

**ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL**

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

“Diseño para la Implementación de la Metodología Seis Sigma en una  
Línea de Producción de Queso Fresco”

**TESIS DE GRADO**

Previo a la obtención del Título de:

**INGENIERA DE ALIMENTOS**

Presentada por:

Annabel Leonor Moreano Santos

**GUAYAQUIL – ECUADOR**

Año: 2009

# AGRADECIMIENTO

A todas las personas que ayudaron a la realización de este trabajo, en especial a mi director de tesis y a la empresa de lácteos donde se desarrolló este proyecto.

# DEDICATORIA

A DIOS A MIS ABUELITOS A MIS PADRES A MIS TIOS A MI  
HERMANO A MI NOVIO A MIS AMIGOS

# TRIBUNAL DE GRADUACION

Ing. Francisco Andrade S. Ing. Patricio Cáceres C. DECANO  
DE LA FIMCP DIRECTOR DE TESIS PRESIDENTE

Ing. Sandra Acosta D.

VOCAL

## DECLARACIÓN EXPRESA

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

(Reglamento de Graduación de la ESPOL).

Annabel Moreano S.

## RESUMEN

Este trabajo consiste en una guía para la implementación de la metodología Seis Sigma en un proceso de producción de quesos, en este caso se enfocó el estudio en una planta procesadora de queso fresco, con la finalidad de mejorar la calidad del producto, reducir los costos innecesarios provocados por fallas de proceso, incrementar los beneficios para la empresa y consolidar el trabajo en equipo de sus empleados.

En la primera parte se da a conocer todo lo referente a la metodología, sus orígenes, etapas y herramientas involucradas. Más adelante se presenta la información del producto, sus características y proceso de elaboración.

En la fase siguiente se muestra paso a paso el desarrollo del proyecto Seis Sigma basado en información recopilada de una procesadora de queso fresco ubicada en la ciudad de Riobamba, empleando herramientas de Calidad y Estadística Descriptiva, las primeras para generar y organizar ideas y las otras para medir variables del proceso industrial.

Los datos obtenidos en la etapa medir (DMAMC) fueron transformados en valores sigma mediante la aplicación de la distribución normal, se determinó la variabilidad del proceso, se investigó sus causas de origen y posteriormente se gestionaron las soluciones adecuadas.

Al terminar el proyecto se tiene a disposición un manual para integrar un Programa

de Mejoramiento de Calidad Seis Sigma en varias plantas procesadoras de queso, que solucione problemas o fallas tanto en procesos de producción como en el producto. Se determinaron las causas que provocaron quesos defectuosos y las soluciones aplicables para mejorar su calidad. Además se detallan los costos que supone la implementación de este sistema de calidad y las respectivas conclusiones y recomendaciones del trabajo realizado.

**INDICE GENERAL**

	Pág.
RESUMEN.....	I
INDICE GENERAL.....	III
ABREVIATURAS.....	V
SIMBOLOGIA.....	VII
INDICE DE FIGURAS.....	VIII
INDICE DE TABLAS.....	X
INTRODUCCION.....	1
 CAPITULO 1	
1. GENERALIDADES.....	2 1.1
Definición de Seis Sigma.....	2

1.2	Origen de Seis Sigma.....	5	1.3
	Estructura de Seis Sigma.....	6	
1.4	Herramientas empleadas en Seis Sigma.....	9	
1.5	Método DMAMC.....	15	
CAPITULO 2			
2.	PROCESO DE PRODUCCIÓN.....	17	
2.1	Descripción del producto.....	17	
2.2	Parámetros Físico -Químicos y Microbiológicos del producto.....	18	
2.3	Proceso de elaboración de Queso Fresco.....	19	
2.3.1	Materia Prima.....	20	
2.3.2	Etapas del Proceso.....	24	



2.3.3	Diagrama de Flujo del Proceso.....	36
2.3.4	Controles y Análisis en el Proceso.....	37
CAPITULO 3		
3.	DESARROLLO DE LA METODOLOGIA SEIS SIGMA.....	39
3.1	Definir.....	44
3.1.1	Declaración del problema a resolver y objetivos.....	44
3.1.2	Identificación del proceso.....	47
3.1.3	Determinación de Variables Críticas de la Calidad.....	50
3.2	Medida del rendimiento del Proceso.....	57
3.2.1	Datos Históricos.....	57
3.2.2	Datos Experimentales.....	57

3.2.3	Medida de Defectos de Situación Inicial.....	58
3.3	Análisis e Investigación de Causas.....	76
3.4	Medidas y Plan de Acción para el Mejoramiento de la Calidad... ..	83
3.4.1	Formulación de Soluciones.....	83
3.4.2	Selección de Soluciones.....	84
3.4.3	Diseño de Prueba Piloto.....	85
3.5	Ejecución de Prueba Piloto y evaluación de Resultados .....	88
3.5.1	Determinación de Medidas de Control.....	89
3.5.2	Plan de Gestión por Procesos.....	94
3.6	Control del Proceso.....	99
3.7	Evaluación de Costos de Implementación de Seis Sigma.....	99

## CAPITULO 4

### 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... .. 103

APENDICES

BIBLIOGRAFIA

°C Ca cc Cp C<sub>pi</sub> C<sub>pk</sub> C<sub>ps</sub>

°D g Kg lt INEN

mg min m°H ml

## ABREVIATURAS

grado centígrado calcio centímetro cúbico índice de capacidad a corto plazo índice

de capacidad inferior a corto plazo índice de capacidad real a corto plazo índice de

capacidad superior a corto plazo grado dornic gramos kilogramo litro Instituto

Ecuatoriano de Normalización

mmmmiligramos inuto iligrados horvet ililitros

Ph potencial hidrogenoide

PO4 Fosfato

Pp índice de capacidad a largo plazo

P<sub>pi</sub> índice de capacidad inferior a largo plazo

P<sub>pk</sub> índice de capacidad real a largo plazo

PPM partes por millón

P<sub>ps</sub> índice de capacidad superior a largo plazo

pvc	policloruro de vinilo
seg	segundo
St	índice de inestabilidad
ufc	unidades formadoras de colonia

## SIMBOLOGIA

$\sigma$  desviación estándar 'minuto " segundo S desviación estándar X-S

media-desviación estándar Z sigma

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1.1	Niveles de calidad y valores Sigma.....	3
Figura 1.2	Diagrama de flujo de proceso.....	11
Figura 1.3	Diagrama de causa-efecto o espina de pescado.....	12
Figura 1.4	Diagrama de pareto.....	12
Figura 1.5	Histograma.....	13
Figura 1.6	Gráfica de corrida.....	13
Figura 1.7	Gráfica de control.....	14
Figura 1.8	Diagrama de dispersión.....	14
Figura 1.9	Modelo de regresión.....	15
Figura 2.1	Estructura primaria de la K-caseína bovina.....	29
Figura 2.2	Corte de cuajada.....	31
Figura 2.3	Inmersión de quesos en salmuera.....	34
Figura 2.4	Quesos rectangulares listos para envasado.....	35
Figura 2.5	Almacenamiento de quesos en cámara de refrigeración.....	35

Figura 2.6	Jabas con quesos redondos de 500g destinados a la distribución.....	36
Figura 2.7	Diagrama de flujo del proceso de elaboración de queso fresco.....	36
Figura 3.1	Orificios en la cara lateral de un queso rectangular de 600g hinchado.....	47
Figura 3.2	Queso redondo de 500g hinchado.....	48
Figura 3.3	Diagrama de flujo de elaboración de queso fresco.....	48
Figura 3.4	Mapeo del proceso de elaboración de queso fresco.....	50
Figura 3.5	Diagrama de causa y efecto para X1.....	80
Figura 3.6	Diagrama de causa y efecto para X4.....	80
Figura 3.7	Diagrama de causa y efecto para X5.....	78
Figura 3.8	Diagrama de causa y efecto para X6.....	78

## **INDICE DE TABLAS**

Tabla 1.1	Niveles de desempeño Sigma.....	4
Tabla 2.1	Características físicas, químicas y biológicas de la leche.....	21
Tabla 2.2	Controles y análisis en el proceso de elaboración de queso fresco.....	38
Tabla 3.1	Hoja de trabajo “Eliminación de abombamiento o hinchazón en queso fresco.....	46
Tabla 3.2	Narración del proceso.....	49
Tabla 3.3	Declaración de requisitos del cliente.....	51

Tabla 3.4	Variables críticas de la calidad.....	52
Tabla 3.5	Resultados de las matrices de relación y determinación de subprocesos críticos.....	53
Tabla 3.6	Resultados de estudios de reproducibilidad y repetibilidad de variables de salida.....	60
Tabla 3.7	Indices de inestabilidad y de capacidad de la variable de salida Y1.....	63
Tabla 3.8	Indices de inestabilidad y de capacidad de las variables de salida.....	64
Tabla 3.9	Matriz de relación del subproceso de recepción de leche.....	77
Tabla 3.10	Matriz de relación del subproceso de pasteurización de leche.....	77
Tabla 3.11	Matriz de relación del subproceso de moldeo.....	78
Tabla 3.12	Matriz de relación del subproceso de salado.....	78
Tabla 3.13	Plan de gestión por procesos.....	96
Tabla 3.14	Monitoreo del proceso de producción de queso fresco.....	98
Tabla 3.15	Costos de implementación de Seis Sigma.....	102

## **INTRODUCCION**

En Ecuador son pocas las empresas que manejan sistemas de aseguramiento y

mejoramiento de calidad, en muchos casos el procesamiento de alimentos se da de manera artesanal, bajo condiciones sanitarias inadecuadas y con problemas de calidad como sucede en la producción de queso fresco.

La ausencia de calidad en el producto genera pérdidas monetarias a la empresa, con reducción de ventas, pérdida de mercado y desgaste de imagen. Para cambiar este panorama y ofrecer mejores productos se requiere la aplicación de una filosofía de calidad que asegure la obtención de quesos que satisfagan los requerimientos del cliente y que no se desvíen del objetivo trazado en base a las especificaciones normativas; para lograrlo se recurre a la implementación de seis sigma que ofrece la eliminación de defectos al concentrarse en las causas raíz de los problemas en un tiempo adecuado.

Este trabajo desarrolla un proyecto Seis Sigma como ejemplo de la implementación de esta filosofía en la solución de problemas y el mejoramiento de la calidad del procesamiento de quesos.

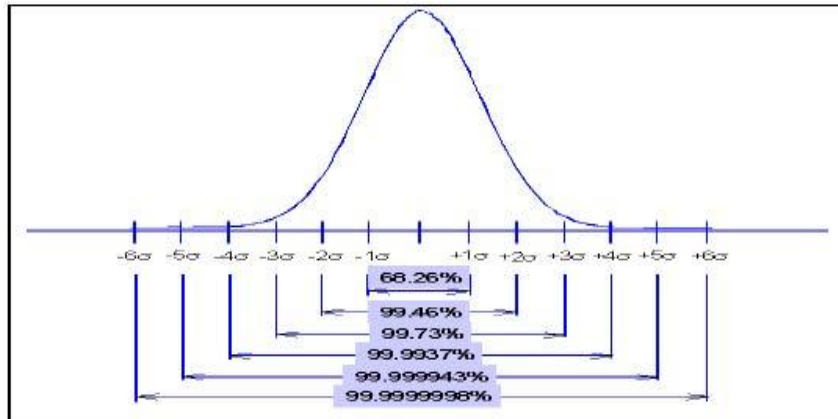
# CAPITULO 1

## 1. GENERALIDADES

### 1.1 Definición de Seis Sigma

Seis Sigma es un término estadístico que determina que tan lejos un proceso se desvía de la perfección, midiendo cuantas fallas existen para luego eliminarlas y finalmente obtener un proceso con cero defectos. Varios autores lo definen como una medida estadística del nivel de desempeño de un proceso o producto; como un objetivo de lograr la perfección mediante la mejora del desempeño, como un sistema de dirección para lograr el liderazgo del negocio, como una visión, medición, meta, metodología, filosofía de trabajo y estrategia de negocios. La letra Sigma ( $\sigma$ ) es utilizada como símbolo de la desviación estándar o medida de la variación de un conjunto de valores respecto a su valor medio, cuanto mayor sea el nivel de sigma, menor será el número de defectos. Por tanto Seis Sigma centra el trabajo en identificar y controlar la variabilidad del proceso con el fin de obtener un producto más fiable y predecible. Los procesos generalmente se comportan dentro del rango de Tres Sigma equivalente a 67.000 defectos por millón de oportunidades y es 19.645 veces más malo que uno de Seis Sigma.





Fuente: Almazán Dávila Blanca, Seis Sigma, pág. 1,  
<http://www.monografias.com/trabajos57/seissigma>

Nivel $\sigma$	DPM	% Defectos	Rendimiento(%)	
0	933,193	93 %	6.7%	0-3 Necesita Mejorar
1	690,000	69 %	31%	
2	308,537	31 %	69%	
2.5	158,655	15.86 %	84.14 %	3 - 4.5 Calidad Convencional
3	66,807	7 %	93%	
4	6,210	0.6 %	99.4%	
4.5	1350	0.14%	99.86%	4.5 - 6 Buen Proceso
5	233	0.02%	99.97%	
5.5	32	0.003 %	99.997%	6 Proceso óptimo
6	3.40	0.0 %	100.0%	

Fuente: RM José Alejandro, Six sigma, pág. 1,

<http://www.barandilleros.com/six-sigma-laempresa-hacia-el-error-cero.html>

Seis Sigma se apoya en metodologías, herramientas y técnicas dirigidas a instrumentar de manera exitosa todos los cambios a realizarse para obtener la satisfacción completa del cliente y que sea rentable para el negocio. Este método combina técnicas de teorías de la calidad como son Quality Function Deployment, Kaizen, Just At Time y Gestión de Calidad Total, dado que busca obtener la satisfacción total de los clientes, tomando en cuenta sus necesidades y expectativas en cuanto al servicio o producto que desean obtener de la compañía.

Busca también la mejora continua, eliminar desperdicios, minimizar costos y controlar procesos basándose en el ciclo DMAMC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar, Controlar), el cual tiene sus raíces en el ciclo de Deming y en análisis estadísticos que se basan en el SPC o Control Estadístico del Proceso, que solo permiten 3,4 errores por millón de oportunidades.

## **1.2 Origen de Seis Sigma**

Seis Sigma tuvo origen en Motorola cuando Mikel Harry sugirió el estudio de la variación en los procesos de esta organización y empleando los conceptos de Deming para mejorarlos. Esta iniciativa la motivó de Bob Galvin máximo líder de Motorola y decide fijar como meta empresarial, obtener 3,4 defectos por millón de oportunidades en los procesos; basándose en el análisis de la variación y la aplicación de un programa de mejoramiento continuo.

Luego en 1991 Lawrence Bossidy implementa Seis Sigma en Allied Signal, donde logra transformarla en una empresa exitosa que multiplicó sus ventas y ganancias. Texas Instruments, hace lo mismo y obtiene igual éxito. En 1995, Jack Welch adopta esta nueva estrategia, para convertir a General Electric en una "organización Seis Sigma", con resultados impactantes en todas sus divisiones; como por ejemplo: GE Medical Systems que al lanzar un scanner para diagnóstico puso en práctica los principios de Seis Sigma y superó el tiempo de escaneo de 180 a 17 segundos; y en GE Plastics, la producción aumentó y se obtuvo un contrato para la fabricación de cubiertas de computadoras iMac de Apple.

Motorola entre 1987 y 1994 al incorporar Seis Sigma redujo su nivel de

defectos por un factor de 200 y de esta manera sus costos de manufactura disminuyeron en \$1,4 billones, la productividad de sus empleados incrementó en un 126 % y el valor de las ganancias de sus accionistas se cuadruplicó.

### **1.3 Estructura de Seis Sigma**

Para llevar a cabo un programa Seis Sigma en una empresa se requiere de un equipo humano, cuyos integrantes reciben diferente formación de acuerdo a su responsabilidad y se los identifica recurriendo a una analogía con las artes

marciales de la siguiente forma:

- . •Champion
- . •Master Black Belt
- . •Black Belt
- . •Green Belt

Cada uno de los integrantes cumple funciones específicas:

#### **Champion**

Líder de la alta gerencia que sugiere y apoya proyectos, ayuda a obtener recursos necesarios y elimina obstáculos que impiden el éxito del proyecto. El Champion está

encargado de realizar las siguientes actividades:

- . • Justificar el proyecto ante los directivos y fijar sus objetivos.
- . • Aconsejar y aprobar los cambios que se presenten a lo largo del desarrollo del proyecto cuando sean necesarios.
- . • Conseguir recursos para el equipo.
- . • Defender el trabajo del equipo frente al consejo directivo.
- . • Eliminar las barreras burocráticas que pueda encontrar el equipo en el desarrollo de su trabajo.
- . • Trabajar junto con otros directivos para garantizar que la solución implantada se ejecute con el ritmo adecuado en los procesos de la compañía.
- . • Aprender del equipo la importancia de trabajar con datos y aplicar estas lecciones a su desarrollo como directivo.

#### **Master Black Belt (MBB)**

Master Black Belt es el experto en Seis Sigma que capacita a los Black Belts, en la

metodología, herramientas y aplicaciones para todas las actividades y niveles de la empresa. Están encargados de la implementación de Seis Sigma en el negocio.

### **Black Belt (BB)**

Lideran los equipos de trabajo Seis Sigma que son responsables de medir, analizar, mejorar y controlar procesos que afectan la satisfacción del cliente, la productividad y calidad. Además tienen capacidad para:

- . • Desarrollar, formar y dirigir equipos inter funcionales de mejora Seis Sigma (DMAMC), equipos de Diseño para Seis Sigma (DPSS) o equipos de procesos transaccionales Seis Sigma.
- . • Asesorar y aconsejar a la dirección sobre la prioridad, planificación y lanzamientos de proyectos Seis Sigma.
- . • Utilizar, enseñar y difundir las herramientas y métodos Seis

Sigma a los Green Belts y al resto de miembros del equipo. Los Black Belts poseen amplios conocimientos de la filosofía, teoría, estrategia y tácticas de Seis Sigma, así como de las metodologías y herramientas utilizadas para mejorar la calidad. Este cargo puede ser desempeñado por un supervisor de planta, un obrero que lidere su área de trabajo o un técnico experto en la metodología.

### **Green Belt (GB)**

Son los ayudantes de los Black Belts y son empleados de la organización que dirigen proyectos de mejora a nivel departamental. Son responsables de las siguientes actividades:

- . • Dirigir equipos departamentales de proyecto para guiarles sobre cuándo y cómo utilizar las herramientas para solucionar los problemas en el proceso de mejora Seis Sigma.
- . • Mejorar la productividad y rentabilidad identificando y resolviendo los problemas crónicos y evitando deficiencias costosas, a niveles departamentales.

## **1.4 Herramientas empleadas en Seis Sigma**

Seis Sigma emplea tanto modelos estadísticos como instrumentos específicos de calidad. Dentro de las herramientas de calidad se encuentran casi todas las desarrolladas por Calidad Total, como son:

- . • CIP, Procesos de Mejora Continua
- . • Diseño/Rediseño de Procesos
- . • Análisis de Varianza, ANOVA
- . • La Voz del Cliente, VOC
- . • Pensamiento Creativo
- . • Diseño de Experimentos, DoE
- . • Gerencia de Procesos
- . • Control Estadístico de Procesos, SPC

### **Procesos de Mejora Continua**

Tecnología que permite alcanzar la estabilidad de los procesos productivos y administrativos. Busca que cada elemento tenga un procedimiento estándar.

Además:

- . • Define la misión del servicio
- . • Identifica a los clientes y sus necesidades
- . • Identifica procesos estratégicos clave y de soporte
- . • Establece el Plan de Análisis de datos
- . • Analiza y mejora el proceso

### **Análisis de la varianza (ANOVA)**

Es una técnica estadística de contraste de hipótesis. Con esta técnica se manejan más de 2 variables y se complica la fórmula matemática según el número de estas variables.

### **La voz del cliente (VOC)**

Consiste en escuchar lo que demanda el cliente. Quien entiende al cliente, entiende su negocio. Habrá que incorporar un Sistema de Administración de Quejas del Cliente (SAQ)

## Diseño de experimentos (DoE)

Son modelos estadísticos clásicos cuyo objetivo es averiguar si uno o determinados factores influyen en la variable de interés y si existe influencia de algún factor, cuantificarla.

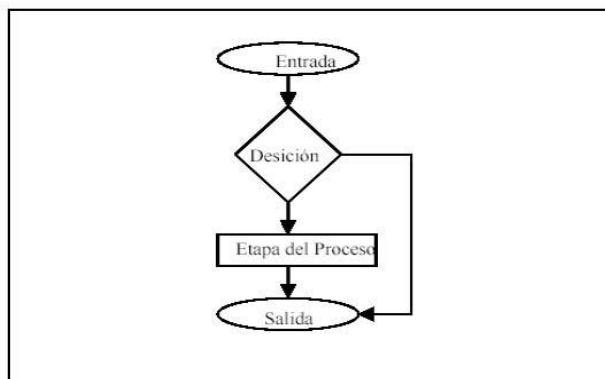
## Gerencia de los Procesos

Aborda la cotidianidad de la empresa e implica el control de la rutina de trabajo. Su propósito es garantizar el establecimiento, mantenimiento y mejora de los procesos repetitivos de una empresa.

## Control Estadístico de Procesos (SPC)

Esta herramienta se emplea para medir, controlar y disminuir la variabilidad en el proceso. Identifica las causas de la variabilidad.

Entre las herramientas estadísticas que se emplean para mejorar la calidad con Seis Sigma se tiene: **Diagrama de Flujo de Procesos**: permite conocer las etapas del proceso por medio de una secuencia de pasos, y definir las etapas críticas.

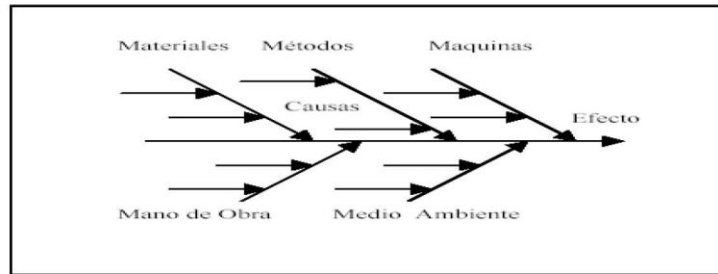


**FIGURA 1.2. DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO**

Fuente: López Gustavo, Metodología Six-Sigma: Calidad Industrial pág. 6, <http://www.mercadeo.com/archivos/six-sigma.pdf>

**Diagrama de Causa-Efecto**: se usa como lluvia de ideas para

detectar las causas y consecuencias de los problemas en el proceso.

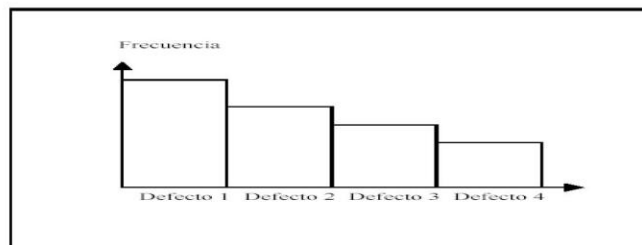


**FIGURA 1.3. DIAGRAMA DE CAUSA – EFECTO O ESPINA DE PESCADO**

Fuente: López Gustavo, Metodología Six-Sigma: Calidad Industrial pág. 6,

<http://www.mercadeo.com/archivos/six-sigma.pdf>

**Diagrama de Pareto:** utilizado para identificar las causas principales de los problemas en el proceso de mayor a menor, para luego reducirlas o eliminarlas de una en una.

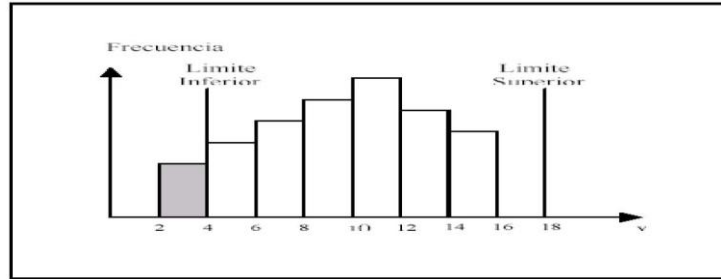


**FIGURA 1.4. DIAGRAMA DE PARETO**

Fuente: López Gustavo, Metodología Six-Sigma: Calidad Industrial pág. 6,

<http://www.mercadeo.com/archivos/six-sigma.pdf>

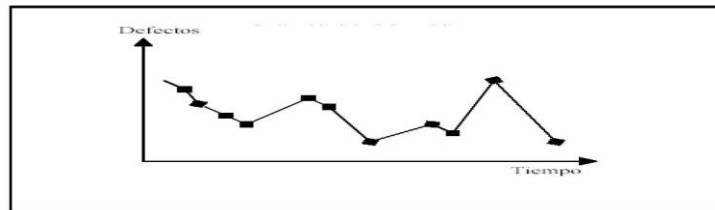
**Histograma:** se utiliza para graficar datos (defectos y fallas) y agruparlos en forma gaussiana conteniendo los límites inferior, superior y una tendencia central.



**FIGURA 1.5. HISTOGRAMA**

Fuente: López Gustavo, Metodología Six-Sigma: Calidad Industrial pág. 6, <http://www.mercadeo.com/archivos/six-sigma.pdf>.

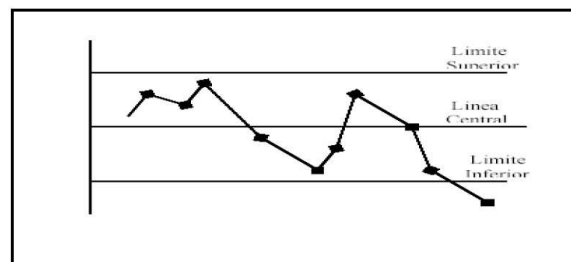
**Gráfica de Corrida:** se emplea para representar datos gráficamente con respecto al tiempo y detectar cambios significativos en el proceso.



**FIGURA 1.6. GRAFICA DE CORRIDA**

Fuente: López Gustavo, Metodología Six-Sigma: Calidad Industrial pág. 7, <http://www.mercadeo.com/archivos/six-sigma.pdf>.

**Gráfica de control:** se utiliza para visualizar el proceso en base a un valor medio y los límites superior e inferior.

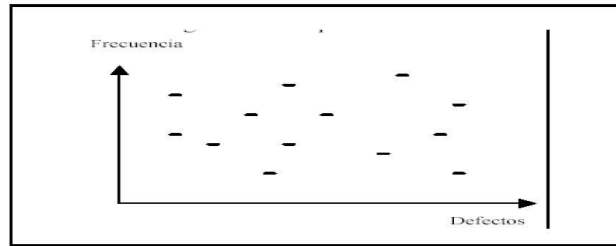


**FIGURA 1.7. GRAFICA DE CONTROL**

Fuente: López Gustavo, Metodología Six-Sigma: Calidad Industrial pág. 7, <http://www.mercadeo.com/archivos/six-sigma.pdf>.

**Diagrama de Dispersión:** permite relacionar dos variables y obtener un estimado usual del coeficiente de correlación.



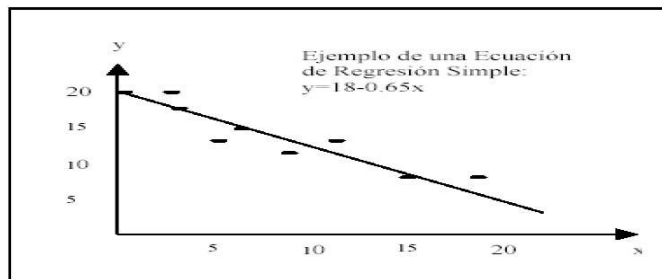


**FIGURA 1.8. DIAGRAMA DE DISPERSION**

Fuente: López Gustavo, Metodología Six-Sigma: Calidad Industrial pág. 7,

<http://www.mercadeo.com/archivos/six-sigma.pdf>.

**Modelo de Regresión:** se aplica para generar un modelo de relación entre una variable de respuesta y una variable de entrada.



**FIGURA 1.9 MODELO DE REGRESION**

Fuente: López Gustavo, Metodología Six-Sigma: Calidad Industrial pág. 7,

<http://www.mercadeo.com/archivos/six-sigma.pdf>.

### 1.5 Método DMAMC

La metodología DMAMC constituye la base para la implementación de Seis Sigma en la empresa, las siglas pertenecen a las iniciales de los 5 pasos a seguirse y en cada uno se emplean herramientas para comprender y desarrollar el proyecto. **Definir:** El primer paso consiste en definir los requerimientos del cliente y convertirlos en los objetivos del mejoramiento de los procesos, controlando los estándares y creando una plataforma de medidas del proceso e identificando las fases críticas. **Medir:** Una vez que los subprocesos clave fueron identificados, en la fase de “medida” se recolecta información acerca de defectos envueltos en el proceso de estudio. Sistemas métricos válidos son establecidos y usados para obtener información básica del proceso y para ayudar a identificar áreas con problemas.

**Analizar:** El análisis de la información da una idea acerca de la diferencia entre los

niveles deseados y el actual; además determina la cantidad de mejoras requeridas.

También ayuda a identificar las causas raíz de las variaciones a través de tendencias y relaciones observadas, que permiten deducir los pasos correctivos.

**Mejorar:** En la etapa de mejoramiento se buscan soluciones, que serán implementadas para eliminar o reducir los problemas identificados durante la etapa de “Análisis.” **Controlar:** Luego de identificar las mejoras necesarias, es importante institucionalizar los sistemas de mejoramiento al modificar los procedimientos y otros sistemas gerenciales. El nuevo sistema implementado es monitoreado periódicamente y de presentarse cualquier variación, se realizarán las acciones correctivas para asegurar que la productividad del mejoramiento sea sostenida.

## CAPITULO 2

## 2. PROCESO DE PRODUCCIÓN

### 2.1 Descripción del producto

Se define al producto como un queso no sometido a un proceso de maduración. Según la norma INEN 1528 (numeral 2.2) para queso fresco, es un queso que está listo para el consumo después de la fabricación y no será sometido a ningún cambio físico o químico adicional.

Se lo obtiene por separación del suero, después de la coagulación de la leche. Su estructura consiste en una fase discreta o discontinua de materia grasa dentro de una matriz continua de proteína altamente hidratada, tiene un pH alto, entre 6.2 y 6.5 ligeramente. Tiene alto contenido de humedad (50 % -56 %), debido a estas características es un producto altamente perecedero. Es elaborado con leche entera, coagulada con enzimas, también se designa como queso blanco.

La planta procesa quesos en presentaciones de 500g, 600g y 2000g. Su tiempo de vida útil es de 15 días almacenado a una temperatura entre 5°C y 8°C.

### 2.2 Parámetros Físico -Químicos y Microbiológicos del producto

El queso fresco presenta las siguientes características propias de su tipo.

#### ***Parámetros Físicos:***

Apariencia

◆Corteza.-apenas perceptible, lisa

◆Color.-Blanco marfil

Textura

◆Pasta.-cerrada, ausencia de ojos u orificios, relativamente firme,

algo elástica, húmeda.

◆ Sensación táctil.-Húmedo y algo elástico.

Conjunto olfato-gustativo

Olor.-A cuajada fresca

Sabor.-ácido entre suave y fuerte, algo proteolizado, algo salado, mantecoso al paladar.

Sensación táctil.-algo adherente, granuloso.

Forma.-Se elaboran quesos de forma:

◆ Rectangular ◆ Redonda

Peso.-Hay tres presentaciones de queso fresco:

0,5 Kg (queso redondo)

0,6 Kg (queso rectangular)

2 Kg (queso rectangular)

***Parámetros Químicos:***

Humedad 50% -56%

PH 6,2

Contenido de Grasa 25% -45%

***Parámetros Biológicos:***

Tipo de microorganismo valor máximo

Colonias/g de *Escherichia coli* 100

Colonias/g de *Staphylococcus aureus* 0

Colonias/g de Mohos y Levaduras 0

Colonias/g de Salmonella 0

### **2.3 Proceso de elaboración de Queso Fresco**

La leche destinada para la elaboración de queso, es sometida a un tratamiento térmico de pasteurización a una temperatura de 72°C durante 15 segundos,

con la finalidad de destruir los gérmenes patógenos básicamente.

Con la adición del cuajo se produce la coagulación o formación de gel lácteo, que luego será cortado en pequeñas porciones de 2cm x 2cm para provocar el desuerado y con ello la separación de suero, proteínas solubles, lactosa y sales minerales. Posteriormente la cuajada pasa por un moldeo, prensado y salado. En la etapa de salado se adiciona sal al queso, por medio de salmuera de concentración 20°Baume. El salado facilita la eliminación de agua y previene la contaminación por hongos y bacterias. Luego es empacado y almacenado en la cámara de refrigeración para su posterior distribución. El producto llega al consumidor en condiciones de refrigeración para evitar su deterioro.

#### **2.3.1 Materia Prima**

La materia prima para la elaboración de queso fresco en nuestro medio es la leche de vaca, la misma que es sometida al correspondiente control de calidad al igual que los demás insumos empleados como son: cuajo líquido y cloruro de sodio. La leche que llega a la planta proviene de haciendas de varios sectores cercanos a la ciudad, donde se tiene un especial cuidado con la limpieza de ordeñadoras y de los recipientes en los que se transporta. Se toman muestras de cada tanque de leche para realizar evaluaciones organolépticas y verificar que no presenten anomalías. También se realizan pruebas que determinen las características físicas, químicas y microbiológicas de cada muestra y se controla que se encuentren dentro de los parámetros establecidos en la tabla 1 de requisitos físico – químicos de la norma INEN 9 para leche cruda. A continuación se presentan las

características analizadas y los rangos de los valores obtenidos en los análisis:

**TABLA 2.1**  
**CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, QUÍMICAS Y**  
**MICROBIOLÓGICAS DE LA LECHE**

Características	Limites
Densidad relativa a 15 °C g/cm <sup>3</sup>	1,028 mín. 1,031 máx.
Materia Grasa %	3,9 – 4,2
Sólidos no grasos %	8,2 – 8,8
Proteínas %	3,0 – 3,2
Acidez °D	16 – 18
Ensayo de Reductasa	2 – 5 horas
Prueba de Alcohol	Sin grumos

Elaborado por: Annabel Moreano

La leche destinada a la fabricación de queso debe cumplir ciertos requisitos para lograr un buen rendimiento en el producto. Luego de evaluar cada una de las muestras se seleccionan las que cumplan con los parámetros señalados en la tabla anterior. No debe contener antibióticos o neutralizantes, que son comúnmente empleados para enmascarar la falta de calidad de la leche y que afectan el desarrollo de las bacterias lácticas. Cada uno de los componentes de la leche: agua, grasa, proteínas, lactosa, sales y vitaminas son importantes para la elaboración de quesos, de la siguiente forma:

- . • El contenido de agua libre en quesos afecta los procesos enzimáticos y microbiológicos que se llevan a efecto. El agua favorece el crecimiento microbiano, afecta la textura e influye en el tiempo de vida útil del queso.
- . • La grasa de la leche influye en el rendimiento del queso, en su aroma, consistencia y sabor. La leche debe contener no menos de 3% de grasa y 8.2% de sólidos no grasos.
- . • Entre las proteínas la leche tiene: la caseína, las albúminas y las globulinas, siendo la más importante la primera. La caseína bajo la acción de las enzimas proteolíticas se transforma en paracaseína con la posterior formación de gel. La caseína influye en el rendimiento, textura, olor y sabor del queso.
- . • La lactosa, el disacárido presente en la leche, sufre fermentaciones: láctica, propiónica, alcohólica y butírica produciendo ácidos láctico, propiónico, butírico, alcohol y anhídrido carbónico que entre otros compuestos, son responsables del sabor y olor del queso.
- . • En cuanto a las vitaminas, la mayoría participa como coenzimas en las reacciones enzimáticas, además de contribuir en el valor nutricional del queso.

.  
• Las sales que se encuentran en mayor proporción en la leche son los citratos, fosfatos y lactatos que influyen en la formación de la cuajada, en el desuerado y en la textura. La concentración de Ca y PO<sub>4</sub> en la leche es de cerca de 117 y 203 mg/100g; cerca del 68 y 46%, respectivamente, están en forma insoluble a ph

6.6. La acidez y densidad de la leche también son factores de importancia en quesos. La leche fresca posee una acidez de 16°D a 18°D, un valor menor puede ser producto de adición de agua o por presencia de un neutralizante, mientras que un valor mayor se debería a una contaminación microbiana. La densidad de la leche fluctúa entre 1,028 a 1,031 g/cc a una temperatura de 15°C, valores menores a los establecidos determinan adición de agua y valores mayores un descremado de la leche. Insumos El cuajo es una sustancia presente en el estómago de los mamíferos rumiantes, contiene principalmente la enzima quimosina, su función es hidrolizar la caseína y permitir su coagulación. El cuajo y los demás insumos empleados en la elaboración de queso fresco, cuentan con sus respectivos certificados de calidad, que son exigidos a los proveedores. Todos los aditivos y auxiliares del proceso de producción se almacenan en la bodega de materia prima con temperatura y humedad adecuadas para su conservación. En la bodega de almacenamiento de materiales se guardan los empaques para el producto terminado.

### **2.3.2 Etapas del Proceso**

El proceso de elaboración de queso fresco consta de varias etapas, que serán descritas a continuación:

#### Recepción de Leche

La leche que llega a la planta es sometida a análisis físico-químicos, para comprobar que cumple con los parámetros

establecidos. Luego la leche es filtrada, pesada y enfriada a 4°C por medio de un intercambiador de calor de placas.

**Pasteurización** La pasteurización es un tratamiento diseñado para eliminar todos los microorganismos patógenos, que bajo ciertas circunstancias pueden proliferar rápidamente en la leche y el queso, causando enfermedades o inclusive en casos extremos la muerte, esto último es más probable cuando se trata de niños, ancianos o personas que tengan debilitado su sistema inmunológico. La leche antes de ser tratada térmicamente pasa por un filtro para eliminar impurezas y sale a una temperatura aproximada de 40°C, después ingresa a la centrífuga y sale de la misma para pasar al desodorizador. Luego la leche pasa por el homogenizador y finalmente entra al intercambiador de placas para ser calentada a una temperatura de 72°C por medio de agua caliente que circula por las placas del área de calentamiento. Después de alcanzar la temperatura de pasteurización la leche pasa a la zona de retención constituida por un intercambiador de tubos y permanece durante 15 segundos. La leche sale de la zona de retención y pasa por una válvula de desviación automática que controla que ésta salga a la temperatura establecida o de lo contrario es enviada al tanque de alimentación para ser reprocesada posteriormente. La leche pasteurizada pasa a la zona de regeneración o precalentamiento, donde es enfriada por la leche cruda que está ingresando al proceso continuo de pasteurización.

**Enfriamiento** La leche pasteurizada enfriada sale a una temperatura aproximada de 30°C y pasa a la sección de quesos. Para la fase de coagulación se requiere que la leche tenga una temperatura de 35°C a 36°C, debido a esto la leche es calentada hasta alcanzar dicho valor. Tanto en el diagrama de flujo como en la narración del proceso que se verán en el capítulo posterior, se fija un rango de temperatura de



enfriamiento entre 35°C y 36°C para evitar complicaciones al mencionar el calentamiento, enfriamiento y nuevamente calentamiento de la leche antes de añadir el cuajo y de comenzar en sí el proceso de producción de queso fresco.

Coagulación La coagulación de la caseína es un proceso fundamental en la elaboración de queso y tiene lugar luego de la adición de cuajo. El cuajo se extrae del estómago de terneros jóvenes y se comercializa en forma de solución con una concentración desde 1:10.000 hasta 1:15.000, lo que significa que una parte de cuajo puede coagular de 10.000 a 15.000 partes de leche en 30 minutos a 36°C. Se utiliza también cuajo bovino, normalmente en combinación con cuajo de ternera (50:50, 30:70, etc.). El cuajo en polvo normalmente es 10 veces más fuerte que el cuajo líquido. El principio activo del cuajo es una enzima llamada quimosina o renina, que actúa directamente en un punto delimitado de la caseína con calcio y destruye el efecto de coloide protector de la micela de caseína, desarrollándose el coágulo que atrapa a la mayoría de los componentes sólidos de la leche. Parte de la lactosa se transforma en ácido láctico, provocando acidificación que ayuda a que el coágulo se vaya contrayendo y expulsando suero. En la coagulación se distinguen 2 fases:

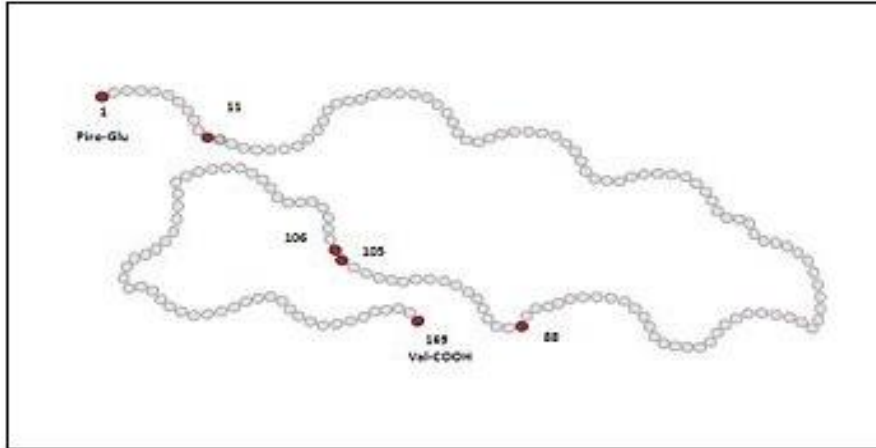
- . •primaria o enzimática
- . •secundaria o de agregación

En la fase enzimática se produce una reacción entre el cuajo y el complejo K caseínas, que se encuentra principalmente en la superficie de las micelas de caseína. La molécula de Kcaseína tiene 169 aminoácidos con un punto débil situado entre el enlace fenilalanina 105 y metionina 106, que es atacado por la enzima del cuajo, produciéndose un corte proteolítico que genera dos péptidos con

propiedades muy distintas:

- . • El glicomacropéptido formado por la cadena entre los residuos de aminoácidos 106 a 169, es hidrofílico, soluble y representa un 4% de la caseína total, queda libre en solución formando parte del lactosuero y por lo tanto no contribuye al rendimiento.
- . • El otro fragmento, formado por la cadena entre los componentes 1 a 105, se denomina para-K-caseína, es hidrofóbico y queda unido a las otras caseínas en las micelas.

Esta reacción provoca una reducción severa en la carga eléctrica negativa de la superficie de las micelas, que permite el acercamiento entre sí de las mismas.



Fuente: Mercier JC, Brignon G, Ribadeau-Dumas B. 1973, Structure primaire de la

caséine-κB bovine, European Journal of Biochemistry 35(2): 222-235.

En la segunda fase se produce la agregación de las micelas para formar un gel, los iones de calcio aceleran y benefician el proceso. Luego de estas dos fases se produce la eliminación de agua,

o concentración de sólidos, a partir del gel o cuajada formada. En este proceso de

deshidratación, la caseína y la materia grasa de la leche se concentran.

Factores que influyen en la coagulación:

La efectividad del cuajo depende de varios factores como son:

- . •Temperatura
- . •Acidez

•Concentración de calcio y sodio Temperatura.-Las temperaturas de coagulación

pueden variar entre los 28°C y los 41°C, aunque lo más usual es una

temperatura de 36°C, para evitar un excesivo endurecimiento del coágulo.

Acidez.-Un ph bajo aumenta la actividad del cuajo. Concentración de calcio y

sodio.-La presencia de iones de calcio facilita la actuación del cuajo y la adición

de cloruro cálcico aumenta la concentración de este tipo de iones en la leche.

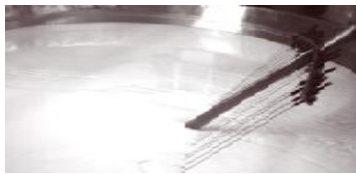
Los iones de sodio también influyen pero en menor proporción en la coagulación

de la leche.

Reposo La leche reposa durante un tiempo aproximado de 30 minutos a una

temperatura de 36°C, mientras se forma la cuajada.

Corte de cuajada La cuajada se corta con una lira de corte, formando coágulos de diámetro pequeño. El tamaño del grano es proporcional al contenido de humedad deseado y al tipo de queso; se logra separar entre 50% y 90% del lactosuero. A partir del corte la cuajada cambia su composición debido a la sinéresis o expulsión de lactosuero. La sinéresis se produce por la reestructuración de la red proteica continua que forman las micelas de paracaseína y depende de la firmeza del coágulo al momento del corte. Si el corte es tardío, la sinéresis puede ser algo menor.



## **FIGURA 2.2. CORTE DE CUAJADA**

Elaborado por: Annabel Moreano

Agitación de cuajada Para facilitar la separación de la cuajada del lactosuero, la masa es removida suavemente con un agitador hasta obtener la consistencia granulosa, aproximadamente por 20 minutos. Luego se lavan los granos con la adición de agua con temperatura de 40°C. El resultado final de la sinéresis se refleja en el contenido de humedad del queso una vez prensado.

Drenaje del suero El suero es drenado con el objetivo de dejar la parte sólida que constituye el queso. El grado de retención de agua en las micelas de caseína depende en su mayor parte de la pérdida de fosfato de calcio, y ésta a su vez del pH en el momento que se retira el lactosuero de la cuajada. El suero es retirado de la marmitta empleando baldes y colocado en grandes recipientes.

Moldeo La cuajada se vierte en moldes rectangulares de acero inoxidable, o redondos de PVC y se los cubre con mallas rectangulares o redondas de polipropileno o paños de acuerdo a la forma que requiera la presentación del queso que se esté elaborando. El tiempo empleado en esta operación es de 30 a 40

minutos aproximadamente.

**Prensado** En el prensado la cuajada es sometida a presión con el fin de facilitar la separación del suero. Los moldes son colocados sobre tablones de madera previamente cubiertos por plásticos y se forman pisos, intercalando filas de quesos y tablones.

Los quesos son sometidos a presión mecánica por un tiempo de 30 o 40 minutos, dependiendo de la consistencia de la cuajada. El prensado tiene como objetivos:

- . • Ayudar en la expulsión final de suero
- . • Proporcionar textura
- . • Darle forma al queso
- . • Proporcionarle corteza a los quesos con largos periodos de maduración. La tasa de prensado y la presión aplicada se adaptan a cada tipo particular de queso. El prensado debe ser gradual al principio, porque una presión inicial grande comprime la capa superficial y puede bloquear la salida de suero desde el interior del queso.

**Salado** El salado se efectúa por inmersión de los quesos en salmuera de concentración 20°Baume y que está a una temperatura de 10°C, por un tiempo aproximado de 30 minutos. Esta operación tiene varios propósitos como son:

- . •Perder humedad
- . •Realzar el sabor del queso
- . • Retardar el crecimiento de microorganismos indeseables

La inmersión de queso en salmuera hace que pierda

humedad mediante un proceso osmótico, en el que sale suero y entra sal al queso.

También se produce un intercambio de calcio por sodio en el paracaseinato, que

provoca que el queso tenga una consistencia más suave. Durante la salazón de

quesos, éstos van perdiendo volumen por la salida de suero. La sal penetra

lentamente en el queso y durante el tiempo que permanece en la salmuera no logra

alcanzar el núcleo central por ello el contenido de sal no es uniforme en todas las

capas del queso.



Elaborado por: Annabel Moreano

Envasado Las presentaciones de 600g y 2000g de queso fresco son envasadas al vacío para su mejor conservación. Y la presentación de 500 g es envasada sin vacío empleando una selladora manual.

En la etiqueta consta la denominación del producto, cantidad neta de producto, fecha de caducidad, condiciones de conservación y lote de fabricación.



Elaborado por: Annabel Moreano

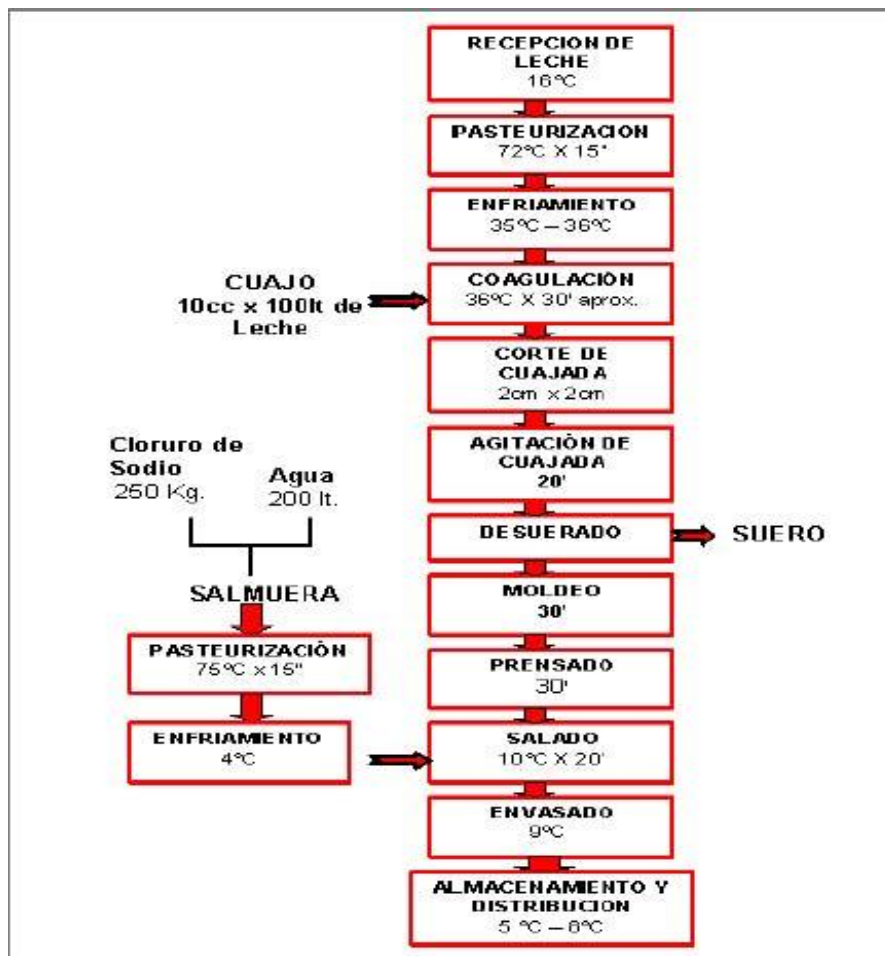
Almacenamiento y distribución El queso es almacenado a una temperatura entre 5°C y 8 °C, durante su distribución se mantiene la cadena de frío para evitar el deterioro del producto.



Elaborado por: Annabel Moreano Elaborado por: Annabel Moreano



1. 2.3.3 Diagrama de Flujo del Proceso
2. 2.3.4 Controles y Análisis en el Proceso



Elaborado por: Annabel Moreano Durante cada etapa del proceso de elaboración de queso fresco se realizan controles de temperatura, análisis físicos, químicos y microbiológicos de la materia prima y del producto que se está elaborando. A

continuación se describen los controles efectuados.

**TABLA 2.2**

**CONTROLES Y ANÁLISIS EN EL PROCESO DE ELABORACIÓN DE QUESO FRESCO**

ETAPA	MATERIA	TIPO DE CONTROL	LIMITES DE CONTROL	RESPONSABLE
RECEPCION DE MATERIA PRIMA	LECHE	Temperatura	14°C - 16°C	Laboratorista
		Prueba de Alcohol	sin grumos	
		Análisis sensorial de olor, color y sabor	color blanco amarillento ligeramente más viscosa que el agua sabor suave, ligeramente dulce, y olor agradable	
		Contenido de agua	punto crioscópico 559 m <sup>3</sup> H a 562 m <sup>3</sup> H	
		Determinación de densidad	1,028kg/m <sup>3</sup> – 1,031 kg/m <sup>3</sup> a 15°C	
		Contenido de grasa	3,9% - 4,2%	
		Determinación de Acidez	Titulación: 16ml – 18ml consumidos de Na(OH) 0,01 N	
	Prueba de Azul de Metileno	Recuperación de color blanco entre 2 a 5 horas a 37°C		
PASTEURIZACION	LECHE	Control automático de temperatura y tiempo	72°C X 15 seg.	Operario
COAGULACION	LECHE	Formación de capa espesa	30 minutos a 30°C	Operario
CORTE DE CUAJADA	CUAJADA	Corte lento horizontal y vertical	10 minutos	Operario
PRENSADO	QUESO	Firmeza de queso	30 a 40 minutos	Operario
SALADO	SALMUERA	Concentración	20°Baume	Jefe de área de producción de quesos
ENVASADO	QUESO	Presencia de vacío	3 minutos por queso	Operario
ALMACENAMIENTO	QUESO	Temperatura	5°C - 8°C	Operario
ALMACENAMIENTO	QUESO	Temperatura	5°C - 8°C	Operario
DISTRIBUCION				Distribuidor

Elaborado por: Annabel Moreano

# CAPITULO 3

## 3. DESARROLLO DE LA METODOLOGIA SEIS SIGMA

Para el desarrollo de Seis Sigma primero se selecciona el proyecto en el que se va a trabajar, el cual debe ser bien definido en su alcance y con metas concretas que satisfagan los objetivos de la empresa. Adicionalmente se forma el equipo de trabajo, que se encargará de la aplicación de cada una de las etapas de DMANC en el proyecto elegido.

### **Selección del proyecto**

La selección del proyecto es el primer paso para la introducción de esta filosofía en la empresa. Con ayuda de encuestas, recopilación de datos sobre ventas, análisis de reclamos y un estudio sobre la competencia surgen ideas para proponer varios proyectos que tienen como finalidad solucionar problemas que impiden satisfacer las expectativas de nuestros clientes, los mismos que al comprar el producto generan las utilidades del negocio. La planta procesadora de lácteos tiene una línea de producción de queso fresco, que ha venido presentando problemas de calidad en el producto manifestándose a través de la hinchazón del mismo; esto provocó quejas y devoluciones de quesos por parte de los clientes. En vista de esta situación se planteó un proyecto con el objetivo de eliminar el abombamiento en quesos frescos, esta propuesta fue analizada en base a los siguientes criterios:

- . •Areas de mejoramiento
- . •Beneficios para el cliente
- . •Beneficios económicos
- . •Obstáculos para su desarrollo El proyecto presentado se denominó: “Eliminación de abombamiento

o hinchazón en queso fresco” y tiene las siguientes características: Areas de

### mejoramiento

- . •Reducción de defectos



- . •Optimización de tiempo de proceso
- . •Reducción de desperdicios
- . •Eliminación de retrabajo Beneficios para el cliente
- . •Producto inocuo
- . •Producto que cumple características organolépticas y es satisfactorio para el consumidor. Beneficios económicos
- . •Reducción o eliminación de devoluciones
- . •Incremento de ventas
- . •Incremento de utilidades
- . •Reducción de costos

### **Formación del Equipo de Trabajo**

Tanto los obreros, jefes de área y la gerencia juegan un papel importante en el equipo y cada uno tiene sus cargos y funciones. Seis Sigma como se explicó en el primer capítulo emplea términos relacionados con las artes marciales como champion, master black belt, black belts, green belts, aplicando esta estructura el equipo queda integrado de la siguiente manera: Champion Gerente General Es el que genera los recursos para el proyecto. Master Black Belt Jefe de Planta El jefe de Planta cuenta con un vasto conocimiento tanto de la metodología como del proceso de producción.

Black Belt Líder del equipo de trabajo, conoce la metodología Seis Sigma. Green

Belts Obreros

Una vez integrado el equipo de trabajo se eligió como nombre para el grupo: “Quesos de calidad”.

### **Normas del Equipo:**

Para tener una mejor organización y llevar todas las actividades de una manera eficiente y en armonía, se han establecido un conjunto de normas:

- . • Se exige puntualidad en las reuniones para aprovechar de mejor forma el tiempo del que se dispone.
- . • Las reuniones se realizarán al final de la jornada de trabajo los días viernes y sábados, tendrán una duración de 1 hora.
- . • Una vez que se encuentren todos los integrantes del equipo se procede a leer el orden del día, en el que constan las actividades a efectuarse.
- . • La dirección está a cargo del master black belt mientras que la autorización de cualquier procedimiento a realizarse en la planta es función del champion.
- . • Cada integrante puede dar su opinión y aportar a la generación de ideas para el desarrollo del proyecto “Eliminación de abombamiento o hinchazón en queso fresco”.

### **Integrantes del Equipo y Funciones**

Los miembros del equipo de mejora “quesos de calidad” se detallan a continuación y sus funciones se describieron en el capítulo 1, sin

embargo se mencionan algunas.

Patrocinador /Champion

Gerente General

Funciones:

Supervisar el desarrollo del proyecto.

Conseguir los recursos humanos y materiales necesarios.

Representar al equipo de mejora frente a los demás directivos de la empresa.

Master Black Belt

Jefe de Planta

Funciones:

Realizar la planificación del proyecto.

Aconsejar y ayudar en la solución de conflictos en el equipo.

Black Belt ( Jefe de Equipo)

Encargado del desarrollo del proyecto Seis Sigma.

Función:

Trabajar en conjunto con los demás miembros del equipo en el proyecto.

Equipo de Mejora

Obreros del área de producción de quesos.

Funciones:

Seguir instrucciones y participar activamente en el grupo, dando opiniones, debatiendo y realizando las actividades que se les asigne.

### **3.1 Definir**

En esta primera etapa se define el problema a resolver, su situación actual y las razones que justifican su solución. Toda la información que se pueda recopilar es empleada para entender de mejor manera el caso de estudio.

#### **3.1.1 Declaración del problema a resolver y objetivos**

Caso del Negocio: En los últimos 6 meses se han presentado devoluciones de queso fresco de 600g y de 500g, ocasionando pérdidas económicas para la empresa. Definición de Oportunidad:

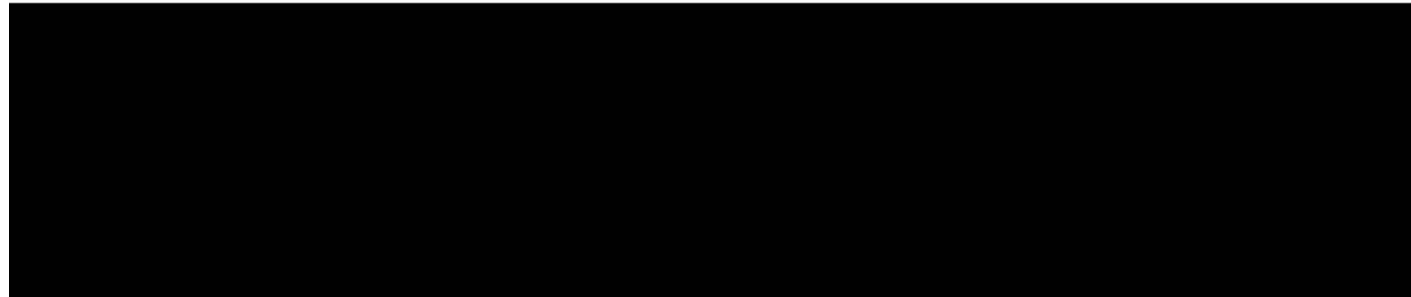
Mejorando la calidad del producto se logrará lo siguiente:

- Reducir las devoluciones
- Disminuir los costos por retrabajo y transporte de quesos en mal estado.
- Recuperar la confianza del consumidor y la elección para la re-compra, de ésta manera se incrementarían las ventas.

Definición de la Meta: Reducir los defectos en el producto terminado en un 100%, con una duración de 4 meses para el desarrollo del proyecto. Alcance del Proyecto: El proyecto “Eliminación de abombamiento o hinchazón en queso fresco” se centra en la sección de producción de queso fresco de la empresa. En la tabla 3.1 se presenta una hoja de trabajo para el proyecto que reúne información del caso de estudio.

o en devoluciones de producto terminado en los 6 últimos meses, ocasionando un promedio de \$266,42 mensuales.

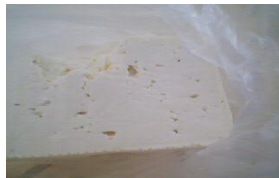
<p>ad: ducido devoluciones de quesos frescos por presentar a un serio problema de calidad detectable a simple : representar un riesgo para la salud de los mismos. producto se refleja en la reducción de ventas, pérdida io de la empresa por ofrecer productos defectuosos.</p>	<p>Declaración del Objetivo: Producir quesos frescos que c requisitos establecidos en la n 1528, de forma y apariencia para su tipo.</p>
<p>ndrá una duración máxima de 4 meses pero con un</p>	<p>Partes Interesadas: Gerente General: Champion Procesadora de Lácteos Empleados de la sección de qu Consumidores de Quesos Fre Procesadora.</p>



### 3.1.2 Identificación del proceso

Se requiere identificar y documentar el proceso de producción de quesos a través de diagramas, para comprender de mejor forma y obtener más información del mismo. Se realizó el diagrama de flujo, su narración y un

mapeo del proceso, los que permitieron poner en conocimiento de todos los integrantes del equipo las fases que implica la elaboración de queso fresco. Las presentaciones comerciales de la línea de producción toman formas y pesos diferentes en la etapa de moldeo, cuando se da forma redonda o rectangular al queso según se requiera. También es importante señalar que los quesos rectangulares se sellan al vacío y los redondos no.



**FIGURA 3.1. ORIFICIOS EN LA CARA LATERAL DE UN QUESO RECTANGULAR DE 600G. HINCHADO**

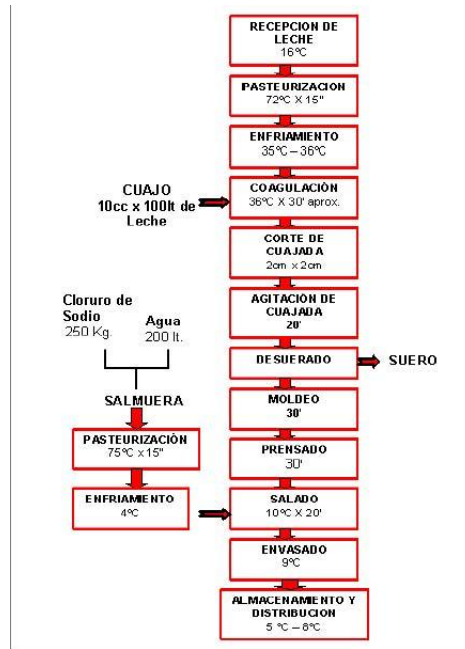
Elaborado por: Annabel Moreano



**FIGURA 3.2. QUESO REDONDO DE 500G. HINCHADO**

Elaborado por: Annabel Moreano

**Diagrama de Flujo.**-Mediante la representación gráfica de la secuencia de pasos que se siguen durante la elaboración de quesos, se obtiene un conocimiento global del proceso.



**FIGURA 3.3. DIAGRAMA DE FLUJO DE ELABORACION DE QUESO FRESCO**  
Elaborado por: Annabel Moreano

### Narración del proceso

Con la narración del proceso paso a paso, se comprende con más con detalle cada una de las etapas o subprocesos del mismo.

**TABLA 3.2**

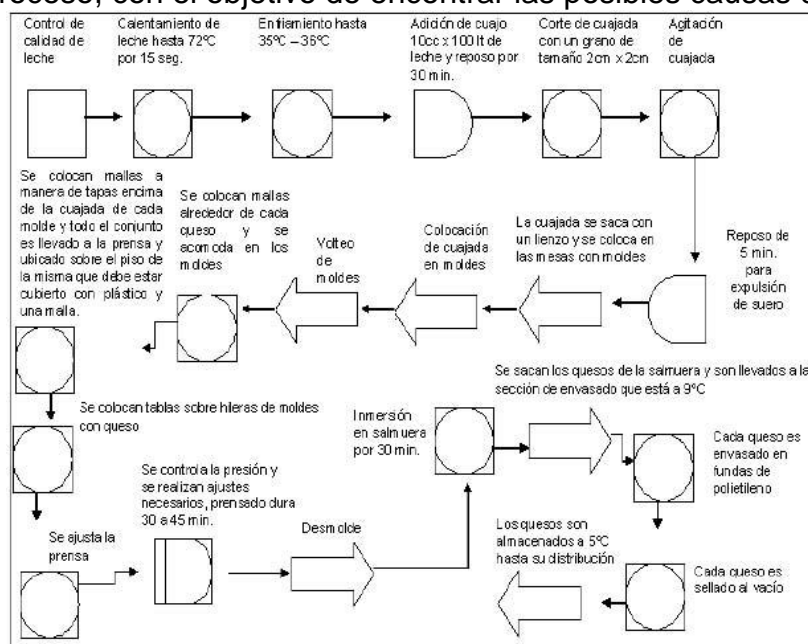
**NARRACION DEL PROCESO**

SUBPROCESO	NARRACION
Recepción de Leche	Se realiza el análisis físico-químico de la leche.
Pasteurización	La leche es sometida a calentamiento hasta alcanzar la temperatura de 72°C por 15 seg.
Enfriamiento	Se enfría la leche hasta 36°C en el equipo de pasteurización.
Adición de Cuajo	En una relación del 10% del volumen de leche y se deja en reposo por 30 minutos hasta que se forme la cuajada.
Corte de Cuajada	Se emplean liras para cortar la cuajada.
Desuerado	Se extrae la cuajada con ayuda de una malla de tela y se la coloca en la mesa de trabajo, en la cual previamente se han dispuesto moldes en hileras.
Moldeo	Cada uno de los moldes es llenado con cuajada. Al terminar de llenar todos los moldes, se procede a voltearlos, para conseguir una superficie regular en la parte de arriba como en la de abajo. Luego se saca el queso del molde para agregar una malla de polietileno, responsable de darle la presentación de cuadrícula al queso, una malla rodea los laterales y otra va en la cara superior a manera de tapa.
Prensado	Los quesos son prensados con tacos de madera y colocados en superficies de madera recubiertos de fundas y mallas de polietileno formando pisos.
Salado	Inmersión en Salmuera para endurecer el queso y evitar la contaminación por hongos.
Empaque	Al vacío.

Elaborado por: Annabel Moreano

**Mapeo del proceso**

Esta herramienta permitió visualizar y comprender lo que sucede en cada una de las etapas del proceso, con el objetivo de encontrar las posibles causas del problema.



Elaborado por: Annabel Moreano

## FIGURA 3.4. MAPEO DEL PROCESO DE ELABORACION DE QUESO FRESCO

Elaborado por: Annabel Moreano

### 3.1.3 Determinación de Variables Críticas de la Calidad

Antes de determinar las variables críticas de la calidad se necesita conocer las sugerencias, expectativas e inconformidades del cliente para con el producto, debido a esto en la tabla 3.3 se organizaron los comentarios de clientes. De ésta forma se integró la voz del cliente al proyecto, transformando los comentarios en requisitos técnicos y calificándolos en una escala de prioridad de 1 a 5, los que obtengan los valores más altos permitirán determinar las variables de salida del producto que se necesitan mejorar.

TABLA 3.3

### DECLARACION DE REQUISITOS DEL CLIENTE

Comentario del cliente	Imagen o aspecto clave	Requisito	Prioridad
Queso muy pequeño	Falta de uniformidad en los quesos, no se usan moldes iguales	Se deben usar moldes uniformes para la misma presentación del producto.	3
Queso aguado o muy blando	Quesos mal prensados o fallas en la coagulación	El queso fresco debe poseer la humedad y elasticidad adecuadas para su tipo y que cumpla con los requisitos de la norma INEN 1528	3
El queso está salado	Exceso de tiempo del queso en salmuera.	El queso debe permanecer por un tiempo y concentración de salmuera.	1
El queso está aplastado	Falta de cuidado en el transporte	Los transportistas y personal que se encarga de colocar los quesos para su transporte debe tener cuidado y evitar que el producto se dañe o deforme.	3
Queso con muchos agujeros en la parte interior	Fallas en el proceso	El queso fresco no debe tener agujeros en la pasta.	5
El queso se desuera mucho	Fallas en el proceso	El producto debe tener mejor consistencia.	1
El queso está hinchado	Fallas en el proceso	El producto no debe presentar hinchamiento.	5
El queso huele a fermentado	Queso dañado o fallas en el proceso	Queso con olor a leche o a cuajada.	5
El queso está mal sellado	La selladora no está funcionando bien.	El producto debe estar bien sellado para evitar contaminación y daños.	3
En la etiqueta no se indica el registro sanitario	El producto pueda que no cumpla con los requisitos que exige la norma	El producto debe poseer registro sanitario para garantizarlo.	1
El pedido de quesos no llega a tiempo a su destino	Vehiculos de transporte en mal estado, irresponsabilidad de los choferes	Entrega de pedidos puntual.	3

**Prioridad del requisito:**  
 1 = de poca importancia  
 3 = importancia regular  
 5 = muy importante

Elaborado por: Annabel Moreano

En la tabla anterior se observan tres requisitos del cliente en los cuales existen

anomalías e inconformidad, tomando en cuenta estas exigencias se analizaron las variables de salida del producto y se determinaron las que tienen más prioridad para el proyecto. Las variables de salida del queso fresco son: apariencia, textura, olor, sabor, firmeza, humedad y empaque.

**TABLA 3.4**

**VARIABLES CRITICAS DE LA CALIDAD**

VARIABLE DEL PRODUCTO	IMPORTANCIA PARA EL CLIENTE	SITUACIÓN ACTUAL	PRIORIDAD EN EL PROYECTO
Apariencia	Es lo que el cliente percibe visualmente e influye en la intención de compra porque permite apreciar varias características del producto como su color, peso y dimensiones.	regular	5
Olor	El queso fresco debe tener su olor característico de su tipo, es decir a leche fresca.	bueno	5
Sabor	El sabor es dulce y ligeramente salado.	bueno	5
Textura	Pasta compacta, blanca y cerrada, ojos pequeños de origen mecánico.	mal	5
Firmeza o dureza	Firme no muy blando	bueno	1
Humedad	Húmedo	bueno	1
Empaque	El cliente se percata que el envase esté limpio, sin perforaciones, que tenga impreso su fecha de elaboración y expiración y su respectivo registro sanitario. El producto debe estar empacado al vacío.	regular	3

Elaborado por: Annabel Moreano

Con la información de la tabla anterior se determinan 4 variables críticas de la calidad: apariencia, sabor, olor, textura y se adiciona como otra variable a las devoluciones por producto hinchado, porque fue el indicador del problema de calidad en queso fresco. La hinchazón en quesos afecta la apariencia, el sabor y el olor del producto pero se define aparte porque ya constituye una variable crítica previamente establecida. Luego se utilizan las variables críticas de calidad en matrices para relacionarlas con cada fase del proceso. En las matrices de relación se colocan las variables críticas asignando un valor numérico de 1 a 5 según su prioridad para el proyecto de eliminación de abombamiento en quesos y los subprocesos reciben la calificación de acuerdo al criterio del evaluador. Se contó con la participación de tres evaluadores: el jefe de planta, un obrero de la sección de quesos y el encargado de implementar Seis Sigma. Las matrices mencionadas se encuentran en el apéndice A y en función de éstas se realizó la siguiente tabla (3.5) que muestra la suma de puntajes de cada subproceso.



**TABLA 3.5**

**RESULTADOS DE LAS MATRICES DE RELACION Y  
 DETERMINACION DE SUBPROCESOS CRITICOS**

SUBPROCESO	EVALUADOR 1	EVALUADOR 2	EVALUADOR 3	PUNTAJE
Recepción	10	10	10	<b>10</b>
Pasteurización	10	8	5	<b>8</b>
Coagulación	9	4	4	6
Corte	8	4	4	5
Desuerado	6	8	4	6
Moldeo	10	4	9	<b>8</b>
Prensado	5	5	7	6
Salado	8	8	8	<b>8</b>
Envasado	5	4	4	4
Almacenamiento	10	1	0	4
Distribución	10	2	2	5

Elaborado por: Annabel Moreano

Los subprocesos que obtuvieron mayor puntuación y que se establecen como las etapas críticas para nuestro proyecto son:

- Recepción de leche
  - Pasteurización
  - Moldeo
  - Salado
- De cada subproceso crítico se analizan las variables de salida para establecer las que tengan más importancia y relación con la hinchazón de quesos. Cada variable de salida es evaluada en base a su función en el producto, situación actual y prioridad para el proyecto, con una escala de calificación que va desde 1 como valor más bajo hasta 5. Las tablas que describen las variables de salida de los subprocesos se encuentran en el apéndice A y para su realización se tomaron en cuenta los requisitos definidos en las normas INEN 9, 10 y 1528 para leche cruda, pasteurizada y queso fresco respectivamente. Las variables que obtuvieron mayor puntuación en cada subproceso y que constituyen las Y's del proyecto son:

Subproceso de Recepción de Leche

Y1= Contenido de microorganismos en leche cruda La leche que llega a la planta se somete a varios análisis, entre ellos el microbiológico mediante el ensayo de reductasa establecido en la norma INEN

18.

Subproceso de Pasteurización de leche

- Contenido de microorganismos en leche pasteurizada La leche pasteurizada es sometida a varios análisis microbiológicos como son: Determinación del contenido de aerobios mesófilos, coliformes totales y *Escherichia coli* mediante la técnica de vertido en cajas petri Las variables de salida de este subproceso son: Y2= Contenido de aerobios mesófilos, Y3= Contenido de coliformes totales y Y4= Contenido de *Escherichia coli* en leche pasteurizada mediante técnica de vertido en cajas petri
- Eficiencia de pasteurización El ensayo de fosfatasa que verifica la efectividad de la pasteurización de la leche no se realiza en la planta.

### Subproceso de Moldeo y Salado

Tanto en el subproceso de moldeo como en el de salado la variable con mayor prioridad es el contenido de microorganismos en queso fresco. El producto terminado es analizado a partir de varias muestras para determinar la presencia de microorganismos como coliformes totales, *Escherichia coli* y *Staphylococcus aureus*, para lo cual empleamos cajas petri y placas petrifilm. Las variables de salida quedan definidas así: Y5= Contenido de coliformes totales y Y6= Contenido de *Escherichia coli* en queso fresco mediante la técnica de vertido en cajas petri Y7= Contenido de coliformes totales, Y8= Contenido de *Escherichia coli* y Y9= Contenido de *Staphylococcus aureus* en queso fresco mediante inoculación en placas petrifilm

Las devoluciones de queso hinchado (Y10) se consideran como variable crítica debido a que fueron el medio para conocer la existencia del problema. Las diez variables presentadas se convierten en las variables críticas (Y's) para el proyecto y son el punto de partida en la búsqueda de causas a realizarse más adelante en la fase de análisis.

### **3.2 Medida del rendimiento del Proceso**

En todo proyecto de mejoramiento de la calidad se necesita conocer la situación actual del proceso, mediante la medición de su rendimiento y para esto se efectúan estudios de repetibilidad y reproducibilidad, así como análisis de estabilidad y capacidad a cada una de las variables de salida críticas. Los datos que se emplean en el proyecto son de tipo histórico y experimental.

### 3.2.1 Datos Históricos

En cuanto a datos históricos se tiene el registro de las devoluciones de queso hinchado que se presentaron durante los seis meses anteriores y que serán monitoreados a través de una carta de corridas para evaluar su comportamiento a través del tiempo.

### 3.2.2 Datos Experimentales

Tanto para los ensayos de reproducibilidad y repetibilidad como para los estudios de estabilidad y capacidad de las variables críticas, se emplearon datos experimentales.

En los ensayos de reproducibilidad se tomó en cuenta dos observaciones de cada laboratorista por muestra de leche o de queso fresco rectangular de 600g. Para la apreciación de la variabilidad que existe en cada uno de los procesos de evaluación de las variables críticas se construyeron cartas de control del tipo X-S con 30 subgrupos. No existen datos históricos para la realización de esta actividad por lo que se efectuaron ensayos durante un mes para obtener datos experimentales.

### 3.2.3 Medida de Defectos de Situación Inicial

Para medir la situación inicial se realizaron dos estudios: reproducibilidad y repetibilidad, estabilidad y capacidad.

#### **Estudio de Repetibilidad y Reproducibilidad (R&R) para las Variables de Salida**

El estudio de repetibilidad y reproducibilidad es necesario para verificar que las variables de salida críticas o Y's, pueden medirse en forma consistente y que parte de la variabilidad total observada en los datos se atribuye al error de medición y compararlo con la variabilidad del producto y con las tolerancias de la variable de salida medida. Las fuentes de variabilidad evaluadas en este ensayo son: producto, instrumento y operadores. Existen dos tipos de estudios R&R, corto y largo. El estudio largo es más completo porque analiza las tres fuentes de variabilidad mencionadas, mientras que el corto solo evalúa la variabilidad del proceso de medición sin distinción de que proporción es debida al instrumento y cual al operador. Se empleó el método largo a través de un análisis de varianza (ANOVA). Los resultados del estudio efectuado se interpretan en base al porcentaje de tolerancia, de la siguiente manera: %tolerancia < 10% proceso de medición excelente 10% < %tolerancia < 20% proceso de medición bueno 20% < %tolerancia < 30% proceso de medición marginal %tolerancia > 30% proceso de medición inaceptable y debe corregirse Los ensayos de reproducibilidad y repetibilidad de cada variable se pueden observar en el apéndice B y en la tabla 3.6 se puede apreciar los valores obtenidos de éstos ensayos aplicados a cada variable.

**TABLA 3.6**

**RESULTADOS DE ESTUDIOS DE**

**REPRODUCIBILIDAD Y REPETIBILIDAD DE**

**VARIABLES DE SALIDA**

VARIABLE	CONTRIBUCION DE LA PARTE	CONTRIBUCION DEL OPERADOR	%CONTRIBUCION DEL ENSAYO DE REPRODUCIBILIDAD Y REPETIBILIDAD	%ESTUDIO DE VARIACION DEL ENSAYO DE REPRODUCIBILIDAD Y REPETIBILIDAD	%TOLERANCIA DEL ENSAYO DE REPRODUCIBILIDAD Y REPETIBILIDAD	NUMERO DE CATEGORIAS
Y1	98.64	0.06	1.36	11.65	25.77	2
Y2	99.35	0.43	0.65	8.03	0.01	7
Y3	96.77	0.00	3.23	17.96	42.43	7
Y5	96.89	0.00	3.11	17.63	5.11	7

Elaborado por: Annabel Moreano

**Y1= Contenido de microorganismos en leche cruda**

Para esta variable el proceso de medición es marginalmente aceptable, la variabilidad se debe al producto y a su falta de uniformidad en el parámetro medido.

**Y2= Contenido de aerobios mesófilos en leche pasteurizada**

El proceso de medición es excelente, con un 95% de confianza se asegura que el laboratorista contribuye significativamente en la variabilidad total.

**Y3= Contenido de coliformes totales en leche pasteurizada**

El sistema de medición es inaceptable y la variabilidad existente se debe al laboratorista.

**Y4= Contenido de *Escherichia coli* en leche pasteurizada**

Los datos de este proceso de medición son nulos y es lo esperado porque las especificaciones establecidas para esta variable deben tener valor nulo, es decir de ausencia de este microorganismo. No se pudo realizar el ensayo R&R por los valores existentes.

**Y5= Contenido de coliformes totales en queso fresco mediante técnica de vertido en placas petri**

El proceso de medición de esta variable es excelente y la variabilidad se debe al laboratorista.

**Y6= Contenido de *Escherichia coli* en queso fresco mediante la técnica de vertido en cajas petri**

Los datos de los procesos de medición para las variables Y6, Y7, Y8 y Y9 son nulos y cumplen con la especificación establecida para estas variables que es de ausencia de *E. coli* en queso fresco, el producto en este caso cumple con lo indicado. No se pudieron realizar los estudios R&R.

**Y10= Devoluciones de quesos hinchados**

Durante un período de tiempo se presentaron devoluciones de producto por

defectos de calidad, siendo el más representativo la hinchazón en el queso. Los distribuidores se acercaron al departamento de venta para presentar su queja y efectuar la devolución, quedando registrado en los informes que se presentan a gerencia para tomar las medidas adecuadas. La empresa en cuanto a servicio al cliente siempre está pendiente de las observaciones y quejas de los mismos. Este método de medición de devoluciones es adecuada por que se da constancia de lo que está ocurriendo. La tabla de devoluciones de quesos se encuentra en el apéndice B.

### **Estudio de Estabilidad y Capacidad para las Variables de Salida**

Además del estudio de Reproducibilidad y Repetibilidad, las variables críticas son sometidas a pruebas de capacidad y estabilidad, para tener conocimiento del estado del proceso. Las cartas de control y los diagramas de capacidad se encuentran en el apéndice B. A continuación se analizan los resultados obtenidos del estudio de estabilidad y capacidad de las variables de salida.

#### **Y1= Contenido de microorganismos en leche cruda**

**TABLA 3.7 INDICES DE INESTABILIDAD Y CAPACIDAD DE LA VARIABLE DE SALIDA Y1**

VARIABLE	INDICE DE INESTABILIDAD	MEDIA	CAPACIDAD A CORTO PLAZO							CAPACIDAD A LARGO PLAZO						
			Cp	Cps	Cpi	Cpk	Z	PPM	S	Pp	Pps	Ppi	Ppk	Z	PPM	S
Y1	0%	1,815	0,46	0,98	-0,06	-0,06	-0,17	568,375	1,088	0,48	1,02	-0,06	-0,06	-0,18	571,817	1,041

Elaborado por: Annabel Moreano

Para determinar la estabilidad de la variable, se realizó una carta de control X-S con 30 subgrupos de 11 observaciones cada uno, a partir de las muestras de leche cruda, que luego de ser pasteurizada será empleada en el proceso de elaboración de queso fresco. La carta de control indica que el proceso de determinación de microorganismos en leche cruda tiene variabilidad bajo control y es estable. Los valores obtenidos en el ensayo de reductasa se encuentran dentro de los límites del proceso y próximos a la media

promedio. El índice de inestabilidad se calcula con la

siguiente fórmula:

$$S_i = \text{Número de puntos especiales} \times 100\% \quad (2)$$

Número total de puntos

En la tabla 3.9 se muestran los índices de inestabilidad y de capacidad obtenidos para las demás variables de salida.

**I ABLA 3.8**

**INDICES DE INESTABILIDAD Y CAPACIDAD DE LAS  
VARIABLES DE SALIDA**

VARIABLE	INDICE DE INESTABILIDAD	MEDIA	CAPACIDAD A CORTO PLAZO					CAPACIDAD A LARGO PLAZO				
			Cps	Cpk	Z	PPM	S	Pps	Ppk	Z	PPM	S
Y2	0%	54,75	3,77	3,77	11,32	0	21,67	3,83	3,83	11,48	0	21,37
Y3	6,6%	9,77	-0,07	-0,07	-0,2	578.716	18,97	-0,06	-0,06	-0,18	572.370	20,85
Y5	3,3%	125,2	-0,14	-0,14	-0,43	666.951	56,7	-0,10	-0,10	-0,29	615.749	66,50
Y6	3,3%	5,20	2,70	2,70	8,08	0	11,72	1,08	1,08	3,23	623,70	29,38
Y7	3,3%	112,67	-0,23	-0,23	-0,68	753205	18,50	-0,22	-0,22	-0,66	774.274	19,29
Y8	3,3%	3,70	12,33	12,33	37,00	0	2,60	1,60	1,60	4,60	0,31	20,08

Elaborado por: Annabel Moreano

El proceso de determinación de microorganismos en leche cruda está descentrado a la izquierda e inclusive la mayor parte de la población está fuera del límite inferior, los tiempos de reducción de azul de metileno varían entre 0,830 y 2,799 y la amplitud de los límites es menor a la variación tolerada. El límite real inferior es mucho menor que la especificación, es decir que las mediciones se encuentran por debajo del valor nominal para esta variable. Los índices de capacidad son bajos tanto a corto plazo ( $C_{pk}$ ) como a largo plazo ( $P_{pk}$ ), con una media fuera de especificaciones, con valores sigma negativos que denotan un proceso inadecuado y en el cual por cada millón de muestras de leche destinada al proceso 569.375 dan un tiempo de reducción de azul de metileno fuera de especificaciones. Este proceso de determinación de microorganismos en leche cruda mediante la prueba de reductasa no es apto y requiere cambios exigentes.

**Contenido de microorganismos en leche pasteurizada**

Se elaboraron cartas de control del tipo X-S para la determinación de estabilidad de cada determinación de microorganismos en leche pasteurizada. Cada carta trabaja con 30 subgrupos de 2 muestras cada uno; y para el estudio de capacidad se emplearon los mismos datos, estos procesos tienen una sola especificación que es la superior, es decir el número de microorganismos en la muestra no debe sobrepasar este límite.

**Y2= Contenido de aerobios mesófilos en leche pasteurizada**

De acuerdo a la gráfica de control obtenida, no existen causas especiales de variación, la leche pasteurizada analizada contiene aerobios mesófilos dentro del parámetro de 30.000 ufc/ml que no debe sobrepasarse, solamente uno de los puntos de la carta tiende a acercarse a un valor de 10.000 ufc/ml. La determinación de aerobios es un proceso estable. El número de aerobios mesófilos varían de 880 ufc/ml hasta 10.070 ufc/ml, valores que están dentro de lo establecido. Los índices de capacidad a corto y largo plazo califican a este análisis microbiológico como satisfactorio y el valor sigma actual de 11,32 es superior a 6, es decir la capacidad de la variable es excelente, las muestras analizadas contienen menos de 30.000 ufc de aerobios mesófilos por ml de leche pasteurizada.

**Y3= Contenido de coliformes totales en leche pasteurizada**

La carta de control X-S para esta variable indica que existen cambios en el nivel del

proceso. En la carta de medias el centrado del proceso de determinación de coliformes totales en leche pasteurizada tuvo cambios y la carta S muestra que la variabilidad se incrementó debido a que presenta dos puntos fuera del límite real superior, con un índice de inestabilidad del 6,6%. Los índices  $C_{pk}$  y  $P_{pk}$  son muy bajos e indican que el proceso es inadecuado, por cada millón de muestras analizadas 578.716 están fuera de la especificación que es de 5 ufc/ml, la media supera este valor. A largo plazo se tienen 572.370 PPM que no cumplen con el parámetro establecido. Los valores sigma son: a corto plazo -0,20 y a largo plazo -0,18, estos valores negativos denotan la falta de capacidad en el proceso de determinación de aerobios mesófilos en leche pasteurizada y se lo califica como no adecuado.

#### **Y4= Contenido de *Escherichia coli* en leche pasteurizada**

Todas las muestras presentaron ausencia de *Escherichia coli*, en consecuencia se tiene una media igual a 0 y no existe variabilidad en el proceso. Para analizar la capacidad no existen datos, debido a que las especificaciones superior e inferior son iguales y tienen un valor de 0.

#### **Contenido de microorganismos en queso fresco**

Se construyeron cartas de control del tipo X-S para la determinación de cada tipo de microorganismo en queso fresco, cada una con 30 subgrupos de 2 muestras cada uno.

#### **Y5= Contenido de coliformes totales en queso fresco mediante técnica de vertido en placas petri**

Las gráficas de control presentan un punto fuera de control tanto en la carta de medias como en la de desviación estándar y esto indica que existen cambios en el nivel del proceso de determinación de coliformes totales en queso fresco. El centrado del proceso tuvo cambios y la variabilidad se incrementó debido a una causa especial, también se nota que el límite real superior y la media superan la especificación superior. El índice de inestabilidad del proceso es de 3,3%, es decir tiene una estabilidad regular. Los índices de capacidad son muy bajos y determinan que el proceso es incapaz. El valor negativo del índice  $C_{pk}$  indica que la media de las muestras contiene más 100 ufc de coliformes totales por gramo de queso y que por cada millón de muestras que se analice, 665.951 sobrepasan la especificación. Además se obtuvieron valores sigma negativos que confirman el estado inadecuado del proceso.

#### **Y6= Contenido de *Escherichia coli* en queso fresco mediante la técnica de vertido en cajas petri**

La carta de control X-S para esta variable indica que existen cambios en el nivel del análisis de *Escherichia coli* en queso fresco, que se notan tanto en la carta de medias como en la de desviación estándar con un punto fuera de control provocado por una causa especial. Es importante señalar que los demás puntos tienen valores iguales a 0 que es la especificación para el producto. El valor obtenido de inestabilidad de 3,3% indica que la estabilidad del proceso de determinación de *E. coli* en queso fresco mediante la técnica de vertido en cajas petri es regular. De acuerdo al índice de calidad, el proceso de determinación de *Escherichia coli* en queso fresco es muy bueno, con una calidad medida en valores sigma de 8,09 a corto plazo pero a largo plazo

disminuye hasta llegar a un valor de 3,23, eso nos indica que existe gran desplazamiento del proceso a través del tiempo debido a influencias externas. En la gráfica se muestra un punto fuera de control y que es mayor que el parámetro del proceso, pero se estima que por cada millón de muestras que se analice no existe alguna que posea más de 100 ufc de *E. coli* por gramo de queso y a largo plazo se tendrán 623,70 PPM fuera de la especificación. El proceso se considera como adecuado.

#### **Y7= Contenido de coliformes totales en queso fresco mediante inoculación en placas petrifilm**

Las gráficas de control para esta variable muestran un comportamiento con una variabilidad normal de proceso. En la carta de medias y en la carta de desviaciones estándar se presenta un punto fuera de control estadístico debido a una causa especial y provoca un cambio de nivel del proceso de determinación de coliformes totales en queso fresco, con el incremento de la variabilidad en el punto 13.

De acuerdo a la gráfica las muestras superan la especificación. El índice de inestabilidad es de 3,3%. El proceso tiene una estabilidad regular. El índice  $C_{pk}$  califica al proceso como inadecuado y se estima que 753.205 muestras de queso fresco contienen más de 100 ufc de coliformes totales por gramo de queso, de cada millón que se analiza; consecuentemente la media de las muestras sobrepasa la especificación superior. Los valores sigmas negativos también indican que este proceso no es adecuado.

#### **Y8= Contenido de *Escherichia coli* en queso fresco mediante inoculación en placas petrifilm**

Las cartas de control para esta variable muestran que hay cambio en el nivel del proceso debido a que un punto se halla fuera de control, los demás puntos que conforman la gráfica tienen valores iguales a cero que coinciden con la especificación inferior e ideal para el producto. El índice de inestabilidad de 3,3% indica que el proceso de determinación de *Escherichia coli* en queso fresco tiene una estabilidad regular.

Los índices de capacidad a corto y largo plazo son buenos y se estima que el proceso es adecuado, la calidad medida en valores sigma tiene valores aceptables a corto y largo plazo. A largo plazo tenemos 4,8 PPM de muestras de queso fresco analizadas que contienen más de 100 ufc de *E. coli* por gramo de queso. La capacidad de este proceso es satisfactoria.

#### **Y9= Contenido de *Staphylococcus aureus* en queso fresco mediante inoculación en placas petrifilm**

La carta de control X-S para esta variable tiene una media igual a 0 y todos sus valores se ubican en la media, no existe variabilidad y el proceso de determinación de *Staphylococcus aureus* es estable. El análisis de capacidad no puede ser realizado con valores nulos.

#### **Y10= Devoluciones de quesos hinchados**

A través de una carta de corridas expuesta en el apéndice C, se puede apreciar que las devoluciones de queso se incrementan ligeramente en el tercer y cuarto mes e



igualan a la media de 76, pero durante el séptimo mes las cifras sufren un aumento de grandes proporciones y en el octavo tienden a decrecer hasta llegar a un valor inferior pero cercano a la media.

### **Metas para las variables críticas de calidad**

Se fijaron metas para aquellas variables inestables y con capacidad insatisfactoria.

#### **Contenido de microorganismos en leche cruda**

La variable de determinación de microorganismos en leche cruda mediante el ensayo de reductasa no presenta inestabilidad. Se fija como meta mejorar la capacidad de -0,06 hasta 1 para considerar al proceso de medición de microorganismos en leche cruda como adecuado y para lograrlo se exigirá leche cruda de mejor calidad microbiológica a los proveedores, que incluye medidas de control de higiene en el ordeño, transporte y recepción de leche. También se revisará el sistema de medición para encontrar los errores y mejorarlo; y se hará un mejor diseño de las cartas de control para tener un monitoreo más completo del proceso y detectar las causas especiales que podrían causar los problemas de capacidad.

#### *Determinación de coliformes totales en leche*

#### **pasteurizada mediante la técnica de vertido en cajas petri**

Se debe disminuir la inestabilidad del proceso de determinación de coliformes totales en leche pasteurizada hasta 5% para considerarlo como regular y en consecuencia la capacidad mejorará, esperando que su índice alcance un valor de 1 y para lo cual se efectuará un control estricto en el proceso de pasteurización con revisión de equipo, de temperatura y tiempo de calentamiento. Además se realizará controles de calidad de la leche que ingresa a la pasteurización y de la leche pasteurizada.

#### **Determinación de coliformes totales en queso fresco mediante la técnica de vertido en cajas petri**

Mejorar la estabilidad hasta 2% obteniendo un producto dentro de las especificaciones y con uniformidad de características. Se espera que el índice de capacidad se incremente hasta 1 con un producto libre de coliformes totales.

#### *Determinación de Escherichia coli mediante la técnica de*

#### **vertido en cajas petri**

La inestabilidad debe bajar de 3,3% a 2% para tener un proceso más estable, se realizarán análisis microbiológicos del producto con más muestras y se controlarán los subprocesos críticos.

#### *Determinación de coliformes totales mediante la*

#### **inoculación en placas petrifilm**

Mejorar la estabilidad del proceso de determinación de coliformes totales hasta 2% y la capacidad que actualmente es intolerable hasta obtener un índice de 1, para lo

cual se realizará más control en los subprocesos críticos, así como en el sistema de medición de coliformes totales.

*Determinación de Escherichia coli mediante la inoculación en placas petrifilm*

Es un proceso capaz pero su estabilidad es regular, por ello se fija como meta incrementarla hasta 2%, se controlará el proceso y se realizarán los análisis microbiológicos del producto final.

### **3.3 Análisis e investigación de Causas**

En la fase anterior se establecieron las variables dependientes o Y's y ahora se determinarán las X's vitales o variables independientes, que corresponden a las causas de hinchazón en queso fresco, para lo cual primeramente se establecerán las X's potenciales a través de matrices que medirán la relación entre las variables de entrada de cada subproceso crítico con las variables de salida y las Y's críticas. Estas matrices son similares a las utilizadas para determinar las variables dependientes y el proceso de evaluación es el mismo. Las variables de entrada de los subproceso se describen en tablas del apéndice C y para su realización se tomaron en cuenta los parámetros establecidos en las normas INEN para leche cruda, leche pasteurizada y queso fresco. A continuación se presentan las matrices de relación que definen las X's potenciales:

#### **TABLA 3.9**

#### **MATRIZ DE RELACION DEL SUBPROCESO DE RECEPCION DE LECHE**

Variable de salida y VCC	Prioridad	Temperatura de leche cruda	Condiciones de Transporte de leche cruda	Tiempo de exposición al ambiente de leche cruda
Color de leche cruda	1	0	0	0
Olor de leche cruda	1	1	1	3
Sabor de leche cruda	1	1	0	3
Acidez de leche cruda	5	5	3	5
Punto de congelación de leche cruda	3	3	0	0
Densidad de leche cruda	3	1	0	0
% de grasa de leche cruda	3	3	0	0
% de sólidos no grasos de leche cruda	3	3	0	0
% de proteínas de leche cruda	3	1	0	0
Antibióticos en leche cruda	5	1	0	0
Ensayo de Reductasa en leche cruda	5	5	3	5
Devoluciones de quesos hinchados	5	5	3	3
Importancia		115	46	71
Importancia Relativa		10	4	6

**Medida de contribución de las variables de entrada en las variables de salida y críticas del subproceso**  
Relación muy fuerte: 5  
Relación fuerte: 3  
Relación débil: 1  
Ninguna relación: 0

Elaborado por: Annabel Moreano

**TABLA 3.10**

**MATRIZ DE RELACION DEL SUBPROCESO DE PASTEURIZACION DE LECHE**

Variable de salida y VCC	Prioridad	Composición química de leche cruda	Acidez de leche cruda	Carga microbiana en leche cruda	Temperatura de pasteurización	Tiempo de pasteurización
Acidez de leche pasteurizada	5	1	5	5	3	3
Punto de congelación de leche pasteurizada	1	5	0	0	0	0
Densidad de leche pasteurizada	3	5	0	0	3	3
% de grasa de leche pasteurizada	3	5	0	0	3	3
% de sólidos no grasos de leche pasteurizada	3	5	0	0	3	3
% de proteínas de leche pasteurizada	3	5	0	0	5	5
Contenido de microorganismos en leche pasteurizada	5	0	5	5	5	5
Eficiencia de pasteurización	5	1	1	1	5	5
Devoluciones de quesos hinchados	5	1	3	3	5	5
Importancia		80	70	70	132	132
Importancia Relativa		6	5	5	10	10

**Medida de contribución de las variables de entrada en las variables de salida y críticas del subproceso**  
Relación muy fuerte: 5  
Relación fuerte: 3  
Relación débil: 1  
Ninguna relación: 0

Elaborado por: Annabel Moreano

**TABLA 3.11**

**MATRIZ DE RELACION DEL SUBPROCESO DE MOLDEO**

Variable de salida y VCC	Prioridad	Consistencia de cuajada	Presencia de microorganismos en cuajada	Tiempo de moldeo	Cantidad de cuajada en moldes
Apariencia de queso	3	5	5	3	5
Presencia de coliformes en queso	5	0	5	5	0
Devoluciones de quesos hinchados	5	1	5	5	0
Importancia		20	65	59	15
Importancia Relativa		3	10	9	2

**Medida de contribución de las variables de entrada en las variables de salida y críticas del subproceso**  
Relación muy fuerte: 5  
Relación fuerte: 3  
Relación débil: 1  
Ninguna relación: 0

Elaborado por: Annabel Moreano

**TABLA 3.12**

## MATRIZ DE RELACION DEL SUBPROCESO DE SALADO

Variable de salida y VCC	Prioridad	Concentración de salmuera	Temperatura de salmuera	Tiempo de inmersión	Calidad microbiológica de salmuera
Contenido de microorganismos en	5	3	3	3	5
Devoluciones de quesos hinchados	5	1	1	1	5
Importancia		20	20	20	50
Importancia Relativa		4	4	4	10

**Medida de contribución de las variables de entrada en las variables de salida y críticas del subproceso**  
 Relación muy fuerte: 5  
 Relación fuerte: 3  
 Relación débil: 1  
 Ninguna relación: 0

Elaborado por: Annabel Moreano

El puntaje obtenido en las matrices nos permite determinar como posibles causas del problema o X's potenciales a las siguientes variables:

### Causa de inestabilidad en el subproceso de recepción de leche

◆ Temperatura de leche cruda

### Causa de inestabilidad en el subproceso de pasteurización de leche

◆ Temperatura de pasteurización ◆ Tiempo de pasteurización

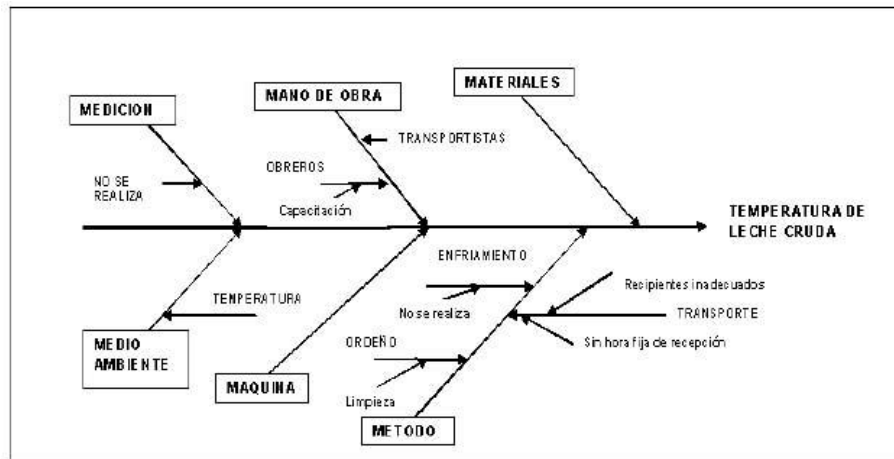
### Causa de inestabilidad en el subproceso de moldeo de quesos

◆ Presencia de microorganismos en la cuajada ◆ Tiempo de moldeo

### Causas de inestabilidad en el subproceso de salado de quesos

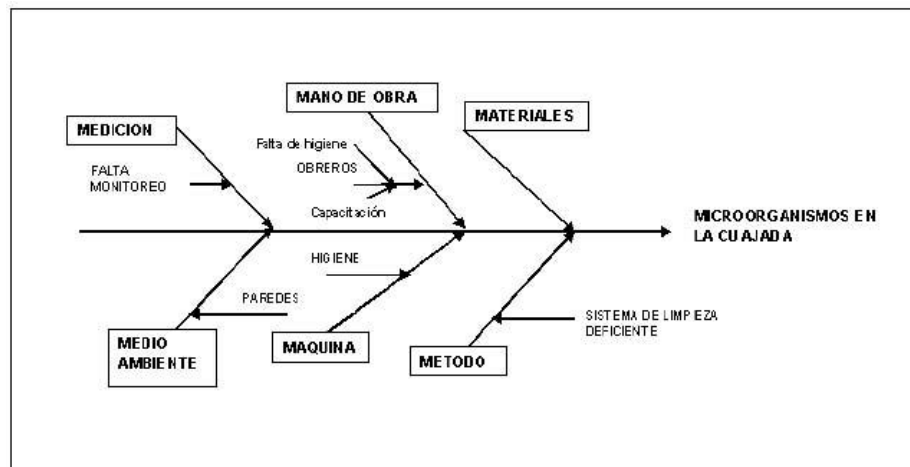
◆ Calidad microbiológica de salmuera Para confirmar que las causas encontradas son la fuente de inestabilidad de los subprocesos, se analiza cada una a través de cartas de control y así conoceremos la variabilidad de cada X potencial. Para las variables temperatura y tiempo de pasteurización no se efectuaron cartas de control debido a que sus valores se mantienen constantes, el tratamiento térmico se realiza a 78°C con una duración de 15 segundos. Las cartas de control se pueden apreciar en el apéndice C. En función de las X's potenciales procedemos a buscar las verdaderas causas del problema de calidad en quesos y para esto se realizaron diagramas de causa y efecto de cada variable, y se empleó la herramienta "los cinco porqués" que consiste en preguntar y responder por cinco veces el porqué del suceso hasta encontrar la verdadera causa. La aplicación de los cinco porqués se puede apreciar en el apéndice C.

A continuación se presentan los diagramas de causa y efecto para las X's potenciales con excepción de la temperatura y tiempo de pasteurización que tienen valores fijos.



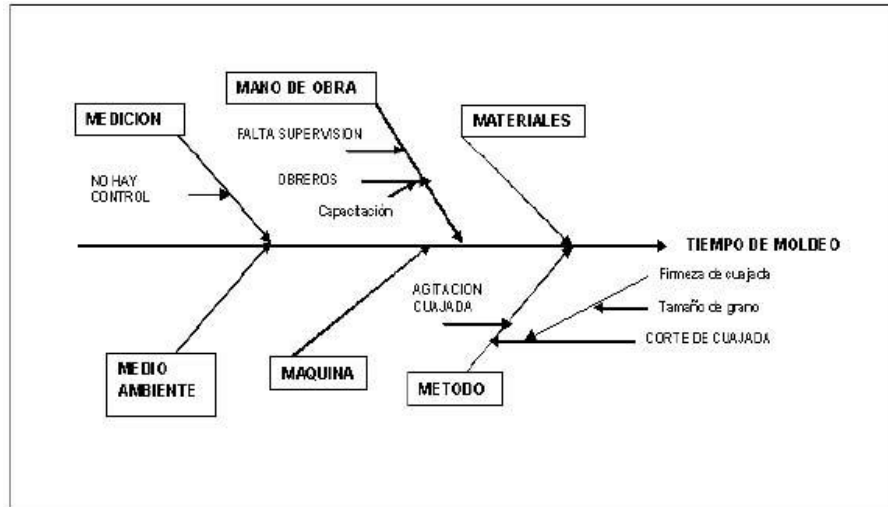
**FIGURA 3.4. DIAGRAMA DE CAUSA Y EFECTO PARA X1**

Elaborado por: Annabel Moreano Santos



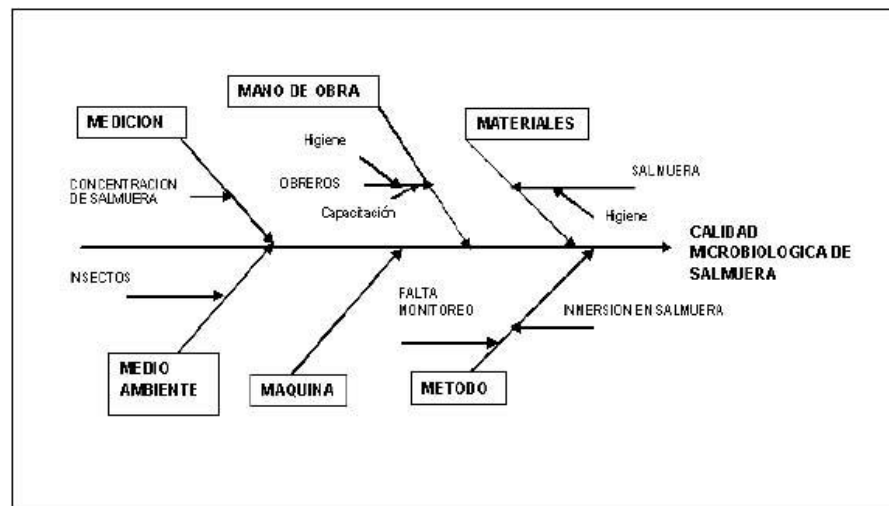
**FIGURA 3.5. DIAGRAMA DE CAUSA Y EFECTO PARA X4**

Elaborado por: Annabel Moreano Santos



**FIGURA 3.6. DIAGRAMA DE CAUSA Y EFECTO PARA X5**

Elaborado por: Annabel Moreano Santos



**FIGURA 3.7. DIAGRAMA DE CAUSA Y EFECTO PARA X6**

Elaborado por: Annabel Moreano Santos

Con ayuda de los diagramas de espina de pescado y de los cinco porqués se determinaron como causas de origen del abombamiento de quesos frescos a las siguientes: Variable de entrada: Temperatura de leche cruda X vital 1: Falta de higiene

durante el ordeño X vital 2: Recipientes y condiciones de transporte inadecuadas Variable de entrada: Presencia de microorganismos en la cuajada X vital 3: Falta de capacitación del personal y desconocimiento de la importancia del cumplimiento de POES Y BPM. Variable de entrada: Tiempo de moldeo X vital 4: Falta de control y desorganización en la recepción de leche. Variable de entrada: Calidad microbiológica de salmuera X vital 5: Falta de monitoreo microbiológico de la salmuera y del producto. X vital 6: Falta de conocimiento de la importancia del control de la calidad e inocuidad alimentaria.

### **3.4 Medidas y Plan de Acción para el Mejoramiento de la Calidad**

Al encontrar las causas del problema se recurre a la búsqueda, planteamiento y selección de soluciones, que conforman la base para el plan de acción de mejoramiento de la calidad del proceso de elaboración de queso fresco.

#### **3.4.1 Formulación de Soluciones**

Causa 1: Falta de higiene durante el ordeño

- ◆ Repartir a los proveedores información sobre el control de limpieza durante el ordeño para que capaciten a sus operarios.

Causa 2: Recipientes y condiciones de transporte inadecuadas

- ◆ Controlar la higiene de los recipientes y del área

donde se los ubica en cada vehículo de transporte de leche.

- ◆ Elaborar reportes sobre las condiciones en las que se recibe la leche de cada proveedor.
- ◆ Aplicar sanciones en caso de no entregar la leche

en condiciones de asepsia adecuada. Causa 3: Falta de capacitación del personal y desconocimiento del cumplimiento de POES Y BPM.

- ◆ Dar charlas sobre inocuidad alimentaria, ETA'S y calidad en alimentos. ◆ Renovar la capacitación en POES Y BPM de los obreros y exigir su aplicación diaria.
- ◆ Dar a conocer el sistema de aseguramiento de la calidad HACCP y capacitar al personal de planta en el desarrollo del mismo.

Causa 4: Falta de control y desorganización en la recepción de leche.

- ◆ Fijar horario para proveedores y determinar sanciones para su incumplimiento. Causa 5: Falta de monitoreo microbiológico de la salmuera y del producto. ◆ Control de higiene en el subproceso de salado y en los insumos empleados.
- ◆ Controlar los demás subprocesos críticos, medir su variabilidad y asegurar que cumpla los parámetros establecidos.

### **3.4.2 Selección de Soluciones**

De la lista de soluciones presentadas se aprecia la necesidad de control de los subprocesos críticos, de la ejecución correcta de POES Y BPM y de instaurar un monitoreo más estricto del proceso a través de cartas de control. Las cartas de control permiten observar y analizar gráficamente el comportamiento del proceso a través del tiempo, con el objetivo de deducir si las causas de su variación se deben a causas especiales o causas comunes para aplicar las medidas necesarias. Para tener un mejor control de los subproceso críticos se requiere la integración de un sistema de aseguramiento de calidad al proceso de producción, como es HACCP.

### **3.4.3 Diseño de Prueba Piloto**



El sistema de aseguramiento de calidad HACCP se basa en la prevención de riesgos, tiene 7 principios generales y ayuda a la implantación de autocontrol en el proceso de producción de queso fresco.

#### Principios generales del sistema HACCP

- ◆ Identificar los riesgos específicos asociados con la producción de queso fresco en cada una de sus etapas e identificar las medidas preventivas para su control.
- ◆ Determinar las fases o subprocesos críticos que pueden controlarse para eliminar riesgos o reducir al mínimo la probabilidad de que se produzcan (PCC).
- ◆ Establecer los límites críticos de control de los PCC.
  - ◆ Establecer un sistema de vigilancia para asegurar el control de los PCC.
  - ◆ Establecer medidas correctoras para aplicarse en caso de que un PCC no esté bajo control.
- ◆ Establecer procedimientos de verificación para comprobar que el sistema HACCP funciona correctamente.
- ◆ Establecer un sistema de documentación de los procedimientos y registros de la aplicación de los principios en el proceso.

Antes de empezar con el desarrollo del sistema HACCP, se debe formar un equipo de trabajo con los operarios y responsables del área de producción de queso fresco. En la prueba se tomará como punto de partida para la determinación de puntos críticos a las X's potenciales que

son las variables que requieren mayor control en los subproceso críticos.

Punto crítico 1: Temperatura de recepción de leche cruda Punto crítico 2:

Temperatura de pasteurización Punto crítico 3: Tiempo de pasteurización

Punto crítico 4: Tiempo de moldeo Punto crítico 5: Calidad microbiológica

de salmuera De aquí en adelante se continuará con el desarrollo de los principios siguientes establecidos para HACCP. Pasos a seguirse en la prueba piloto En primer lugar se conformará el grupo de trabajo HACCP que consta de los integrantes del equipo Seis Sigma “quesos de calidad”. Luego el líder del grupo informa y capacita al grupo en el sistema de análisis de riesgos y control de puntos críticos. Se darán charlas empleando información escrita y visual para mejor comprensión de HACCP. Una vez que el equipo tenga conocimiento del tema, se procede a evaluar la aplicación de BPM Y POES en el proceso de producción de queso fresco, debido a que estos procedimientos son la base de HACCP.

Después de evaluar y ejecutar las correcciones necesarias, se efectúa un breve repaso de la información del producto, se describe su composición, materia prima empleada, controles efectuados y se realiza un diagrama de flujo del proceso de elaboración de queso fresco. Como se explicó anteriormente se van a considerar como puntos críticos a las X's vitales de nuestro proyecto Seis Sigma, porque constituyen las variables críticas de control del proceso de producción. La prueba piloto será aplicada durante un mes y de acuerdo a los resultados se decidirá su implementación a gran escala.

### **3.5 Ejecución de prueba piloto y evaluación de resultados**

Al evaluar la aplicación de POES Y BPM, se exigió mayor control y cumplimiento estricto de los procedimientos que previamente han sido

establecidos en la empresa. Se realizaron monitoreos del sistema de limpieza de materiales y superficies de la sección de producción de queso fresco, se puede observar su evolución en el apéndice D. Fueron analizados todos los materiales empleados para obtener el producto en sus tres presentaciones, debido a que son elaboradas en conjunto y al mismo tiempo. Para efectuar los monitoreos microbiológicos se revisaron las normas INEN 10, 1528 y la norma del Codex Alimentarius CAC/GL 30-1999. Luego de evaluar la situación actual se exigió a los encargados del área de quesos, una limpieza y desinfección más profunda. Y se desarrolló el sistema de gestión de calidad HACCP, desde la determinación de los límites críticos.

### **3.5.1 Determinación de Medidas de Control**

Para controlar el sistema de limpieza de la sección de quesos se implantó el monitoreo microbiológico semanal y un procedimiento de limpieza y desinfección más profundo, siguiendo los pasos establecidos en los POES para la línea de producción. A continuación se describen los límites críticos de los puntos críticos de control establecidos anteriormente y también la vigilancia, medidas correctoras y registros que forman parte de los demás principios de HACCP. PCC1: Temperatura de leche cruda

#### *Límites críticos*

La leche cruda debe ser transportada a una temperatura  $< 10^{\circ}\text{C}$  si el tiempo transcurrido desde el ordeño al transporte es mayor a dos horas.

En caso de que el procesamiento de leche cruda demore se debe conservarla a una temperatura no mayor a los  $6^{\circ}\text{C}$  y en caso de que este tiempo sea mayor a 24 horas se debe refrigerarla a una temperatura de  $4^{\circ}\text{C}$ .

#### *Vigilancia*

Controlar la temperatura de la leche cruda en la recepción y durante el transporte.

Control de temperaturas de almacenamiento. Realizar los análisis microbiológicos pertinentes y prestar atención a los resultados de acidez, que de encontrarse en los parámetros verifica que se ha realizado el control de temperatura durante el proceso previo a la recepción de leche en la planta.

#### *Medidas correctoras*

Sancionar a los proveedores por incumplimiento de los lineamientos aquí establecidos con respecto al control de la temperatura en la leche cruda. Realizar todos los análisis para el control de calidad de materia prima y de no encontrarse en los parámetros establecidos en la norma INEN 9 para leche cruda, se decidirá si es apta para el expendio como leche pasteurizada, elaboración de yogur, elaboración de manjar y en el peor de los casos se

rechazará.

#### *Registros*

Los transportistas además de informar la cantidad de leche que entregan, deben presentar datos de la temperatura de la leche en el momento de colocarla en los recipientes y durante el transporte. También debe reportar anomalías durante el ordeño, enfermedades del ganado, falta de higiene durante el ordeño, exposición excesiva al sol, recipientes sucios o transporte de leche en recipientes sin tapa, entre otros problemas que puedan presentarse durante el transporte o antes. PCC2: Temperatura de pasteurización

#### *Límites críticos*

Tratamiento térmico de leche a una temperatura de 72°C y cuando culmine se realiza el enfriamiento hasta una temperatura de 36°C o 35°C.

#### *Vigilancia y frecuencia*

Realizar ensayo de fosfatasa mediante un muestreo aleatorio y empleando papeles indicadores para determinación de fosfatasa alcalina.

Vigilar que la temperatura de pasteurización y de enfriamiento que marca el tablero de control del pasteurizador sean las establecidas. Mantenimiento del equipo y calibración del termómetro empleado para la pasteurización.

#### *Medidas correctoras*

En caso de no alcanzar la temperatura adecuada efectuar una revisión del equipo para encontrar la causa del problema y solucionarlo para reprocesar la leche.

#### *Registros*

Registro continuo de la temperatura de pasteurización, enfriamiento y de cualquier observación necesaria. PCC3: Tiempo de pasteurización

#### *Límites críticos*

Tiempo de retención de 15 segundos.

#### *Vigilancia y frecuencia*

Realizar ensayo de fosfatasa mediante un muestreo aleatorio.

Vigilar que la temperatura de pasteurización y de enfriamiento que marca el tablero de control del pasteurizador sean las establecidas. Mantenimiento del equipo de pasteurización.

#### *Medidas correctoras*

En caso de que el tiempo de retención sea inferior a 15 segundos, corregir el error y reprocesar la leche.

#### *Registros*

Registro continuo del tiempo de ~~de~~ ~~de~~ ~~de~~ ención. PCC4: Tiempo de

#### moldeo

#### *Límites críticos*

Esta etapa tiene como tiempo mínimo de duración de 45 minutos y máximo 60 minutos por lote de producción.

#### *Vigilancia y frecuencia*

Control de ausencia de tiempos ociosos o falta de trabajo

de los obreros.  
Inspección del tiempo empleado en la etapa de moldeo.

#### *Medidas correctoras*

Mantener equipos o utensilios empleados para el moldeo listos para su uso. Aplicar llamadas de atención a los obreros de incumplir con su trabajo. Dar charlas continuas sobre los efectos de la exposición excesiva de la cuajada a temperatura ambiente.

#### *Registros*

Registrar si el subproceso de moldeo ha excedido el tiempo y sus razones.

PCC5: Calidad microbiológica de salmuera

#### *Límites críticos*

Ausencia de Escherichia coli.

La concentración de salmuera es de 21°Baume a 22°Baume.

#### *Vigilancia y frecuencia*

Control microbiológico de salmuera.

Medición de concentración de salmuera.

#### *Medidas correctoras*

Renovación de salmuera en caso de superar los límites microbiológicos.

Ajuste de concentración de salmuera cuando no sea la adecuada.

#### *Registros*

Se llevará un registro de los análisis realizados a la salmuera y de las medidas correctoras que se aplicasen.

### **3.5.2 Plan de Gestión por Procesos**

El plan de gestión por procesos es un esquema que contiene el mapa actual del proceso, las medidas de control y un plan de respuesta en el caso de que se presenten problemas en la ejecución de los parámetros de control. Este plan se lo emplea en la fase de control de Seis Sigma sin embargo es conveniente desarrollarlo en la evaluación de la prueba piloto a fin de realizar cambios y ajustes necesarios antes de implementar la metodología completamente.

socega	Cliente	Puntos Críticos de Control	
		Temperatura de leche cruda: 15°C a 16°C	Sanción a proveedores por incumplimiento de los lineamientos de control de temperatura en la leche cruda.
		Control de calidad de leche cruda	Si no pasa el control de calidad se decidirá si es apta para otra línea de producción de la planta o de lo contrario se rechazará.
		Temperatura: 72°C Tiempo: 15 segundos Control de calidad de leche pasteurizada	Repasteurización
		Cantidad de cuajo: 10 ml por cada 100 lt. de leche Tiempo de coagulación: 30 minutos	
		Diámetro del grano: 2cm x 2 cm Control microbiológico de cuajada	
		Consistencia de cuajada: Firme, no muy seca	Mayor tiempo de prensado y de salado.
		Tiempo: 46 a 50 minutos Forma rectangular: 600g. y 2000g. Forma redonda: 500g.	Equipos y utensilios listos para su uso en el moldeo. Llamadas de atención a obreros por mal uso de tiempo. a temperatura ambiente.
		Tiempo: 30 a 45 minutos	Prolongación del tiempo de salado de quesos.
		Tiempo: 20 a 30 minutos Ausencia de microorganismos patógenos en salmuera Control de calidad de producto y salmuera	Renovación inmediata de salmuera en caso de contaminación microbiológica.
		Tiempo: 3 minutos por queso Temperatura: 9°C	Reenvasado
←	→ Distribución	Temperatura: 5°C Control de calidad de producto terminado	Ajuste de temperatura al valor establecido.

El plan de gestión por procesos fue realizado tomando en cuenta las medidas correctoras determinadas para los puntos críticos anteriormente y se tiene una visión del proceso mejorado con los puntos a controlarse y con un plan de respuesta. Este plan es una manera de evaluar la prueba piloto en función de los parámetros establecidos pero se necesita evaluar los resultados beneficiosos que se obtuvieron con la aplicación previa de Seis Sigma. Para la implementación completa de las mejoras resueltas en la anterior fase se requiere más capacitación del grupo en el sistema de aseguramiento de calidad y en el manejo de cartas de control, que son las herramientas que se van a emplear para vigilar el proceso de producción de queso fresco. La prueba piloto denota que las mejoras provocaron los siguientes resultados:

- . •Se logró mayor control del proceso de producción.
- . •Se mejoró el sistema de limpieza y desinfección.
- . •Se incrementó el trabajo en equipo. Los resultados del monitoreo microbiológico son satisfactorios luego de aplicar un sistema de limpieza y desinfección más intenso, se logró reducir el nivel de contaminación en materiales y consecuentemente en el producto, como se puede apreciar en

la tabla 3.14. Los resultados de las pruebas de control de calidad microbiológica del producto desde la recepción de leche hasta la obtención de quesos frescos

rectangulares de 600g se pueden observar en el apéndice D y existe una reducción del número de microorganismos en la materia prima y en el producto final. Durante este periodo se presentó una devolución de queso fresco de 600g y se realizaron los análisis microbiológicos para determinar el tipo de microorganismo existente en el producto. Los resultados de las pruebas efectuadas se encuentran en el apéndice antes mencionado.

**I ABLA 3.14**

**MONITOREO DEL PROCESO DE PRODUCCION DE QUESO  
FRESCO**

Muestra	Análisis inicial			Análisis final		
	Aerobios mesófilos (ufc/cc)	Coliformes totales (ufc/cc)	Escherichia coli (ufc/cc)	Aerobios mesófilos (ufc/cc)	Coliformes totales (ufc/cc)	Escherichia coli (ufc/cc)
Marmita	0	0			0	
Agitador de acero inoxidable	4	0			0	
Lira de acero inoxidable	20	1			0	
Agitador de madera	5	0			1	
Manguera	1	3			0	
Mesa		596			0	
Moldes rectangulares de acero inoxidable(queso 600g )		INCONTABLE			1	
Moldes redondos de pvc (queso 500g )		INCONTABLE			0	
Moldes rectangulares de acero inoxidable (queso 2000g.)		0			0	
Mallas rectangulares		110			0	
Mallas redondas		90			0	
Tacos de madera rectangulares	INCONTABLE	INCONTABLE		57	1	
Tacos de madera redondos	INCONTABLE	INCONTABLE		110	0	
Manos de obrero 1		376	0		53	0
Manos de obrero 2		129	0		19	0
Manos de obrero 3		304	0		22	0
Delantal de obrero 1		44	0		2	0
Delantal de obrero 2		104	0		3	0
Delantal de obrero 3		86	0		1	0
Leche manguera		0	0		0	0
Leche marmita		0	0		116	0
Cuajada		9	0		104	0
Queso fresco		100	0		150	0

Elaborado por: Annabel Moreano

Los resultados de la prueba piloto son buenos y se decidió aplicar las soluciones y medidas de control a gran escala. Una

vez que Seis Sigma sea implementado por completo en la línea de producción se evaluarán el rendimiento del proceso mejorado y si fuera el caso se realizarán las correcciones necesarias para lograr un mejoramiento continuo de la calidad.

### 3.6 Control del Proceso

Para controlar el proceso mejorado de producción de queso fresco en primer

lugar se describe su evolución realizando la descripción del proceso anterior, enumerando las fallas encontradas y las mejoras, luego se compara con el proceso mejorado. El control del proceso queda integrado al proceso productivo a través de cartas o gráficos que registran su comportamiento y variabilidad. Los gráficos de control son renovados y ajustados a los nuevos límites establecidos por la mejora aplicada, y constituyen el sistema de alerta de la variabilidad del proceso permitiendo corregirlo a tiempo.

### **3.7 Evaluación de Costos de Implementación de Seis Sigma**

Para la implementación de la metodología Seis Sigma en la planta procesadora el recurso más importante es el humano, la predisposición y un dinamismo para el desarrollo del proyecto.

Los recursos económicos que se emplean son destinados a la formación del equipo de trabajo e implementando en sí de las mejoras. Para el desarrollo del proyecto se realizó una breve capacitación del equipo "Quesos de calidad" en Seis Sigma mediante charlas y ayuda audiovisual. Se emplearon las instalaciones del laboratorio de la planta para los análisis efectuados con sus reactivos y equipos, y se adquirió placas petrifilm para el detectar de forma rápida la presencia de Coliformes totales, *E. coli* y *Staphylococcus aureus*. Para la completa implementación de seis sigma se necesita una formación más profunda de los integrantes del equipo en la metodología y en HACCP, con distribución de folletos de POES Y BPM a los obreros de la sección de quesos y colocando avisos que recuerden el uso correcto de la ropa de trabajo, de los equipos y comportamiento en la planta. A continuación se realiza un análisis de los costos de la ausencia de calidad en comparación con los gastos que ocasiona la implementación de Seis Sigma en una planta procesadora de queso fresco.

#### **COSTOS DE NO CALIDAD:**

La hinchazón en queso fresco es un defecto de calidad y provoca varios problemas a la empresa, el primer síntoma es el rechazo del cliente hacia el producto en mal estado, debido a esto lo devuelve y reclama su dinero pero a la vez provoca la pérdida de confianza en la empresa al no ofrecer calidad en los quesos que procesa. La empresa distribuye queso fresco en mayor proporción a la región costa. Antes de que se presente el problema de calidad en el producto el mayor



consumo se localizaba en las ciudades de Guayaquil y Quevedo. Las devoluciones de queso fresco que se presentaron el año pasado procedieron de las ciudades que tenían más demanda del producto y esto ocasionó a la empresa pérdidas de dinero, imagen y mercado. Se perdieron \$ 100 mensuales por devoluciones de quesos hinchados y en el mes de abril se perdió \$900, se trató de reprocesar el producto o de ocuparlo en el desarrollo de un queso fundido pero no se obtuvo nada por falta de materia prima. En cuanto a mercado las pérdidas de ventas en Guayaquil y Quevedo ascienden a \$3.000 mensuales aproximadamente.

### **GASTOS DE IMPLEMENTACION DE SEIS SIGMA:**

Durante el desarrollo del proyecto se emplearon materiales, equipos y reactivos del laboratorio de la planta procesadora para el monitoreo del proceso y se adquirió placas petrifilm y discos reveladores. Para la implementación de Seis Sigma con las mejoras sugeridas y con el control de los puntos críticos se requiere lo siguiente:

**TABLA 3.15 COSTOS DE IMPLEMENTACION DE SEIS SIGMA**

RECURSOS EMPLEADOS	UNIDADES REQUERIDAS	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL/MES
<b>Recursos Humanos:</b>			
Supervisor	1	350	350
<b>Materiales para control de calidad:</b>			
Placas petrifilm E.coli	144	1,79	257,76
Placas petrifilm Staphylococcus aureus	144	2,34	336,67
Discos reveladores para Staphylococcus aureus	144	1,48	213,55
Papel indicador para determinación de Fosfatasa Alcalina	72	2,53	182,16
Sanitizante extra (galón)	32	2	64
<b>Materiales didácticos para capacitación:</b>			
Videos (Seis sigma, HACCP, Calidad alimentaria)	5	5	25
Folletos (BPM, POES)	8	3	24
<b>INVERSION MENSUAL</b>			<b>1206,98</b>

Elaborado por: Annabel Moreano

El gasto de la implementación es de aproximadamente \$1.207 al mes y comparado con la pérdida de \$3.100 en ventas y clientes, se nota con claridad que se ahorrará más implementando el mejoramiento de la calidad que continuando con el sistema actual en la línea de procesamiento de queso fresco.

# CAPITULO 4

## 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- ◆ El presente trabajo constituye un manual para la integración de un Programa de Mejoramiento de Calidad Seis Sigma en cualquier planta procesadora de queso, el mismo que sirve para encontrar soluciones a los problemas o fallas tanto en procesos de producción como en sus productos, de esta manera las empresas mejorarán su calidad y consecuentemente incrementarán ventas, ganancias y mercado.
- ◆ La ejecución de este proyecto logró un mayor control del proceso y consolidó el trabajo en equipo porque existió la participación de todos los integrantes de la sección de producción de quesos y de los principales representantes de la empresa, cada uno cumpliendo funciones y aportando con ideas en el despliegue y selección de la información. El trabajo en equipo es de vital importancia para la implementación de nuevas filosofías en la organización.
- ◆ En la primera fase del método DMAMC aplicado, se empleó la voz del cliente para conocer sus expectativas y sugerencias acerca de nuestro producto y en función de éstas se definieron las variables críticas, que a su vez sirven para determinar las variables dependientes o Y's críticas del proyecto.
- ◆ La integración de la estadística al proceso de producción mediante estudios de reproducibilidad, repetibilidad, estabilidad y capacidad, permitió tener un control más estricto de la calidad.

- ◆ Se determinaron como posibles causas de hinchazón en queso fresco a seis X's vitales o puntos críticos como son: temperatura de leche cruda, tiempo y temperatura de pasteurización, tiempo de moldeo y calidad microbiológica de la salmuera.
- ◆ En base a las X's vitales se encontraron las causas que provocan el abombamiento o hinchazón en quesos y a partir de éstas se sugirió la aplicación de un sistema de aseguramiento de calidad, que permite controlar estratégicamente los subprocesos críticos y de ésta forma mejorar integralmente el proceso de producción de queso fresco.
- ◆ Con la ejecución de la prueba piloto se mejoró la calidad microbiológica del producto y la limpieza de las instalaciones de procesamiento; y con la aplicación permanente de los controles y medidas del sistema HACCP al proceso de producción de queso fresco se logrará reducir aún más la contaminación y se mejorará la calidad a un nivel de excelencia.
- ◆ Los POES Y BPM son pre-requisitos para la implementación del sistema de análisis de riesgos y control de puntos críticos, y éstos deben cumplirse estrictamente.
- ◆ El costo de la calidad que en este caso supone los gastos de implementación de Seis Sigma es de aproximadamente \$1.207 al mes y no se compara con \$3.100 en perjuicios que tuvo la empresa en los últimos meses por devoluciones de quesos defectuosos y parte del mercado de la costa por pérdida de confianza de los clientes en el producto.

## APENDICE A Significado de abreviaturas

empleadas en las matrices de relación:

REC



Recepción PREN      Prensado PAST  
 Pasteurización SAL

Salado COAG

Coagulación ENV

Envasado DES

Desuerado ALM

Almacenamiento MOLD

Moldeo DIS

Distribución

### Matriz de relación (Evaluador 1)

VARIABLES												
CRITICAS	Prioridad	REC.	PAST.	COAG.	CORTE	DES.	MOLD.	PREN.	SAL.	ENV.	ALM.	DIS.
Apariencia	5	5	5	5	5	5	5	5	5	3	5	5
Olor	5	5	5	5	3	3	5	1	3	3	5	5
Sabor	5	5	5	5	3	3	5	1	5	3	5	5
Textura	5	5	5	5	5	3	5	5	5	3	5	5
Devoluciones de queso hinchado	5	5	5	3	3	1	5	1	1	1	5	5
Importancia		125	125	115	95	75	125	65	95	65	125	125
Importancia Relativa		<b>10</b>	<b>10</b>	<b>9</b>	<b>8</b>	6	<b>10</b>	5	<b>8</b>	5	<b>10</b>	<b>10</b>

**Medida de contribución de los subprocesos en las variables críticas del queso fresco**  
 Relación muy fuerte: 5  
 Relación fuerte: 3  
 Relación débil: 1  
 Ninguna relación: 0

Elaborado por: Annabel Moreano

VARIABLES												
CRITICAS	Prioridad	REC.	PAST.	COAG.	CORTE	DES.	MOLD.	PREN.	SAL.	ENV.	ALM.	DIS.
Apariencia	5	5	5	5	5	5	5	5	3	3	0	0
Olor	5	5	3	0	0	3	0	0	1	0	0	0
Sabor	5	5	3	0	0	3	0	0	5	0	0	0
Textura	5	5	5	5	5	5	5	5	5	3	0	0
Devoluciones de queso hinchado	5	5	5	0	0	3	0	3	5	5	3	5
Importancia		25	21	10	10	19	10	13	19	11	3	5
Importancia Relativa		<b>10</b>	<b>8</b>	4	4	<b>8</b>	4	5	<b>8</b>	4	1	2

**Medida de contribución de los subprocesos en las variables críticas del queso fresco**

Relación muy fuerte: 5

Relación fuerte: 3

Relación débil: 1

Ninguna relación: 0

Elaborado por: Annabel Moreano

### Matriz de relación (Evaluador 3)

VARIABLES												
CRITICAS	Prioridad	REC.	PAST.	COAG.	CORTE	DESUE.	MOLD.	PREN.	SAL.	ENV.	ALM.	DIS.
Apariencia	5	5	5	3	5	5	5	5	5	5	1	1
Olor	5	5	1	1	1	1	3	1	1	0	0	0
Sabor	5	5	1	1	1	1	5	1	5	0	0	0
Textura	5	5	1	3	1	1	5	5	5	3	0	0
Devoluciones de queso hinchado	5	5	5	1	1	1	5	5	3	1	0	5
Importancia		25	13	9	9	9	23	17	19	9	1	6
Importancia Relativa		<b>10</b>	5	4	4	4	<b>9</b>	7	<b>8</b>	4	0	2

**Medida de contribución de los subprocesos en las variables críticas del queso fresco**

Relación muy fuerte: 5

Relación fuerte: 3

Relación débil: 1

Ninguna relación: 0

Elaborado por: Annabel Moreano

VARIABLE DE SALIDA	FUNCIÓN O IMPORTANCIA PARA EL PRODUCTO	ESPECIFICACIONES	SITUACION ACTUAL	PRIORIDAD TENTATIVA EN EL PROYECTO
Color	El color de la leche es blanco amarillento, depende de la coloración de la grasa, se determina la pureza de la leche pues si el color es muy claro nos indica agregado de agua. El color característico del queso fresco es el mismo de la leche.	Blanco amarillento	buena	1
Olor	Cuando es ácido indica acidez elevada en la leche y algún olor extraño la presencia de adulterantes o falta de higiene durante el ordeño o transporte de la leche. La acidez de la leche dentro de los óptimos parámetros determina su aptitud para la elaboración de queso.	No ácido, a leche	buena	1
Sabor	Mediante el sentido del gusto percibimos en un pequeño porcentaje la presencia de adulterantes o alguna anomalía, que influyen en la elaboración de queso.	No ácido a leche fresca ligeramente dulce	buena	1
Acidez	El desarrollo de bacterias lácticas se ve afectado por la baja acidez y un valor alto facilita el crecimiento de otros microorganismos e indica si el productor ha enfriado su producto y lo ha conservado la cadena de frío hasta el momento de entrega.	16 – 18 °D	buena	1
Punto de congelación	Al determinar el punto crioscópico se conoce si la leche es adulterada mediante la adición de agua, la presencia de agua favorece el crecimiento de microorganismos reduciendo el tiempo de vida útil del producto y también afecta su rendimiento.	0,550 a 0,560	regular	2
Densidad	Determina si hay o no posible fraude por adición de agua o descremado de la leche	1.028 – 1.031 g/cc	buena	1
% de grasa	El contenido de grasa influye en la textura, sabor, color y rendimiento del queso.	3.9 - 4.2	buena	1
% de sólidos no grasos	Influyen en la textura y rendimiento del queso, un normal equilibrio de sales minerales en especial de calcio.	8.2 – 8.6 %	buena	1
% proteínas	Aportan al valor nutritivo del queso y se requiere de un alto contenido de caseína para un mejor rendimiento.	3.0 - 3.2 %	buena	1
Antibióticos	La presencia de antibióticos inhibe el crecimiento de las bacterias lácticas.	ausencia	regular	5
Reductasa	Determina la cantidad de microorganismos presentes en la leche, que debe ser el más bajo posible y gracias a la pasteurización son eliminados.	3 a 5 horas incoloro	mala	3
Contenido de microorganismos aerobios mesófilos	La leche al llegar a la planta contiene una gran cantidad de microorganismos mesófilos, los mismos que son eliminados en la pasteurización.	$5 \times 10^5$ UFC/cm <sup>3</sup>	mala	3

VARIABLE DE SALIDA	FUNCION O IMPORTANCIA PARA EL PRODUCTO	ESPECIFICACIONES	SITUACION ACTUAL	PRIORIDAD TENTATIVA EN EL PROYECTO
Acidez	El desarrollo de bacterias lácticas se ve afectado por la baja acidez y un valor alto facilita el crecimiento de otros microorganismos	16 – 18°D	buena	1
Punto de congelación	El punto crioscópico determina si la leche es adulterada con la adición de agua, la presencia de agua favorece el crecimiento de microorganismos reduciendo el tiempo de vida útil del producto y también afecta su rendimiento.	0,550 a 0,560	regular	1
Densidad	Determina la existencia o no de fraude, ya sea por adición de agua o por descremado de la leche	1.028 – 1.031 g/cc	buena	1
% de grasa	El contenido de grasa influye en la textura, sabor, color y rendimiento del queso.	3.9 - 4.5	buena	1
% de sólidos no grasos	Influyen en la textura y rendimiento del queso, un normal equilibrio de sales minerales en especial de calcio.	8.1 – 8.7	buena	1
% proteínas	Aportan al valor nutritivo del queso y se requiere de un alto contenido de caseína para un mejor rendimiento.	2.9 - 3.2	buena	1
Contenido de microorganismos aerobios mesófilos	Los microorganismos mesófilos son eliminados en la pasteurización.	ausencia	buena	3
Contenido de coliformes	La presencia de coliformes indica una ineficiente pasteurización perjudicando la calidad del queso.	ausencia	buena	3
Actividad de fosfatasa	Al realizar el ensayo de fosfatasa alcalina el resultado debe ser negativo, lo contrario indicaría una insuficiente pasteurización.	Reacción negativa	No se realiza	5

VARIABLE DE SALIDA	FUNCION O IMPORTANCIA PARA EL PRODUCTO	ESPECIFICACIONES	SITUACION ACTUAL	PRIORIDAD TENTATIVA EN EL PROYECTO
Forma	El queso adquiere la forma del molde, ya sea rectangular o redondo. El queso es colocado en el molde en una cantidad suficiente ni en exceso ni que falte, si la consistencia de la cuajada es blanda se coloca algo más de lo que se necesitaría para una cuajada firme y menos floja.	rectangular	buena	1
Presencia de coliformes	Puede existir contaminación durante la manipulación de los obreros.	ausencia	regular	5

**VARIABLES DE SALIDA DEL SUBPROCESO DE SALADO E INDICADORES DE DESEMPEÑO**

VARIABLE DE SALIDA	FUNCION O IMPORTANCIA PARA EL PRODUCTO	ESPECIFICACIONES	SITUACION ACTUAL	PRIORIDAD TENTATIVA EN EL PROYECTO
Concentración de salmuera	La concentración adecuada de salmuera evita el desarrollo de microorganismos. Excesivo contenido de NaCl y un tiempo prolongado del queso en la salmuera formará una corteza dura y una humedad muy baja en el mismo.	20° Baume	buena	1
Contenido de microorganismos aerobios en salmuera	La posible contaminación microbiana por falta de pasteurización y cambio de salmuera afectará directamente al producto.	ausencia	buena	2
Contenido de microorganismos en producto terminado ( coliformes totales, E. coli, Staphylococcus aureus)	La manipulación del queso por parte de los obreros puede acarrear contaminación en el producto.	0 – 100 ufc/g	regular	5

## APENDICE B ENSAYOS DE REPRODUCIBILIDAD Y REPETIBILIDAD DE VARIABLES CRITICAS

### Resultados del ensayo de repetibilidad y reproducibilidad del tiempo de reducción de azul de metileno en leche cruda

Gage R&R Study -ANOVA Method Two-Way

ANOVA Table With Interaction

Source	DF	SS	MS	F	P
MUESTRA	10	48,4091	4,84091	324,195	0,000
LABORATORIST	1	0,0308	0,03079	2,062	0,182
MUESTRA * LABORATORIST	10	0,1493	0,01493	0,912	0,539
Repeatability	22	0,3602	0,01637		
Total	43	48,9494			

Two-Way ANOVA Table Without Interaction

Source	DF	SS	MS	F	P
MUESTRA	10	48,4091	4,84091	304,012	0,000
LABORATORIST	1	0,0308	0,03079	1,934	0,174
Repeatability	32	0,5095	0,01592		
Total	43	48,9494			

Source



Total Gage R&R  
  Repeatability  
  Reproducibility

    LABORATORIST  
Part-To-Part  
Total Variation

Source

Total Gage R&R  
  Repeatability  
  Reproducibility

    LABORATORIST  
Part-To-Part  
Total Variation

VarComp  
0,01660  
0,01592  
0,00068  
0,00068  
1,20625  
1,22285

%Contribution  
(of VarComp)

1,36  
1,30  
0,06  
0,06  
98,64  
100,00

Study Var  
(6 \* SD)  
0,77303  
0,75713  
0,15599  
0,15599  
6,58975  
6,63494

StdDev (SD)  
  0,12884  
  0,12619  
  0,02600

0,02600  
1,09829  
1,10582

%Study Var  
(%SV)  
11,65  
11,41  
2,35  
2,35  
99,32  
100,00

%Tolerance = \_\_\_\_\_ Study Var \_\_\_\_\_ x 100%

U Specification - L Specification

Tolerance = 25,77%

Number of Distinct Categories = 12

## Resultados del ensayo de repetibilidad y reproducibilidad de

### determinación de aerobios (2 diluciones) en leche pasteurizada

Gage R&R Study -ANOVA Method

Two-Way ANOVA Table With Interaction

Source  
MUESTRA  
OPERADOR  
MUESTRA \* OPERADOR  
Repeatability  
Total

DF	SS	MSFP
1	231,125	231,125 1849 0,015
1	1,125	1,125 9 0,205
1	0,125	0,125 1 0,374
4	0,500	0,125

7 232,875

Source	DF	SS	MS	F	P
MUESTRA	1	231,125	231,125	1849	0,000
OPERADOR	1	1,125	1,125	9	0,030
Repeatability	5	0,625	0,125		
Total	7	232,875			

### Gage R&R

Source

Total Gage R&R

Repeatability

Reproducibility

OPERADOR

Part-To-Part

Total Variation

	VarComp	(of VarComp)	%Contribution
	0,375	0,65	
	0,125	0,22	
	0,250	0,43	
	0,250	0,43	
	57,750	99,35	
	58,125	100,00	

Source StdDev (SD)

Total Gage R&R 0,61237

Repeatability 0,35355

Reproducibility 0,50000

OPERADOR 0,50000

Part-To-Part 7,59934

Total Variation 7,62398

Study Var	(6 * SD)	%Study Var	(%SV)
	3,6742	8,03	
	2,1213	4,64	
	3,0000	6,56	
	3,0000	6,56	
	45,5961	99,68	
	45,7439	100,00	

$$\%Tolerance = \frac{\text{Study Var}}{U \text{ Specification} - L \text{ Specification}} \times 100\%$$

Tolerance = 0,01%

Number of Distinct Categories = 17

## determinación de coliformes totales en leche pasteurizada

### Gage R&R Study -ANOVA Method

#### Two-Way ANOVA Table With Interaction

Source  
 MUESTRA  
 OPERADOR  
 MUESTRA \* OPERADOR  
 Repeatability  
 Total

DF	SS	MSF	P
1	15,125	15,125	121 0,058
1	0,125	0,125	1 0,500
1	0,125	0,125	1 0,374
4	0,500	0,125	
7	15,875		

#### Two-Way ANOVA Table Without Interaction

Source	DF	SS	MSF	P
MUESTRA	1	15,125	15,125	121 0,000
OPERADOR	1	0,125	0,125	1 0,363
Repeatability	5	0,625	0,125	
Total	7	15,875		

### Gage R&R

Source

Total Gage R&R  
 Repeatability  
 Reproducibility

OPERADOR

Part-To-Part

Total Variation

%Contribution

VarComp	(of VarComp)
0,125	3,23
0,125	3,23
0,000	0,00
0,000	0,00
3,750	96,77
3,875	100,00

Source StdDev (SD)

Total Gage R&R 0,35355  
Repeatability 0,35355  
Reproducibility 0,00000

OPERADOR 0,00000  
Part-To-Part 1,93649  
Total Variation 1,96850

Study Var	%Study Var
(6 * SD)	(%SV)
2,1213	17,96
2,1213	17,96
0,0000	0,00
0,0000	0,00
11,6190	98,37
11,8110	100,00

%Tolerance = \_\_\_\_\_ Study Var \_\_\_\_\_ x 100%

U Specification - L Specification

Tolerance = 42,43%

Number of Distinct Categories = 7

## determinación de *E. coli* en leche pasteurizada

### Gage R&R Study -ANOVA Method

#### Two-Way ANOVA Table With Interaction

Source  
MUESTRA  
OPERADOR  
MUESTRA \* OPERADOR  
Repeatability  
Total

DF	SS	MS	F	P
1	0	0**		
1	0	0**		
1	0	0**		
400				
70				

#### Two-Way ANOVA Table Without Interaction

Source  
MUESTRA  
OPERADOR  
Repeatability  
Total

DF	SS	MS	F	P
1	0	0**		
1	0	0**		
500				
70				

### Gage R&R

Source

Total Gage R&R  
Repeatability  
Reproducibility

OPERADOR

Part-To-Part

Total Variation

%Contribution

VarComp (of VarComp)

0\*

0\*

0\*

0\*

0\*

0\*

Source

Total Gage R&R  
Repeatability  
Reproducibility

OPERADOR

Part-To-Part

Total Variation

StdDev Study Var %Study Var

(SD) (6 \* SD) (%SV)

00 \*

00 \*

00 \*

00 \*

00 \*

00 \*

Number of Distinct Categories = \*

### **determinación de coliformes totales en queso fresco (petri)**

Gage R&R Study -ANOVA Method Two-Way

ANOVA Table With Interaction

Source

MUESTRA

LABORATORIST

MUESTRA \* LABORATORIST

Repeatability

Total

	DF	SS	MS	F	P
MUESTRA	1	91,125	91,125	81,0000	0,070
LABORATORIST	1	0,125	0,125	0,1111	0,795
Repeatability	1	1,125	1,125	1,8000	0,251
Reproducibility	4	2,500	0,625		
Total	7	94,875			

### Two-Way ANOVA Table Without Interaction

Source	DF	SS	MS	F	P
MUESTRA	1	91,125	91,125	125,690	0,000
LABORATORIST	1	0,125	0,125	0,172	0,695
Repeatability	5	3,625	0,725		
Total	7	94,875			

### Gage R&R

Source

Total Gage R&R  
Repeatability  
Reproducibility

LABORATORIST  
Part-To-Part  
Total Variation

	VarComp	%Contribution (of VarComp)
Repeatability	0,725	3,11
Reproducibility	0,725	3,11
MUESTRA	0,000	0,00
LABORATORIST	0,000	0,00
Total	22,600	96,89
Total	23,325	100,00

Source StdDev (SD)

Total Gage R&R 0,85147  
Repeatability 0,85147  
Reproducibility 0,00000

LABORATORIST 0,00000  
Part-To-Part 4,75395



Total Variation 4,82960

Study Var	%Study Var
(6 * SD)	(%SV)
5,1088	17,63
5,1088	17,63
0,0000	0,00
0,0000	0,00
28,5237	98,43
28,9776	100,00

%Tolerance = \_\_\_\_\_ Study Var \_\_\_\_\_ x 100%

U Specification - L Specification

Tolerance = 5,11%

Number of Distinct Categories = 7

### **determinación de *E. coli* en queso fresco (petri)**

Gage R&R Study -ANOVA Method

Two-Way ANOVA Table With Interaction

Source  
MUESTRA  
LABORATORIST  
MUESTRA \* LABORATORIST  
Repeatability  
Total

DF	SS	MS	F	P
1	0	0**		
1	0	0**		
1	0	0**		
400				
70				

Two-Way ANOVA Table Without Interaction

Source  
 MUESTRA  
 LABORATORIST  
 Repeatability  
 Total

DF	SS	MS	F	P
1	0	0**		
1	0	0**		
500				
70				

### Gage R&R

Source

Total Gage R&R  
 Repeatability  
 Reproducibility

LABORATORIST  
 Part-To-Part  
 Total Variation

%Contribution

VarComp (of VarComp)
0*
0*
0*
0*
0*
0*

Source

Total Gage R&R  
 Repeatability  
 Reproducibility

LABORATORIST  
 Part-To-Part  
 Total Variation

StdDev Study Var %Study Var

(SD)	(6 * SD)	(%SV)
00 *		
00 *		
00 *		

00 \*  
00 \*  
00 \*

Number of Distinct Categories = \*

## determinación de coliformes totales en queso fresco (petrifilm)

### Gage R&R Study -ANOVA Method

#### Two-Way ANOVA Table With Interaction

Source  
MUESTRA  
LABORATORIST  
MUESTRA \* LABORATORIST  
Repeatability  
Total

DF	SS	MS	F	P
1	0	0**		
1	0	0**		
1	0	0**		
400				
70				

#### Two-Way ANOVA Table Without Interaction

Source  
MUESTRA  
LABORATORIST  
Repeatability  
Total

DF	SS	MS	F	P
1	0	0**		
1	0	0**		
500				
70				

### Gage R&R

Source

Total Gage R&R  
Repeatability  
Reproducibility

LABORATORIST  
Part-To-Part  
Total Variation

%Contribution

VarComp (of VarComp)

0\*  
0\*  
0\*  
0\*  
0\*  
0\*

Source

Total Gage R&R  
  Repeatability  
  Reproducibility

LABORATORIST  
Part-To-Part  
Total Variation

StdDev Study Var %Study Var

(SD) (6 \* SD) (%SV)

00 \*  
00 \*  
00 \*  
00 \*  
00 \*  
00 \*

Number of Distinct Categories = \*

## **determinación de *E. coli* en queso fresco (petrifilm)**

Gage R&R Study -ANOVA Method

Two-Way ANOVA Table With Interaction

Source  
MUESTRA  
LABORATORIST  
MUESTRA \* LABORATORIST  
Repeatability  
Total

DF	SS	MS	F	P
1	0	0**		
1	0	0**		
1	0	0**		
400				
70				

### Two-Way ANOVA Table Without Interaction

Source  
MUESTRA  
LABORATORIST  
Repeatability  
Total

DF	SS	MS	F	P
1	0	0**		
1	0	0**		
500				
70				

### Gage R&R

Source

Total Gage R&R  
Repeatability  
Reproducibility

LABORATORIST  
Part-To-Part  
Total Variation

%Contribution

VarComp (of VarComp)

0\*  
0\*  
0\*  
0\*  
0\*  
0\*

Source

Total Gage R&R  
Repeatability  
Reproducibility

LABORATORIST  
 Part-To-Part  
 Total Variation

StdDev	Study Var	%Study Var
(SD)	(6 * SD)	(%SV)
00 *		
00 *		
00 *		
00 *		
00 *		
00 *		

Number of Distinct Categories = \*

**determinación de *Staphylococcus aureus* en queso fresco (petrifilm)**

Gage R&R Study -ANOVA Method

Two-Way ANOVA Table With Interaction

Source  
 MUESTRA  
 LABORATORIST  
 MUESTRA \* LABORATORIST  
 Repeatability  
 Total

DF	SS	MS	F	P
1	0	0**		
1	0	0**		
1	0	0**		
400				
70				

Two-Way ANOVA Table Without Interaction

Source  
 MUESTRA  
 LABORATORIST  
 Repeatability  
 Total

DF	SS	MS	F	P
1	0	0**		
1	0	0**		
500				
70				

## Gage R&R

Source

Total Gage R&R  
  Repeatability  
  Reproducibility

    LABORATORIST  
Part-To-Part  
Total Variation

%Contribution

VarComp (of VarComp)

0\*  
0\*  
0\*  
0\*  
0\*  
0\*

Source

Total Gage R&R  
  Repeatability  
  Reproducibility

    LABORATORIST  
Part-To-Part  
Total Variation

StdDev Study Var %Study Var

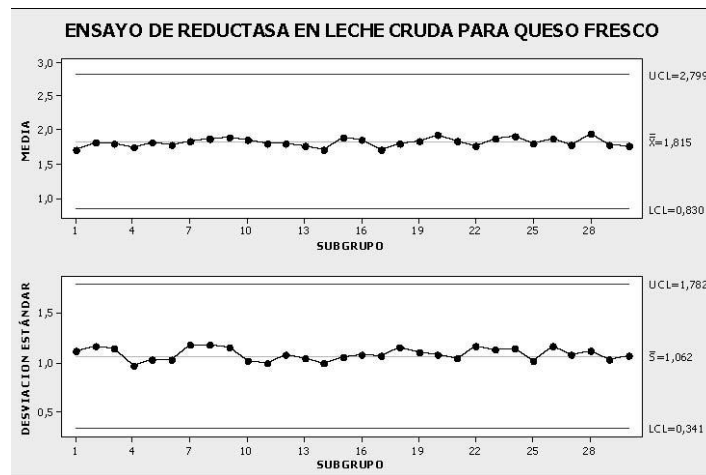
(SD) (6 \* SD) (%SV)

00 \*  
00 \*  
00 \*  
00 \*  
00 \*  
00 \*

Number of Distinct Categories = \*

DIA	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO
1			2		10		2	29	
2			1	3	1	1	5	1	
3				1	1	19	34	30	
4	3		5	1	1		300	1	
5	2	23	1	19	8	1	12		
6		1		1		1		4	2
7			4	2		2		1	
8		3				2		4	
9				1			6	1	
10	1	1	3		3			100	
11	14			3	1		5		1
12	1		2	3		1	6	22	11
13		1			2	2	1	22	6
14			4	1		2			10
15			4	7	3			1	
16	12	1		4			1	1	
17						2	6	2	
18				8					
19	3						5		
20					2	2	5	48	2
21									3
22	2		1	1	2		7		
23	3		4	5		1	1	3	
24			12	2			4	2	
25	1		3	4			6		22
26			18		3	8	10		
27		3	2				106	20	3
28	2	3	6		1	1		1	
29		7	1			29	12	1	6
30	3	4	3	9		2		4	
31			3	2					
TOTAL	47	47	79	77	38	76	534	298	66

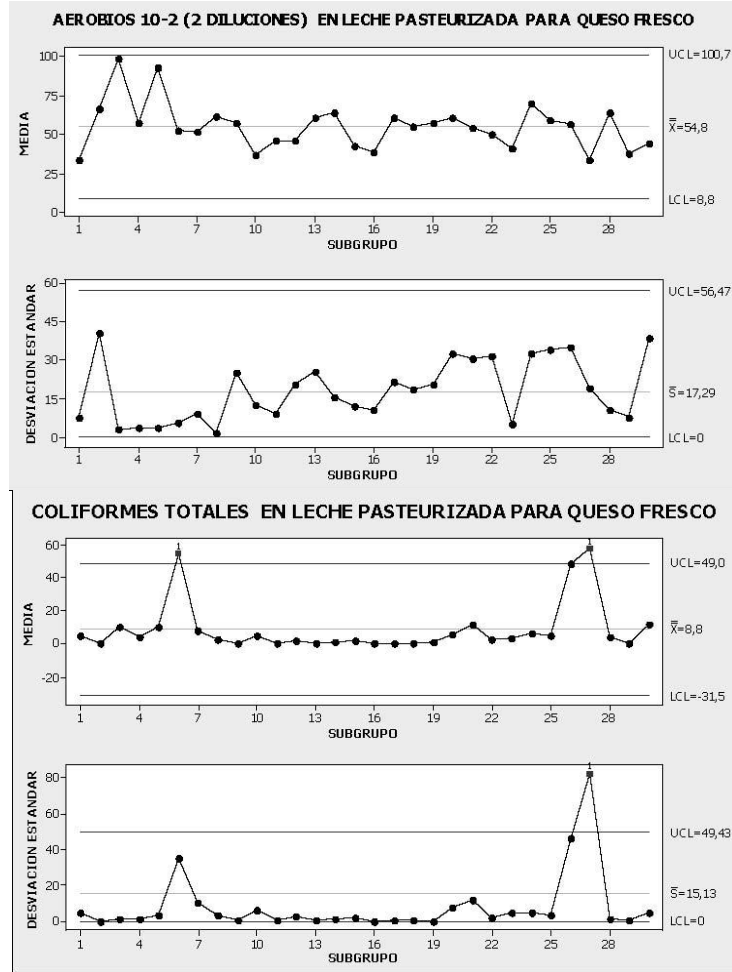
**Cartas de control X-S para ensayo de reductasa**



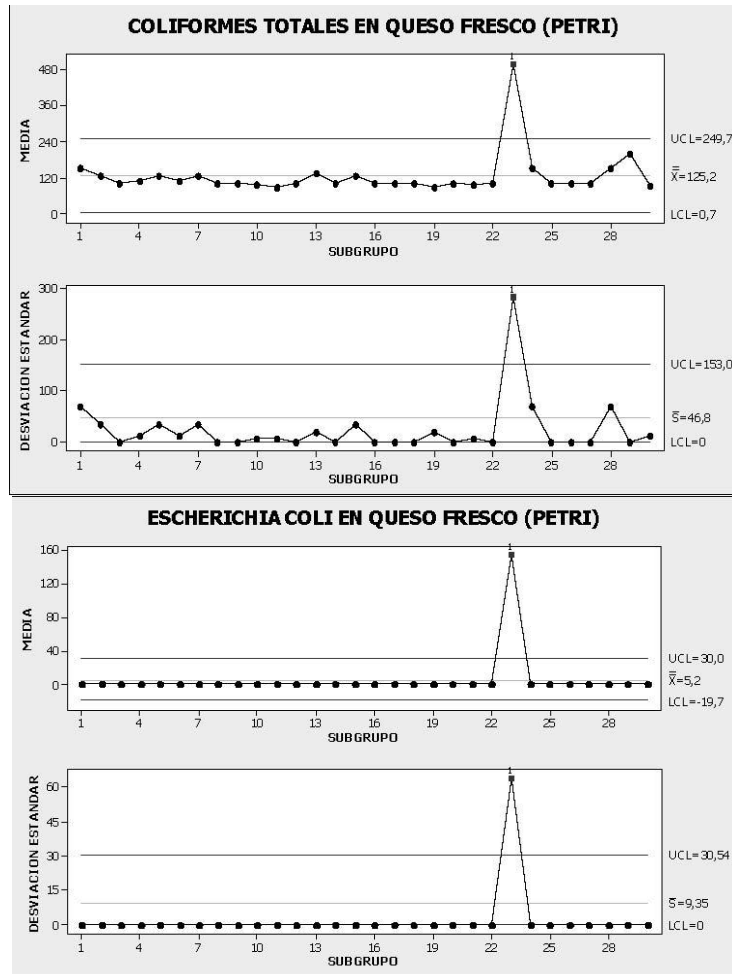
**Cartas de control X-S para determinación de aerobios en leche**



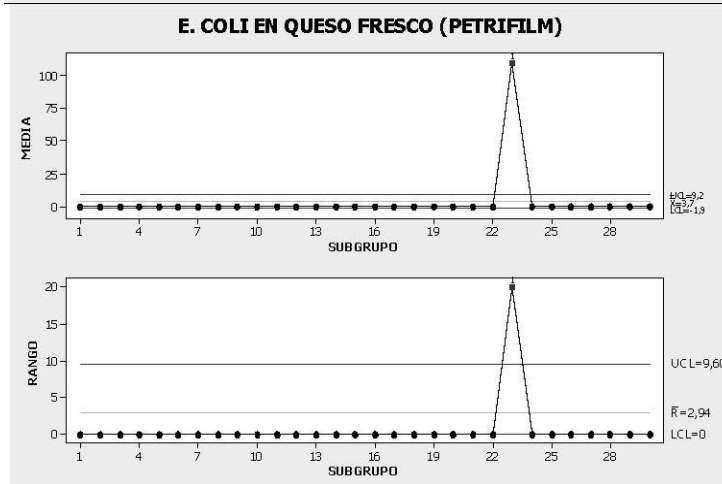
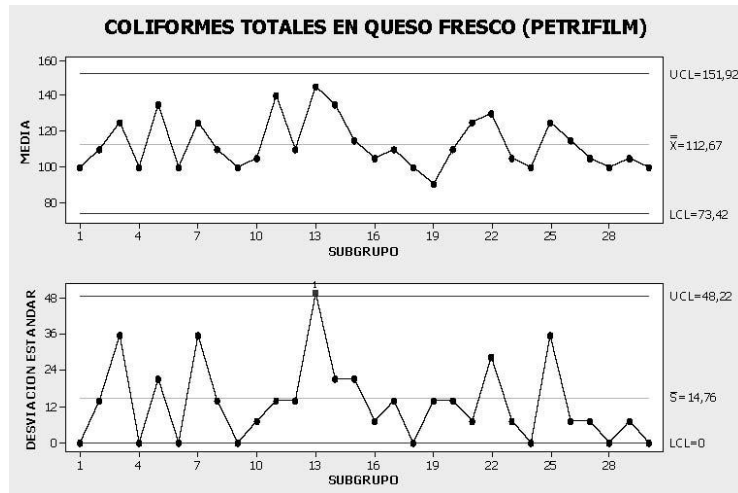
# pasteurizada



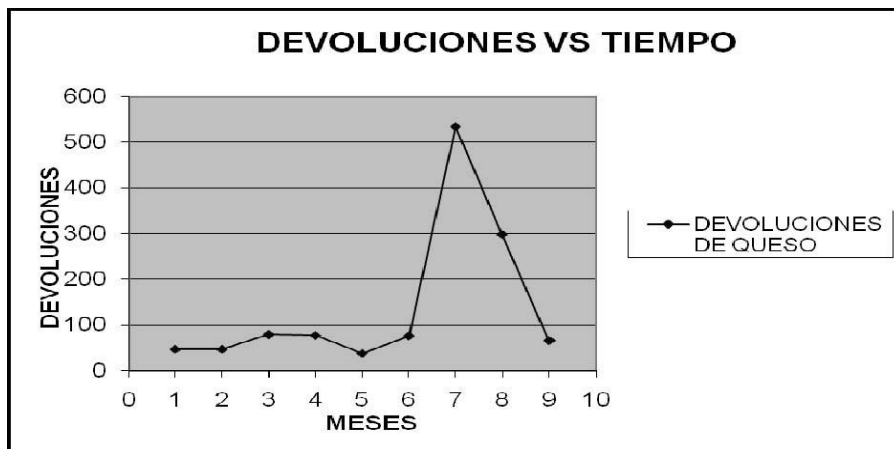
**Cartas de control X-S para determinación de coliformes totales en queso fresco (petri)**



**Cartas de control X-S para determinación de coliformes totales en queso fresco (petrifilm)**



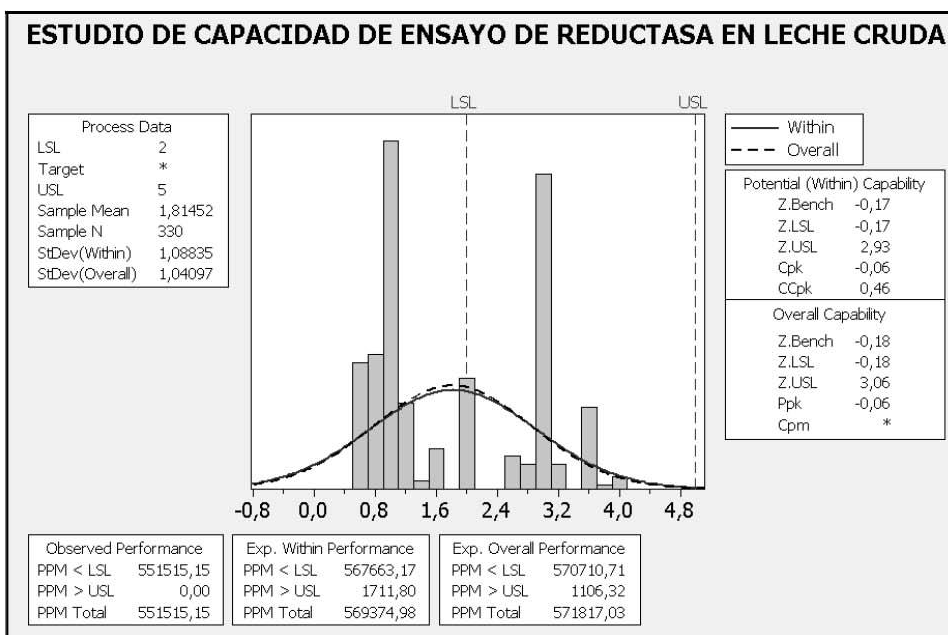
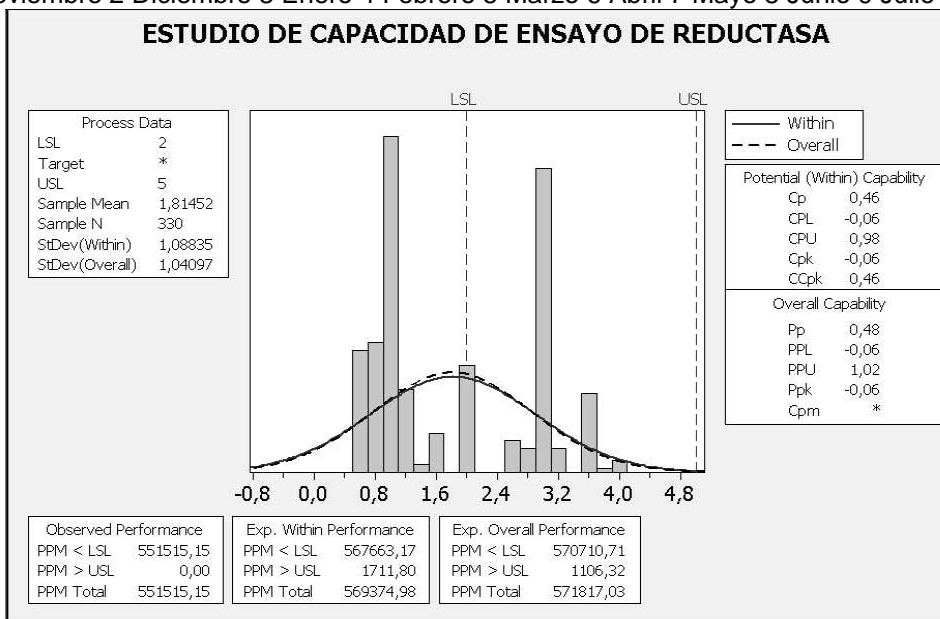
## GRAFICA DE DEVOLUCIONES DE QUESOS HINCHADOS VS. TIEMPO



# Meses

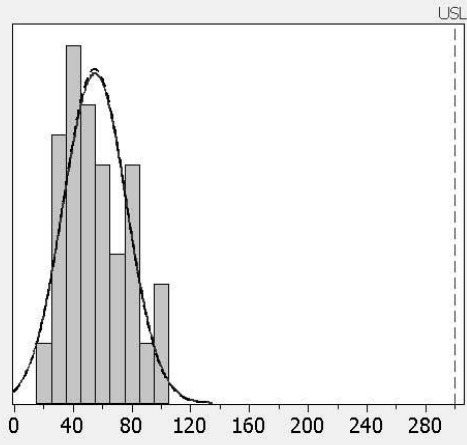
- ↕
- ↕
- ↕
- ↕
- ↕
- ↕
- ↕
- ↕
- ↕
- ↕
- ↕

1 ↕ Noviembre 2 Diciembre 3 Enero 4 Febrero 5 Marzo 6 Abril 7 Mayo 8 Junio 9 Julio



### ESTUDIO DE CAPACIDAD DE AEROBIOS (2 DILUCIONES) EN LECHE PASTEURIZADA

Process Data	
LSL	*
Target	*
USL	300
Sample Mean	54,75
Sample N	60
StDev(Within)	21,6682
StDev(Overall)	21,3655



— Within  
- - - Overall

Potential (Within) Capability	
Cp	*
CPL	*
CPU	3,77
Cpk	3,77
CCpk	3,77

Overall Capability	
Pp	*
PPL	*
PPU	3,83
Ppk	3,83
Cpr	*

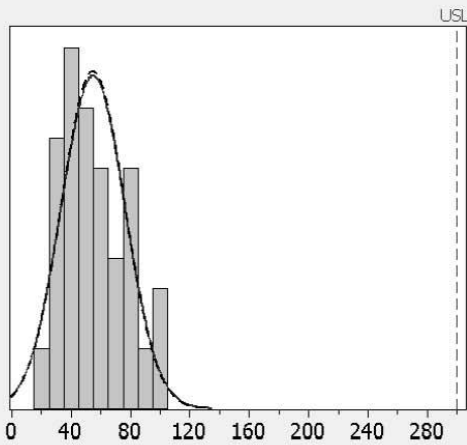
Observed Performance	
PPM < LSL	*
PPM > USL	0,00
PPM Total	0,00

Exp. Within Performance	
PPM < LSL	*
PPM > USL	0,00
PPM Total	0,00

Exp. Overall Performance	
PPM < LSL	*
PPM > USL	0,00
PPM Total	0,00

### ESTUDIO DE CAPACIDAD DE AEROBIOS (2 DILUCIONES) EN LECHE PASTEURIZADA

Process Data	
LSL	*
Target	*
USL	300
Sample Mean	54,75
Sample N	60
StDev(Within)	21,6682
StDev(Overall)	21,3655



— Within  
- - - Overall

Potential (Within) Capability	
Z.Bench	11,32
Z.LSL	*
Z.USL	11,32
Cpk	3,77
CCpk	3,77

Overall Capability	
Z.Bench	*
Z.LSL	*
Z.USL	11,48
Ppk	3,83
Cpm	*

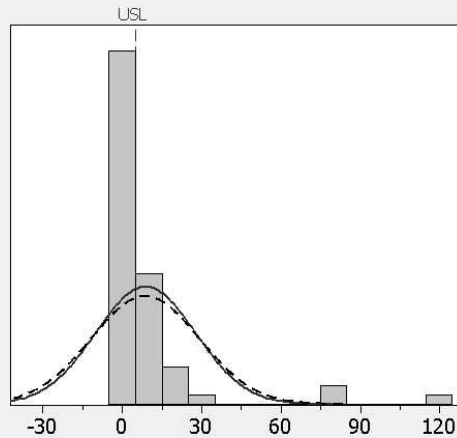
Observed Performance	
PPM < LSL	*
PPM > USL	0,00
PPM Total	0,00

Exp. Within Performance	
PPM < LSL	*
PPM > USL	0,00
PPM Total	0,00

Exp. Overall Performance	
PPM < LSL	*
PPM > USL	0,00
PPM Total	0,00

### ESTUDIO DE CAPACIDAD DE COLIFORMES TOTALES EN LECHE PASTEURIZADA

Process Data	
LSL	*
Target	*
USL	5
Sample Mean	8,76667
Sample N	60
StDev(Within)	18,9652
StDev(Overall)	20,6492



— Within  
 - - - Overall

Potential (Within) Capability	
Cp	*
CPL	*
CPU	-0,07
Cpk	-0,07
CCpk	-0,07

Overall Capability	
Pp	*
PPL	*
PPU	-0,06
Ppk	-0,06
Cpm	*

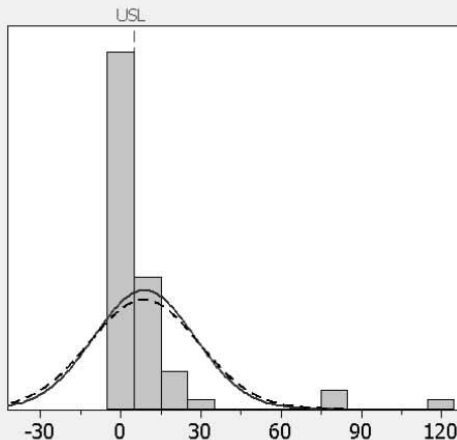
Observed Performance	
PPM < LSL	*
PPM > USL	316666,67
PPM Total	316666,67

Exp. Within Performance	
PPM < LSL	*
PPM > USL	578716,02
PPM Total	578716,02

Exp. Overall Performance	
PPM < LSL	*
PPM > USL	572370,33
PPM Total	572370,33

### ESTUDIO DE CAPACIDAD DE COLIFORMES TOTALES EN LECHE PASTEURIZADA

Process Data	
LSL	*
Target	*
USL	5
Sample Mean	8,76667
Sample N	60
StDev(Within)	18,9652
StDev(Overall)	20,6492



— Within  
 - - - Overall

Potential (Within) Capability	
Z.Bench	-0,20
Z.LSL	*
Z.USL	-0,20
Cpk	-0,07
CCpk	-0,07

Overall Capability	
Z.Bench	-0,18
Z.LSL	*
Z.USL	-0,18
Ppk	-0,06
Cpm	*

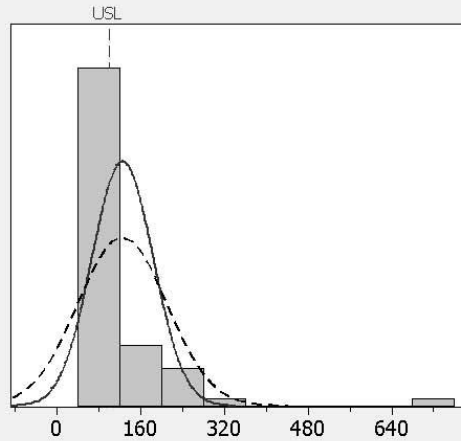
Observed Performance	
PPM < LSL	*
PPM > USL	316666,67
PPM Total	316666,67

Exp. Within Performance	
PPM < LSL	*
PPM > USL	578716,02
PPM Total	578716,02

Exp. Overall Performance	
PPM < LSL	*
PPM > USL	572370,33
PPM Total	572370,33

### ESTUDIO DE CAPACIDAD DE COLIFORMES TOTALES EN QUESO FRESCO (PETRI)

Process Data	
LSL	*
Target	*
USL	100
Sample Mean	125,167
Sample N	60
StDev(Within)	58,6964
StDev(Overall)	85,5033



— Within  
 - - - Overall

Potential (Within) Capability	
Cp	*
CPL	*
CPU	-0,14
Cpk	-0,14
CCpk	-0,14

#### Overall Capability

Pp	*
PPL	*
PPU	-0,10
Ppk	-0,10
Cpm	*

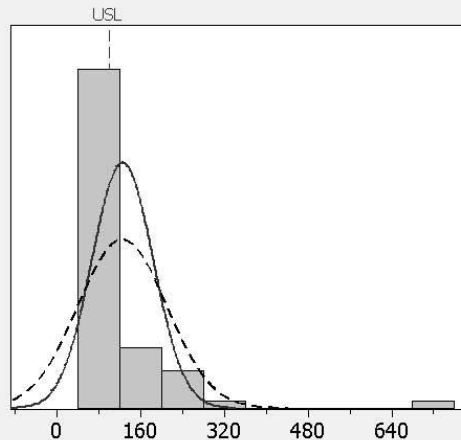
Observed Performance	
PPM < LSL	*
PPM > USL	250000,00
PPM Total	250000,00

Exp. Within Performance	
PPM < LSL	*
PPM > USL	665951,03
PPM Total	665951,03

Exp. Overall Performance	
PPM < LSL	*
PPM > USL	615749,26
PPM Total	615749,26

### ESTUDIO DE CAPACIDAD DE COLIFORMES TOTALES EN QUESO FRESCO (PETRI)

Process Data	
LSL	*
Target	*
USL	100
Sample Mean	125,167
Sample N	60
StDev(Within)	58,6964
StDev(Overall)	85,5033



— Within  
 - - - Overall

Potential (Within) Capability	
Z.Bench	-0,43
Z.LSL	*
Z.USL	-0,43
Cpk	-0,14
CCpk	-0,14

#### Overall Capability

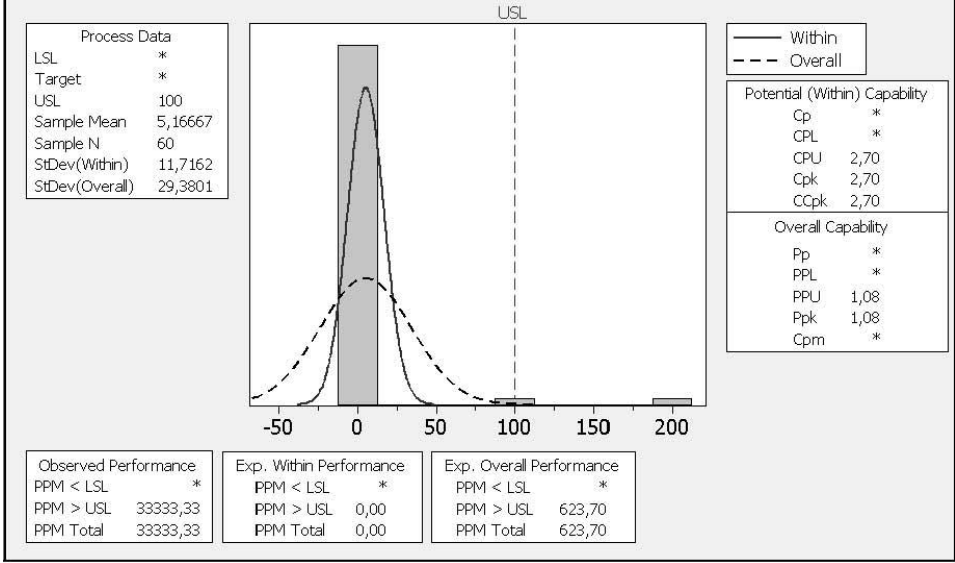
Z.Bench	-0,29
Z.LSL	*
Z.USL	-0,29
Ppk	-0,10
Cpm	*

Observed Performance	
PPM < LSL	*
PPM > USL	250000,00
PPM Total	250000,00

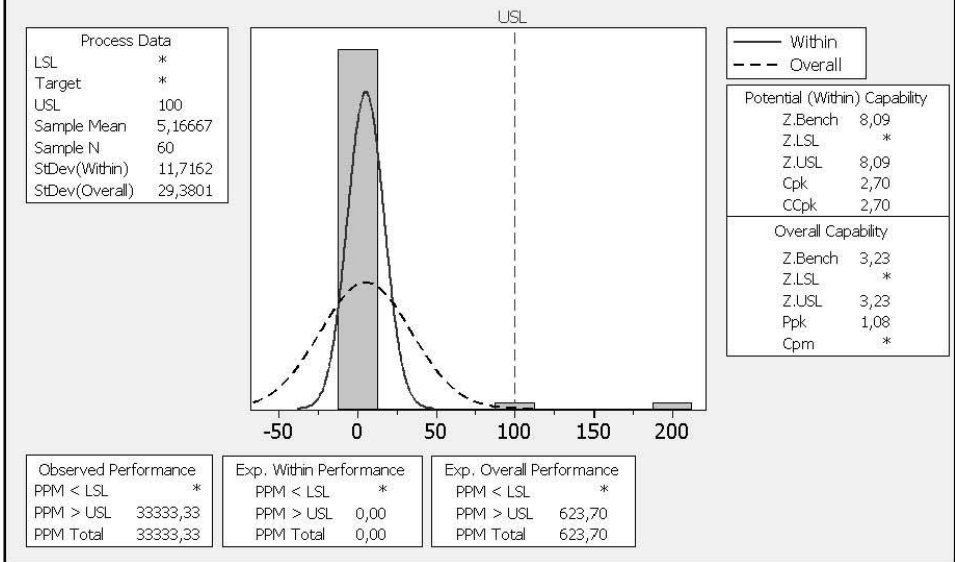
Exp. Within Performance	
PPM < LSL	*
PPM > USL	665951,03
PPM Total	665951,03

Exp. Overall Performance	
PPM < LSL	*
PPM > USL	615749,26
PPM Total	615749,26

### ESTUDIO DE CAPACIDAD DE ESCHERICHIA COLI EN QUESO FRESCO (PETRI)



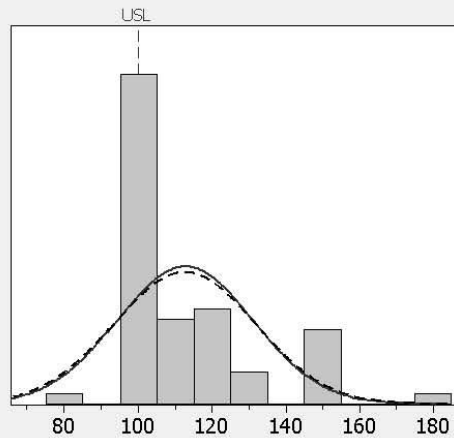
### ESTUDIO DE CAPACIDAD DE ESCHERICHIA COLI EN QUESO FRESCO (PETRI)





### ESTUDIO DE CAPACIDAD DE COLIFORMES TOTALES EN QUESO FRESCO (PETRIFILM)

Process Data	
LSL	*
Target	*
USL	100
Sample Mean	112,667
Sample N	60
StDev(Within)	18,502
StDev(Overall)	19,292



Potential (Within) Capability	
Cp	*
CPL	*
CPU	-0,23
Cpk	-0,23
CCpk	-0,23

Overall Capability	
Pp	*
PPL	*
PPU	-0,22
Ppk	-0,22
Cpm	*

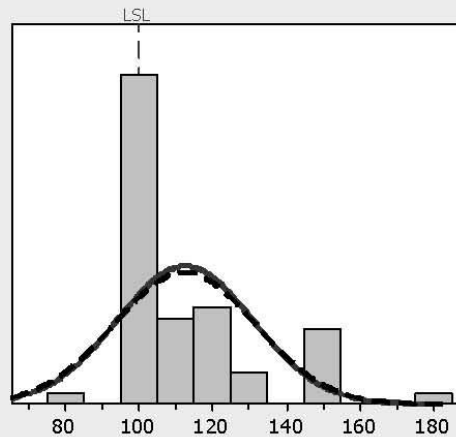
Observed Performance	
PPM < LSL	*
PPM > USL	466666,67
PPM Total	466666,67

Exp. Within Performance	
PPM < LSL	*
PPM > USL	753205,27
PPM Total	753205,27

Exp. Overall Performance	
PPM < LSL	*
PPM > USL	744273,57
PPM Total	744273,57

### ESTUDIO DE CAPACIDAD DE COLIFORMES TOTALES EN QUESO FRESCO (PETRIFILM)

Process Data	
LSL	100
Target	*
USL	*
Sample Mean	112,667
Sample N	60
StDev(Within)	18,502
StDev(Overall)	19,292



Potential (Within) Capability	
Z.Bendh	0,68
Z.LSL	0,68
Z.USL	*
Cpk	0,23
CCpk	0,23

Overall Capability	
Z.Bendh	0,66
Z.LSL	0,66
Z.USL	*
Ppk	0,22
Cpm	*

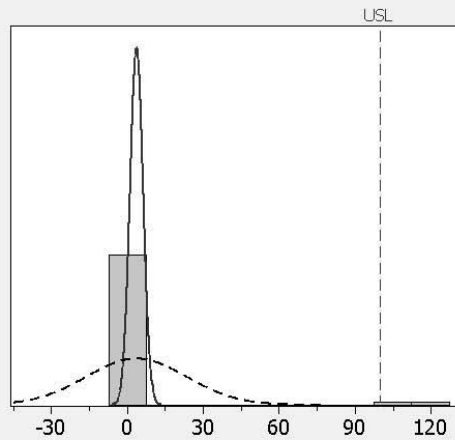
Observed Performance	
PPM < LSL	16666,67
PPM > USL	*
PPM Total	16666,67

Exp. Within Performance	
PPM < LSL	246794,73
PPM > USL	*
PPM Total	246794,73

Exp. Overall Performance	
PPM < LSL	255726,43
PPM > USL	*
PPM Total	255726,43

### ESTUDIO DE CAPACIDAD DE ESCHERICHIA COLI EN QUESO FRESCO (PETRIFILM)

Process Data	
LSL	*
Target	*
USL	100
Sample Mean	3,66667
Sample N	60
StDev(Within)	2,60359
StDev(Overall)	20,0821



— Within  
- - - Overall

Potential (Within) Capability	
Cp	*
CPL	*
CPU	12,33
Cpk	12,33
CCpk	12,33

Overall Capability	
Pp	*
PPL	*
PPU	1,60
Ppk	1,60
Cpm	*

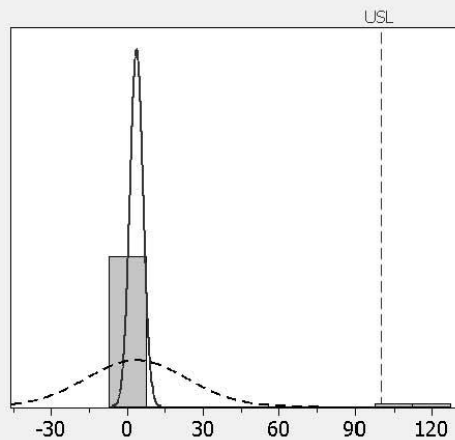
Observed Performance	
PPM < LSL	*
PPM > USL	16666,67
PPM Total	16666,67

Exp. Within Performance	
PPM < LSL	*
PPM > USL	0,00
PPM Total	0,00

Exp. Overall Performance	
PPM < LSL	*
PPM > USL	0,81
PPM Total	0,81

### ESTUDIO DE CAPACIDAD DE ESCHERICHIA COLI EN QUESO FRESCO (PETRIFILM)

Process Data	
LSL	*
Target	*
USL	100
Sample Mean	3,66667
Sample N	60
StDev(Within)	2,60359
StDev(Overall)	20,0821



— Within  
- - - Overall

Potential (Within) Capability	
Z.Bench	*
Z.LSL	*
Z.USL	37,00
Cpk	12,33
CCpk	12,33

Overall Capability	
Z.Bench	4,80
Z.LSL	*
Z.USL	4,80
Ppk	1,60
Cpm	*

Observed Performance	
PPM < LSL	*
PPM > USL	16666,67
PPM Total	16666,67

Exp. Within Performance	
PPM < LSL	*
PPM > USL	0,00
PPM Total	0,00

Exp. Overall Performance	
PPM < LSL	*
PPM > USL	0,81
PPM Total	0,81

## APENDICE C

### VARIABLES DE ENTRADA DEL SUBPROCESO DE RECEPCION DE LECHE

VARIABLE DE ENTRADA	FUNCION O IMPORTANCIA PARA EL PROCESO	FORMA DE CONTROL	RANGO EN EL QUE VARIA
Temperatura de leche cruda	la leche es un producto que requiere para su conservación bajas temperaturas y más aún si no ha sido sometida a proceso térmico alguno. La temperatura ambiente favorece el desarrollo bacteriano.	empleo de termómetro	15°C - 16°C
Condiciones de transporte de leche cruda	la leche debe ser transportada en recipientes limpios y a temperatura baja, de lo contrario contribuirá al desarrollo microbiano y de darse la presencia de bacterias resistentes a la pasteurización afectaría al producto.	visual	se requiere mayor control en cuanto al material de los recipientes y medidas de higiene
Tiempo de exposición al ambiente de leche cruda	la temperatura ambiente acelera la multiplicación de bacterias y en consecuencia la acidez de la leche.	no existe hora establecida de entrega de leche de cada proveedor	10 a 15 minutos

Elaborado por: Annabel Moreano

## VARIABLES DE ENTRADA DEL SUBPROCESO DE PASTEURIZACION DE LECHE

VARIABLE DE ENTRADA	FUNCION O IMPORTANCIA PARA EL PROCESO	FORMA DE CONTROL	RANGO EN EL QUE VARIA
Composición química de leche cruda	En cuanto a grasa, vitaminas, minerales las modificaciones son mínimas pero en cuanto a enzimas si hay cambios importantes, por ejemplo se inhibe la actividad de la fosfatasa alcalina pero la peroxidasa no se ve afectada.	manual mediante análisis en la recepción	grasa: 3,9% - 4,2% sólidos no grasos 8,2% - 8,6% proteínas: 3% - 3,2%
Carga microbiana en leche cruda	la mayor cantidad de organismos patógenos son destruidos como coliformes pero no las esporas ni las bacterias lácticas que son fermentativas y debido a su presencia la leche requiere temperaturas bajas para su conservación.	ensayo de reductasa prueba de alcohol	mínimo 2 horas de reducción de azul de metileno para ensayo de reductasa en la prueba de alcohol la leche no debe presentar sinéresis
Acidez de leche cruda	la acidez sufre un pequeño incremento con el tratamiento térmico.	Titulación con hidróxido de sodio al 0,01N	16°D a 18°D
Temperatura de pasteurización	temperaturas elevadas al punto de ebullición ocasionan la coagulación de las micelas de caseína, la temperatura de pasteurización es inferior a 100°C para evitar cualquier daño en la composición del alimento. Temperaturas inferiores a 60°C no destruirían la flora bacteriana. Con temperaturas superiores a los 25 °C, mueren lo m.o. psicrófilos (coliformes); arriba de los 42 °C, mueren los mesófilos aerobios; y superiores a 60 °C, mueren los	automática	72°C
Tiempo de pasteurización	Se prefieren tratamientos térmicos con altas temperaturas y tiempos cortos para no afectar las propiedades del alimento.	automática	15 segundos

Elaborado por: Annabel Moreano

## VARIABLES DE ENTRADA DEL SUBPROCESO DE MOLDEO

VARIABLE DE ENTRADA	FUNCION O IMPORTANCIA PARA EL PROCESO	FORMA DE CONTROL	RANGO EN EL QUE VARIA
Consistencia de cuajada	Si la cuajada es muy blanda el desuerado es más demorado, el corte de la cuajada influye en el desuerado mientras más grande es el grano facilita el drenaje del lactosuero.	visual	ligeramente firme a firme
Presencia de microorganismos en cuajada	Además de las bacterias acidolácticas la cuajada pudo ser contaminada con microorganismos procedentes de los equipos, utensilios o de los obreros.	toma de muestra para análisis en laboratorio	0 a 100 coliformes totales 0 coliformes fecales
Tiempo de moldeo	Mientras menor sea la exposición de la cuajada a la contaminación del medio como de los operadores, es mejor.	el tiempo estimado es el que emplean los obreros en esta etapa	45 a 50 minutos
Cantidad de cuajada en moldes	La cantidad depende de la consistencia de la cuajada, si ésta es lo suficientemente firme entonces no se requiere llenar mucho el molde porque de hacerlo se desbordaría en la fase de prensado, si la cuajada es demasiado blanda se coloca más cantidad de cuajada para que con la prensa no se pierda demasiado y se obtengan quesos de tamaño uniforme y que pesen lo establecido.	visual	depende de la consistencia de la cuajada

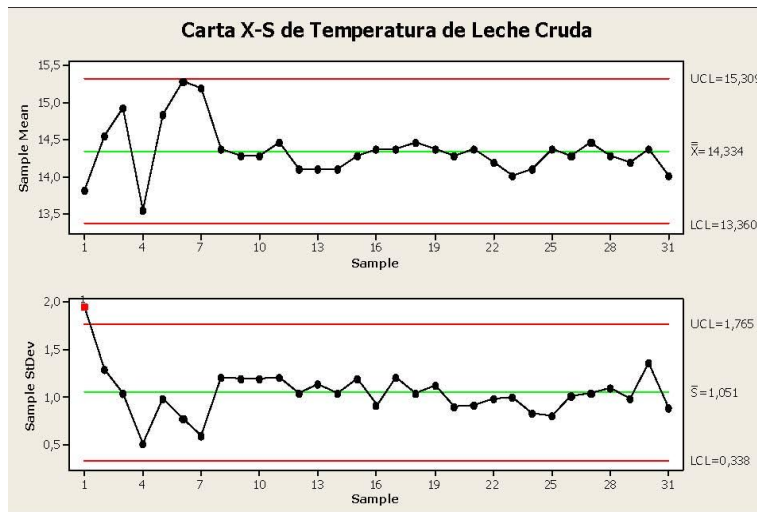
Elaborado por: Annabel Moreano

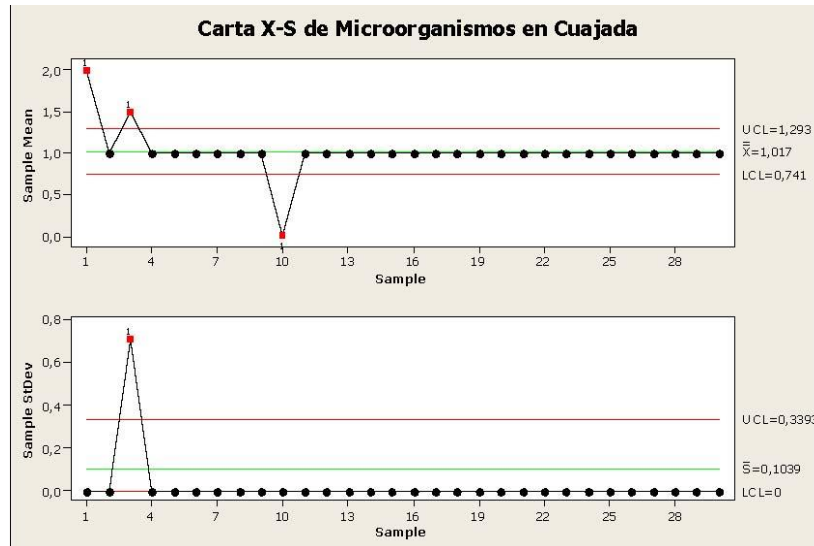
VARIABLE DE ENTRADA	FUNCION O IMPORTANCIA PARA EL PROCESO	FORMA DE CONTROL	RANGO EN EL QUE VARIA
Concentración de salmuera	Mientras más alta sea la concentración más rápido penetra la sal y se deshidrata el queso.	empleando un salinómetro manualmente	20°Baume a 22°Baume
Temperatura de salmuera	A una temperatura alta se salan más rápido los quesos.	termómetro, forma manual	10°C
Tiempo de inmersión	Si se mantiene más tiempo el queso se desuera más y se pierde peso.	reloj	20 a 30 minutos
Calidad microbiológica de salmuera	la salmuera es pasteurizada para garantizar la ausencia de microorganismos y se mantiene a una temperatura de 10°C, pero con el tiempo se acumulan partículas de queso que queda en cada inmersión y va cambiando la composición de la salmuera, haciendose necesaria la sustitución por otra.	toma de muestras para analizar la calidad microbiológica	ausencia de microorganismos

Elaborado por: Annabel Moreano

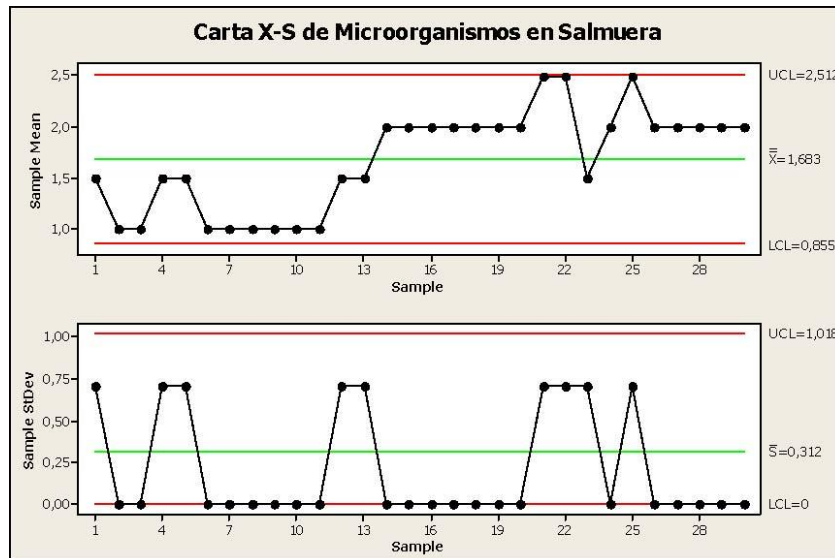
## CARTAS DE CONTROL DE X'S POTENCIALES

### Carta de control de temperatura de leche cruda





## CARTA DE CONTROL DE CALIDAD MICROBIOLÓGICA DE SALMUERA



a) X vital 1: Temperatura de leche cruda ¿Por qué hay variaciones en la temperatura de la leche cruda que llega a la planta? Porque la leche al ser transportada a temperatura ambiente y en recipientes no aptos, es afectada por las variaciones de temperatura y no mantiene un valor constante. De esta manera si la leche llega temprano en la mañana no es muy influenciada en comparación con su llegada al medio día cuando la temperatura ambiental sube. ¿Por qué la leche es transportada a temperatura ambiente? La temperatura ambiental en la ciudad donde se encuentra ubicada la planta oscila entre los 9°C y los 22°C y el tiempo que demora en su transporte de la hacienda a la planta es de 30 minutos y en pocos casos de 1

hora, debido a estas razones los proveedores no consideran necesario el enfriamiento de la leche. El tiempo de espera de los camiones para dejar la leche en el área de recepción también es un factor de consideración, debido a que la leche se encuentra a temperatura ambiente y por un lapso de tiempo que beneficia la proliferación de los microorganismos presentes en la leche y degradación de sus propiedades.

¿Por qué la leche necesita ser enfriada? La leche es un alimento que necesita mantener la cadena de frío para evitar su degradación. La refrigeración permite mantener a las bacterias que están en la leche en estado de latencia hasta que la leche sea tratada térmicamente. ¿Por qué existen microorganismos en la leche que llega a la planta? Además de las bacterias propias de la leche, existen otro tipo de microorganismos que la contaminan por fuentes como: ganado, higiene durante el ordeño o por las condiciones de transporte y almacenamiento. ¿Por qué el ganado, la higiene durante el ordeño y las condiciones de transporte y almacenamiento son fuentes de contaminación de la leche cruda? La leche puede ser contaminada por el ganado antes del ordeño a través del ingreso de bacterias por el canal del pezón o por la circulación de la sangre infectada en un animal enfermo de tuberculosis o brucelosis. También el ganado puede adquirir microorganismos que contaminan la leche por medio del forraje y del agua, si éstos están contaminados. La falta de higiene durante el ordeño contamina la leche ya sea porque las ubres de la vaca están sucias, por equipos y recipientes no limpios, por el entorno o por falta de higiene del operario que con sus manos sucias ordeña. Porque la leche es transportada en recipientes que no son bien lavados y tienen residuos de leche, de tierra, basuras que la ensucian. Los recipientes b) X vital 2: Presencia de microorganismos en la cuajada ¿Por qué existen microorganismos en la cuajada? La cuajada es formada por acción del cuajo sobre la caseína de la leche, en este proceso de transformación existe una gran actividad bacteriana y enzimática, los microorganismos responsables son de tipo láctico pero durante el proceso se pueden adherir bacterias contaminantes que afectan la calidad del producto final. ¿Por qué la cuajada se contamina durante el proceso? Porque la cuajada está siendo procesada en un ambiente contaminado, con equipos, utensilios y manos sucias de los obreros que entran en contacto con la cuajada o con las superficies en contacto con la misma. ¿Por qué el ambiente, equipos, utensilios y manos de los obreros son fuentes de contaminación? Porque las bacterias que se encuentran en las paredes, suelo contaminan el área de trabajo y el proceso de elaboración. Los equipos y utensilios sucios incrementan la proliferación de bacterias que dañan el producto final. Las manos de los obreros que no están limpias y desinfectadas al entrar en contacto directo con la cuajada durante el moldeo contaminan los quesos.

¿Por qué el ambiente de trabajo está contaminado y los obreros no trabajan en condiciones de asepsia?

El control del sistema de limpieza y desinfección del área y equipos de trabajo es deficiente. También las buenas prácticas de manufactura no se están

cumpliendo de la mejor manera.

¿Por qué el control de los POES Y BPM es deficiente?

Porque hace falta capacitación en el personal y por desconocimiento de la importancia del cumplimiento de estos procedimientos.

c) X vital 3: Tiempo de moldeo

¿Por qué hay variaciones en el tiempo de moldeo?

Si se tiene una cuajada firme se coloca con mayor facilidad en los moldes y se desuera más rápido pero si la cuajada es más aguada los obreros tardarán más tiempo en moldearla.

¿Por qué la consistencia de la cuajada es aguada?

Porque el tamaño en los granos de la cuajada no es uniforme y son muy grandes.

¿Por qué el tamaño de los granos no es igual?

Porque el corte de la cuajada fue realizado rápidamente y la agitación fue realizada con movimientos muy lentos o demasiado rápidos.

¿Por qué el corte y la agitación de la cuajada se realizaron rápidamente o sin cuidado?

Cuando el proceso de producción comienza muy tarde y los trabajadores por ahorrar tiempo no se dan cuenta de la importancia del cuidado en cada una de las etapas. ¿Por qué el proceso de producción no tiene una hora de iniciación fija? El horario de recepción de leche es de 8 a.m. hasta 1 p.m. y los proveedores no llegan a una hora fija. Hay ocasiones en que llegan 2 o 3 carros a la vez que son atendidos según el orden de llegada. Para la producción de quesos se emplea leche de un grupo de proveedores que reúne los requisitos para obtener un buen producto. Cuando la demanda de quesos incrementa, se requiere más cantidad de leche y se selecciona de entre los demás proveedores empleando los análisis respectivos, hasta completar la cantidad requerida para el proceso, esto ocasiona el empleo de

más tiempo y retrasa las etapas siguientes.

d) X vital 4: Calidad microbiológica de salmuera ¿Por qué existen microorganismos en la salmuera? Porque la salmuera una vez pasteurizada puede ser contaminada al ser colocada en un tanque que no haya sido sometido a una limpieza y desinfección completa. El desarrollo de bacterias se facilita con la acumulación de trozos de queso que quedan de la inmersión del producto en la salmuera. El tanque está abierto al aire que circula en la sala y propenso a la contaminación del medio y no se utiliza preservantes en la salmuera.

¿Por qué existe acumulación de trozos de queso? Porque no se filtra la salmuera después del proceso y porque su remoción es realizada después de un tiempo prolongado de uso. ¿Por qué la salmuera no es filtrada y removida en un tiempo más corto? Porque no se considera necesario debido a que los trozos de queso son muy pequeños pero a la vez su acumulación afecta la calidad y grado de salinidad de la salmuera. El tiempo de remoción es de cada 30 días, durante este periodo la salmuera es alterada debido a la contaminación por las partículas de queso que flotan en ella o por el ambiente de trabajo. ¿Por qué el tiempo de remoción de salmuera es mensual? Porque se considera como tiempo estimado para su cambio, pero se debería tener en cuenta un monitoreo del estado microbiológico de la salmuera para determinar si es necesario hacerlo en un tiempo más corto. Además si se evitará la acumulación de partículas de queso o se tuviera un ambiente libre de contaminación bacteriana se lograría una salmuera en mejores condiciones y se conservaría en el tiempo establecido. ¿Por qué no se realiza un monitoreo de la calidad microbiológica de la salmuera? Debido a falta de tiempo y de personal entrenado en la actividad, pero una razón de mayor peso es el hecho de no considerar de importancia un monitoreo microbiológico.

## **APENDICE D RESULTADOS DE ANÁLISIS**

### **MICROBIOLÓGICO DEL SISTEMA DE LIMPIEZA DE MATERIALES Y AREAS**

#### **EN CONTACTO DIRECTO CON QUESO FRESCO**

##### **Análisis 1**



Martes 14 de octubre del 2008

Conteo de Microorganismos en el proceso de Producción de Queso Fresco

Nº	Muestra	Aerobios Mesófilos (ufc/cm³)	Coliformes Totales (ufc/cm³)
1	Marmita	0	0
2	Agitador de acero inoxidable	4	0
3	Agitador de madera	5	0
4	Lira de acero inoxidable	20	1
5	Manguera	1	3
6	Mesa	.....	596
7	Moldes rectangulares (600g.)	.....	560
8	Moldes redondos de pvc (500g.)	.....	200
9	Moldes rectangulares (2000g.)	.....	0
10	Mallas rectangulares	.....	110
11	Mallas redondas	.....	3
12	Tacos rectangulares	incontable	3000
13	Tacos redondos	incontable	1000
14	Obrero 1 (manos)	.....	376
15	Obrero 2 (manos)	.....	129
16	Obrero 3 (manos)	.....	304
17	Obrero 1 (delantal)	.....	44
18	Obrero 2 (delantal)	.....	104
19	Obrero 3 (delantal)	.....	86
20	Leche manguera	.....	0
21	Leche marmita	.....	0
22	Cuajada (ufc/g)	.....	9
23	Queso fresco 10 <sup>-2</sup> (ufc/g)	.....	1
24	Queso fresco 10 <sup>-3</sup> (ufc/g)	.....	0

Sábado 18 de octubre del 2008

Conteo de Microorganismos en el proceso de Producción de Queso Fresco

Nº	Muestra	Aerobios Mesófilos (ufc/cm³)	Coliformes Totales (ufc/cm³)
1	Marmita	44	3
2	Agitador de acero inoxidable	4	0
3	Agitador de madera	5	1
4	Lira de acero inoxidable	20	0
5	Manguera	32	2
6	Mesa	.....	600
7	Moldes rectangulares (600g.)	.....	28
8	Moldes redondos de pvc (500g.)	.....	100
9	Moldes rectangulares (2000g.)	.....	0
10	Mallas rectangulares	16	0
11	Mallas redondas	10	0
12	Tacos rectangulares	incontable	3000
13	Tacos redondos	incontable	1500
14	Leche manguera	.....	0
15	Leche marmita	.....	1
16	Cuajada (ufc/g)	.....	11
17	Queso fresco 10 <sup>-2</sup> (ufc/g)	.....	1
18	Queso fresco 10 <sup>-3</sup> (ufc/g)	.....	0

## Análisis Microbiológico de Queso Hinchado

Muestra	dilución	Coliformes Totales	Staphylococcus Aureus	E. coli
1	10 <sup>-2</sup>	incontable	84	12
1	10 <sup>-3</sup>	400		
2	10 <sup>-2</sup>	incontable		
2	10 <sup>-3</sup>	235		

Jueves 30 de octubre del 2008

### Conteo de Microorganismos en el proceso de Producción de Queso Fresco

Nº	Muestra	Aerobios Mesófilos (ufc/cm <sup>3</sup> )	Coliformes Totales
1	Marmita	94	75
2	Agitador de acero inoxidable	2	0
3	Agitador de madera	350	150
4	Lira de acero inoxidable	200	0
5	Manguera	10	1
6	Mesa	.....	20
7	Moldes rectangulares (600g.)	.....	136
8	Moldes rectangulares (2000g.)	.....	0
9	Moldes redondos de pvc (500g.)	.....	20
10	Mallas rectangulares	8	0
11	Mallas redondas	5	0
12	Tacos rectangulares	390	680
13	Tacos redondos	10	450
14	Leche manguera	.....	0
15	Leche marmita	.....	0
16	Cuajada (ufc/g)	.....	2
17	Queso fresco 10 <sup>-2</sup> (ufc/g)	.....	1
18	Queso fresco 10 <sup>-3</sup> (ufc/g)	.....	0

## Análisis 4

Jueves 13 de noviembre del 2008

Conteo de Microorganismos en el proceso de Producción de Queso Fresco

Nº	Muestra	Coliformes Totales (ufc/cm <sup>2</sup> )
1	Marmita	0
2	Agitador de acero inoxidable	0
3	Agitador de madera	208
4	Lira de acero inoxidable	110
5	Manguera	0
6	Mesa	1080
7	Moldes rectangulares (600g.)	150
8	Moldes rectangulares (2000g.)	0
9	Moldes redondos de pvc (500g.)	40
10	Mallas rectangulares	2
11	Mallas redondas	0
12	Tacos rectangulares	310
13	Tacos redondos	58
14	Leche manguera	16
15	Leche marmita	81
16	Cuajada (ufc/g)	115
17	Queso fresco 10 <sup>-2</sup> (ufc/g)	1
18	Queso fresco 10 <sup>-3</sup> (ufc/g)	0

Martes 25 de noviembre del 2008

Conteo de Microorganismos en el proceso de Producción de Queso Fresco

Nº	Muestra	Coliformes Totales (ufc/cm <sup>2</sup> )
1	Marmita	0
2	Agitador de acero inoxidable	0
3	Agitador de madera	260
4	Lira de acero inoxidable	0
5	Manguera	0
6	Mesa	5
7	Moldes rectangulares (600g.)	1
8	Moldes rectangulares (2000g.)	0
9	Moldes redondos de pvc (500g.)	400
10	Mallas rectangulares	1
11	Mallas redondas	1
12	Tacos rectangulares	2600
13	Tacos redondos	1860
14	Leche manguera	2
15	Leche marmita	4
16	Cuajada (ufc/g)	10
17	Queso fresco 10 <sup>-2</sup> (ufc/g)	1
18	Queso fresco 10 <sup>-3</sup> (ufc/g)	0

Análisis 6

**Jueves 27 de noviembre del 2008**

**Conteo de Microorganismos en el proceso de Producción de Queso Fresco**

Nº	Muestra	Coliformes Totales (ufc/cm <sup>2</sup> )
1	Marmita	0
2	Agitador de acero inoxidable	0
3	Agitador de madera	270
4	Lira de acero inoxidable	0
5	Manguera	0
6	Mesa	122
7	Moldes rectangulares (600g.)	39
8	Moldes rectangulares (2000g.)	0
9	Moldes redondos de pvc (500g.)	0
10	Mallas rectangulares	0
11	Mallas redondas	0
12	Tacos rectangulares	130
13	Tacos redondos	200
14	Leche manguera	1
15	Leche marmita	5
16	Cuajada (ufc/g)	24
17	Queso fresco 10 <sup>-2</sup> (ufc/g)	1
18	Queso fresco 10 <sup>-8</sup> (ufc/g)	0

**Viernes 28 de noviembre del 2008**

**Conteo de Microorganismos en el proceso de Producción de Queso Fresco**

Nº	Muestra	Coliformes Totales (ufc/cm <sup>3</sup> )
1	Marmita	0
2	Agitador de acero inoxidable	0
3	Agitador de madera	1
4	Lira de acero inoxidable	0
5	Manguera	0
6	Mesa	0
7	Moldes rectangulares (600g.)	1
8	Moldes rectangulares (2000g.)	0
9	Moldes redondos de pvc (500g.)	0
10	Mallas rectangulares	0
11	Mallas redondas	0
12	Tacos rectangulares	0
13	Tacos redondos	1
14	Leche manguera	0
15	Leche marmita	116
16	Cuajada (ufc/g)	104
17	Queso fresco (ufc/g)	150

**Eje X**

1 2008

2 18 de octubre del 2008

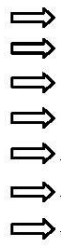
3 30 de octubre del 2008

4 13 de noviembre del 2008

5 25 de noviembre del 2008

6 27 de noviembre del 2008

7 28 de noviembre del 2008



14 de octubre del

**Eje X**

1 2008

2 18 de octubre del 2008

3 30 de octubre del 2008

4 13 de noviembre del 2008

- 5 25 de noviembre del 2008
- 6 27 de noviembre del 2008

7 28 de noviembre del 2008

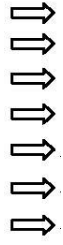


14 de octubre del

**Eje X**

- 1 2008
- 2 18 de octubre del 2008
- 3 30 de octubre del 2008
- 4 13 de noviembre del 2008
  
- 5 25 de noviembre del 2008
- 6 27 de noviembre del 2008

7 28 de noviembre del 2008



14 de octubre del

**Eje X**

**Eje X**

- 1 2008
- 2 18 de octubre del 2008
- 3 30 de octubre del 2008
- 4 13 de noviembre del 2008
  
- 5 25 de noviembre del 2008
- 6 27 de noviembre del 2008

7 28 de noviembre del 2008



14 de octubre del  
14 de octubre del 2008

18 de octubre del 2008

30 de octubre del 2008

13 de noviembre del 2008

25 de noviembre del 2008

27 de noviembre del 2008

28 de noviembre del 2008

## BIBLIOGRAFIA

1. 1. CHRISTOFOROWITSCH SAWEN, Fundamento de Elaboración del Queso, Editorial Zaragoza, 1984, España
2. 2. GUTIERREZ HUMBERTO, DE LA VARA ROMAN, Control Estadístico de la Calidad y Seis Sigma, Editorial Mc. Graw Hill, 2004, México
3. 3. CAVANAGH ROLAND, ROBERT NEUMAN, PETER PANDE, Las claves prácticas de Seis Sigma, 1<sup>ra</sup> edición, 2002
4. 4. CODEX ALIMENTARIUS, Código de Prácticas de Higiene para la Leche y los Productos Lácteos, CAC/RCP 57-2004
5. 5. CODEX ALIMENTARIUS, Principios y Directrices para la Aplicación de la Evaluación de Riesgos Microbiológicos, CAC/GL 30-1999
6. 6. INEN, Norma Técnica Ecuatoriana 9: 2008 Leche cruda. Requisitos. Cuarta Revisión
7. 7. INEN, Norma Técnica Ecuatoriana 10: 2003 Leche Pasteurizada. Requisitos. Tercera Revisión
8. 8. INEN, Norma Técnica Ecuatoriana 18: 1973 Leche. Ensayo de Reductasas. Requisitos
9. 9. INEN, Norma Técnica Ecuatoriana 1528: 1987 Queso Fresco. Requisitos
10. 10. MONTGOMERY DOUGLAS, Control Estadístico de la Calidad, Editorial Iberoamérica
11. 11. Registro Oficial N°802, Reglamento de leche y productos lácteos,

Decreto ejecutivo N°2800, 1984-08-07 12.<http://www.seis-sigma.com/>



13.<http://www.gestiopolis.com/canales5/ger/gksa/12.htm>

14.<http://www.monografias.com/trabajos36/seis-sigma/seis-sigma2.shtml>