipos es controlada por una válvula reguladora que es accionada por el sistema de control de nivel del tanque de balance, la

función del tanque de balance es la de mantener siempre lleno el equipo para evitar que el producto se quemara en la sección de alta temperatura; además tiene la como propósito proteger a las bombas de la cavitación. Por otra parte cuando el nivel del tanque de balance esta en nivel bajo el producto es recirculado por la válvula 13 de desvío de flujo, pero esta fase en el proceso es controlada por un set-point de tiempo que hace que el producto sea reemplazado por agua potable para evitar que se quemara.

2. Bomba de alimentación (M2).

La función de esta bomba como todas es la de impulsar el producto y proveer al equipo leche desde el BTD, las bombas para leche son centrifugas y están diseñadas para trabajar a caudales variables de acuerdo al equipo o a la etapa del proceso, ya que la etapa de lavado se debe realizar a un flujo mayor para mejorar la acción mecánica del mismo.

3. Secciones de precalentamiento regenerativo.

Básicamente esta etapa es dispuesta para ahorrar energía, la sección está dispuesta por producto como medio de calentamiento y enfriamiento simultáneamente, es decir la leche fría que está entrando al equipo es utilizada para enfriar el producto ya pasteurizado.

4. Homogenizador.

La homogenización provoca la rotura de los glóbulos de grasa en otros mucho más pequeños, lo que disminuye la tendencia a la separación de la nata. Este proceso se realiza básicamente por medios mecánicos, en la homogenización el producto es forzado por un paso estrecho en el cual los glóbulos de grasa se dividen. Hay dos clases de homogenizadores en los equipos de esterilización los asépticos y los no asépticos; los no asépticos están ubicados antes de la etapa del tubo de retención; es decir el producto que pasa por el aun no es estéril. Por otra parte los asépticos están ubicados después del tubo de retención y por el pasa producto ya estéril, estos homogenizadores son utilizados en los esterilizadores directos ya que el choque con el vapor puede causar problemas de desnaturalización de proteína o precipitación de la grasa que debe ser corregida con la homogenización.

5. Control básico de temperaturas críticas.

Las temperaturas críticas son básicamente la temperatura cuando inicia la etapa de pasteurización o ultrapasteurización, la temperatura del final de esta misma etapa y la temperatura de retorno de producto que es utilizada en la esterilización de los equipos como una guarda de esterilización; además en el pasteurizador otra temperatura crítica es la temperatura de salida de producto del intercambiador.

6. Sección de calentamiento.

Es la sección posterior al precalentamiento regenerativo y es donde la leche alcanza la temperatura de pasterización o ultrapasterización, esta sección es calentada con vapor saturado en caso de los esterilizadores y agua caliente en el caso del pasterizador.

7. Tubo de retención.

Es el tramo en que se pasteriza o esteriliza la leche; se calcula con base al caudal y el tiempo de retención o mantenimiento, si el tubo es demasiado corto para el caudal y diámetro de la tubería la leche no será pasterizada confiablemente, y si por el contrario es demasiado largo el producto se quema o carameliza. Es la parte más crítica y por ende el control es también crítico en esta etapa.

8. Bomba de refuerzo.

La función básica de este equipo es la de aumentar la presión en el lado del producto ya pasterizado o esterilizado, es una condición esencial en la pasterización ya que pueden presentarse fugas en el intercambiador de placas y se logra disipar la contaminación ya que hace que la fuga sea en sentido de la leche pasterizada a la leche que se está precalentando.

9. Sistema de agua caliente.

Es el medio de calentamiento del agua que sirve para calentar la leche, básicamente está compuesto por un intercambiador por el cual recircula agua que calienta el producto, la cual es calentada por vapor para mantener su temperatura según el set-point del control en el producto, es decir el control para aumentar la temperatura del producto actúa sobre la válvula de vapor abriéndola y para disminuir la temperatura cerrando la misma válvula.

10. Secciones de pre enfriamiento regenerativo.

Estas secciones son las opuestas a las de precalentamiento, aprovechando el calor del producto que ya está pasterizado o ultrapasterizado y que debe enfriarse para almacenamiento y/o empaclado la leche actúa como medio de calentamiento y enfriamiento a la vez haciéndola pasar por el intercambiador como producto y medio calefactor o enfriador; cabe aclarar que la presión en el lado de la leche caliente o ya estéril es mayor.

11. Secciones de enfriamiento.

Es la sección final del intercambiador y su medio de enfriamiento es agua helada a $2^{\circ}\text{C} \pm 2$.

12. Válvula de desvío de flujo por control de temperatura.

Cuando el producto no alcanza la temperatura de pasterización o de ultrapasterización es desviado por una válvula tres vías actuada por el control de

temperatura. El producto es desviado al tanque de balance para iniciar nuevamente el paso por el equipo.

13. Válvula de desvío de flujo.

Esta válvula actúa cuando el producto sale del equipo con una temperatura superior a la estipulada en el set-point. El producto al igual que en la válvula anterior también es desviado al tanque de balance para reiniciar el procesamiento.

1.2 RECIBO DE LECHE

Una vez llega el carrotanque a la planta los auxiliares de recibo de leche muestrean cada compartimiento y llevan las muestras al laboratorio de recibo, aquí se realizan pruebas para determinar la calidad de la leche y hacer la liberación, si los análisis fisicoquímicos cumplen con los parámetros relacionados a continuación el carrotanque puede ser descargado y la leche es almacenada en los silos de la planta, silo 1 o 2 con capacidad para 100.000 litros cada uno.

Tabla 1. Parámetros para el recibo de leche cruda en los carrotanques.

PARÁMETRO		ESPECIFICACIÓN
prueba de Antibióticos (SNAP)		Negativa
Peroxidasa		Positiva
Sensorial	Sabor	Acepta calificación 4 y 5 Rechaza calificación 1,2 y 3
	Olor	
	Color	
	Apariencia	
Estabilidad Proteica	Alcohol 68% m/v	Negativa
	Alcohol 75% m/v	Negativa
	Alcohol 78% m/v	Neg. Para UHT
Temperatura		4°C ± 2 °C
Acidez cuantitativa		0.13% - 0.17% m/v
Grasa		mínimo 3% m/v
pH		6.5 - 6.8
Crioscopia		530 - 550 °mH
Densidad 15/15°C		1.03 - 1.033 g/ml
Sólidos no grasos		≥ a 8.3% m/m
sólidos totales		≥ a 11.3% m/m

Una vez descargados los carrotanques son lavados con CIP² o manualmente, con el fin de prepararlos para el próximo viaje.

1.3 ALMACENAMIENTO DE LECHE CRUDA.

Los silos de almacenamiento al igual que toda la infraestructura de producción están elaborados en acero inoxidable AISI-316³ para cumplir con la norma según decreto 3075 del gobierno de la república⁴. Todos los silos de la planta son monitoreados por el área de control calidad cada 2 horas y son realizadas las pruebas relacionadas a continuación que deben cumplir con los parámetros establecidos; además antes de iniciar con la pasteurización el silo debe ser liberado por control calidad, el cual mide estos mismos parámetros y da su visto bueno.

Tabla 2. Parámetros de control calidad a los silos de leche cruda.

PARÁMETRO		ESPECIFICACIÓN
Peroxidasa		Positiva
Sensorial	Sabor	Acepta calificación 4 y 5 Rechaza calificación 1,2 y 3
	Olor	
	Color	
	Apariencia	
Estabilidad Proteica	Alcohol 68% m/v	Negativa
	Alcohol 75% m/v	Negativa
	Alcohol 78% m/v	Neg. Para UHT
Temperatura		4°C ± 2 °C
Acidez cuantitativa		0.13% - 0.17% m/v
Grasa		minimo 3% m/v
pH		6.5 - 6.8
Crioscopia		530 - 550 °mH
Densidad 15/15°C		1.03 - 1.033 g/ml
Sólidos no grasos		≥ a 8.3% m/m
sólidos totales		≥ a 11.3% m/m
Recuento de mesófilos aerobios		≤ 400.000 ufc/ml
Recuento células somáticas		≤ 700.000 ufc/ml
Recuento esporas totales 80°C		≤ 100 ufc/ml
Recuento esporas termoresistentes 100°C		≤ 10 ufc/ml

² **CIP** (Cleaning In Place) Lavado en situ o sin desmontar piezas. Lavado con unidad que hace circular soluciones de limpieza (Soda, Acido y Agua) controlando temperatura, concentración y caudal.

³ Acero inoxidable Alimentario. Todas las instalaciones en contacto directo o indirecto están fabricadas en este material.

⁴ Decreto 3075. Regula todas las actividades que puedan generar factores de riesgo por el consumo de alimentos.

1.4 PASTEURIZACIÓN

Antes del proceso de pasteurización, a la leche se le adiciona vitaminas para aumentar su valor nutricional y estabilizante para conservar estable la proteína a la hora de someter la leche al aumento de temperatura. Estos procedimientos se realizan según instructivo establecido por la cooperativa, en el cual indica el procedimiento y la cantidad a dosificar.

El equipo de pasterización trabaja a caudal constante de 30.000 litros/hora y consta de varias etapas:

- a) Precalentamiento. El producto llega al equipo proveniente de los silos de almacenamiento, normalmente silo 1 o 2 con capacidad de 100.000 litros cada uno. El producto es recibido en un tanque pulmón o de balance el cual es el encargo de proporcionar producto constante al equipo de pasteurización y evitar que entre aire a las tuberías, también con este tanque se logra evitar la cavitación de las bombas, este tanque de balance cuenta con control de nivel. Luego el producto pasa al intercambiador de placas donde gana calor con transferencia leche-leche de donde sale a aproximadamente 55°C hacia la siguiente etapa de estandarización.
- b) Estandarización. Esta etapa se lleva a cabo en la centrifuga y un equipo de dosificación de crema en línea llamado “modulo alfast”, la función de esta etapa es básicamente igualar los componentes de la leche, para garantizar la misma cantidad de grasa, proteínas y demás componentes como minerales, vitaminas y lactosa (azúcar natural de la leche).

Tabla 3. Clasificación de la leche según su contenido de grasa.

Clase de Leche	Especificación
Entera	Mínimo 3% m/v de grasa
Semidescremada	Entre 1,5% y 2% m/v de grasa
Descremada	Menor 0,5% m/v de grasa
Deslactosada	Entre 1,5% y 2% m/v de grasa

- c) Homogenización. Luego de lograr que la concentración de cada uno de los componentes este estandarizada, ahora se debe garantizar que también estén homogéneos en cada mililitro de leche; en esta etapa la leche es sometida a alta presión (aproximadamente 100 bares) con el fin romper los glóbulos de grasa, hasta volverlos diminutos para garantizar la distribución homogénea de las partículas de grasa y mejorar la digestibilidad, que consiste en la dispersión del glóbulo graso de la leche. Este proceso es ideal realizarlo a una temperatura mayor a 45°C.

- d) Pasteurización. Luego de la homogenización la leche es regresada al intercambiador de calor donde se eleva la temperatura, este es el principal proceso que realiza el equipo, el cual tiene el objetivo de eliminar toda la carga patógena que contiene la leche; este proceso se realiza a $74^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ durante 15 segundos. Es la parte más crítica de los equipos y por tanto el control se hace comparando la diferencia de la temperatura al iniciar y finalizar la etapa con un set-point establecido por el proceso; además de controlar la temperatura de pasteurización.

1.5 ALMACENAMIENTO DE LECHE PASTEURIZADA Y/O TERMIZADA.

Posterior a la pasterización, el producto es almacenado en silos de leche pasteurizada para realizar análisis fisicoquímicos y estabilizar la proteína de ser necesario. Por otro lado la leche materia prima para UHT es sometida a termización, este proceso se desarrolla igual que la pasteurización y en el mismo equipo solo que la temperatura que se alcanza es de $68^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$, esto se hace con el propósito de no exponer la leche a altas temperaturas ya que de lo contrario se puede causar una desestabilización de la proteína que puede dañar el producto.

En este punto los análisis fisicoquímicos que se le realizan al producto por parte de control calidad para proceder a la liberación del silo y posterior utilización como materia prima para ultrapasteurizar son:

Tabla 4. Parámetros de control calidad a los silos con materia prima UHT.

PARAMETRO		ESPECIFICACIÓN
Leche termizada para UHT- saborizada grasa		\geq a 3.5% m/v
Sensorial	Sabor	Acepta calificación 4 y 5 Rechaza calificación 1,2 y 3
	Olor	
	Color	
	Apariencia	
Grasa	Entera	Mínimo 3% m/v de grasa
	Semidescremada	Entre 1,5% y 2% m/v de grasa
	Descremada	Menor 0,5% m/v de grasa
	Deslactosada	Entre 1,5% y 2% m/v de grasa
Acidez cuantitativa		0.13% - 0.17% m/v
Crioscopia		530 - 550 °mH
Proteína		\geq a 2.9% m/m

1.6 PREPARACION DE LECHE SABORIZADA PARA PROCESO UHT.

El área destinada para esta etapa del proceso es el área 060 o de mezclas y el silo 6 de almacenamiento; en estos silos se agregan los insumos necesarios tales como esencias, colorantes, vitaminas y estabilizante y otros aditivos según el tipo que se va a preparar. En este punto el control se hace mediante los siguientes análisis.

Tabla 5. *Parámetros de control calidad a leche Saborizada para proceso UHT.*

PARAMETRO		ESPECIFICACIÓN
Densidad 15/15°C		≥ 1,050 g/ml
Grasa	Entera	Mínimo 3% m/v de grasa
	Semidescremada	Entre 1,5% y 2% m/v de grasa
	Descremada	Menor 0,5% m/v de grasa
	Deslactosada	Entre 1,5% y 2% m/v de grasa
Proteína	Chocolate	≥ 2,3% m/m
	Saborizada	≥ 2,4% m/m
Crioscopia		680 - 1400 °mH
Grados Brix		17 - 20 °Bx

La adición de los insumos se realiza mediante un mezclador, y el sistema se complementa con un sistema de placas para controlar la temperatura ideal de mezclado de los insumos y la leche; además de la agitación y las condiciones en los silos destinados para este proceso.

1.7 PROCESO UHT.

La leche es sometida a tratamiento directo o indirecto, para destruir o inactivar todos los microorganismos y las enzimas presentes que no fueron eliminados en la pasterización o termización. Los productos UHT tienen una gran ventaja para este tipo de materia prima ya que puede almacenarse a temperatura ambiente durante largo tiempo, presentando vida útil de hasta 6 meses; con esto la cooperativa puede distribuir sus productos a otras regiones del país y abrir nuevos mercados.

Este proceso garantiza que la leche esté libre de cualquier espora, toxina o microorganismo que pueda ser perjudicial para la salud del consumidor o que por su proliferación puedan producir deterioro del producto. Para garantizar esto la temperatura del producto debe ser $140 \pm 2^\circ\text{C}$, durante 4 segundos, seguido de un enfriamiento drástico y controlado.

1.7.1 Proceso UHT Directo (VTIS⁵).

Su nombre está dado básicamente porque en el proceso se inyecta vapor directamente al producto, el proceso inicia en el tanque de balance o tanque pulmón el cual garantiza producto al sistema, seguido de esto el producto es impulsado por una bomba centrífuga al intercambiador tubular para realizar un precalentamiento a aproximadamente 80°C, posteriormente se inyecta vapor vivo y estéril al producto donde se alcanza la temperatura de ultrapasterización (140 ± 2°C), esta temperatura se logra casi instantáneamente y posterior a esto pasa por la retención donde se le da el tiempo (4 segundos), luego pasa a un flash o campana de vacío donde se retira el vapor, este proceso se monitoreado y controlado⁶, para garantizar que el producto no arrastre agua, seguido de enfriamiento rápido hasta aproximadamente temperatura ambiente (30 – 35°C) a la que el producto es empacado o enviado a un tanque intermedio aséptico o envasado aséptico.

1.7.2 Proceso UHT Indirecto (FLEX⁷).

En este tipo de ultrapasterización el producto nunca entra en contacto con los agentes de calentamiento o enfriamiento; el producto se calienta por medio de agua caliente o vapor saturado en intercambiadores tubulares. Como en todos los procesos se controla la temperatura al iniciar y finalizar la retención.

Cabe decir que en los procesos de ultrapasterización la leche es empacada a temperatura ambiente que para las condiciones dadas en la planta es de 30 a 35 °C aproximadamente; por otra parte existe la posibilidad de enviar leche UHT a un tanque aséptico o a envasado aséptico directamente, el tanque aséptico se emplea para el almacenamiento de producto, ya que la capacidad de la planta es superior a la de envasado. Este tipo de tanques son presurizados y manejan presiones entre 1,5 y 2 bares cuando están en producción y nunca deben estar por debajo de 0,5 bares para evitar la implosión de la chaqueta del tanque.

1.8 ENVASADO.

Es el proceso de llenado que se lleva en una atmosfera estéril, además se lleva a cabo en envases esterilizados, con sellado hermético para evitar la posible

⁵ Nombre asignado al equipo de Ultrapasterización directa por el proveedor del mismo, Tetra Pak.

⁶ Mediante un control de temperatura en el cual se mide la diferencia antes de la inyección del vapor y después de la campana de vacío la cual debe ser muy cercana a cero.

⁷ Nombre asignado al equipo de Ultrapasterización indirecta por el proveedor del mismo, Tetra Pak.

contaminación microbiana del producto. Además de esto el material de empaque debe garantizar la inocuidad el producto, por lo que es sometido a pruebas de sellado transversal y longitudinal, además de pruebas de conductividad de corriente, prueba de rodamina, peróxido entre otras, realizadas por los operadores de las envasadoras en área de producción al igual se hace seguimiento por los auxiliares de control calidad.

El material de envase para leche UHT está conformado por 3 materiales diferentes; aluminio, polietileno y papel. Los cuales están dispuestos en 6 capas para empaque tetra pak utilizado para leche larga vida, y en 3 capas en envase de polietileno o empaque flexible para leche media vida. El volumen se garantiza y controla mediante un programa de peso en el cual se tiene en cuenta la densidad del producto, el peso del empaque y la norma legal de la SIC (Superintendencia de Industria y Comercio), en la cual están establecidos los límites inferiores y superiores por unidad de volumen y los parámetros que se venen cumplir para un lote de producción. Para el despacho el lote debe cumplir que el promedio de peso de las muestras debe ser igual o superior a un peso nominal que garantiza la cantidad exacta del volumen envasado.

1.9 PÉRDIDAS DE PRODUCTO.

Diariamente el área de producción elabora un informe en el cual se hace balance de producto en proceso Vs producto envasado, en este informe se ven reflejadas las pérdidas de leche por dos factores básicos, el primero es el peso o volumen por unidad, sin embargo este factor no representa más del 10% del total de las perdidas. Entonces las pérdidas son básicamente en procesos por dos agentes, el primero por errores de operación cuando se riega producto (poco frecuente) y el segundo y más significativo (de alta frecuencia) es por empujes. Cabe resaltar que las pérdidas en producción oscilan entre 2000 y 5000 litros diarios; lo que indica que por empujes las pérdidas van desde 1800 a 4500 litros diarios aproximadamente.

2. DISEÑO DEL SISTEMA DE RECUPERACIÓN DE EMPUJES DE AGUA-LECHE

El objetivo de implementar un sistema de recuperación de agua leche es mejorar el rendimiento de materia prima mediante el uso de estos empujes en la preparación de avena (55 a 70% de leche entera y 20 a 30% de agua) o mezcla láctea. Para este diseño se tuvieron en cuenta tres equipos básicos, dos esterilizadores; el esterilizador directo (VTIS), y uno de los indirectos (FLEX II), las capacidades de los equipos son para el VTIS de 7000 litros/hora para iniciar producción y con caudales que pueden llegar hasta 16000 litros/hora según las exigencias o necesidades de la planta; por otra parte el FLEX II siempre trabaja a una frecuencia fija de 13800 litros/hora. El otro equipo que se tuvo en cuenta para este diseño fue el pasterizador de leche que trabaja únicamente a 30.000 litros/hora. Con la implementación de este proyecto se espera recuperar entre 1500 y 2000 litros diarios de leche que indicarían entre \$1'400.000 y \$1'900.000 de pesos diarios aproximadamente.

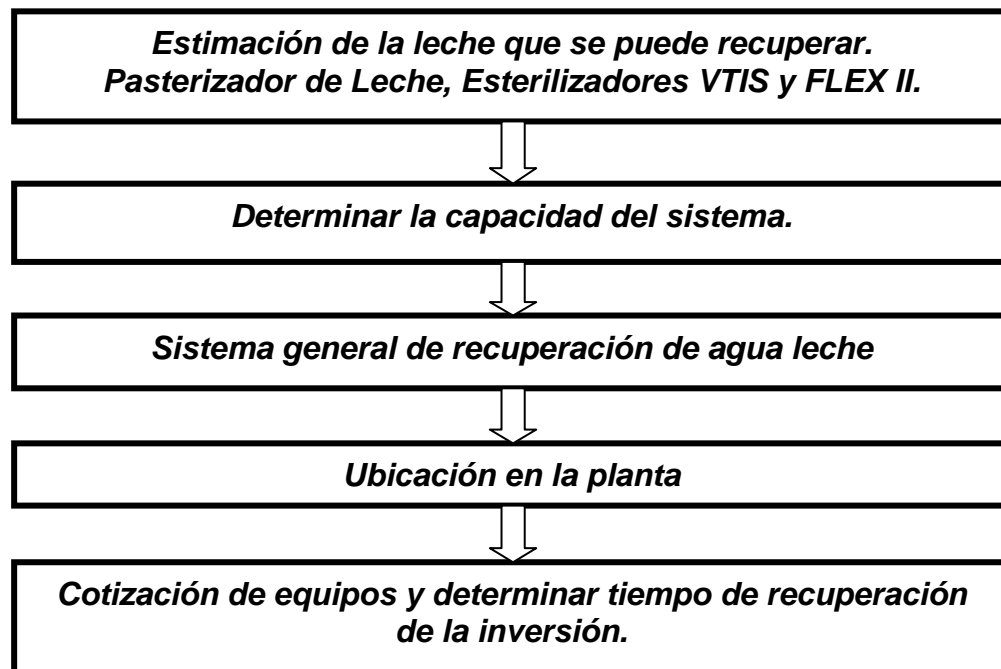


Figura 2. Diagrama de metodología utilizada.



2.1. ESTIMACIÓN DE LA LECHE QUE SE PUEDE RECUPERAR

Se realizaron una determinada cantidad de pruebas y estudios fisicoquímicos para caracterizar la calidad y la concentración de los empujes de agua-leche en los diferentes equipos estudiados; estas pruebas son necesarias para determinar las capacidades y requerimientos de equipos involucrados en este diseño. Además la propiedad más relevante para este proyecto es la crioscopia, el crioscopio fue calibrado con diferentes concentraciones de agua para conocer el comportamiento de la crioscopia a diferentes relaciones de agua-leche conocidas, esto con el fin de determinar la concentración de agua⁸ más precisa en la muestra. Los resultados de las pruebas son relacionados a continuación.

2.1.1. Pasterizador de Leche.

Para el pasterizador se tiene en cuenta el tiempo (segundos) desde el inicio del empuje al final del drenaje, sin embargo hay que resaltar que los primeros 30 segundos son agua y por tanto no se tienen en cuenta para esta estimación. Posteriormente entre los 60 y 110 segundos se interrumpe el empuje y posteriormente entre los 160 y 230 segundos debido al llenado del equipo por tramos.

Tabla 6. Resultados Pasterizador de leche Iniciando producción.

 CONTROL DE EMPUJES Y ANÁLISIS FISICOQUÍMICO DE EQUIPOS							
 PASTERIZADOR INICIANDO PRODUCCIÓN					Caudal	30000 l/h	
t (seg)	pH	Acidez	Crioscopia	% Agua	tiempo agua-leche	Litros agua-leche	contenido leche (L)
30	6,99	0,04	38	93,0%	0	0	0
40	6,74	0,14	528	0,0%	10	83,3	42,1
50	6,73	0,145	529	0,0%	10	83,3	80,8
60	6,72	0,144	535	0,0%	10	83,3	80,8
110	6,72	0,142	535	0,0%	0	0,0	0,0
120	6,72	0,144	529	0,0%	10	83,3	80,8
130	6,72	0,141	534	0,0%	10	83,3	80,8
140	6,71	0,142	539	0,0%	10	83,3	80,8
150	7,38	0,01	47	91,3%	10	83,3	42,8
160	7,62	0,01	22	95,9%	0	0,0	0,0
230	7,56	0,01	21	96,1%	0	0,0	0,0
240	6,88	0,088	298	44,8%	10	83,3	22,1
250	6,75	0,11	458	15,2%	10	83,3	55,8
totales						750	567

⁸ La crioscopia mínima en el agua de la planta fue de 16 °mH, correspondiente a un 97% de agua pura; para la leche lo mínimo permitido es de 530 °mH. Para este proyecto cualquier crioscopia mayor a 530 °mH se asume como 0% de contenido de agua, para leche blanca.

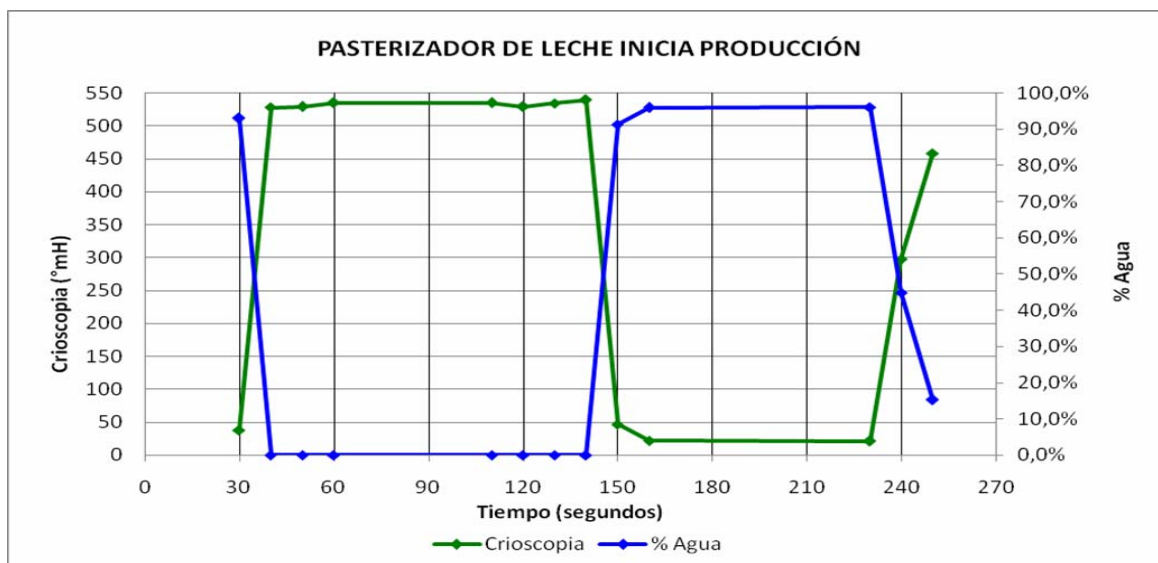



Figura 3 Variación de la concentración de leche en el pasterizador de leche

El empuje de este equipo está dividido en tres etapas, y por su alta capacidad, las pérdidas son las más considerables por parada; se observa una baja crioscopia al finalizar el empuje lo que indica que se sería conveniente alargar el tiempo del empuje. Este equipo es arrancado en promedio tres veces por día, con lo que se recuperarán alrededor de 1500 litros de leche diaria.

2.1.2. Esterilizador VTIS

Para el esterilizador VTIS cuando está iniciando producción el empuje perdura un total de 1230 segundos ya que siempre se envía a la mínima frecuencia (7500 L/h) por estabilidad termodinámica. Los primeros 885 segundos son solamente agua y los últimos 120 segundos son leche que se recupera manualmente.

Tabla 7. Resultados Esterilizador VTIS Iniciando producción.

 CONTROL DE EMPUJES Y ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO DE EQUIPOS							
VTIS INICIANDO PRODUCCIÓN						Caudal	7500 L/h
t (seg)	pH	Acidez	Crisoscopia	% Agua	tiempo agua-leche	Litros agua-leche	contenido leche (L)
885	9,23	0	21	96,1%	0	0	0
915	6,94	0,07	337	30,2%	30	58,3	19,7
930	6,88	0,09	416	23,0%	15	29,2	20,5
960	6,79	0,11	491	9,6%	30	58,3	47,1
990	6,76	0,11	513	5,0%	30	58,3	52,3
1020	6,75	0,115	528	2,2%	30	58,3	54,5
1050	6,75	0,124	533	0,0%	0	0	0
1230	6,75	0,134	542	0,0%	0	0	0
totales						263	194

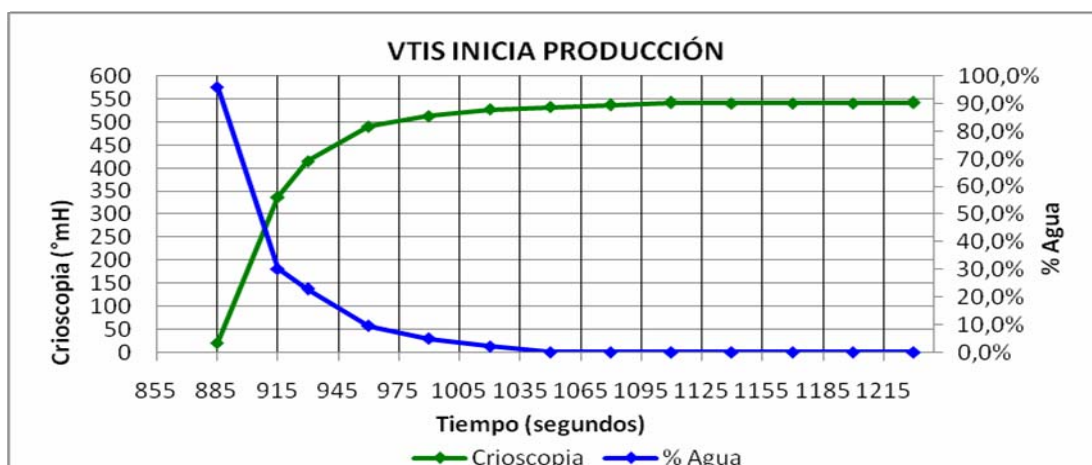


Figura 4 Variación de la concentración de leche en el VTIS iniciando producción

Cuando el esterilizador finaliza producción inicia con un tiempo de sola leche que es recuperada manualmente que varía de acuerdo a la frecuencia de trabajo siendo más grande a frecuencias bajas y finaliza con un periodo de agua de aproximadamente 450 segundos.

Tabla 8. Resultados esterilizador VTIS Finalizando producción.

CONTROL DE EMPUJES Y ANÁLISIS FISIQUÍMICO DE EQUIPOS							
VTIS FINALIZA PRODUCCIÓN						Caudal	12000 L/h
t (seg)	pH	Acidez	Crioscopia	% Agua	tiempo agua-leche	Litros agua-leche	contenido leche (L)
0	6,69	0,0142	541	0,0%	0	0	0
30	6,6	0,14	542	0,0%	0	0	0
60	6,6	0,141	542	0,0%	0	0	0
90	6,64	0,146	540	0,0%	0	0	0
120	6,62	0,141	540	0,0%	0	0	0
150	6,67	0,142	540	0,0%	0	0	0
180	6,66	0,144	539	0,0%	0	0	0
203	6,75	0,01	114	78,9%	23	76,7	44,1
220	6,83	-	42	92,2%	17	56,7	6,5
230	6,89	-	41	92,4%	0	0	0
240	7,05	-	29	94,6%	0	0	0
690	7,05	-	19	96,5%	0	0	0
totales						133,3	50,6

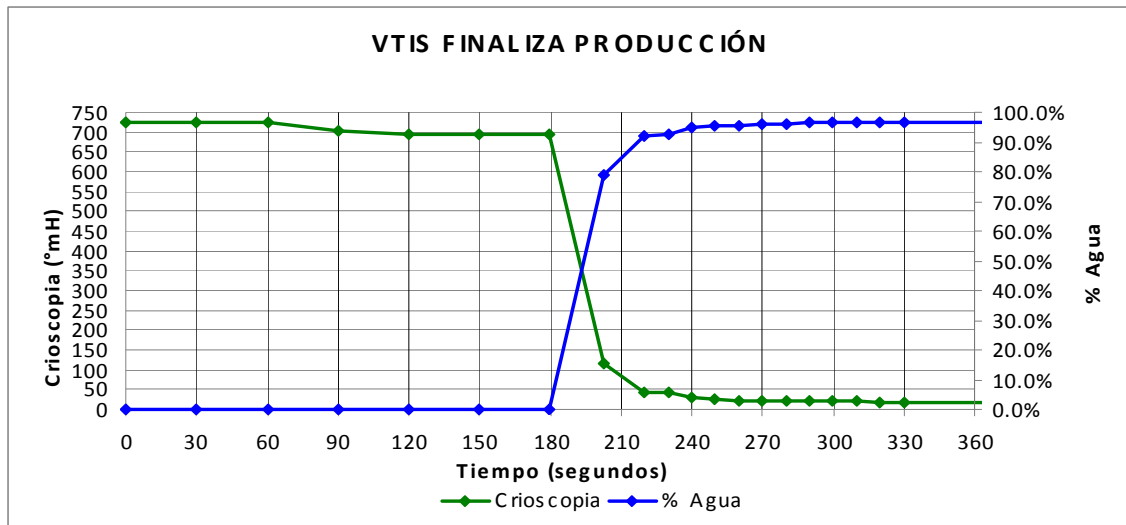



Figura 5 Variación de la concentración de leche en el VTIS Finalizando producción

Este esterilizador es el de mayor capacidad en la planta, su capacidad va desde 7500 a 16000 litros/hora según la necesidad de producción; cabe la pena aclarar que este proyecto es únicamente para empujes de leche entera, descremada y semidescremada; ya que por tratarse de empujes para preparar avena o hidratar leche, la leche deslactosada altera las propiedades fisicoquímicas y organolépticas de los empujes. Por otra parte en este equipo se presume que se podrá llegar a recuperar hasta 244 litros de leche contenidos en 395 litros de agua-leche aproximadamente esta estimación es por parada; además este equipo genera aproximadamente 14 empujes por semana, lo que indica que la recuperación de leche esta cercana a los 450 litros de leche diariamente.

2.1.3. Esterilizador FLEX II

En condiciones normales de producción el equipo se demora entre 12 y 14 minutos en el empuje, sin embargo si la temperatura de retorno esta alta el equipo demora mas el empuje; el tiempo en que se inicia a tomar las muestras es el instante en el cual se visualiza el inicio de la salida de agua leche. Terminando el empuje el esterilizador arroja leche de 70 a 75 segundos que se recupera manualmente.

Tabla 9. Resultados Esterilizador FLEX II Iniciando producción.

 CONTROL DE EMPUJES Y ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO DE EQUIPOS							
FLEX II INICIANDO PRODUCCIÓN						Caudal	13800 L/h
t (seg)	pH	Acidez	Crioscopia	% Agua	tiempo agua-leche	Litros agua-leche	contenido leche (L)
0	7,41	0,02	33	93,9%	0	0	0
10	6,63	0,11	413	23,1%	10	38,3	14,8
20	6,58	0,133	493	8,7%	10	38,3	31,1
30	6,58	0,141	514	4,8%	10	38,3	34,6
40	6,58	0,143	522	3,3%	10	38,3	35,6
50	6,57	0,145	529	0,0%	0	0	0
60	6,56	0,148	532	0,0%	0	0	0
135	6,56	0,149	542	0,0%	0	0	0
totales						153,3	116,1

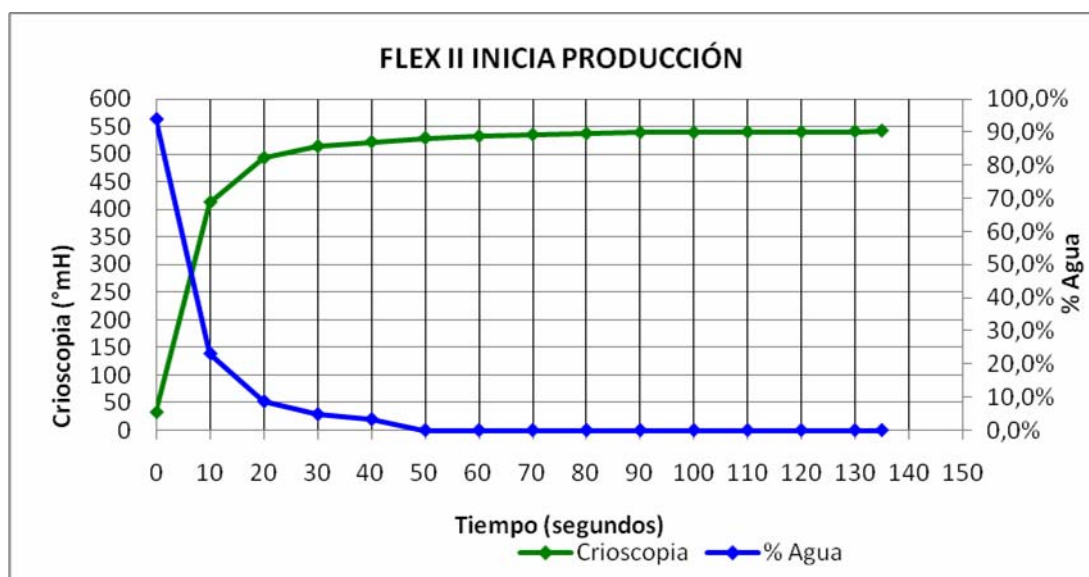



Figura 6 Variación de la concentración de leche en el FLEX II Iniciando producción.

Cuando el esterilizador finaliza producción inicia el empuje con 300 segundos de leche que son recuperados manualmente, sin embargo se plantea la posibilidad de reducir este tiempo ya que el esterilizador trabaja a un solo caudal; ya que en este tiempo se recoge un volumen de aproximadamente 1100 litros que deben ser reprocesados.

Tabla 10. Resultados Esterilizador FLEX II Finalizando producción.

 CONTROL DE EMPUJES Y ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO DE EQUIPOS							
FLEX II FINALIZA PRODUCCIÓN						Caudal	13800 L/h
t (seg)	pH	Acidez	Crioscopia	% Agua	tiempo agua-leche	Litros agua-leche	contenido leche (L)
0	6,58	0,154	541	0,0%	0	0	0
30	6,6	0,15	540	0,0%	0	0	0
300	6,57	0,142	540	0,0%	0	0	0
330	6,56	0,131	535	0,0%	0	0	0
360	6,75	0,028	126	76,9%	30	115	67,3
375	6,98	0,014	52	90,4%	15	57,5	7,7
390	7,12	0,01	36	93,3%	0	0	0
405	7,28	0,01	28	94,8%	0	0	0
420	7,24	0,01	24	95,6%	0	0	0
435	7,32	0,01	23	95,7%	0	0	0
450	7,35	0,01	23	95,7%	0	0	0
465	7,36	0,01	22	95,9%	0	0	0
totales						172,5	75,00875

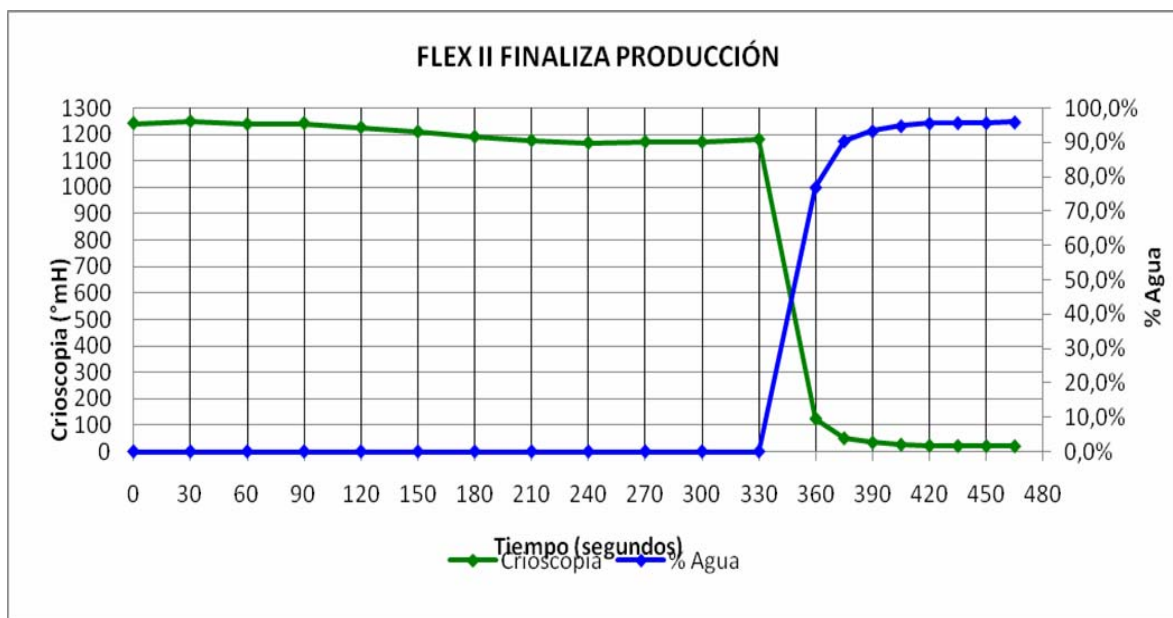


Figura 7 Variación de la concentración de leche en el FLEX II Finalizando producción.

En este esterilizador se procesan tanto leches saborizadas como leche blanca, está destinado en la planta para procesar las leches del programa de bienestar familiar o I.C.B.F. para los desayunos infantiles; sin embargo también procesa leche comercial entre ellas leches blancas. En este equipo se espera una recuperación de 190 litros de leche contenidos en un volumen aproximado de 325 litros de agua-leche; Además se plantea la necesidad de ajustar los tiempos de empujes cuanto inicia producción reducir este tiempo en 60 segundos y cuando finaliza bajar el tiempo e 300 segundos cuando se está trabajando con el tanque aséptico, para hacer el ajuste se plantea sintonizar la válvula de entrada de producto del tanque aséptico con la válvula de entrada de producto del esterizador; es decir cambiar el control actual que cierra la válvula de entrada de producto al tanque aséptico cuando el tanque se llena a un set-point establecido por un control que cierre la entrada de producto al esterilizador con un set-point ligeramente más bajo en el tanque aséptico y continúe con agua cuando el tanque de balance del equipo este en nivel bajo, esto con el fin de disminuir los volúmenes de leche en los empujes que actualmente son recuperados en un tanque de frio para posteriormente ser reprocesados.

En conclusión se estima recuperar en promedio unos 1600 a 1900 litros de leche cada día contenidos en un volumen de 2400 a 2800 litros de agua-leche, lo cual representa una crioscopia media de 364 °mH, y una concentración de leche del 68%v/v aproximadamente.

Tabla 11. Resumen seguimiento de equipos y estimación promedio de los volúmenes recuperables.

EQUIPO	RECUPERACIÓN DIARIA		RECUPERACIÓN SEMANAL ESPERADA (litros) por equipo			PROMEDIO.	
	AGUA-LECHE (litros)	CONTENIDO LECHE	Empujes semanales	Total Agua- Leche(Lt)	Total Leche(Lt)	Agua-leche	leche
FLEX 2	325,8	191,1	10	3258,33	1910,82	465,48	272,97
VTIS	395,8	244,8	10	3958,33	2447,73	565,48	349,68
PAST. LECHE	750,0	567,0	15	11250	8505,00	1607,14	1215,00
total	1471,7	1002,9	35,0	18466,7	12863,5	2638,1	1837,6

1.1. CAPACIDAD DEL SISTEMA DE RECUPERACIÓN.

La capacidad del sistema es definida básicamente por el estudio de los empujes los cuales mostraron que en promedio diario el sistema debe alojar cerca de 2.700 litros de agua leche, por otra parte se tiene en cuenta que por necesidades o

inconvenientes de la planta todos los días no se prepara avena o hidrata leche concentrada y se tiene en cuenta también que pueden haber eventos que aumenten estos volúmenes. Además también se tiene en cuenta la posibilidad de utilizar el tanque para otras aplicaciones como preparación de bebida láctea a base de avena con los mismos empujes.

Por tanto se decidió que la capacidad del tanque será de 10.000 litros por ser un volumen estándar en la fabricación de tanques y que cumple con las necesidades del sistema.

2.2.1. Esquema general del sistema de recuperación.

c

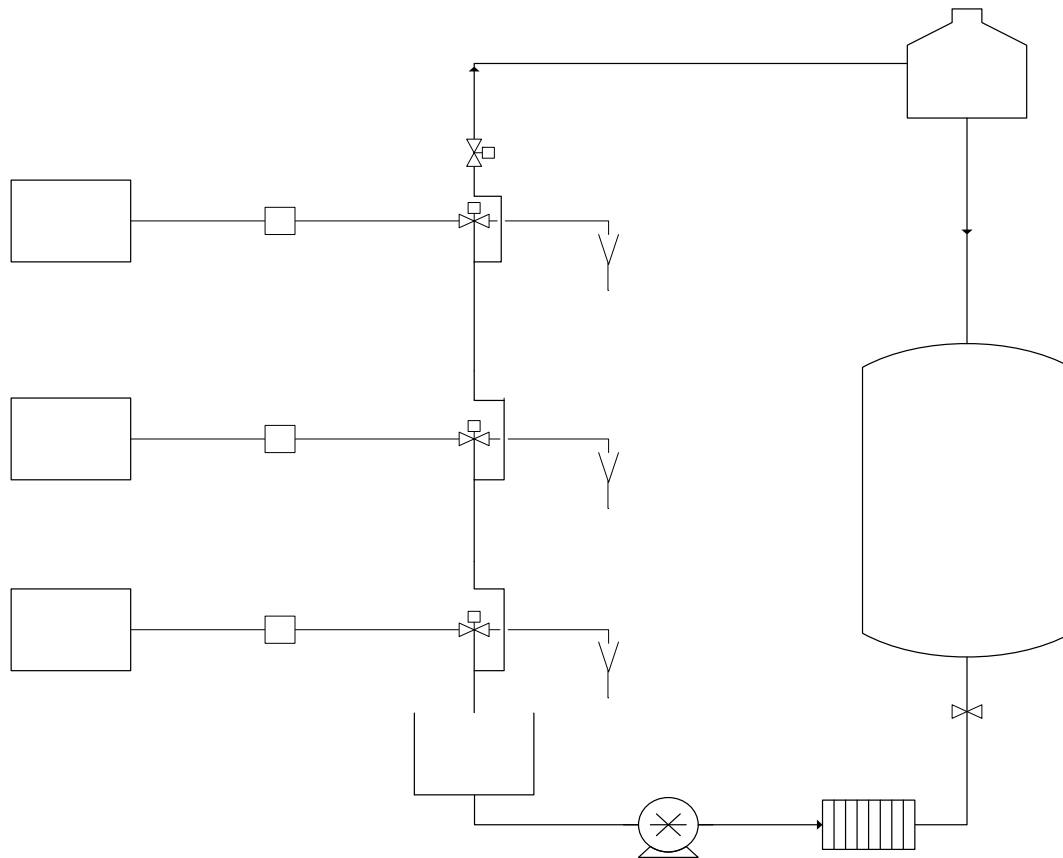


Figura 8 Diagrama general del diseño

Este esquema muestra el funcionamiento global del sistema de recuperación conformado básicamente por válvulas tres vías asépticas (V2, V3 y V4) que actúan cuando el sensor (optiscan) detecta las concentraciones de leche

V-1

establecidas en los setpoints. Las tres válvulas deben estar normalmente abiertas con la posición al dren. Posterior a la recuperación el empuje seleccionado por el sensor y la válvula de cada equipo se dirigido a un tanque de balance o BTD, el cual se estableció con el propósito de tener un caudal constante de entrada al enfriador y posteriormente al tanque, el BTD tiene capacidad de 700 litros establecidos por el máximo volumen de los equipos analizados (pasterizador de leche).

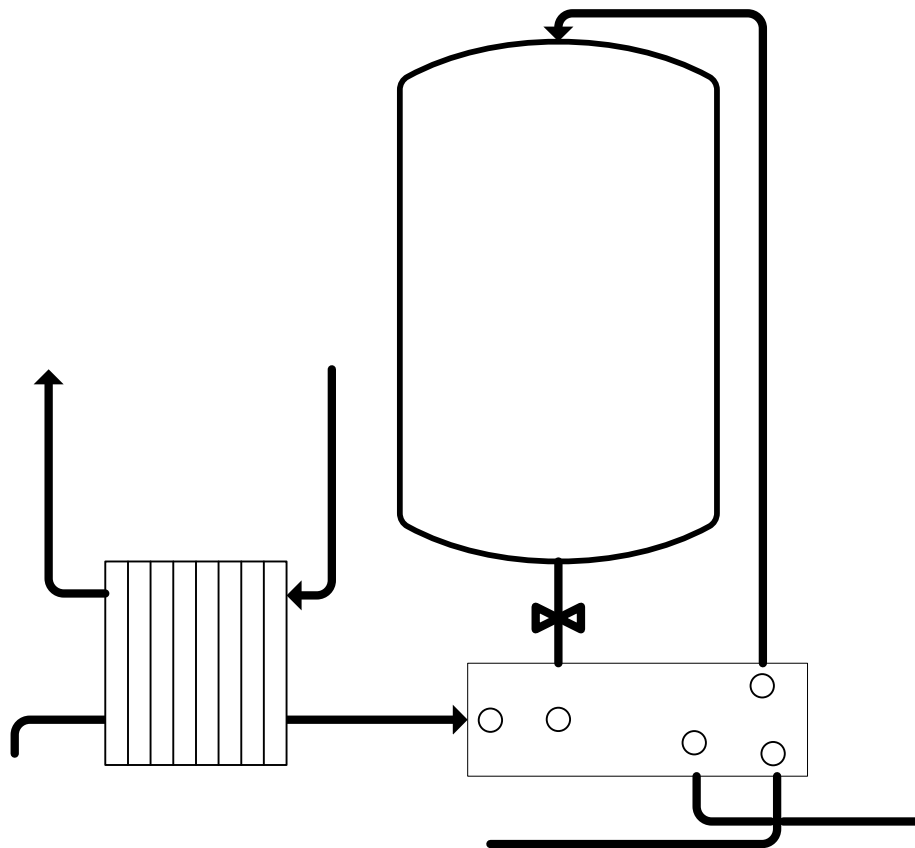


Figura 9 Distribución del tanque de almacenamiento, entrada con intercambiador de placas y distribución de lavado CIP.

Para el diseño de este sistema se plantea colocar el tanque silo en serie a los demás silos de almacenamiento de leche con el fin de aprovechar el CIP de los mismos, colocando el silo de esta forma evitamos hacer el montaje del retorno al CIP y línea de lavado del CIP al tanque; además estará más cerca de los silos destinados a hidratar leche concentrada (silos 2, 3 y 7), así como la eventualidad

de tener una línea al Clúster de válvulas de estos silos. Una posibilidad es utilizar el tanque silo número 5 que en este momento no está en funcionamiento. Y puede ser una alternativa para comenzar el proyecto más rápido.

El intercambiador debe enfriar el empuje de agua leche de 35°C a 4°C con agua helada a $2 \pm 2^\circ\text{C}$ como medio de enfriamiento, el caudal será de 2.000 litros/hora con el fin de minimizar el volumen en el intercambiador y disminuir las pérdidas en el mismo. Por otra parte el volumen del tanque de balance ha de ser de 700 litros con el fin de contemplar la posibilidad de que no se pierda el empuje del pasteurizador cuando el silo este en lavado. El caudal de 2.000 litros/hora se elige con base en el tiempo de vaciado del BTD.

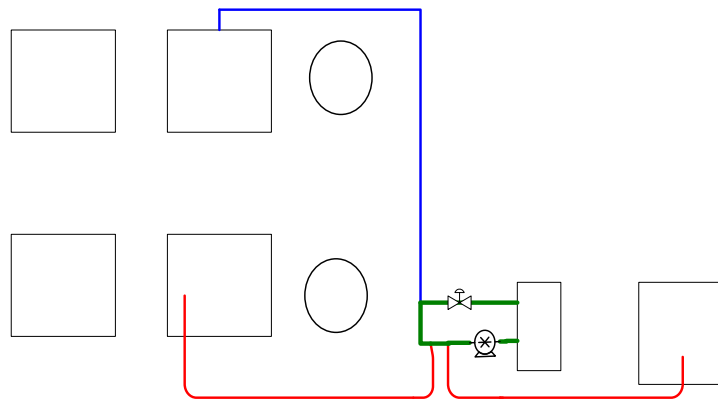


Figura 10 Ubicación física del sistema de recuperación en la planta

En esta figura se muestra la ubicación del sistema de recuperación en el área de procesos de la planta, en la figura se muestran los drenos de los equipos analizados para este diseño; para el esterilizador VTIS el drenaje ya se encuentra dirigido hasta el clúster del área de almacenamiento, por otra parte las líneas en rojo representan los drenos del esterilizador FLEX II y del Pasterizador, estos drenajes no están dispuestos y se debe hacer el montaje de los mismos para este diseño. Cabe anotar que para este proyecto se tendrán en cuenta en las cotizaciones para medir el tiempo de recuperación de toda inversión.

Se contempla la posibilidad de conectar el sistema a los tableros del CIP de los módulos 141 o 142 y al tablero de distribución de leche a los silos; esto con el fin de lavar el sistema con uno de estos módulos y tener la entrada al clúster de válvulas del área de almacenamiento para distribuir a cualquiera de los silos de almacenamiento dispuestos para hidratar leche concentrada.

Finalmente se logró hacer un estudio global y general de la viabilidad del sistema contemplando cotizaciones de los equipos generales utilizados en este proyecto y

entradas dispuestas por leche recuperada calculada con el precio de leche cruda y el agua que se ahorra en la hidratación normal.

2.2.2. Costos de Instalación del Sistema de Recuperación

Tabla 12. Costos del montaje

COSTOS MONTAJE				
MATERIAL DIRECTO	Especificaciones	Cantidad	Valor Unitario	Valor Total
Tubería	Ainox 2,5" FLEX II		\$ 0	\$ 4.000.000
	Ainox 3" PASTERIZADOR		\$ 0	\$ 4.000.000
	sistema de recuperación		\$ 0	\$ 5.000.000
Valvulas SRC21 de 3 vías	Pasterizador In 3" Out 3"	1	\$ 2.717.832	\$ 2.717.832
	VTIS In 2,5" Out 3"	1	\$ 2.717.832	\$ 2.717.832
	FLEX II In 2,5" Out 3"	1	\$ 2.717.832	\$ 2.717.832
Tin top		6	\$ 2.260.830	\$ 13.564.980
Tanque Almacenamiento	10000 litros	1	\$ 45.750.000	\$ 45.750.000
Optiscan 3"		1	\$ 14.602.302	\$ 14.602.302
Optiscan 2,5"		2	\$ 12.426.102	\$ 24.852.204
Tablero Silo		1	\$ 2.000.000	\$ 2.000.000
Valvula Silo	2,5"	1	\$ 3.443.232	\$ 3.443.232
Valvula Mariposa y actuador	2,5"	2	\$ 1.160.640	\$ 2.321.280
Instalación *		1	\$ 10.000.000	\$ 10.000.000
Instrumentación *				\$ 25.000.000
Bomba Centrífuga				\$ 5.000.000
Intercambiador *		1	\$ 30.000.000	\$ 30.000.000
BTD	700 litros	1	\$ 3.200.000	\$ 3.200.000
			total	\$ 200.887.494

Tabla 13. Entradas Representativas directas diarias del proyecto.

INGRESOS POR DIA			
	Cant. Litros	Valor Unitario	Valor Total
Leche Recuperada	1800	\$ 950,00	\$ 1.710.000
solidos recuperados	216	\$ 300,00	\$ 64.800
TOTAL			\$ 1.774.800

Para las entradas del proyecto se tiene en cuenta básicamente entradas por leche recuperada y el ahorro en la disposición de lodos si esta mezcla de agua-leche fuese totalmente deshidratada. El ahorro de agua y reactivos de la PTAR se discrimina al contemplar los lavados del sistema, siendo equivalentes.

* Precios estimados con base a equipos de similares características en la planta.

CONCLUSIONES

- ✓ Entre otros, los beneficios más relevantes del proyecto son:
 - Mayor aprovechamiento de la materia prima.
 - Incremento de la productividad de la empresa.
 - Reducción de la carga contaminante en el efluente.
 - Reducción de los costos por tratamiento de aguas residuales.
- ✓ La implementación del proyecto sería de gran apoyo en la certificación de ISO 14000 buscada por la Cooperativa ya que la disposición se reduciría en aproximadamente 220 Kilogramos de lodos generados diariamente.
- ✓ El tiempo de recuperación de la inversión para el proyecto está presupuestado en 114 días trabajados, haciéndolo muy rentable y de alta viabilidad para su implementación no solo por aspectos económicos sino también ambientales, productivos y lo más importante la disminución en las pérdidas de leche en el proceso.

RECOMENDACIONES

- ✓ Contemplar un proyecto para separar los empujes de soda y ácido para generar algún tipo de aplicaciones con estos, por ejemplo el ácido puede ser utilizado en la PTAR para bajar el pH antes de la etapa de acidificación en el proceso de la misma.
- ✓ Desviar los empujes de las leches saborizadas (FLEX II y FLEX I) hacia la zona de leche ácida dispuesta para venta como suplemento para animales, con lo cual se disminuye considerablemente la carga de sólidos en la PTAR y por ende los costos de tratamiento de aguas residuales de la planta.
- ✓ Programar el PLC para disminuir los tiempos de empujes en los esterilizadores FLEX II y VTIS de tal forma que cuando el tanque aséptico de cada uno de los equipos muestre alarma de nivel alto no cierre la válvula de entrada de producto al tanque sino que cierre la entrada de producto al tanque de balance del equipo y medir el tiempo para cerrar la válvula del tanque logrando disminuir los volúmenes de producto en proceso a reprocesar.

BIBLIOGRAFIA

- Tetra Pak, Manual de Industrias Lácteas, Suecia, 1995, Tetra Pak Processing
- Decreto 616 de 2006 del Ministerio de Protección Social.
- Decreto 3075 de 1997 del Ministerio de la Protección Social.
- Revista virtual Pro, www.virtualpro.com
- Casado Cimiano Pedro, Guía para el análisis Químico de la leche y los derivados lácteos, Editorial Ayala, Madrid España, 1993.
- Colanta, Procedimiento UHT, Revisión Noviembre de 2007, versión 1.
- Norma técnica Colombiana, Productos lácteos, Leche UAT (AHT) ultra alta temperatura larga vida y leche ultrapasterizada, segunda actualización, Febrero de 2004.
- AOAC 2000, 17th, 33.2.04 (990.22), Freezing Point of Milk, Thermisor Cryoscope Method.
- Colanta, Instructivo Interno, Análisis Físicoquímico para leche UHT, Abril del 2006, versión 1.
- Manual Crioscopio, Advanced 4250 Cryoscope. User's Guide, Norwood, Massachusetts, Advanced Instruments, INC. Part No. FLMS Rev 2. 2007.
- Manual de Operación Tatra Alfats Plus, OM 1212498-05
- Manual Operación VTIS, Tetra Therm Asept VTIS, OM-1212963-05
- Instruction Manual Plate Heat Exchanger, TEM 1644725-01

ANEXOS

ANEXO A. GLOSARIO

- **ACIDEZ.** Para la leche es debido a 3 reacciones fundamentales o naturales y a una cuarta de carácter eventual.
 1. Acidez proveniente de la caseína.
 2. Acidez debida a minerales y a la presencia de ácidos organicos.
 3. Reacciones secundarias debidas a Fosfatos presentes en la leche.
 4. “Acidez desarrollada”, debido al ácido láctico y a otros ácidos procedentes de la degradación microbiana de la lactosa.
- **CIP** -(por sus siglas en inglés Cleaning In Place)- Lavado en situ o lavado sin desmontar piezas o partes de los equipos, básicamente lavado automatizado y controlado en el cual se hacen circular soluciones de limpieza (soda, ácido y agua caliente) por los equipos de proceso controlando Temperatura, caudal y concentración.
- **COP** -(por las siglas en inglés Cleaning Out Place)- Lavado externo o lavado de piezas desmontables, básicamente lavado manual de las instalaciones de proceso.
- **EMPUJE.** Volumen de agua-leche emanado del proceso de llenado o vaciado de los equipos, en el cual se empuja la leche con agua para hacer los vaciados de los equipos cuando se finaliza la producción o se envía el equipo a agua estéril, ó cuando se empuja el agua con la leche para los inicios de producción.
- **FLEX.** Equipo de ultrapasterización indirecta, la cooperativa cuenta con dos de estos equipos el FLEX I, con capacidad de 4500 Litros por hora y el FLEX II, con capacidad de 13800 Litros por hora.
- **HACCP** - (por sus siglas en inglés Hazard Analisis Critical Control Point)- Sistema de Análisis de Peligros y Control en Puntos Críticos - enfoque sistemático para identificar los peligros y estimar los riesgos que pueden afectar la inocuidad del alimento, a fin de establecer las medidas para controlarlos.
- **ORDEÑO.** Es el proceso mecánico o manual con el cual se extrae la leche de la vaca.

- **PEROXIDASA.** Enzima natural de la leche; se realiza prueba de peroxidasa para saber si la leche fue sometida a tratamientos térmicos antes de ingresar a la planta o como indicador de una pasteurización correcta.
- **pH.** Potencial de hidrogeno, representa la concentración de hidronio en una solución.
- **SNAP.** Prueba rápida para determinar la presencia de antibióticos en la leche; esta prueba dura 10 minutos y se hace para descargar los carrotanques que recolectan la leche de las fincas.
- **VTIS.** Equipo de ultrapasterización directa en el cual la leche se precalienta y se le inyecta vapor estéril directamente para aumentar la temperatura hasta los 142°C aproximadamente y posteriormente es retirado este vapor por medio de una campana de vacío (flash).

ANEXO B. COTIZACIONES.

COLANTA S.A.
Atn, **Ing. WILINTON PEDROZA**
Planta Funza

CTZ 2928 / 09

REF. : **COTIZACION VARIOS**

Estimado Ingeniero :

De acuerdo con su solicitud nos permitimos presentar a su consideración y correspondiente evaluación la siguiente oferta.

ITEM 1

Equipo	TANQUE CON CAMISA PARA CALENTAMIENTO y/ó ENFRIAMIENTO
Geometría	Cilindrico vertical, tapa torisferica y fondo conico 30°
Capacidad	10,000 Lts.
Cantidad	Uno (1)
Dimensiones	Diámetro interior 2100 mm. Altura Cilindro 3050 mm
Calentamiento	Camisa dimpled jacket para cilindro y fondo.
Material	Aceros Inoxidables AISI 304 Cilindro y tapa lamina calibre 3.5 mm, fondo 4,5 mm. Camisa dimpled jacket en 2.0 mm Cubierta para fondo y cilindro en lamina calibre 1,5 mm.
Sensor de temperatura	Termo pozo con conexión de diámetro 3/4" NPT. Ubicado en el fondo del equipo.
Aislamiento	Lana mineral de 2" de espesor.
Agitación	Moto reductor tipo sin fin corona de 5 H.P. a 45 R.P.M. agitador de doble propela de tres aspas.
Presión máx. de trabajo	Tanque - Atmosferica; Camisa - 60 PSI.
Acabado	Interior pulido sanitario Exterior satinado grano 120

Accesorios

- * Una (1) conexión spray ball para lavado diámetro 3" x 1 1/2" en SS-304
- * Un (1) manhole de inspección diámetro 450 mm. Con manija de cierre y brazo basculante.
- * Un (1) indicador de nivel con válvula de tres vías regleta protectora y manguera sanitaria.
- * Dos (2) conexiones superiores clamp diám. 2".
- * Una (1) conexión inferior para salida clamp diám. 2".
- * Una (1) conexión para venteo tipo caperuza con malla, de diámetro 3".
- * Cuatro (4) patas en tubo de 4" sch 10 con niveladores y amarres en 1 1/2" sch 10.

PRECIO	Vr/Unitario	\$ 45.750.000
---------------	--------------------	----------------------



ITEM 2

Descripción	TANQUE BALANCE
Cantidad	Uno (1)
Geometría	Tanque cilíndrico vertical, con tapa plana bipartida. Fondo conico 30°.
Dimensiones	Diámetro interior 860 mm. Altura del cilindro recto 1220 mm.
Material	Acero inoxidable AISI 304
Espesores	Cuerpo, tapa y fondo 2 mm.
Acabado	Pulido sanitario

Accesorios

- * Tapa superior abombada bisagrada con pestaña y empaque cuadrado de 3/8" incrustado en pestaña soldada al tanque en SS-304.
- * Una (1) conexión inferior para salida de producto diám. 2" O.D. en SS - 304.
- * Una (1) conexión superior para entrada de 2" O.D. en SS - 304.
- * Tres (3) patas para soporte diám. 3" con discos bases altura hasta el piso 200 mm.

PRECIO	Vr/Unitario	\$ 3.200.000
---------------	--------------------	---------------------

ESPECIFICACIONES Y REQUERIMIENTOS

FORMA DE PAGO	Contra-entrega.
VALIDEZ DE LA OFERTA	15 Días a partir de la fecha de recibo esta oferta.
PLAZO DE ENTREGA	De acuerdo a los ítem adjudicados.
TRANSPORTE	Incluido hasta la planta de Funza.
MONTAJE	No incluido.

Agradeciendo de antemano la atención prestada y quedando a su entera disposición.

Cordialmente,

LUIS FERNANDO DUEÑAS F.
Ingeniero de Proyectos