



**INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
UNIDAD PROFESIONAL INTERDISCIPLINARIA DE BIOTECNOLOGÍA**

“CONTROL DE MATERIAS PRIMAS EN UNA PLANTA PRODUCTORA DE PAYS”

INFORME TÉCNICO DE LA OPCIÓN CURRICULAR
EN LA MODALIDAD DE:
ESTANCIA INDUSTRIAL

PAYS CORONADO, S.A.

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO EN ALIMENTOS

PRESENTA:
GONZÁLEZ GONZÁLEZ JOEL ALEJANDRO

ASESOR INTERNO: M. EN C. HERMILO SÁNCHEZ PINEDA
ASESOR EXTERNO: ING. ERIKA PERALTA VARGAS

México, DF, Mayo de 2009



SECRETARÍA
DE
EDUCACIÓN PÚBLICA

México., D. F., a 31 de octubre de 2008.
Of. No. SA-UPIBI-1292/08

GONZALEZ GONZALEZ JOEL ALEJANDRO
7º SEMESTRE DE LA CARRERA DE
INGENIERÍA EN ALIMENTOS
Presente.



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
UNIDAD PROFESIONAL INTERDISCIPLINARIA DE BIOTECNOLOGÍA

Comunico a usted, que como resultado de la evaluación del Comité de Proyecto Terminal, con esta fecha queda registrado su proyecto terminal en la modalidad de **"ESTANCIA INDUSTRIAL"** denominada **"CONTROL DE MATERIAS PRIMAS EN UNA PLANTA PRODUCTORA DE PAYS"** bajo la dirección externa Ing. Erika Peralta Vargas y la dirección interna M en C. Hermilo Sánchez Pineda.

De cumplir con las condiciones que abajo se indican, será acreditada la opción curricular de titulación. Asimismo me permito recordarle que el trabajo experimental deberá concluir en el octavo semestre y entregar el informe técnico final, de conformidad con los lineamientos que para tal fin establezca el Comité mencionado.

CONDICIONES

165. Permanecer en la misma opción y actividad en el Proyecto Terminal I, II, III.
166. Obtener una calificación igual o superior a 8.0 en Proyecto Terminal I, Proyecto Terminal II y Proyecto Terminal III.
167. Cumplir con el 90% de asistencia a las actividades asignadas.
168. Cumplir con los demás requisitos que se fijan en el programa de estudios de la asignatura.

ATENTAMENTE.
"LA TÉCNICA AL SERVICIO DE LA PATRIA"


ING. YESICA MA. DOMÍNGUEZ GALICIA
SUBDIRECTORA ACADÉMICA.



c.c.p. Departamento de Control Escolar.

A Mónica Raquel y José Luis

Me han heredado el tesoro más valioso que puede dársele a un hijo: Amor. Sin escatimar esfuerzo alguno, han sacrificado gran parte de su vida para formarme y educarme. Nunca podré pagarles todas las desveladas que toda esta etapa de mi vida les ha causado, tampoco todos aquellos malos ratos que les hice pasar, y mucho menos todos los consejos, abrazos, regaños, risas, cariño y apoyo que me han brindado en las buenas y en las malas, sin los cuales no hubiera logrado terminar mi carrera; lo que sí podré hacer es agradecerles porque han sido la base para formarme como persona y como profesionista. Simplemente los amo Amaito y Apaito.

A Ale

Prácticamente me escuchaste, orientaste y apoyaste durante todo este camino. Me escuchaste cuando lo requería, me diste tu ayuda cuando la necesitaba, me diste una sonrisa cuando las cosas no me salían bien y me comprendiste en el momento que más lo necesité, todo esto a pesar de mis errores, corajes y arranques. Me haz dado lo mejor de ti sin esperar nada a cambio y te ganaste mi amor, cariño, admiración y agradecimiento. Gracias Amor.

A Martha y Juan Carlos

Me soportaron infinidad de veces en su casa mientras terminaba mis trabajos; en otras, no los dejé dormir pero confiaron y creyeron en mí en todo momento. Les agradezco tíos por toda esta confianza que me brindaron.

A Mis Hermanos

No encuentro la manera de decirles cuanto los quiero, inconscientemente también son parte de esto por el simple hecho de darme las fuerzas necesarias para seguir adelante con sus consejos y regaños (Josué y Julio), y con sus palabras, risas y abrazos propios de la niñez (Adán y Jael).

A Erika Peralta

Por ser la primera persona en brindarme su apoyo dentro de Pays Coronado, S.A. y por tenerme confianza para aplicar este proyecto.

Al M. en C. Hermilo Sánchez

Por tenerme paciencia durante mi formación, por su confianza, consejos, asesoría y hacer el esfuerzo de revisar este proyecto y corregirlo donde fue necesario a pesar del tiempo que tiene que dedicarle a su cargo dentro de U.P.F.B.I. Gracias por su ayuda.

Al Sr. Soberano

Te agradezco que me hayas puesto en esta vida, que me hayas dado esta familia y que me des la oportunidad de convivir con las personas más maravillosas que he conocido. Gracias.

CONTROL DE MATERIAS PRIMAS EN UNA PLANTA PRODUCTORA DE PAYS

IA. González González Joel Alejandro, M. en C. Sánchez Pineda Hermilo*, Ing. Peralta Vargas Érika.

* Departamento de Biotecnología. Unidad Profesional Interdisciplinaria de Biotecnología. Tel. 5729-6000 ext. 56339, 56343 y 56345
e-mail: hsanchez@acei.upibi.ipn.mx

Palabras clave: Queso, Sinéresis, ANOVA, Curtosis, X-R

Introducción.

Pays Coronado, S.A. es una mediana empresa 100% mexicana dedicada a la repostería fina, que requiere de un control estadístico de procesos en su línea de producción de queso fresco, ya que los sistemas tradicionales de control de calidad se basan generalmente en la inspección de un producto terminado y no en la verificación de todas las etapas del proceso así como en las propiedades físicas, químicas y biológicas de las materias primas que intervienen en la fabricación de un producto determinado, para garantizar la inocuidad de dicho alimento.

Esta herramienta es de suma importancia para el éxito de las grandes empresas, incluyendo a las de la industria alimentaria; debido a que, en conjunto con otras herramientas, logra optimizar procesos basándose en la prevención y corrección de posibles desviaciones, reflejando su impacto en la calidad final del producto y aún más en los costos de producción.

Metodología.

Se identificó el número de variables que intervienen durante todo el proceso de fabricación de queso para que a través de un análisis de varianzas (ANOVA) se dividieran por etapas de proceso y se manipularan para obtener las condiciones requeridas en cada etapa para crear el gráfico de control tipo X-R (Medias y Rangos²) y obtener las condiciones finales de estandarización del proceso.

Resultados y discusión.

A través de los resultados arrojados en el análisis de varianzas, se encontraron problemas durante la etapa de cuajada, ya que es en esta donde se produce la formación del coágulo de caseína como consecuencia de la adición del cuajo y si no se logra controlar desde aquí, entonces esta formación no se llevaría a cabo por muy excelente que sea la calidad de la materia prima, repercutiendo así en las demás etapas del proceso; estos problemas se debieron a que antes de aplicar ANOVA no se le daba el seguimiento correcto a la leche cruda durante su recepción, llegando a recibir leche muy ácida, provocando que el coágulo sea más duro y que la maduración tarde más tiempo, obteniendo finalmente un producto que no es del agrado del consumidor.

Los gráficos de control tipo X-R tienen comportamiento errático cuando hay 7 puntos consecutivos hacia arriba, abajo, arriba del centro o abajo del centro. Los límites de control bajo los cuales se operó el proceso están establecidos respecto a niveles de 3σ (con respecto de la media); de los cuales el nivel $\pm 3\sigma$ son los límites superior e inferior de especificación. La figura 1 presenta la información estadística para crear el gráfico de control:

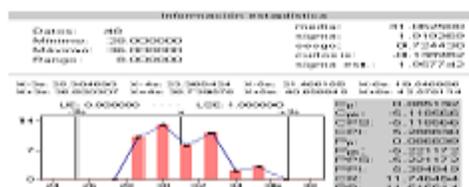


Figura 1. Resultados estadísticos para crear el gráfico de control

Durante los dos primeros meses, el comportamiento fue errático en la etapa de cuajada (7 puntos consecutivos hacia arriba) debido a los puntos mencionados anteriormente, es por ello que se logró conservar la temperatura de proceso para que la prolongación del tiempo de coagulación disminuya logrando coágulos firmes en tiempos de 20-40min; al calentar y agitar la rayada del queso, se facilita la eliminación del suero, la agitación fue lo suficientemente rápida para que los granos permanezcan en suspensión con el suero para evitar la formación de grumos difíciles de romper que provoquen la pérdida de la caseína en el suero, logrando controlar el proceso en los meses posteriores mediante una distribución de probabilidad de variables de números reales (curtosis). La figura 2 muestra el comportamiento obtenido.

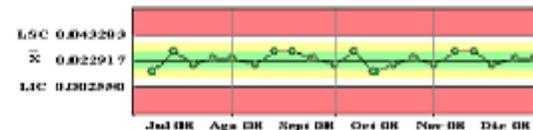


Figura 2. Gráfico de control del proceso de fabricación de queso

Conclusiones y perspectivas.

La aplicación del análisis de varianzas (ANOVA), es de suma importancia para encontrar las condiciones bajo las cuales se controló el proceso de fabricación de queso. El control estadístico de este proceso arrojó durante los dos primeros meses estándares más altos a los requeridos en cada etapa (curtosis muy alta), los cuatro meses restantes se logró mantenerlos en el rango de $\pm 1\sigma$ resultado de una curtosis mínima.

El proceso de fabricación de queso se controló estadísticamente sin alterar su sinéresis, por lo que en un futuro se pretende aplicar esta metodología para controlar el proceso de fabricación de pays.

Agradecimientos.

A Erika Peralta por ser la primera persona en brindarme su apoyo dentro de Pays Coronado, S.A. y por tenerme confianza para aplicar este proyecto. Al prof. Hermilo Sánchez por tenerme paciencia durante mi formación y hacer el esfuerzo de revisar el trabajo y corregirlo donde fue necesario a pesar del tiempo que tiene que dedicarle a su cargo dentro de UPBI.

Referencias.

- Besterfeld, D. 1994. Control de Calidad. 4ª edición. Prentice Hall. México D.F. 11-153
- Alais, C. 1998. Quesos. 477-538. Ciencia de la leche. Principios de técnica lechera. 12ª Reimpresión. Compañía Editorial Continental. México D.F.
- Madrid, A. 2003. Tecnología Quesera. 3ª edición. Mundi-Prensa AMV-Ediciones. España 9-176
- Montgomery, D. 2006. Experimentos de un solo factor. Análisis de varianzas. Diseño y análisis de experimentos. 2ª edición. Limusa Wiley. México, D.F. 60-119
- Scott, R. 1991. Fabricación de Queso. 2ª edición. Acibia. España 1-9, 187-211

ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO	PÁGINA
1. Resumen	9
2. Introducción	10
2.1. Aseguramiento de la calidad	10
2.1.1. Definición	10
2.1.2. Sistemas de aseguramiento de la calidad	11
2.2. Queso	11
2.2.1. Definición	11
2.2.2. Clasificación	13
2.3. Pays	13
2.3.1. Definición	13
2.3.2. Tecnología de fabricación	13
2.3.3. Tipos de pays	15
2.4. Ingredientes y funcionalidad	15
2.4.1. Azúcar	15
2.4.2. Glucosa	15
2.4.3. Harina de trigo	15
2.4.4. Levadura fresca	15
2.4.5. Fécula de maíz	16
2.4.6. Mantequilla	16
2.4.7. Huevo entero pasteurizado	16
2.4.8. Almidón modificado	16
2.4.9. Benzoato de sodio	16
3. Descripción administrativa de la empresa	17
3.1. Giro	17
3.2. Estructura organizacional	17
3.3. Misión	18
3.4. Visión	18
3.5. Antecedentes	18
3.6. Diagrama de distribución de la planta	20
4. Descripción técnica de la empresa	21
4.1. Descripción del proceso	21
5. Justificación	30
6. Objetivos	31
6.1. Objetivo general	31
6.2. Objetivos específicos	31

7.	Metodología	32
8.	Desarrollo	33
8.1.	Identificación de variables de operación del proceso	33
8.2.	Análisis de varianza (ANOVA)	36
8.3.	Asignación de las variables de control	40
8.4.	Toma de muestras	40
8.5.	Gráficos de control X-R	41
8.6.	Cálculo del valor de la media (X) y el rango (R)	41
8.7.	Cálculo de los límites de control	41
9.	Resultados y Discusión	42
10.	Conclusiones	61
11.	Sugerencias	62
12.	Bibliografía	63

Anexos

- I. Diagrama Causa-Efecto en las etapas del proceso de fabricación de queso.
- II. Datos obtenidos para aplicar análisis de varianza (ANOVA) en las etapas del proceso de fabricación de queso
- III. Resultados generales de las etapas del proceso de fabricación de queso
- IV. Resultados de análisis de varianza (ANOVA) utilizando el programa “Design-Expert 5®” para las variables que intervienen en el proceso de fabricación de queso
- V. Resultados obtenidos para crear el gráfico de control X-R en las etapas del proceso de fabricación de queso utilizando el programa “Inspector Cartas de Control®”
- VI. Descripción de los índices de información estadística utilizados en las cartas de control y en los estudios estadísticos individuales
- VII. Determinación de la acidez titulable del suero de queso
- VIII. Determinación del pH del suero de queso de leche bronca y en polvo
- IX. Reporte de inspección de insumos en recepción

ÍNDICE DE CUADROS

	PÁGINA
Cuadro 1. Variables y efectos en el proceso de fabricación de queso	31
Cuadro 2. Datos típicos de un experimento de un solo factor	33
Cuadro 3. Datos para ANOVA en la etapa de cuajada	34
Cuadro 4. Análisis de varianza para el modelo con un solo factor y efectos fijos	36
Cuadro 5. Asignación de variables de respuesta	37
Cuadro 6: Resultados generales en la etapa de cuajada.	39
Cuadro 7. Resultados ANOVA para CaCl_2	42
Cuadro 8. Resultados ANOVA para acidez de leche	42
Cuadro 9. Resultados ANOVA para temperatura de pasteurización	43
Cuadro 10. Resultados ANOVA para pH de cuajada	43
Cuadro 11. Resultados de ANOVA para pH de leche	44
Cuadro 12. Resultados de ANOVA para temperatura de leche	44
Cuadro 13. Resultados de ANOVA para tiempo de pasteurización	45
Cuadro 14. Valores de las variables de respuesta establecidos para controlar el proceso de fabricación de queso	49
Cuadro 15 Estadísticos de etapa cuajada durante Julio y Agosto	52
Cuadro 16: Estadísticos de etapa cuajada durante Septiembre a Diciembre	54

ÍNDICE DE FIGURAS

	PÁGINA
Figura 1. Organigrama de la empresa	14
Figura 2. Diagrama de distribución de áreas de proceso	17
Figura 3. Elaboración de pasta	18
Figura 4. Elaboración de relleno de fruta	20
Figura 5. Proceso de obtención de queso fresco	22
Figura 6. Diagrama de elaboración de pay	25
Figura 7. Metodología general para la implementación del control estadístico del proceso	29
Figura 8. Modelo general de un sistema	30
Figura 9. Diagrama Causa-Efecto para encontrar las causas de variación del proceso en general.	32
Figura 10 Gráfico de control X-R del tiempo de coagulación de la leche durante Julio y Agosto	53
Figura 11 Gráfico de control X-R del tiempo de coagulación de la leche durante los meses Septiembre a Diciembre	55
Figura 12 Gráfico de control X-R de la acidez del suero durante la etapa de rayado en los meses Julio a Diciembre	55
Figura 13 Gráfico de control X-R del flujo del suero durante la etapa de colgado en los meses Julio a Diciembre	56
Figura 14 Gráfico de control X-R del %Humedad durante la etapa de maduración en los meses Julio a Diciembre	57

1. RESUMEN

El siguiente proyecto menciona la metodología para la implementación de uno de los programas utilizados a escala industrial en el ramo alimenticio, conocido como Control Estadístico de Procesos (CEP) a un nivel de $\pm 3\sigma$, para la obtención de un proceso controlado que nos genere un alimento inocuo y que no sea dañino para el consumidor.

Este programa se comenzó a desarrollar e implementar en una empresa fabricante de pays y repostería fina, con el fin de producir y distribuir productos que no dañen la integridad física y la salud de quienes lo consumen, mediante un servicio efectivo, escuchando y cubriendo las necesidades que demandan los clientes en el tiempo oportuno; además, muestra las etapas previas a la implementación del Control Estadístico de Procesos para el proceso de fabricación de queso fresco.

Los resultados se presentan desglosando los pasos para la obtención de los gráficos de control tipo X-R para cada una de las etapas que conforman el proceso de fabricación de queso fresco, los cuáles son indicadores de que un proceso se encuentre controlado estadísticamente.

3. INTRODUCCIÓN

Hoy en día, la competitividad empresarial caracteriza al mercado mundial; pequeñas, medianas y grandes empresas están tomando esta actitud como un estilo de vida.

El mundo globalizado exige la mejora continua de procesos y por ende, de bienes y servicios. La calidad es el común denominador de cualquier organización para lograr la productividad y competitividad (Casadeus & Heras, 2005).

Detrás del concepto de calidad hay un sin número de herramientas que apoyan la idea de mejorar los procesos; si bien, los grandes gurus en esta materia realizaron investigaciones en como lograr los objetivos más importantes de las empresas, sin perder de vista la calidad llegando a la conclusión de que, es necesario implementar herramientas que a largo plazo muestren tendencias de mejora en sus productos.

El control estadístico de procesos es una forma eficaz de lograr beneficios para la organización en materia de calidad. Kaoru Ishikawa propone 7 herramientas básicas, de las cuales, los gráficos de control muestran objetivos claros y definidos. Tener bajo control una determinada característica de calidad que sea medible, requiere del diseño de gráficos en los que se registran los valores de los parámetros medidos en un intervalo determinado de prioridad y en el que se han señalado previamente los límites superiores e inferiores que son aceptados en el proceso para considerarlo bajo control (Grant & Leavenworth, 2000).

2.1 Aseguramiento de la calidad

2.1.1 Definición

Se le conoce como calidad al conjunto de características de un producto que le confieren la aptitud para satisfacer las necesidades específicas o implícitas de un cliente o consumidor (Besterfield, 1994).

2.1.2 Sistemas de aseguramiento de la calidad

Significa tener bajo control el proceso productivo antes de ingresar las materias primas, durante su recepción o almacenaje, durante el proceso de fabricación y después del proceso; esto con el propósito de que el producto esté bien hecho desde el principio. Para ello se requiere implementar un criterio netamente preventivo para controlar y verificar que en realidad se estén llevando a cabo su aseguramiento.

El grado de control de calidad en una planta varía en función de la escala de operación tecnológica y de su naturaleza. Los requerimientos de calidad en los procesos y productos cada vez es de mayor demanda, además de que deben ser manejados con orden e higiene con la finalidad de mantener la inocuidad e integridad de cada uno de los productos. (Grant & Leavenworth, 2000).

2.2 Queso

2.2.1 Definición

“El queso es el producto fresco o afinado, sólido o semisólido obtenido:

- a) Por coagulación de la leche entera, descremada, parcialmente descremada, crema, crema de lactosuero, suero de mantequilla solo o en combinación, gracias a la acción del cuajo o de otros agentes coagulantes apropiados y por desuerado parcial del lactosuero resultante de esta coagulación (Scott, 1991).
- b) Por el empleo de técnicas de fabricación que implican la coagulación de la leche y/o materia provenientes de esta, a fin de obtener un producto terminado que posea las mismas características físicas, químicas y sensoriales que el producto definido en a)” (Chamorro y Losada; 2002).

2.1.2 Clasificación

La gran variedad de quesos se explica por dos hechos esenciales:

- 1.- Naturaleza de la leche. Las pequeñas diferencias en la composición, independientemente de las diferencias existentes entre leches de especies o de razas, tienen repercusiones sobre las propiedades del queso (Varnam, 1994).
- 2.- Las formas de preparación en las que están involucrados los siguientes factores:
 - Microbiológicos: Composición de la microflora vista bajo un aspecto dinámico (microfloras sucesivas).
 - Bioquímicos: Concentración y propiedades de las enzimas del cuajo, bacterias, levaduras y mohos (Soroa, 1974).

- Físicos y fisicoquímicos: Temperatura, pH y efectos osmóticos
- Químicos: Proporción de calcio retenido en la cuajada, contenido en agua y sal, composición de la atmósfera (humedad) (Veisseyre, 1990)
- Mecánicos: Corte, agitación, trituración y frotamiento, que reducen o efectúan los efectos de los factores precedentes (Alais, 1981)

En la actualidad existen entre 400 y 1000 diferentes variedades de queso a nivel mundial. No existe un esquema de clasificación unánime aceptado a nivel internacional para todos los quesos conocidos, dado el número extraordinario de caracteres por considerar (Villegas, 2003). Algunas de las clasificaciones son:

- Por tipo de pasta
- Por consistencia de pasta
- Por grado de maduración
- Por agentes de maduración
- Por tipo de leche
- Por tipo de coagulación
- Por textura
- Por contenido de grasa
- Por región o país de origen
- Por tecnología

Con base a este último parámetro, los quesos se dividen en: frescos, de pasta blanda y de pasta prensada (Chamorro y Losada; 2002).

2.3 Pays

2.3.1 Definición

Postre o pastel que consiste de una pasta horneada en un molde profundo, rellena de fruta y/o de queso (Coronado, 2000)

2.3.2 Tecnología de fabricación

Todos los pays de fruta y queso son elaborados de manera artesanal con frutas frescas y queso tradicional Coronado por lo que constituyen una fuente importante de vitaminas y minerales (Coronado, 2000).

2.3.3 Tipos de pays

Los pays que se producen en la empresa son:



Pay de crema de limón

El refrescante sabor del limón hecho una deliciosa crema, combinado con la pasta original.



Pay de limón

El refrescante sabor del limón con la clásica cubierta de merengue especial de la casa



Pay de piña

El exquisito sabor de la piña combinado con el sabor de la pasta original.



Pay de fresa

El exquisito sabor de la fresa combinado con el sabor de la pasta original.



Pay de ciruela

El exquisito sabor de la ciruela, preparada con canela y especias, combinado con el sabor de la pasta original.



Pay de durazno

El delicioso sabor del durazno recién cortado hecho pay.



Pay de manzana

El delicioso sabor de la manzana, en una excelente combinación con canela y especias.



Pay de nuez

La energía de la nuez combinada con canela y especias con el sabor de la pasta original.

**Pie de calabaza**

El delicioso sabor de la calabaza con una combinación exquisita de especias. No te lo pierdas de octubre a diciembre.

**Pie de queso solo**

El exquisito sabor del queso de la casa Coronado, combinado con la pasta original.

**Pie de queso con piña**

El exquisito sabor del queso, combinado con la pasta original y relleno de piña.

**Pie de queso con fresa**

El exquisito sabor del queso, combinado con la pasta original y relleno de fresa.

**Pie de queso con blueberry**

El exquisito sabor del queso, combinado con la pasta original y cubierto con blueberries.

**Pie de queso con zarzamora**

El exquisito sabor del queso, combinado con la pasta original y cubierto con zarzamoras.

**Pie de queso con manzana**

El exquisito sabor del queso, combinado con la pasta original y relleno de manzana.

**Pie de queso con durazno**

El exquisito sabor del queso, combinado con la pasta original y relleno de durazno.

**Pie de queso con limón**

El exquisito sabor del queso, combinado con la pasta original, relleno de crema de limón y cubierto con el merengue clásico.

**Pie de queso con coco**

El exquisito sabor del queso, combinado con la pasta original y cubierto de crema de coco y coco rallado.

**Pie de queso piña colada**

El exquisito sabor del queso, combinado con la pasta original y cubierto de crema de piña colada y coco rallado.

**Pie de queso con cereza**

El exquisito sabor del queso, combinado con la pasta original y cubierto con cerezas.

2.4 Ingredientes y funcionalidad

2.4.1 Azúcar

Añade dulzor y reduce el punto de congelación de la mezcla, de manera que al congelarse no se endurezca.

2.4.2 Glucosa

Tiene un poder edulcorante que intensifica la dulzura y mejora la textura del producto, es capaz de reaccionar con los aminoácidos para formar sabores deseables y colores requeridos en el producto terminado (Badui, 2006).

2.4.3 Harina de trigo

Proporciona un alto rendimiento y absorción por su excelente contenido y calidad del gluten, tiene un buen balance entre la elasticidad y la tenacidad, por lo que presenta una alta tolerancia al mezclado. Es la que se emplea en mayor cantidad; por lo tanto, es la que tiene mayor influencia en la calidad del producto terminado.

2.4.4 Levadura fresca

Se utiliza como medio para esponjar la masa y mejorar el sabor y textura de esta.

2.4.5 Fécula de maíz

Forma geles a temperatura ambiente, similares a los obtenidos por gomas que reducen la sinéresis durante el horneado, es sometido a tratamientos térmicos, y mejora la maleabilidad de la masa durante el proceso (Flores, 2000).

2.4.6 Mantequilla

Grasa comestible de origen animal cuya función es lubricar y facilitar la propiedad de expansión de la masa durante la fermentación y el horneado, aumentando la calidad nutritiva del producto; ayuda también a prevenir la evaporación del producto horneado (Coronado, 2000).

2.4.7 Huevo entero pasteurizado

Tanto las proteínas (lipoproteínas) como los lípidos (fosfolípidos) del huevo entero (yema y clara) hacen que este tenga la capacidad de coagulación que difícilmente será duplicada por otro ingrediente, ligando y agrupando a los demás componentes del producto (Coronado, 2000).

2.4.8 Almidón modificado

Proporciona una excelente claridad, textura corta y suave, resistencia al rompimiento de textura durante el almacenamiento en ciclos de congelación-descongelación (Flores, 2000).

2.4.9 Benzoato de sodio

Previene, retarda o detiene la fermentación y el enmohecimiento, putrefacción o cualquier alteración del producto causado por algunos microorganismos y enzimas (Badui, 2006).

3. DESCRIPCIÓN ADMINISTRATIVA DE LA EMPRESA

3.1 Giro

Empresa 100% mexicana dedicada a la elaboración de repostería fina por medio de métodos artesanales e industrializados, con razón social Sociedad Anónima.

3.2 Estructura organizacional

En la figura 1, se muestra el organigrama de las áreas de Producción y Control de Calidad de Pays Coronado, S.A., en donde se participó como asistente de las gerencias de calidad y de producción.

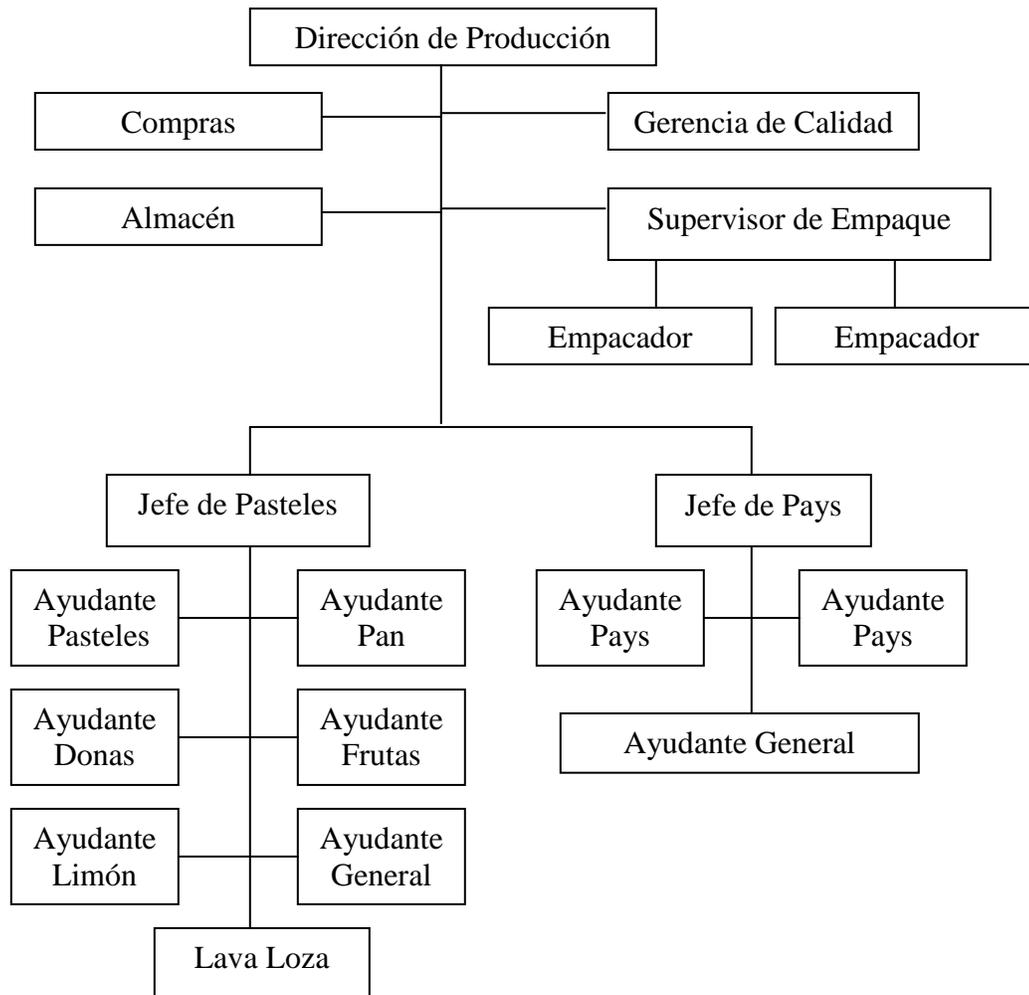


Figura 1. Organigrama de la Empresa.

3.3 Misión

Ofrecer productos elaborados con los más altos requerimientos en su manipulación, control y transformación, sin olvidar el tradicionalismo, cuidado y legado de nuestro fundador, desempeñando y contribuyendo al crecimiento y desarrollo de nuestro país.

3.4 Visión

Lograr un crecimiento constante obteniendo el reconocimiento de los consumidores a través del consumo de nuestros productos.

3.5 Antecedentes

En el año 1953, surge en la Delegación Miguel Hidalgo, D.F., la primera semilla de lo que con el transcurso del tiempo se convertiría en una empresa de gran prestigio.

Todo comenzó en la calle de Euclides No. 15 col. Anzures, cuando Don Martín Coronado y Doña Soledad Buendía iniciaron con una fabriquita de Pays con recetas que lograron conseguir en los Estados Unidos, comenzando con el tradicional Pay de manzana. Esas fórmulas y secretos conservados con esmero y dedicación permitieron brindar un producto de excelente calidad.

Poco a poco su producto fue aceptado rápidamente a tal grado que la fabriquita no tenía la infraestructura para abastecer la demanda generada, es ahí cuando en 1960 con el apoyo de Don Luis Coronado Buendía se logró trasladar la fábrica en lago Hielmar No. 74 col. Anahuac, conocida actualmente como la Casa Matriz; la dirección anterior pasó a convertirse en una sucursal.

La rapidez con que se fue expandiendo esta empresa así como el éxito que se consiguió con sus productos, obligaron a la empresa a obtener terrenos para crear nuevas sucursales y nuevos productos, especializándose en la repostería fina y teniendo como su mayor mercado la zona noreste de la Ciudad de México, es así como se adquirieron camionetas para trasladar sus productos desde la planta hasta cada una de las sucursales.

Sin embargo, se tenía un problema: solo eran conocidos y reconocidos en el norte del D.F. De este modo, en el año 2005 el Lic. Efraín Coronado Nava y el Lic. Alejandro Coronado Nava encontraron la forma de hacer llegar sus productos primeramente a todo el Distrito Federal y poco a poco al resto del país llegando a un acuerdo con la empresa Alvatrade quien se encarga de comercializar los tradicionales Pays en las diferentes tiendas de autoservicio.

A partir del año 2007 y hasta la fecha, se ha alcanzado un acuerdo con la cadena comercial Oxxo para introducir al mercado del D.F., Toluca y Pachuca, minipays continuando así con su crecimiento y expansión, repercutiendo en la evaluación de un proyecto para construir una nueva planta en el Norte del país.

3.6 Diagrama de distribución de la planta

La Casa Matriz de Pays Coronado, S.A., se encuentra ubicada en la Calle Lago Hielmar No. 74 col. Anahuac. C.P. 11320, Delegación Miguel Hidalgo, Distrito Federal.

En la figura 2, se muestra el diagrama de distribución de la planta

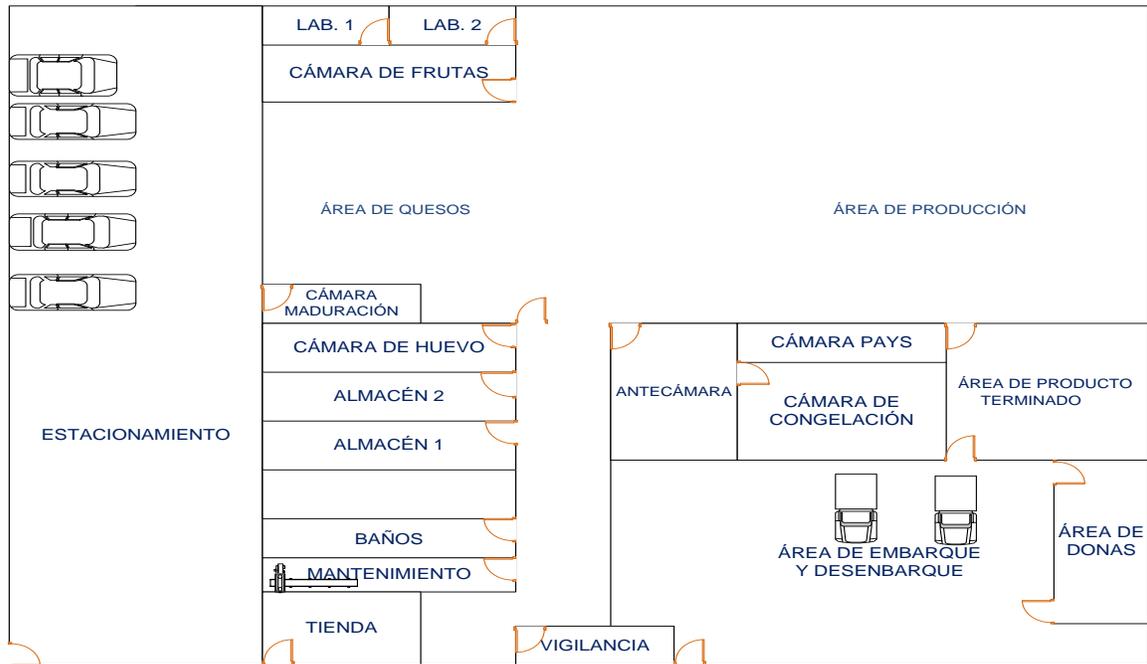


Figura 2. Diagrama de distribución de las áreas de proceso.

4. DESCRIPCIÓN TÉCNICA DE LA EMPRESA

4.1 Descripción del proceso

El proceso de fabricación de pays consta de 5 etapas, que dependen del tipo de pay que se desee producir:

- Elaboración de la masa (pasta)
- Elaboración del(os) relleno(s) de fruta
- Pasteurización de leche
- Fabricación de queso fresco
- Envasado

La figura 3, muestra el proceso de elaboración de la pasta para la elaboración de pay, este consta de 6 etapas:

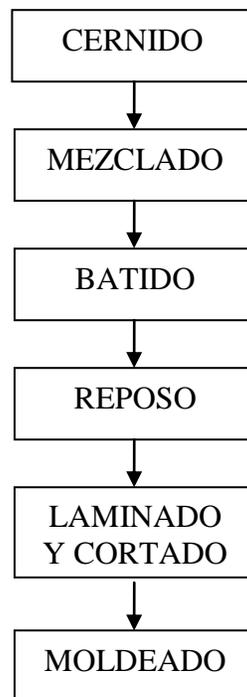


Figura 3. Elaboración de pasta

- **CERNIDO:** Tratamiento previo que se le da a la harina de trigo para evitar la formación de grumos que perjudiquen el mezclado de esta con otros ingredientes.
- **MEZCLADO:** Este se lleva a cabo entre la harina, sal, margarina y agua para darle forma a la pasta.
- **BATIDO:** Este paso se le da a las yemas y claras de huevo para posteriormente incorporarlas a la mezcla anterior y terminar de formar la pasta.
- **REPOSO:** Es por un periodo de 24h a 4°C para que se forme la textura deseada y se incorporen perfectamente cada uno de los ingredientes.
- **LAMINADO Y CORTADO:** A través de una cortadora, se incorpora la pasta para moldearse de forma cuadrada y plana, para posteriormente realizarle cortes circulares que servirán primeramente como base y posteriormente como tapa. (Para el pay de manzana se le realiza un sello de corte con la inicial M, ya que este pay se realiza en crudo para que el cliente lo hornee en casa)
- **MOLDEADO:** La última etapa de este procedimiento consiste en colocar la pasta base a los moldes (denominados cascos dentro de la empresa), para incorporarles el relleno de fruta y/o el queso, y por último la tapa respectiva.

El proceso de elaboración del relleno de fruta(as) se describe en la figura 4.

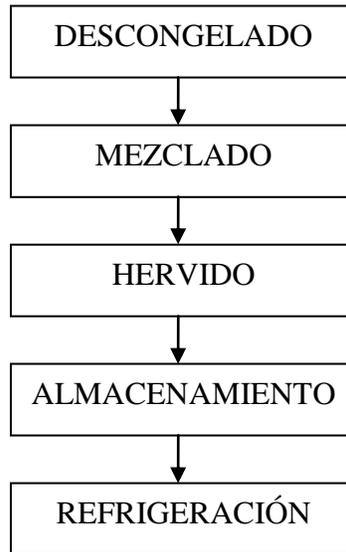
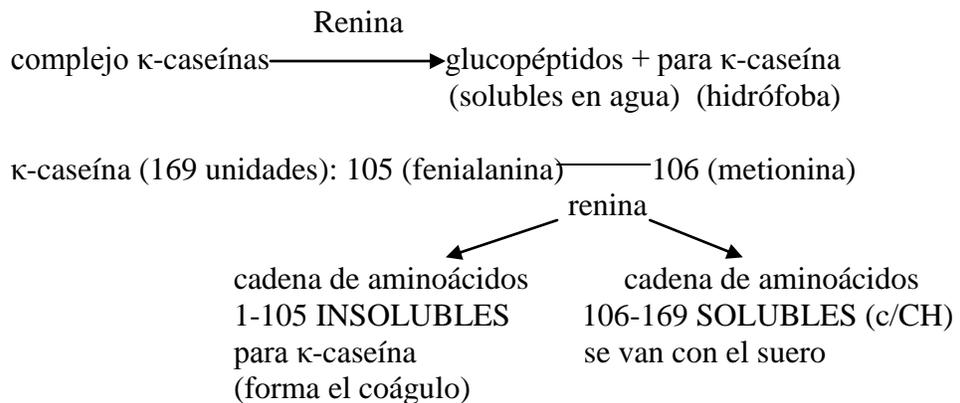


Figura 4. Elaboración de relleno de fruta

- **DESCONGELADO:** La mayor parte de las frutas que se utilizan llegan congeladas (-17°C), es por ello que deben descongelarse.
- **MEZCLADO:** Se lleva a cabo entre la solución de sacarosa del almíbar y las respectivas frutas.
- **HERVIDO:** Debe realizarse a 103°C por 10 min para reducir el contenido de agua.
- **ALMACENAMIENTO:** Primeramente se realiza a temperatura ambiente para dejar enfriar la conserva y es colocada en contenedores de fácil transporte.
- **REFRIGERACIÓN:** Se realiza para conservarla mientras se realizan las pastas y el queso respectivos de cada pay.

La transformación de la leche en queso consta fundamentalmente de dos procesos: la obtención de la cuajada y su maduración. Estos procesos a su vez se pueden dividir en tres fases esenciales:

- a) **Formación del gel de caseína:** Es el cuajado o coagulación de la leche (Caseína coagulada por la acción del cuajo). Esta involucra dos reacciones (Campos, 2007):



para κ -caseína + caseína α + caseína β + caseína κ = fosfocaseinatos de Ca^{++}

- b) **Sinéresis:** La deshidratación parcial de la caseína por contracción de las micelas que la forman; es decir, el desuerado de la cuajada (contracción del coágulo y expulsión del suero)
- c) **Maduración:** Es el afinado o maduración de la cuajada.

Cabe destacar que la empresa fabrica su propio queso de forma artesanal para fabricar los pays, para ello utilizan leche en polvo y leche bronca, obteniendo de esta crema, queso y suero. En el caso de los quesos frescos, la fabricación termina con el desuerado.

En la figura 5 se describe la obtención de queso fresco:

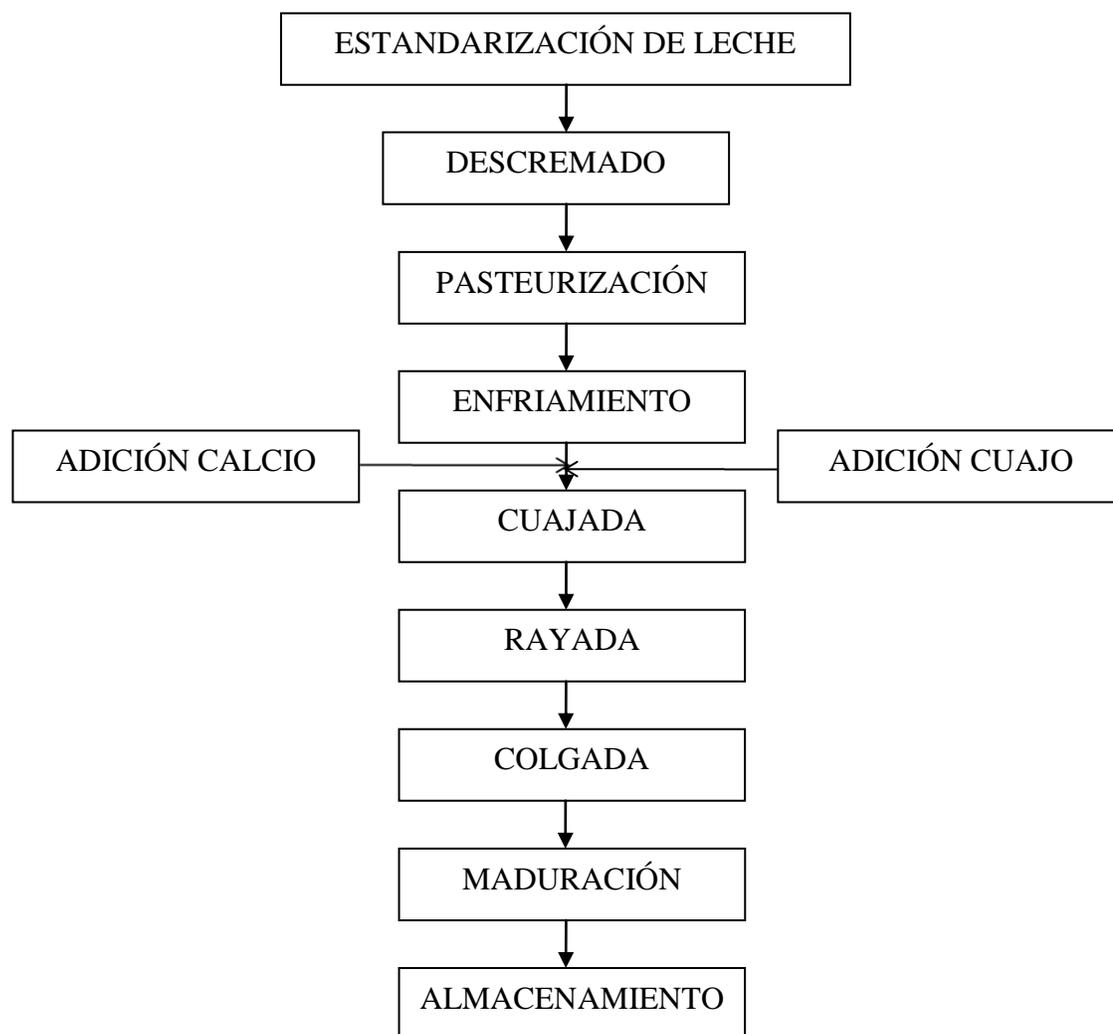


Figura 5. Proceso de obtención de queso fresco

- **SELECCIÓN DE LECHE:** Normalmente el tipo de leche a utilizar es alternada; es decir, una vez se utiliza en polvo y la siguiente es con bronca.
- **DESCREMADO:** De este paso se obtiene la crema que se utilizará para los pays de crema limón.
- **PASTEURIZACIÓN:** Se realiza a 75°C por 15 segundos para evitar que exista desarrollo de microorganismos patógenos que afecten la calidad del producto.
- **ENFRIAMIENTO:** Brevemente es reducida la temperatura hasta 30°C para su posterior entrada a la tina quesera y agregarle el resto de los componentes.
- **ADICIÓN DE CALCIO:** Se agrega CaCl_2 de tal manera que no contenga grumos. Del mismo modo, se adiciona un cultivo láctico liofilizado para producir ácido láctico a partir de la lactosa para promover la formación y desuerado de la cuajada, y evitar que crezcan microorganismos como consecuencia de la reducción del pH a 5.0-5.2.
- **ADICIÓN DE CUAJO:** Se emplea para facilitar el desuerado y por su capacidad proteolítica a lo largo de la maduración.
- **CUAJADA:** La textura de esta va a depender de la cantidad de cuajo utilizado, de la temperatura y de la acidez de la leche.
- **RAYADA:** Consiste en la división del coágulo en porciones con objeto de aumentar la superficie de desuerado y, por tanto, de favorecer la evacuación del suero. Se efectúa utilizando liras, y debe realizarse lentamente con el fin de no deshacer el coágulo, pues de lo contrario se formarían granos irregulares que desuerarían con dificultad.

- **DESUERADO:** Realizado a partir de la colocación del queso en mantas de tela que filtran el suero hacia un contenedor, esto con el fin de formar bolitas de queso prensadas y colgadas para favorecer que se extraiga la mayor cantidad de suero.
- **ALMACENAMIENTO:** Esto se lleva a cabo a una temperatura de 4°C por 24h para favorecer su maduración, conservación, evitar crecimiento de microorganismos y poder ser utilizado para los respectivos pays que se fabriquen durante el turno.

Una vez fabricados el queso, el relleno de fruta y la pasta base, se procede a la fabricación del pay de frutas y del pay con queso y frutas.

Los tipos de pays se realizan en tres presentaciones:

- **PAY ESTÁNDAR:** Es fabricado para su venta en las sucursales de Coronado, una vez fabricado se transporta directamente a estas en cada una de sus rutas.
- **PAY CONGELADO:** Elaborado para su venta en tiendas de autoservicio; el tiempo de congelación depende de la fruta del que se ha fabricado: manzana 12h, limón 24h, frutas 6h.
- **MINIPAY:** Fabricado para su distribución en las tiendas de la cadena comercial Oxxo en las ciudades de México, Pachuca y Toluca.

La figura 6, muestra el procedimiento para obtener dichos productos:

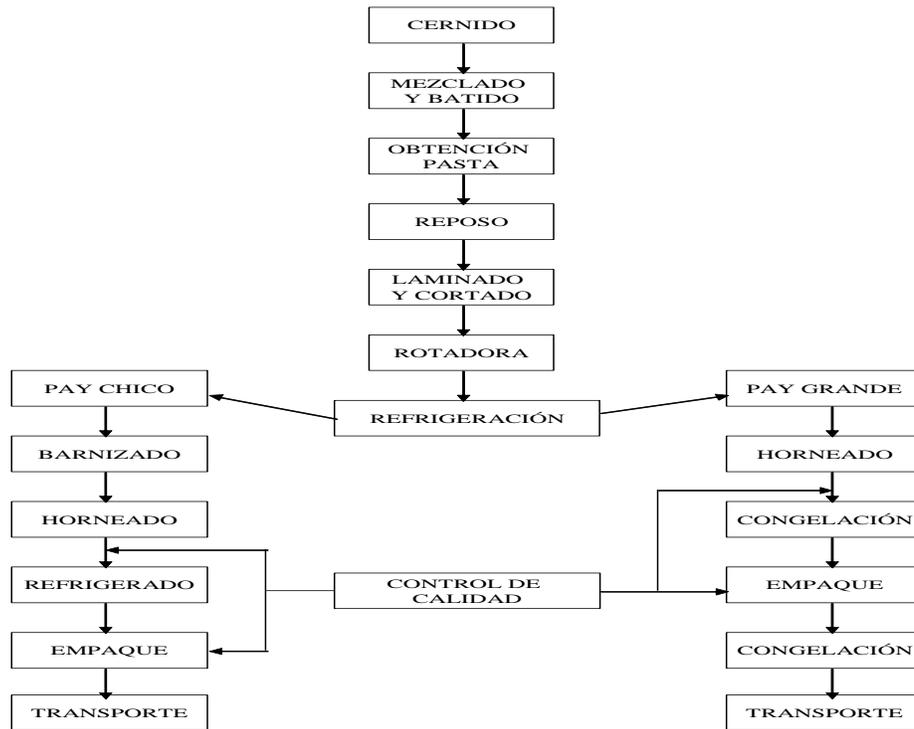


Figura 6. Diagrama de fabricación de pay

En este procedimiento, los primeros puntos son los que involucran a la pasta, de ahí partiremos para explicar los siguientes puntos:

- **BARNIZADO:** Una vez colocada la fruta, se aplica clara de huevo para darle una apariencia agradable y consistencia a la pasta.
- **HORNEADO:** Se realiza para cocer la pasta y para que se adhieran el queso y las frutas para obtener el sabor tradicional y reconocido de este producto por cada uno de nuestros consumidores.
- **EMPAQUE:** Para los minipays, se colocan en su caja plastificada previamente etiquetada con su fecha de caducidad y lote, que soporta la temperatura de refrigeración y conserva el producto mientras no es consumido. En el caso del

pay grande, primero se coloca una tapa (internamente denominada domo), se sella y se coloca en su caja plastificada individual sellada, que soporta temperaturas de congelación y mantiene la integridad del producto. Por último, se empacan en una caja master que tiene capacidad para 10 pays grandes, o 32 minipays respectivamente, para su transporte en camionetas.

- **CONTROL DE CALIDAD:** En este punto se evalúa que el pay contenga el peso adecuado, que no se encuentre deforme o roto de las orillas o del centro, que esté perfectamente cocido y que tenga el sabor característico del producto; así como también, que la colocación del sello de caducidad sea legible y entendible.
- **CONGELACIÓN:** Se realiza a -17°C para conservar el producto en autoservicio durante su almacenamiento y transporte.
- **TRANSPORTE:** Se utilizan camiones que tienen las condiciones de temperatura adecuadas para los productos de congelación, y en camionetas que tienen las condiciones de refrigeración que aseguren que los productos lleguen perfectamente a su destino final.

5. JUSTIFICACIÓN

Los sistemas tradicionales de control de calidad, se basan generalmente en la inspección de un producto terminado y no en la verificación de todas las etapas del proceso así como en las propiedades físicas, químicas y biológicas de las materias primas que intervienen en la fabricación de un producto determinado; sin embargo, un paso importante para garantizar la inocuidad de dicho alimento, es el desarrollo y la implementación de un control estadístico de procesos, ya que este ha sido una herramienta de suma importancia para el éxito de las grandes empresas, incluyendo a las de la industria alimentaria; debido a que, en conjunto con otras herramientas, logra optimizar procesos basándose en la prevención y corrección de posibles desviaciones, reflejando su impacto en la calidad final del producto y aún más en los costos de producción.

Por tal motivo, es importante la necesidad de hacer uso de esta herramienta para lograr los objetivos de la organización, en un producto tan importante para la empresa, como lo es el pay de queso y el pay de queso con frutas, asegurando así su competitividad en el mercado nacional.

6. OBJETIVOS

6.1 Objetivo general

- Aplicar el control estadístico de procesos en la línea de producción de queso como materia prima para la fabricación de pays y lograr a través de esta herramienta, controlar dicha línea.

6.2 Objetivos específicos

- Utilizar el diagrama causa-efecto para establecer una relación entre las variables de operación del proceso en cada una de sus etapas
- Emplear el análisis de varianza para detectar que variables interfieren negativamente en la línea de producción de queso
- Manipular las variables de operación del proceso para establecer bajo que condiciones puede mejorarse
- Dar soluciones a los problemas que se generen en la línea de producción
- Realizar el control estadístico del proceso de elaboración del queso
- Elaborar formatos de control para cada etapa del proceso
- Crear los gráficos de control tipo X-R para cada etapa del proceso
- Fijar los límites superior e inferior de control del proceso a $\pm 3\sigma$
- Controlar estadísticamente la línea de producción de queso fresco

7. METODOLOGÍA

La figura 7, muestra la metodología para implementar el control estadístico del proceso de fabricación de queso (Grant & Leavenworth, 2000):

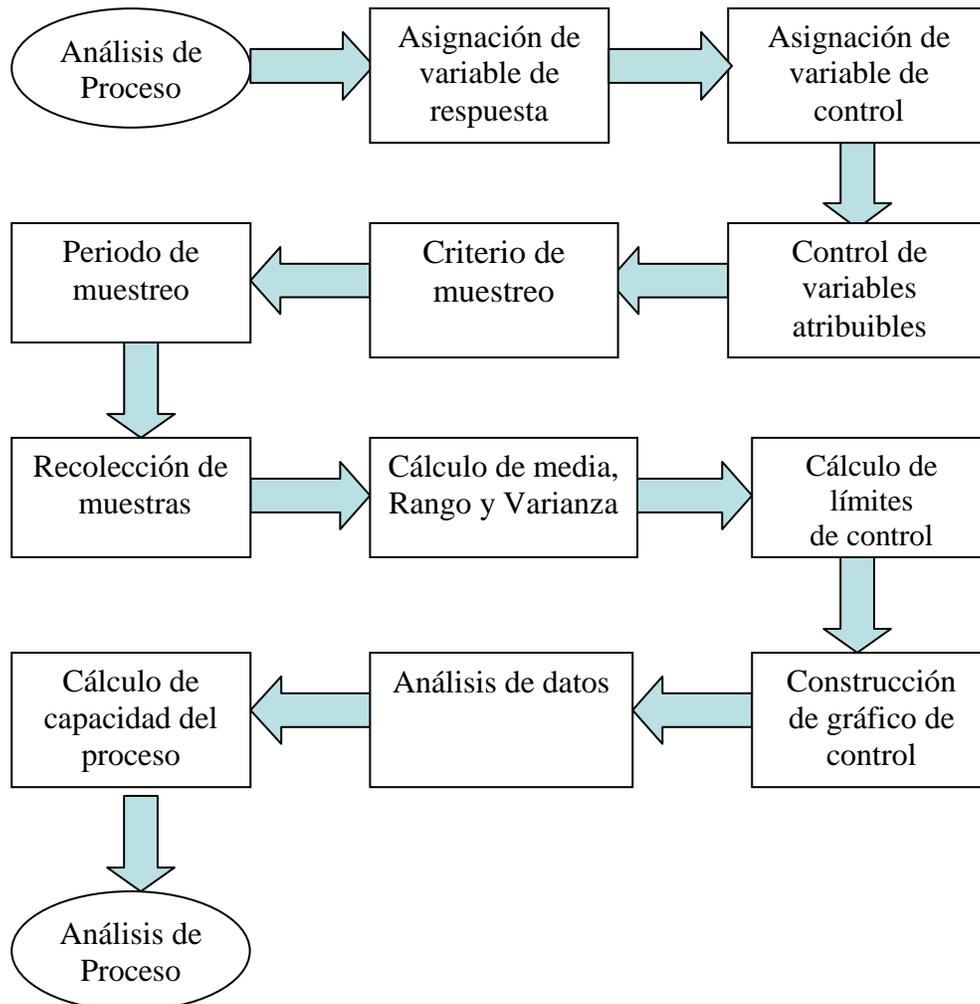


Figura 7. Metodología general para la implementación del control estadístico del proceso

8. DESARROLLO

8.1 Identificación de variables de operación del proceso

En realidad, cualquier proceso de fabricación, aún el más confiable, se caracteriza por cierto grado de variabilidad que es de naturaleza aleatoria y que no se puede eliminar completamente. Cuando la variabilidad presente en un proceso de producción está limitada a la variación aleatoria, se dice que el proceso está Bajo Control Estadístico.

Esto se consigue buscando todas las causas que originan variaciones en el proceso, mejor conocidas como variables y que su control adecuado permite lograr el efecto en el proceso. Estas se dividen en:

- Controlables: generalmente son parámetros medibles como temperatura, presión, flujo, pH, etc. que pueden manipularse para mejorar el proceso.
- Incontrolables: estas se deben a las condiciones ambientales, pero también a los cambios en el estado de ánimo del personal que trabaja en la empresa y que provocan que realicen mal sus respectivas labores.

La figura 8, ilustra detalladamente esto (Grant & Leavenworth; 2000):

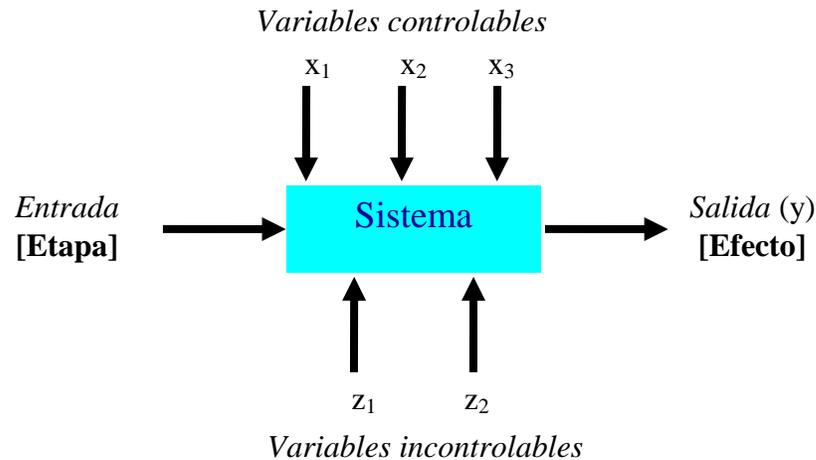


Figura 8. Modelo general de un sistema

Ahora bien, se hizo la identificación de las variables de operación del proceso para cada una de las etapas que comprende la fabricación de queso; estas se muestran en el cuadro 1:

Cuadro 1. Variables y efectos en el proceso de fabricación de queso

Etapa	Variables Controlables	Variables Incontrolables	Efecto
Cuajada	t de Pasteurización T de Recepción de la leche T de Pasteurización Peso del CaCl ₂ T del Proceso pH durante la coagulación Acidez de la leche	Falta de BPM Recepción Incorrecta de leche No se llenan correctamente los formatos de recepción No se toman lecturas de pH	Coagulación de leche
Rayada	Tiempo de rayado Tiempo de calentamiento Tiempo de agitación Tiempo de reposo Temperatura de calentamiento Temperatura del proceso	Deficiencia en técnica de rayado Exceso de tiempo en preparación de mantas Deficiencia en técnica de calibrar el medidor de pH Deficiencia en toma de lecturas Deficiencia en interpretación de lecturas Tiempos muertos	Acidez del suero
Colgada	Tiempo de colgado Temperatura del proceso	Descuido de electrodo del medidor de pH Llenado correcto de formatos Tiempos muertos	Flujo de suero
Maduración	Tiempo de maduración Temperatura de maduración	Toma de lecturas de la cámara Llenado correcto de formatos	% Humedad del queso

Las variables anteriores causan variaciones de calidad en la producción por lo que se debe establecer una relación entre ellas con la calidad final del producto; para ello, se utilizará el diagrama Causa-Efecto o de Ishikawa (Figura 9) para poder organizar su relación:

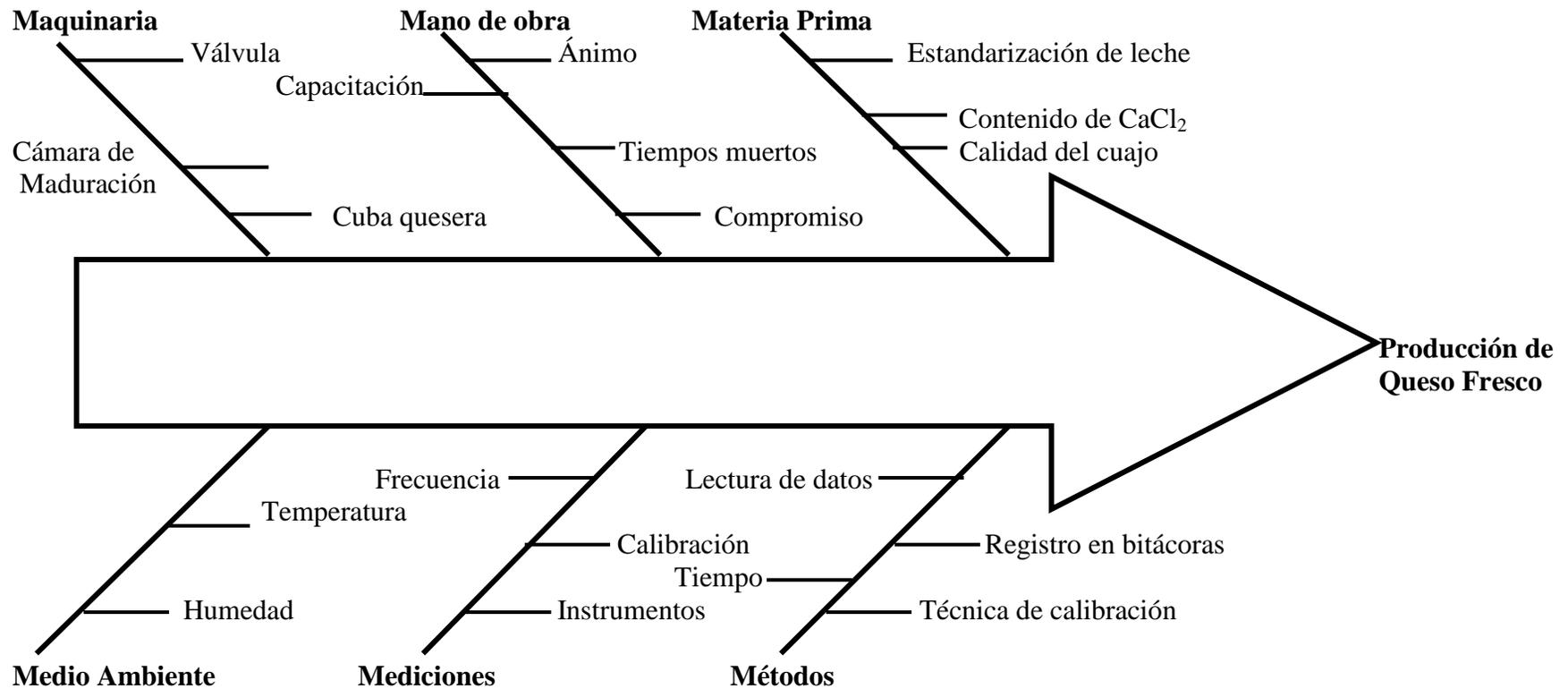


Figura 9. Diagrama Causa-Efecto para encontrar las causas de variación del proceso en general*.

* Para consultar el diagrama Causa-Efecto para cada una de las etapas del proceso, véase Anexo I

8.2 Análisis de varianza (ANOVA)

Una vez definidas las variables y el efecto que se quiere ejerzan estas en el proceso, el siguiente paso es evidenciar como interactúan estas, esto a través de la igualdad entre las medias de cada variable; para ello, se utilizará el *análisis de varianza*, en el cual al efecto requerido lo llamaremos *tratamiento* o *nivel* y cada variable la denominaremos *factor* que quiere compararse. La respuesta observada de cada uno de los tratamientos es una variable aleatoria (Montgomery, 2006).

Los datos aparecerían como en el cuadro 2:

Cuadro 2. Datos típicos de un experimento de un solo factor

Tratamiento (Nivel)	Observaciones				Totales	Promedios
1	y_{11}	y_{12}	...	y_{1n}	y_1	\bar{y}_1
2	y_{21}	y_{22}	...	y_{2n}	y_2	\bar{y}_2
⋮	⋮	⋮	...	⋮	⋮	⋮
a	y_{a1}	y_{a2}	...	y_{an}	\underline{y}_a	\bar{y}_a
					$y_{..}$	$\bar{y}_{..}$

Siguiendo este ejemplo, y manipulando los efectos que se esperan por etapa descritos en el cuadro 1, se obtienen entradas que representan las observaciones tomadas bajo diferentes niveles de tratamientos, generando cuadros de datos para cada una de las etapas que componen el proceso de fabricación de queso.

El cuadro 3 presenta las respuestas obtenidas durante las observaciones en la etapa de cuajada que leche*:

* Para consultar las respuestas de las etapas posteriores, vease Anexo II

Cuadro 3. Datos para ANOVA en la etapa de cuajada

Tiempo de Coagulación (min)	Tiempo de pasteurización (s)			
29	15.11	15.4	15.24	15.88
30	14.98	15.13	14.04	15.31
31	15.04	15.32	15.35	15.27
32	15.12	15	15.27	15.13
33	15.45	15.26	15.36	15.14
35	15.12	15.46	15.17	15.15
38	15.19	15.26	14.97	15.73
39	15.04	15.09	14.99	15.29
40	15.23	15.11	15.23	15.23

Tiempo de Coagulación (min)	pH			
29	6.77	6.79	6.79	6.79
30	6.77	6.79	6.76	6.77
31	6.8	6.74	6.8	6.79
32	6.78	6.8	6.8	6.75
33	6.6	6.78	6.6	6.77
35	6.5	6.3	6.7	6.79
38	6.5	6.8	6.78	6.5
39	6.8	6.8	6.8	6.75
40	6.8	6.7	6.8	6.8

Tiempo de Coagulación (min)	Acidez de la Leche (%)			
29	8	7.7	8	7.8
30	7.9	7.8	7.9	8
31	7.9	7.8	8	7.9
32	7.7	8	8	8
33	8.2	7.9	8.1	7.9
35	9.1	8.1	8	8
38	9	7.9	8	8
39	8.5	8	7.9	7.8
40	7.9	8.1	7.9	7.8

Tiempo de Coagulación (min)	Temperatura de la Leche (°C)			
29	6.2	5.8	6.2	6
30	5.8	6.2	6	6.2
31	5.8	6	6.2	5.8
32	6	6	6.2	6
33	4.2	6.2	4.6	6
35	4.2	5.4	5.2	5.4
38	4	4.6	4	4.2
39	4.4	4.6	4.4	5.4
40	4.6	4.4	4.2	4.4

Tiempo de Coagulación (min)	Temperatura de Proceso (°C)			
29	35.6	35.2	35.9	35.8
30	35.7	35.6	35.8	35.8
31	35.2	35.7	35.6	35.8
32	35.8	35.8	35.8	35.8
33	35.7	35.6	35.4	35.7
35	36.3	35.2	35.8	35.6
38	36.1	35.6	35.8	35.7
39	35.5	35.8	35.2	35.2
40	35.5	35.8	35.4	35.2

Tiempo de Coagulación (min)	pH de la Coagulación			
29	5.28	5.22	5.28	5.25
30	5.28	5.26	5.29	5.27
31	5.23	5.21	5.21	5.29
32	5.22	5.27	5.25	5.27
33	5.31	5.34	5.29	5.34
35	5.33	5.34	5.36	5.31
38	5.36	5.35	5.38	5.33
39	5.37	5.39	5.24	5.35
40	5.37	5.41	5.42	5.38

Tiempo de Coagulación (min)	CaCl ₂ (g)			
29	160.0256	160.0132	160.0172	160.0198
30	160.0245	160.0117	160.0231	160.0169
31	160.0191	160.0171	160.0224	160.0119
32	160.0166	160.0204	160.0177	160.0216
33	160.0254	160.0234	160.0156	160.0212
35	160.0261	160.0278	160.0165	160.0146
38	160.0239	160.0246	160.0265	160.0211
39	160.0248	160.0206	160.0145	160.0147
40	160.0256	160.0167	160.0159	160.0237

Tiempo de Coagulación (min)	Temperatura de Pasteurización (°C)			
29	72.2	72.4	72.4	72.2
30	72	72	72.2	72
31	72.2	72.4	72.2	72
32	71.9	72	72	72.4
33	72	72.2	72.4	72.2
35	72.2	72.4	72.2	71.9
38	72.4	72.2	72.4	72.4
39	72	72.4	72.2	72.4
40	72.4	72	72	72.2

Se encontrará útil describir las observaciones de un experimento con un modelo.

Una manera de escribirlo es:

$$y_{ij} = \mu_i + \varepsilon_{ij} \quad \begin{cases} i = 1, 2, \dots, a \\ j = 1, 2, \dots, n \end{cases} \quad (1)$$

donde y_{ij} es la observación i -ésima, μ_i es la media del nivel del factor o tratamiento i -ésimo, y ε_{ij} es un componente del error aleatorio que incorpora todas las demás fuentes de variabilidad del experimento, incluyendo las mediciones, la variabilidad que surge de factores no controlados, las diferencias entre las unidades experimentales a las que se aplican los tratamientos, y el ruido general de fondo general en el proceso (ya sea variabilidad con el tiempo, efectos de variables ambientales, etc.). Es conveniente considerar que los errores tienen media cero, de tal modo que $E(y_{ij}) = \mu_i$.

A la ecuación anterior se le llama *modelo de medias*. Una forma alternativa de escribir un modelo de los datos es definiendo:

$$\mu_i = \mu + \tau_i, \quad i = 1, 2, \dots, a$$

de tal modo que la ecuación 1 se convierte en:

$$y_{ij} = \mu_i + \tau_i + \varepsilon_{ij} \quad \begin{cases} i = 1, 2, \dots, a \\ j = 1, 2, \dots, n \end{cases} \quad (2)$$

En esta forma del modelo, μ es un parámetro común a todos los tratamientos al que se llama *la media global*, y τ_i se le conoce como *modelo de los efectos* o modelo del *análisis de varianza simple o de un solo factor*, porque únicamente se investiga un factor. Además, será un requisito que el experimento se lleve a cabo en orden aleatorio para que el ambiente en el que se apliquen los tratamientos sea lo más uniforme posible.

Mediante este modelo estadístico se quiere probar la hipótesis acerca de las medias de los tratamientos, y las conclusiones se aplicarán únicamente a los niveles del factor considerados en el análisis. Para ello, el cuadro 4 presenta las fórmulas que se utilizarán (Montgomery, 2006):

Cuadro 4. Análisis de varianza para el modelo con un solo factor y efectos fijos

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F_0
Entre los tratamientos	$SS_{\text{Tratamientos}} = n \sum_{i=1}^a (\bar{y}_i - \bar{y}_{..})^2$	a - 1	$MS_{\text{Tratamientos}}$	$F_0 = \frac{MS_{\text{Tratamientos}}}{MS_E}$
Error (dentro de los tratamientos)	$SSE = SST - SS_{\text{Tratamientos}}$	N - a	MS_E	
Total	$SS_T = n \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^n (y_{ij} - \bar{y}_{..})^2$	N - 1		

Una vez realizado el análisis de varianza para cada etapa del proceso de fabricación de queso y haber comprobado que los tratamientos no son significativamente diferentes (hay igualdad entre medias), entonces obtenemos que a nuestras variables fijas (efectos) pueden realizárseles el control estadístico del proceso.

8.3 Asignación de las variables de control

El cuadro 5, muestra los efectos que se van a controlar en cada etapa del proceso de fabricación de queso por medio del control estadístico de procesos:

Cuadro 5. Asignación de variables de respuesta

Etapa	Efecto
Cuajada	Tiempo de Coagulación de leche
Rayada	Acidez del suero
Colgada	Flujo de suero
Maduración	% Humedad

A estos efectos los denominaremos *variables de control*, ya que ellos funcionarán como indicadores de calidad en el proceso de fabricación de queso, ya que este es una materia prima indispensable para la fabricación de pays.

8.4 Toma de muestras

Las muestras recolectadas corresponden a 6 meses normales de producción (Julio, Agosto, Septiembre, Octubre, Noviembre y Diciembre de 2008), registrando el comportamiento de todo el proceso para asegurar que las condiciones de producción fueron idóneas o en su defecto, corregirlas.

8.5 Gráficos de control X-R

Para construir el gráfico de control X-R (Medias y Rangos), es necesario que la característica del producto se haya definido con tipo de análisis Variable y tamaño de subgrupo igual o mayor a 2. En este, cada punto de la gráfica de Medias es el promedio de las muestras de un subgrupo y cada punto de la gráfica de Rangos es la diferencia entre el valor máximo y el mínimo de cada subgrupo.

8.6 Cálculo del valor de la media (X) y rango (R)

Se calculó el valor promedio y la amplitud de la muestra mediante las siguientes fórmulas (Grant & Leaveworth; 2000):

Para Media:

$$X = \frac{\sum X}{n} \quad (3)$$

Para Rango:

$$R = X_{\text{máx}} - X_{\text{mín}} \quad (4)$$

Dónde: $X_{\text{máx}}$ = valor más alto de los datos
 $X_{\text{mín}}$ = valor más bajo de los datos

8.7 Cálculo de los límites de control

Basados en que se tienen datos continuos con tamaño de muestra $n = 6$, la fórmula para calcular los límites de control superior e inferior para construir el gráfico de control X-R es (Grant & Leaveworth; 2000):

$$LSC_X = X + A_2R \quad (5)$$

$$LIC_X = X - A_2R \quad (6)$$

Donde: $A_2 = 0.5577$; X = Media y R = Rango promedio

9. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados generales obtenidos en el proceso de fabricación de queso durante los seis meses que se estuvo dentro de la empresa se presentan en el cuadro 6*:

Cuadro 6. Resultados generales en la etapa de cuajada.

	t de Past. (s)	Leche (L)	pH Leche	Acidez Titulable	T Leche (°C)	T Past. (°C)	CaCl ₂ Totales (g)	Cuajo (ml)	pH	T Proceso (°C)	Tiempo de Coagulación (min)
JUL.	15,23	800	6,8	7,9	4,6	72,4	160,0256	80	5,37	35,5	40
	14,98	800	6,78	8	4,2	72,2	160,0153	80	5,43	35,9	45
	15,12	800	6,5	9,1	4,2	72,2	160,0261	80	5,33	36,3	35
	15,19	800	6,5	9	4	72,4	160,0239	80	5,36	36,1	38
	15,45	800	6,6	8,2	4,2	72	160,0254	80	5,31	35,7	33
	15,04	800	6,8	8,5	4,4	72	160,0248	80	5,37	35,5	39
	15,36	800	6,6	8,1	4,6	72,4	160,0156	80	5,29	35,4	33
	14,99	800	6,8	7,9	4,4	72,2	160,0145	80	5,24	35,2	39
	15,38	800	6,5	7,8	4	72,4	160,0183	80	5,35	35,8	35
	15,23	800	6,8	7,8	4,4	72	160,0237	80	5,38	35,2	40
	15,18	800	6,78	7,9	4,6	72,4	160,0231	80	5,42	35,4	45
	15,73	800	6,5	8	4,2	72,2	160,0211	80	5,33	35,7	38
	AGO.	15,26	800	6,8	7,9	4,6	72,2	160,0246	80	5,35	35,6
15,11		800	6,7	8,1	4,4	72	160,0167	80	5,41	35,8	40
14,97		800	6,78	8	4	72,4	160,0265	80	5,38	35,8	38
15,37		800	6,75	7,8	4,2	72	160,0123	80	5,46	35,7	43
15,23		800	6,8	7,9	4,2	72	160,0159	80	5,42	35,4	40
15,09		800	6,8	8	4,6	72,4	160,0206	80	5,39	35,8	39
15,34		800	6,8	7,9	5,2	72,2	160,0202	80	5,41	35,9	42
15,87		800	6,7	8,1	5,6	72,2	160,0156	80	5,39	35,4	40
15,36		800	6,78	8	5,6	72	160,0141	80	5,37	35,4	38
15,29		800	6,75	7,8	5,4	72,4	160,0147	80	5,35	35,2	39
15,21		800	6,8	7,9	5,2	72,4	160,0238	80	5,39	35,8	40
15,44		800	6,76	8	5,4	72,2	160,0165	80	5,34	35,2	38

	t de Past. (s)	Leche (L)	pH Leche	Acidez Titulable	T Leche (°C)	T Past. (°C)	CaCl2 Totales (g)	Cuajo (ml)	pH	T Proceso (°C)	Tiempo de Coagulación (min)
SEPT.	14,99	800	6,8	8	4,8	72	160,0212	80	5,32	35,4	34
	15,46	800	6,74	8,1	5,4	72,4	160,0278	80	5,34	35,2	35
	15,17	800	6,7	8	5,2	72,2	160,0165	80	5,36	35,8	35
	15,06	800	6,77	7,9	4,8	72,2	160,0288	80	5,36	35,8	36
	15,09	800	6,76	8	5	72	160,0143	80	5,33	35,9	34
	15,15	800	6,79	8	5,4	71,9	160,0146	80	5,31	35,6	35
	15,07	800	6,8	8	5,8	72,4	160,0176	80	5,29	35,4	32
	15,16	800	6,79	7,7	6,2	72,4	160,0214	80	5,27	35,4	32
	15,39	800	6,75	7,7	6	72	160,0164	80	5,24	35,2	30
	15,88	800	6,79	7,8	6	72,2	160,0198	80	5,25	35,8	29
	15,23	800	6,78	8	6,2	72	160,0176	80	5,21	35,6	31
	15,11	800	6,8	7,9	6,4	72,2	160,0242	80	5,26	35,9	30

	t de Past. (s)	Leche (L)	pH Leche	Acidez Titulable	T Leche (°C)	T Past. (°C)	CaCl2 Totales (g)	Cuajo (ml)	pH	T Proceso (°C)	Tiempo de Coagulación (min)
OCT.	14,98	800	6,77	7,9	5,8	72	160,0245	80	5,28	35,7	30
	15,12	800	6,78	7,7	6	71,9	160,0166	80	5,22	35,8	32
	15,04	800	6,8	7,9	5,8	72,2	160,0191	80	5,23	35,2	31
	15,11	800	6,77	8	6,2	72,2	160,0256	80	5,28	35,6	29
	15,13	800	6,79	7,8	6,2	72	160,0117	80	5,26	35,6	30
	15	800	6,8	8	6	72	160,0204	80	5,27	35,8	32
	15,87	800	6,73	7,9	6,2	72	160,0234	80	5,26	35,7	30
	15,46	800	6,77	7,6	6,2	72	160,0156	80	5,22	35,4	28
	15,21	800	6,78	7,7	6,4	72	160,0212	80	5,23	35,2	31
	15,05	800	6,77	7,7	6	72,4	160,0219	80	5,27	35,8	31
	15,12	800	6,8	8	6,2	72,2	160,0168	80	5,24	35,6	29
	15,17	800	6,79	7,9	6,2	72,4	160,0222	80	5,29	35,2	30

	t de Past. (s)	Leche (L)	pH Leche	Acidez Titulable	T Leche (°C)	T Past. (°C)	CaCl2 Totales (g)	Cuajo (ml)	pH	T Proceso (°C)	Tiempo de Coagulación (min)
NOV.	15,32	800	6,74	7,8	6	72,4	160,0171	80	5,21	35,7	31
	15,26	800	6,78	7,9	6,2	72,2	160,0234	80	5,34	35,6	33
	15,04	800	6,76	7,9	6,2	72,2	160,0231	80	5,29	35,8	30
	15,31	800	6,77	8	6	72	160,0169	80	5,27	35,8	30
	15,4	800	6,79	7,7	5,8	72,4	160,0132	80	5,22	35,2	29
	15,27	800	6,8	8	6	72	160,0177	80	5,25	35,8	32
	15,67	800	6,79	8	6,4	72,4	160,0233	80	5,21	35,9	30
	15,06	800	6,75	7,9	6	72,2	160,0239	80	5,22	35,7	32
	15,14	800	6,77	7,9	6	72,2	160,0212	80	5,34	35,7	33
	15,12	800	6,79	8	6,2	72	160,0174	80	5,27	35,2	29
	15,33	800	6,8	7,8	6,2	72,2	160,0166	80	5,2	35,2	29
	15,26	800	6,78	8	6,4	72	160,0226	80	5,23	35,4	31

	t de Past. (s)	Leche (L)	pH Leche	Acidez Titulable	T Leche (°C)	T Past. (°C)	CaCl2 Totales (g)	Cuajo (ml)	pH	T Proceso (°C)	Tiempo de Coagulación (min)
DIC.	15,35	800	6,8	8	6,2	72,2	160,0224	80	5,21	35,6	31
	15,21	800	6,79	7,6	6,2	72,2	160,0134	80	5,17	35,2	30
	15,13	800	6,75	8	6	72,4	160,0216	80	5,27	35,8	32
	15,27	800	6,79	7,9	5,8	72	160,0119	80	5,29	35,8	31
	15,11	800	6,8	7,9	6	72	160,0136	80	5,22	35,4	30
	15,24	800	6,79	8	6,2	72,4	160,0172	80	5,28	35,9	29
	14,97	800	6,72	7,9	6,4	72,2	160,0116	80	5,28	35,4	33
	15,24	800	6,79	7,8	6	72,2	160,0138	80	5,21	35,2	30
	15,29	800	6,79	7,9	6,2	72,2	160,0233	80	5,25	35,2	28
	15,17	800	6,8	7,8	6,4	72,4	160,0135	80	5,24	35,6	29
	15,13	800	6,78	8	6,2	72,4	160,0219	80	5,32	35,4	33
	15,22	800	6,79	7,9	6	72,2	160,0204	80	5,23	35,8	30

Con la ayuda del software “Design-Expert 5®”, se trataron los resultados anteriores creando el estadístico ANOVA correspondiente para cada una de las variables en sus respectivas etapas, arrojando una tabla que muestra los valores calculados de media, suma de cuadrados, grados de libertad, media estimada, a distintos valores de efectos (niveles); de esta manera, se logró visualizar por etapa, cuáles variables afectan notablemente el proceso y que nivel es el óptimo para manipular las variables. Esto fue a través del comportamiento de sus medias, ya que si estas son significativamente diferentes, afectan directamente al proceso. Los cuadros 7-13 muestran los resultados obtenidos las variables que intervienen durante la etapa de cuajada*:

* Para consultar los resultados generales de las etapas posteriores, véanse Anexo III

Cuadro 7. Resultados ANOVA para CaCl_2

Tratamiento de las medias				Variable: Contenido CaCl_2									
Trat.	t Coag. (min)	Media Estimada	Error Estándar	Trat.	Dif. de Medias	Trat.	Dif. de Medias	Trat.	Dif. de Medias	Trat.	Dif. de Medias	Trat.	Dif. de Medias
1	29	160.019	0.0023731	1-2	-0.0001	2-4	-3E-05	3-7	-0.0064	5-7	-0.0026		
2	30	160.019	0.0023731	1-3	0.0013	2-5	-0.0024	3-8	-0.001	5-8	0.0028		
3	31	160.018	0.0023731	1-4	-0.0001	2-6	-0.0022	3-9	-0.0029	5-9	0.0009		
4	32	160.019	0.0023731	1-5	-0.0025	2-7	-0.005	4-5	-0.0023	6-7	-0.0028		
5	33	160.021	0.0023731	1-6	-0.0023	2-8	0.0004	4-6	-0.0022	6-8	0.0026		
6	35	160.021	0.0023731	1-7	-0.0051	2-9	-0.0014	4-7	-0.005	6-9	0.0008		
7	38	160.024	0.0023731	1-8	0.0003	3-4	-0.0015	4-8	0.0004	7-8	0.0054		
8	39	160.019	0.0023731	1-9	-0.0015	3-5	-0.0038	4-9	-0.0014	7-9	0.0036		
9	40	160.02	0.0023731	2-3	0.0014	3-6	-0.0036	5-6	0.0002	8-9	-0.0018		

Fuente	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado de la Media	F Evaluada	Prob > F
Modelo	0.00012098	8	1.51224E-05	0.67132	0.7120
Residuo	0.00060821	27	2.25263E-05		
Correlación T.	0.00072919	35			
C.V.	0.002966				

Cuadro 8. Resultados ANOVA para acidez de leche

Tratamiento de las medias				Variable: % Acidez Leche									
Trat.	t Coag. (min)	Media Estimada	Error Estándar	Trat.	Dif. de Medias	Trat.	Dif. de Medias	Trat.	Dif. de Medias	Trat.	Dif. de Medias	Trat.	Dif. de Medias
1	29	7.875	0.144257	1-2	-0.025	2-4	-0.025	3-7	-0.325	5-7	-0.2		
2	30	7.9	0.144257	1-3	-0.025	2-5	-0.125	3-8	-0.15	5-8	-0.025		
3	31	7.9	0.144257	1-4	-0.05	2-6	-0.4	3-9	-0.025	5-9	0.1		
4	32	7.925	0.144257	1-5	-0.15	2-7	-0.325	4-5	-0.1	6-7	0.075		
5	33	8.025	0.144257	1-6	-0.425	2-8	-0.15	4-6	-0.375	6-8	0.25		
6	35	8.3	0.144257	1-7	-0.35	2-9	-0.025	4-7	-0.3	6-9	0.375		
7	38	8.225	0.144257	1-8	-0.175	3-4	-0.025	4-8	-0.125	7-8	0.175		
8	39	8.05	0.144257	1-9	-0.05	3-5	-0.125	4-9	0	7-9	0.3		
9	40	7.925	0.144257	2-3	0	3-6	-0.4	5-6	-0.275	8-9	0.125		

Fuente	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado de la Media	F Evaluada	Prob > F
Modelo	0.755556	8	0.0944444	1.13459	0.3728
Residuo	2.2475	27	0.0832407		
Correlación T.	3.00306	35			
C.V.	3.60018				

Cuadro 9. Resultados ANOVA para temperatura de pasteurización

Tratamiento de las medias				Variable: T Pasteurización Leche									
Trat.	t Coag. (min)	Media Estimada	Error Estándar	Trat.	Dif. de Medias	Trat.	Dif. de Medias	Trat.	Dif. de Medias	Trat.	Dif. de Medias	Trat.	Dif. de Medias
1	29	72.3	0.0841625	1-2	0.25	2-4	-0.025	3-7	-0.15	5-7	-0.15		
2	30	72.05	0.0841625	1-3	0.1	2-5	-0.15	3-8	-0.05	5-8	-0.05		
3	31	72.2	0.0841625	1-4	0.225	2-6	-0.125	3-9	0.1	5-9	0.1		
4	32	72.075	0.0841625	1-5	0.1	2-7	-0.3	4-5	-0.125	6-7	-0.175		
5	33	72.2	0.0841625	1-6	0.125	2-8	-0.2	4-6	-0.1	6-8	-0.075		
6	35	72.175	0.0841625	1-7	-0.05	2-9	-0.05	4-7	-0.275	6-9	0.075		
7	38	72.35	0.0841625	1-8	0.05	3-4	0.125	4-8	-0.175	7-8	0.1		
8	39	72.25	0.0841625	1-9	0.2	3-5	0	4-9	-0.025	7-9	0.25		
9	40	72.1	0.0841625	2-3	-0.15	3-6	0.025	5-6	0.025	8-9	0.15		

Fuente	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado de la Media	F Evaluada	Prob > F
Modelo	0.330556	8	0.0413194	1.45833	0.2186
Residuo	0.765	27	0.0283333		
Correlación T.	1.09556	35			
C.V.	0.233173				

Cuadro 10. Resultados ANOVA para pH de cuajada

Tratamiento de las medias				Variable: pH Cuajada									
Trat.	t Coag. (min)	Media Estimada	Error Estándar	Trat.	Dif. de Medias	Trat.	Dif. de Medias	Trat.	Dif. de Medias	Trat.	Dif. de Medias	Trat.	Dif. de Medias
1	29	5.2575	0.0165342	1-2	-0.0175	2-4	0.0225	3-7	-0.12	5-7	-0.035		
2	30	5.275	0.0165342	1-3	0.0225	2-5	-0.045	3-8	-0.0775	5-8	0.0075		
3	31	5.235	0.0165342	1-4	0.005	2-6	-0.06	3-9	-0.16	5-9	-0.075		
4	32	5.2525	0.0165342	1-5	-0.0625	2-7	-0.08	4-5	-0.0675	6-7	-0.02		
5	33	5.32	0.0165342	1-6	-0.0775	2-8	-0.0375	4-6	-0.0825	6-8	0.0225		
6	35	5.335	0.0165342	1-7	-0.0975	2-9	-0.12	4-7	-0.1025	6-9	-0.06		
7	38	5.355	0.0165342	1-8	-0.055	3-4	-0.0175	4-8	-0.06	7-8	0.0425		
8	39	5.3125	0.0165342	1-9	-0.1375	3-5	-0.085	4-9	-0.1425	7-9	-0.04		
9	40	5.395	0.0165342	2-3	0.04	3-6	-0.1	5-6	-0.015	8-9	-0.0825		

Fuente	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado de la Media	F Evaluada	Prob > F
Modelo	0.09035	8	0.0112937	10.3279	< 0.0001
Residuo	0.029525	27	0.00109352		
Correlación T.	0.119875	35			
C.V.	0.623442				

Cuadro 11. Resultados de ANOVA para pH de leche

Tratamiento de las medias				Variable: pH Leche									
Trat.	t Coag. (min)	Media Estimada	Error Estándar	Trat.	Dif. de Medias	Trat.	Dif. de Medias	Trat.	Dif. de Medias	Trat.	Dif. de Medias	Trat.	Dif. de Medias
1	29	6.785	0.0502171	1-2	0.0125	2-4	-0.01	3-7	0.1375	5-7	0.0425		
2	30	6.7725	0.0502171	1-3	0.0025	2-5	0.085	3-8	-0.005	5-8	-0.1		
3	31	6.7825	0.0502171	1-4	0.0025	2-6	0.2	3-9	0.0075	5-9	-0.0875		
4	32	6.7825	0.0502171	1-5	0.0975	2-7	0.1275	4-5	0.095	6-7	-0.0725		
5	33	6.6875	0.0502171	1-6	0.2125	2-8	-0.015	4-6	0.21	6-8	-0.215		
6	35	6.5725	0.0502171	1-7	0.14	2-9	-0.0025	4-7	0.1375	6-9	-0.2025		
7	38	6.645	0.0502171	1-8	-0.0025	3-4	0	4-8	-0.005	7-8	-0.1425		
8	39	6.7875	0.0502171	1-9	0.01	3-5	0.095	4-9	0.0075	7-9	-0.13		
9	40	6.775	0.0502171	2-3	-0.01	3-6	0.21	5-6	0.115	8-9	0.0125		

Fuente	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado de la Media	F Evaluada	Prob > F
Modelo	0.197872	8	0.024734	2.45206	0.0388
Residuo	0.27235	27	0.010087		
Correlación T.	0.470222	35			
C.V.	1.49184				

Cuadro 12. Resultados de ANOVA para temperatura de leche

Tratamiento de las medias				Variable: Temperatura Leche									
Trat.	t Coag. (min)	Media Estimada	Error Estándar	Trat.	Dif. de Medias	Trat.	Dif. de Medias	Trat.	Dif. de Medias	Trat.	Dif. de Medias	Trat.	Dif. de Medias
1	29	6.05	0.222361	1-2	0	2-4	0	3-7	1.75	5-7	1.05		
2	30	6.05	0.222361	1-3	0.1	2-5	0.8	3-8	1.25	5-8	0.55		
3	31	5.95	0.222361	1-4	0	2-6	1	3-9	1.55	5-9	0.85		
4	32	6.05	0.222361	1-5	0.8	2-7	1.85	4-5	0.8	6-7	0.85		
5	33	5.25	0.222361	1-6	1	2-8	1.35	4-6	1	6-8	0.35		
6	35	5.05	0.222361	1-7	1.85	2-9	1.65	4-7	1.85	6-9	0.65		
7	38	4.2	0.222361	1-8	1.35	3-4	-0.1	4-8	1.35	7-8	-0.5		
8	39	4.7	0.222361	1-9	1.65	3-5	0.7	4-9	1.65	7-9	-0.2		
9	40	4.4	0.222361	2-3	0.1	3-6	0.9	5-6	0.2	8-9	0.3		

Fuente	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado de la Media	F Evaluada	Prob > F
Modelo	18.22	8	2.2775	11.5154	< 0.0001
Residuo	5.34	27	0.197778		
Correlación T.	23.56	35			
C.V.	8.39098				

Cuadro 13. Resultados de ANOVA para tiempo de pasteurización

Tratamiento de las medias				Variable: Tiempo Pasteurización									
Trat.	t Coag. (min)	Media Estimada	Error Estándar	Trat.	Dif. de Medias	Trat.	Dif. de Medias	Trat.	Dif. de Medias	Trat.	Dif. de Medias	Trat.	Dif. de Medias
1	29	15.4075	0.0960131	1-2	0.2925	2-4	-0.015	3-7	-0.0425	5-7	0.015		
2	30	15.115	0.0960131	1-3	0.1625	2-5	-0.1875	3-8	0.1425	5-8	0.2		
3	31	15.245	0.0960131	1-4	0.2775	2-6	-0.11	3-9	0.045	5-9	0.1025		
4	32	15.13	0.0960131	1-5	0.105	2-7	-0.1725	4-5	-0.1725	6-7	-0.0625		
5	33	15.3025	0.0960131	1-6	0.1825	2-8	0.0125	4-6	-0.095	6-8	0.1225		
6	35	15.225	0.0960131	1-7	0.12	2-9	-0.085	4-7	-0.1575	6-9	0.025		
7	38	15.2875	0.0960131	1-8	0.305	3-4	0.115	4-8	0.0275	7-8	0.185		
8	39	15.1025	0.0960131	1-9	0.2075	3-5	-0.0575	4-9	-0.07	7-9	0.0875		
9	40	15.2	0.0960131	2-3	-0.13	3-6	0.02	5-6	0.0775	8-9	-0.0975		

Fuente	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado de la Media	F Evaluada	Prob > F
Modelo	0.321456	8	0.0401819	1.08971	0.3999
Residuo	0.9956	27	0.0368741		
Correlación T.	1.31706	35			
C.V.	1.26135				

Cabe resaltar que, el análisis de varianza se apoya de una curva de distribución F (dónde el valor más alto en la curva es de 1 [100%] y el menor de 0), donde se utilizan los valores calculados por el software Design-Expert 5® de: Grados de libertad, F Evaluada y $P(F_0 > F \text{ Evaluada})$ [ó Prob > F], para determinar si existen diferencias significativas entre cada una de las variables; para el caso de la variable tiempo de pasteurización (Cuadro 13), obtenemos:

$$\alpha = \text{Grados de Libertad} = 8 = 0.08 \text{ (8/100)}$$

$$P(F_0 > F \text{ Evaluada}) = \text{Prob} > F = 0.3999$$

Si $P(F_0 > F \text{ Evaluada}) < \alpha$... Existe diferencia significativa en esta variable

$0.3999 < 0.08$ Por tanto, No existe diferencia significativa en esta variable

Una vez realizados los pasos anteriores con cada una de las variables, se logró encontrar cuales son las que interfieren directamente en el proceso de fabricación de queso, siendo las principales en la etapa de cuajada, repercutiendo esto en que sea considerada como el principal punto crítico de proceso, ya que en ésta es donde se produce la formación del coágulo de caseína como consecuencia de la adición del cuajo y si no se logra controlar desde aquí, entonces esta formación no se llevaría a cabo por muy excelente que sea la calidad de la materia prima, repercutiendo así en las demás etapas del proceso y ocasionando finalmente la merma del lote completo de queso.

En la etapa de cuajada, las variables en las que hubo diferencia significativa entre sus medias fueron: el pH (tanto en la leche como en su coagulación) y la temperatura tanto inicial de la leche como de su pasteurización, esto se debe a que:

- Antes de aplicar los métodos estadísticos no se le daba el seguimiento correcto a la leche cruda en su etapa de recepción, llegando inclusive a recibir leche muy ácida o leche que no era fresca, provocando que el coágulo sea mas duro y tarde mas tiempo la maduración, obteniendo finalmente un producto que no es del agrado del consumidor
- El formato en el cuál se registraban los tiempos de pasteurización (calentamiento y enfriamiento) no se llenaba con valores reales, debido a que al personal se le olvidaba llenarlo una vez obtenidos estos, provocando las diferencias entre medias obtenidas en el software
- El personal tenía deficiencias tanto en la técnica de lecturas de pH como en la de calibración; esto fue porque el electrodo del medidor de pH

estuvo contaminado por materia orgánica, ocasionando que a pesar de que la técnica de calibración fuera correcta, arrojara lecturas por encima (hasta +1.5) de lo que se esperaba (5.27), debido a que este se descalibraba con demasiada frecuencia.

Este mismo análisis se realizó para las etapas de rayada, colgada y maduración, cuyos resultados aparecen en el anexo IV.

Dentro de la etapa de rayado, el problema que se tuvo fue durante el periodo de calentamiento una vez rayado el coágulo, esto fue porque:

- Había deficiencias en la técnica de rayado, formaban gránulos de elevado tamaño de partículas con dificultades para su desuere correcto, interfiriendo así con el pH
- El personal no estaba al pendiente de los tiempos establecidos y no tenía la visión necesaria para observar como se comportaron los lotes que cayeron dentro de los límites de especificación

Para la etapa de colgada, el problema detectado fue el tiempo de desuerado; las causas fueron:

- El personal no tenía a tiempo las mantas para separar el suero del queso (Preparación previa)
- Tardaba bastante tiempo en colocar el queso en las mantas

- Incrementaba los tiempos muertos, al principio por adaptación al sistema pero después se descuidaba el proceso por los cambios de estado de ánimo producidos por problemas personales.

En la etapa de maduración hubo problemas con el pH del producto ya madurado, esto al principio tenía lógica porque desde el inicio de la aplicación del control del proceso el pH estaba encima de los límites establecidos, una vez corregido desde la etapa de cuajada, se logró disminuir este parámetro hasta lograr controlarlo con el adecuado tiempo de maduración dentro de la cámara de maduración.

Las soluciones que se dieron fueron las siguientes:

- Se capacitó al personal sobre:
 - Llenado correcto de las bitácoras de proceso y su importancia
 - Calibración del medidor de pH y toma de lecturas
 - Toma de temperaturas
 - Técnica de corte de la cuajada
 - Agitación de la cuajada
 - Desuerado de queso
- Se hizo la limpieza y calibración del medidor de pH.
- Se logró hacerle conciencia al personal sobre la importancia de no descuidar su trabajo, impartiendo un curso de motivación.
- Se instalaron timers para controlar los tiempos de pasteurización, calentamiento, agitación, etc.

Una vez identificadas las causas de variación del proceso y con base a los resultados de sus tratamientos mediante análisis de varianza, se determinó establecer los valores fijos bajo los cuales se registrarán los efectos en cada una de las etapas del proceso, estos se describen en el cuadro 14:

Cuadro 14. Valores de las variables de respuesta establecidos para controlar el proceso de fabricación de queso

Etapa	Efecto
Cuajada	Coagulación de leche en 30min
Rayada	Acidez del suero = 6.3
Colgada	Flujo de suero = 0.02L/s
Maduración	Humedad = 70%

Estos se establecieron debido a que:

- La temperatura influye directamente en la formación del gel de caseína, debido a que si ésta es baja ($22-32^{\circ}\text{C}$), provoca que el tiempo de coagulación aumente (35-50min) y la tensión de la cuajada disminuya; en cambio, si se conserva a una temperatura media ($33-35^{\circ}\text{C}$), la prolongación del tiempo de coagulación disminuye logrando coágulos firmes en tiempos de 20-40min.
- La tensión de la cuajada aumenta a medida que aumenta la temperatura hasta 40°C , la cuajada formada es gomosa y si permanece demasiado tiempo a esta temperatura, deja de obtenerse un corte limpio
- El pH interfiere directamente con el tiempo de coagulación, ya que si este es alto (5.43), la actividad del cuajo no logra ejercer su efecto coagulante

debido a que no está actuando; en cambio, a un pH bajo (5.27) se favorece el incremento en la actividad que éste puede lograr con el uso de los cultivos lácticos, ya que las bacterias lácticas presentes activan su crecimiento y multiplicación, transformando más lactosa en ácido láctico, provocando que los granos de cuajada alcancen la firmeza adecuada

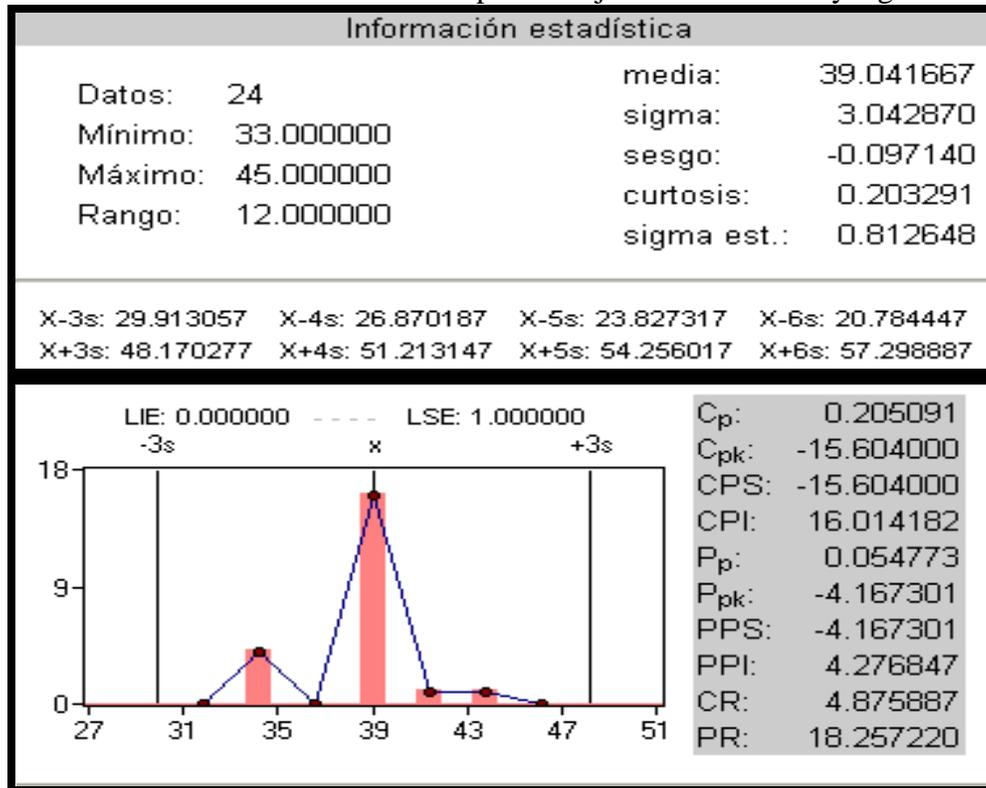
- Si se deja pasar demasiado tiempo para cortar la cuajada, el corte no es limpio y no se forman bien los granos ya que estos tienen caseína que retiene la grasa y parte del suero (Scott, 1991)
- Con el calentamiento y agitación de la rayada del queso se facilita la eliminación del suero. La agitación debe ser lo suficientemente rápida para que los granos permanezcan en suspensión con el suero ya que si sedimentan al fondo de la cuba quesera, se forman grumos que son muy difíciles de romper provocando la pérdida de caseína en el suero.
- Si a la vez que se agita el corte se comienza a calentar, el pH disminuye (4.69-4.71) favoreciendo la eliminación del suero, ya que el calentamiento produce una contracción en la estructura proteínica de los granos de cuajada. La agitación ayuda a que se cierren las grietas que inicialmente presentan los granos recién cortados, alcanzando una estructura más estable.
- Mientras la temperatura durante el almacenamiento para la maduración del queso sea más alta (Mayor a 6°C), mayor es su pérdida de humedad; por tanto, no se lograría alcanzar la humedad requerida (65-75%) para que nuestro queso sea considerado como fresco (Madrid 2003).

El último paso para controlar estadísticamente las etapas del proceso de fabricación del queso, es crear el gráfico de control de proceso tipo X-R (Medias y Rangos).

Para construirlo, es necesario que la característica del producto se haya definido con tipo de análisis Variable (realizado anteriormente con el análisis de varianza) y tamaño de subgrupo igual o mayor a 2. En este, cada punto de las Medias es el promedio de las muestras de un subgrupo y cada punto de Rangos es la diferencia entre el valor máximo y el mínimo de cada subgrupo.

Utilizando la ayuda del software “Inspector-Cartas de Control®”, al que introduciéndole los resultados de cada uno de los efectos obtenidos por etapa (Cuadro 6 y Anexo III; valores en negritas), genera el Cuadro 15, que es el resultado de la media, la desviación estándar, el rango, el sesgo y la curtosis de los datos anteriores, para así obtener una curva de distribución normal y los índices de información estadística (véase Anexo VI), con los que construirá el gráfico de control X-R respectivo.

Cuadro 15. Estadísticos en la etapa de cuajada durante Julio y Agosto



Antes de explicar la información contenida en el cuadro anterior, se necesitan definir dos conceptos:

Sesgo: Error que aparece en los resultados de un estudio debido a factores que dependen del análisis o interpretación de los resultados que pueden conducir a conclusiones que son sistemáticamente diferentes de la verdad.

Curtosis: Medida que analiza el grado de concentración que presentan los valores alrededor de la zona central de la distribución de probabilidad de una variable aleatoria de un número real (Besterfield, 1994).

Para consultar los resultados estadísticos de las etapas posteriores, véase Anexo V

Cabe resaltar que en el cuadro 15, sólo se explica la tendencia que se obtuvo durante los dos primeros meses de poner en marcha este control estadístico, que es donde se identificaron las causas de variación explicadas en la primera parte de este análisis de resultados y que ayudaron a fijar las condiciones explicadas en el cuadro 14; para expresarlo gráficamente, la figura 10 nos presenta el gráfico de control de proceso tipo X-R:

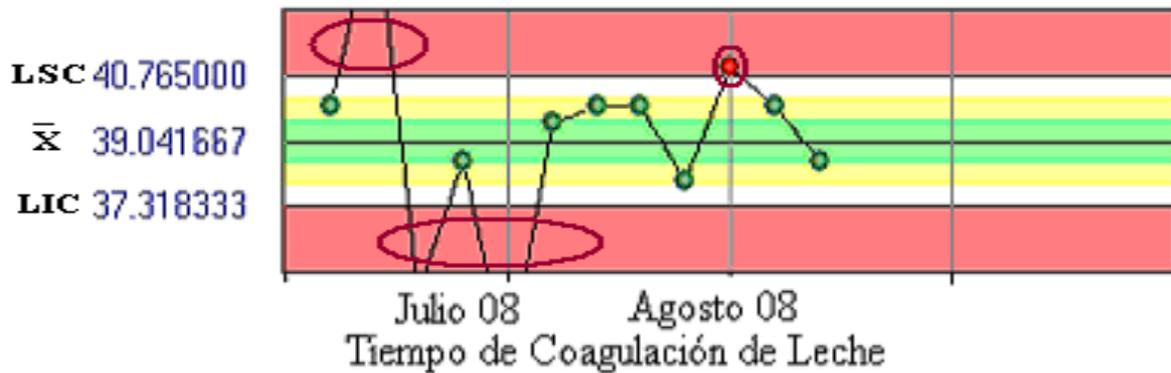


Figura 10. Gráfico de control X-R del tiempo de coagulación de la leche durante Julio y Agosto

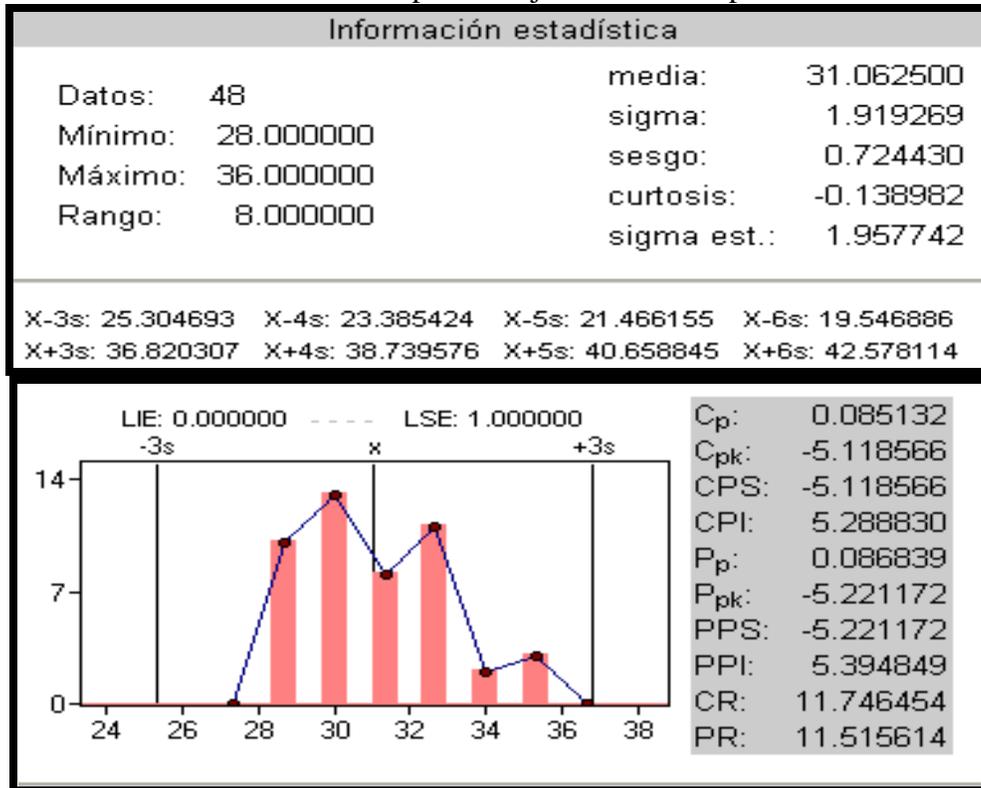
Para el caso de los gráficos de control, estos tienen comportamiento errático cuando hay 7 puntos consecutivos hacia arriba, abajo, arriba del centro o abajo del centro. (Besterfield, 1994).

Los límites de control bajo los cuales se operó el proceso están establecidos respecto a niveles de 3σ (con respecto de la media); de los cuales el nivel $\pm 1\sigma$ es la zona color verde, el nivel $\pm 2\sigma$ es la zona color amarillo y el nivel $\pm 3\sigma$ es la zona color blanco (Límites Superior e Inferior de Especificación), por lo que se espera tener un 99.70% de producto terminado (queso fresco) que cumpla con las características de calidad (efectos) establecidas durante la aplicación de este método.

La figura 10 es el resultado de los dos primeros meses de aplicación del control estadístico de procesos en la etapa de cuajada, en ésta puede observarse que el comportamiento del proceso fue errático (ver puntos marcados), obteniendo una media de 39.04min cuando el tiempo que se fijó para que coagulara la leche fue de 30 min, incluso hubo valores que sobrepasaban el límite superior de control y el límite inferior de control, esto se debió a los puntos mencionados en el análisis de varianza.

Una vez encontradas las deficiencias en el proceso durante la etapa de cuajada y dando las soluciones mencionadas después del análisis de varianza, en los 4 meses posteriores se generaron los resultados descritos en el cuadro 16:

Cuadro 16. Estadísticos de la etapa de cuajada durante Septiembre a Diciembre



Generando el gráfico de control correspondiente (Figura 11), logrando controlar la etapa sin que exista ningún comportamiento errático:

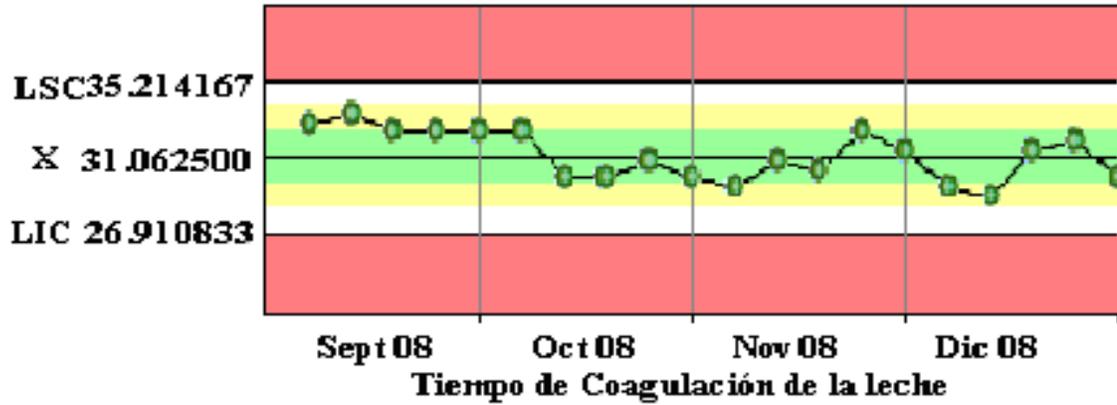


Figura 11. Gráfico de control X-R del tiempo de coagulación de la leche durante Septiembre a Diciembre

La figura 12, muestra el gráfico de control X-R obtenido en la etapa de rayada; en ésta, se observa como fue afectada por la etapa de cuajada durante los dos primeros meses, provocando que se tuvieran valores en el límite inferior de especificación; sin embargo, cuando se logró el control del proceso al tercer mes, ya no hubo problema alguno.

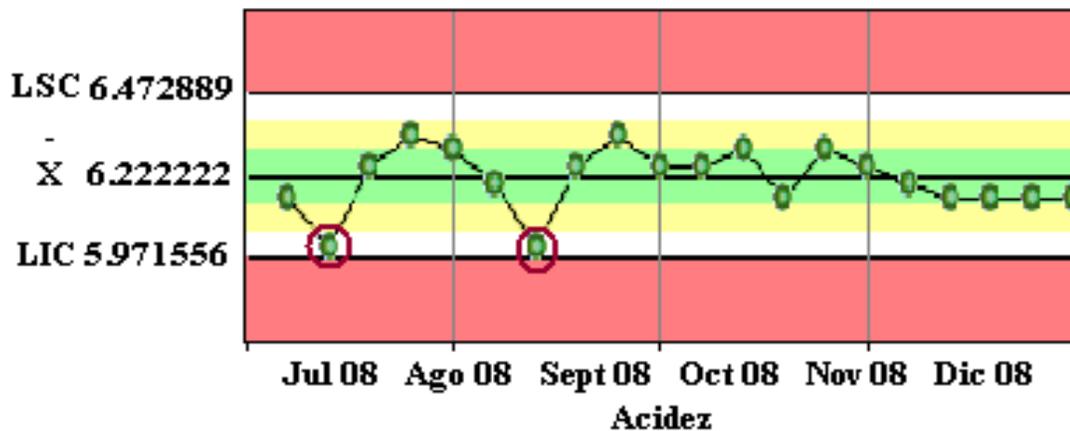


Figura 12. Gráfico de control X-R de la acidez del suero durante la etapa de rayado

La etapa de colgada fue la que se logró controlar con mayor eficiencia, llegando incluso a mantener la mayoría de los valores dentro del intervalo de $\pm 1\sigma$ (Figura 13).

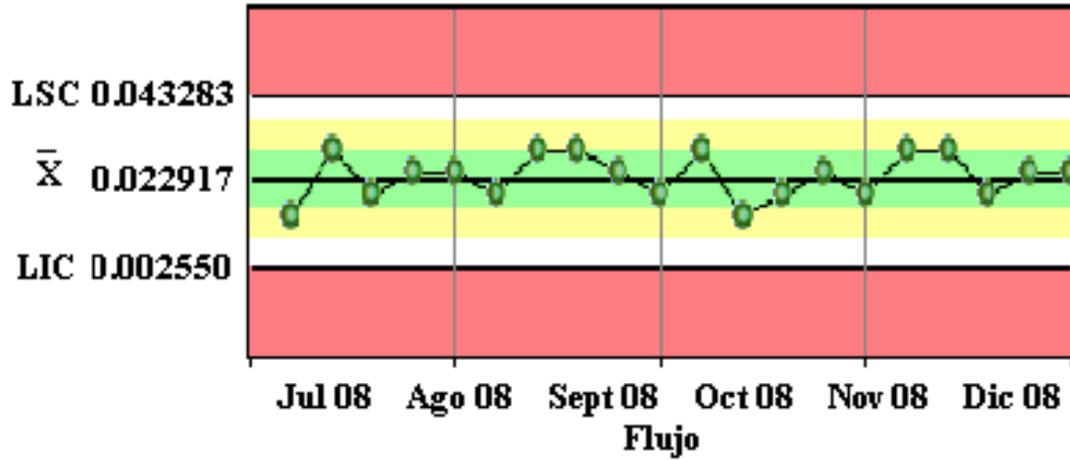


Figura 13. Gráfico de control X-R del flujo del suero durante la etapa de colgado

La etapa de maduración (figura 14) sólo se vio afectada en dos ocasiones, durante la fase de adaptación al control estadístico de procesos en que se encontró por encima del límite superior de control (primeros dos meses), y en el mes de diciembre en el que estuvo por debajo del límite inferior de control (debido a que la cámara de maduración presentó problemas con la temperatura, pero fue arreglada inmediatamente); por lo que se puede decir que el proceso en general se estandarizó estadísticamente.

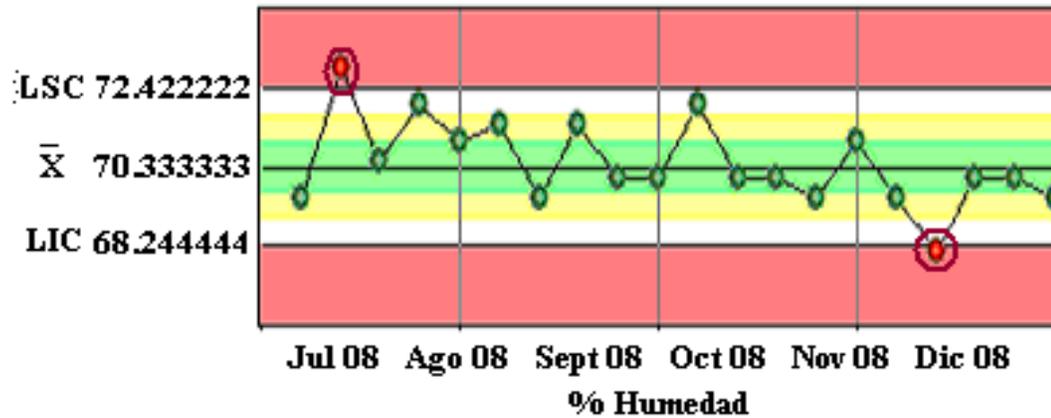


Figura 14. Gráfico de control X-R del %Humedad durante la etapa de maduración

Esto provee un avance muy importante, ya que si se mantienen y/o mejoran las condiciones óptimas del proceso, el nivel de desempeño de los trabajadores y la calidad de la materia prima, se podría pasar a un nivel de control mucho mayor al que se encuentra en este momento, así como poder aplicarlo próximamente al producto terminado final que es el pay de frutas.

10. CONCLUSIONES

- Las variables que intervienen en el proceso de fabricación de queso son inversamente proporcionales a los efectos logrados en cada una de sus etapas.
- Las variables que interfieren negativamente en la línea de producción de queso son: el pH de la leche cruda y de su coagulación, y la temperatura del proceso (etapa de cuajada), tiempo de calentamiento (etapa de rayada), tiempo de desuerado (etapa de colgada) y temperatura de almacenamiento (etapa de maduración)
- Las condiciones bajo las cuáles el proceso de fabricación de queso fresco tiene un control estadístico de procesos son: Coagulación de la leche en 30min (etapa de cuajada), Acidez del suero de 6.3 (etapa de rayada), Flujo del suero de 0.02L/s (etapa de colgada) y Humedad de 70% (etapa de maduración)
- El proceso de fabricación de queso fresco está controlado estadísticamente con el 99.73% de los datos totales en el rango de $\pm 3\sigma$ después de 3 meses
- Se eliminó la distribución de probabilidad de variables aleatorias de números irreales gracias al registro correcto de los datos en los nuevos formatos.

11. SUGERENCIAS

El principal problema que se presenta dentro de la empresa es que la mayoría del personal está casi desde que esta fue fundada, por lo que los procesos son en su mayoría artesanales y se han realizado bajo un mismo sistema durante todo este tiempo, por lo que ha costado hacerles conciencia sobre los cambios que ha sufrido la industria alimenticia con el transcurso del tiempo, sobretodo por las exigencias que implica comenzar a expandir su mercado de distribución y más aún si se logra concretar el proyecto que se tiene de crear una nueva planta para abarcar los nuevos mercados.

Otro punto a destacar es que el personal no estaba conciente sobre la importancia del correcto llenado de los diferentes formatos en las diferentes áreas de la empresa, existían deficiencias en el llenado de las que existían. Se logró controlar el formato del proceso del queso desde la recepción hasta el producto terminado pero aún falta realizar lo mismo con otras materias primas, por lo que se exhorta a implementar el control estadístico del proceso para controlar el peso del pay en cada una de sus presentaciones

12. BIBLIOGRAFÍA

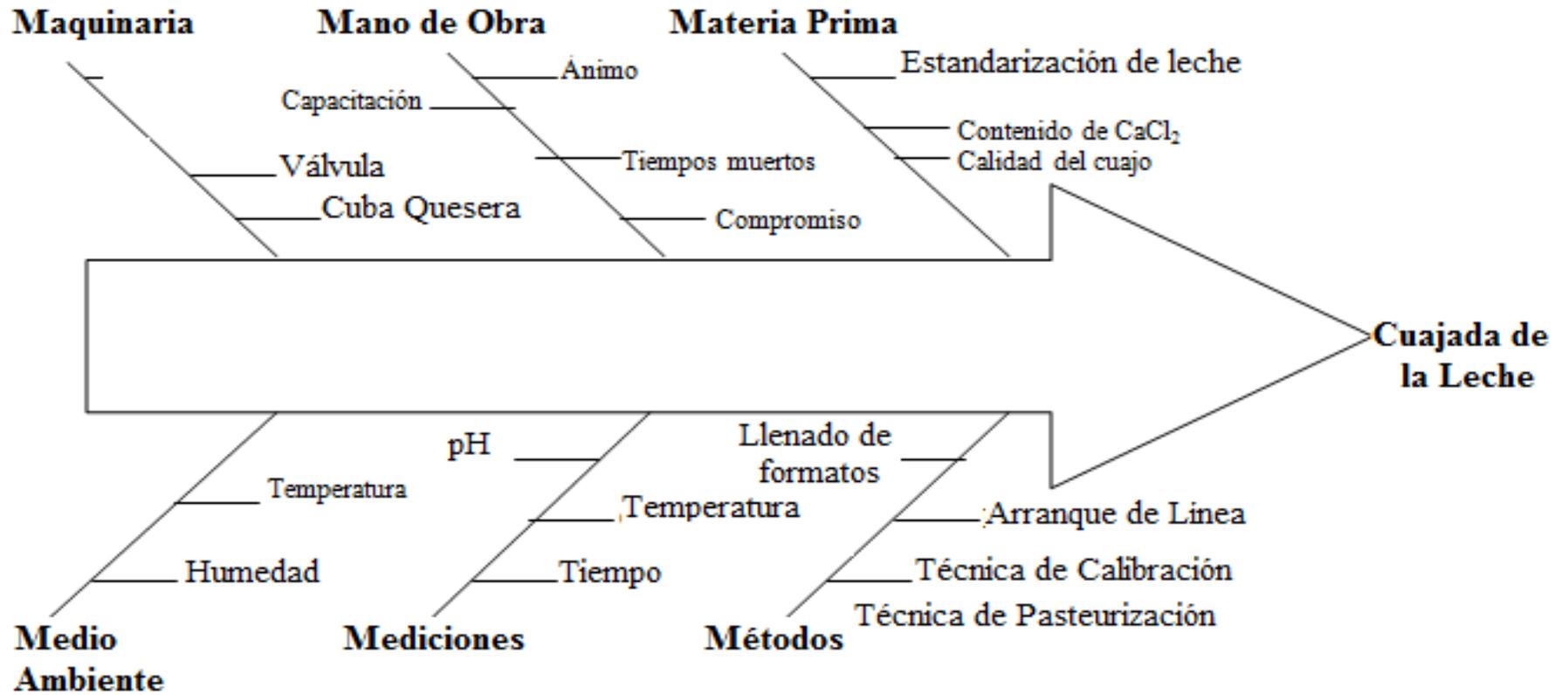
- Alais, C. (1981). *Ciencia de la Leche, principios de técnica lechera*. 3° edición, Compañía Editorial Continental, México D.F.
- Badui, D. S. (2006). *Química de los Alimentos*. 6° edición. Pearson Education. México D.F.
- Besterfield, D. (1994). *Control de calidad*, 4° edición. Prentice Hall. México D.F.
- Campos, J. (2007). Aplicaciones tecnológicas en la elaboración de quesos a partir de leche pasteurizada adicionada con cultivos lácteos liofilizados. *Carnilac Industrial*. Vol. 22, no. 5, pp. 41-45
- Casadeus, M.; Heras, I. (2005). *Calidad práctica, una guía para no perderse en el mundo de la calidad*. Prentice Hall. México D.F.
- Chamorro, C.M.; Losada, M.M. (2002). *El análisis sensorial de los quesos*. Mundi-Prensa, AMV-Ediciones. España
- Coronado, M. (2000). *Manual de control de calidad*, México D.F.
- Flores, S. L. (2006). *Diccionario de Especialidades de la Industria Alimentaria*. 16° edición. Ediciones PLM S.A. de C.V. México D.F.
- Gallardo, Y., et al. (2008). Alternativas futuras para la coagulación de la leche en quesería. *Carnilac Industrial*. Vol. 23, no. 6, pp. 18-33
- Grant, E.; Leavenworth, R. (2000). *Control estadístico de calidad*. 2ª edición. Compañía Editorial Continental. México D.F.

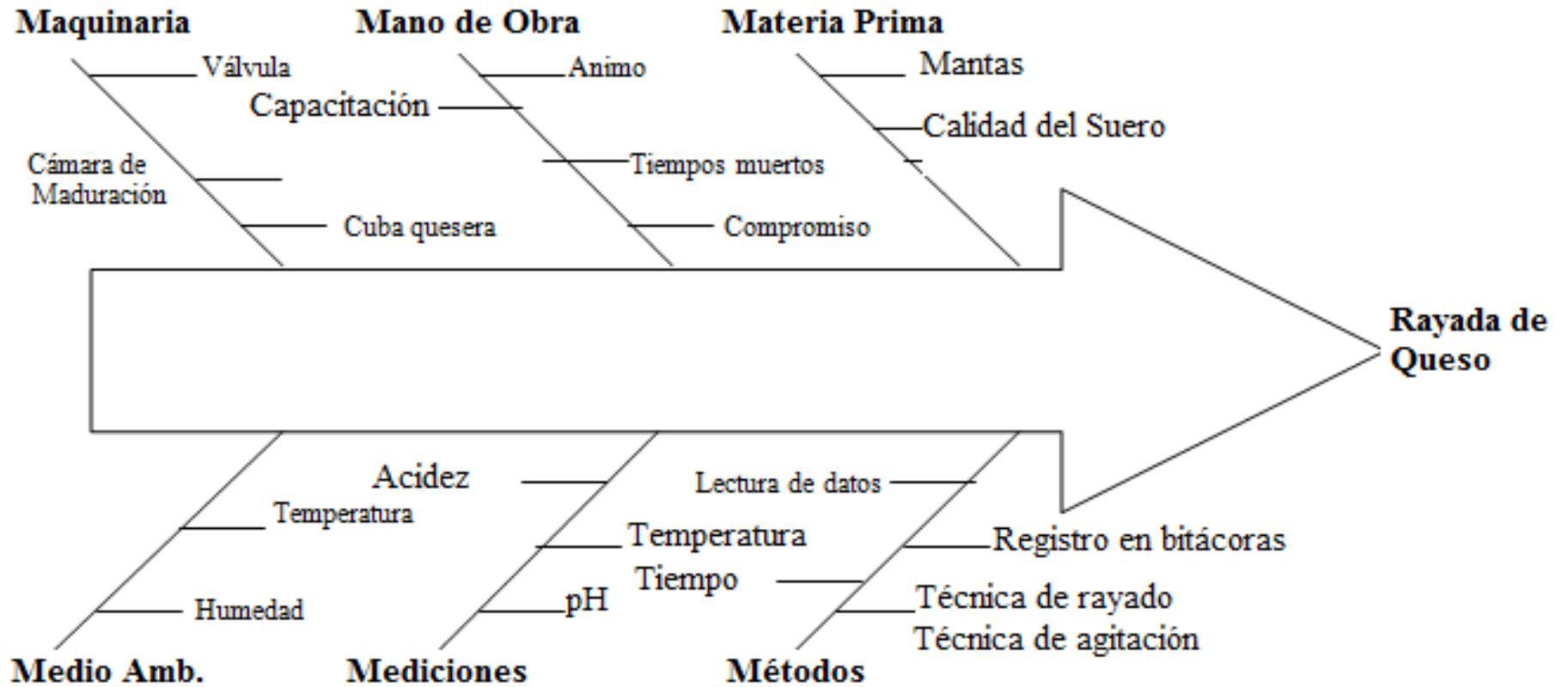
- Madrid, A. (2003). *Tecnología quesera*, 3° edición. Mundi-Prensa, AMV-Ediciones. España
- Montgomery, D. (2006). *Diseño y análisis de experimentos*, 2° edición. Limusa Wiley. México, D.F.
- Scott, R. (1991). *Fabricación de Queso*. 2° edición. Acribia. Zaragoza, España
- Soroa, J. (1974). *Industrias lácteas*, 5° edición. AEDOS. España
- Varnam, A. (1994). *Leche y productos lácteos*. Acribia. Zaragoza, España
- Veisseyre, R. (1990). *Lactología técnica*, 3° edición. Acribia. Zaragoza, España
- Villegas, G. (2003). *Los quesos mexicanos*, 2° edición. Universidad Autónoma Chapingo. México D.F.

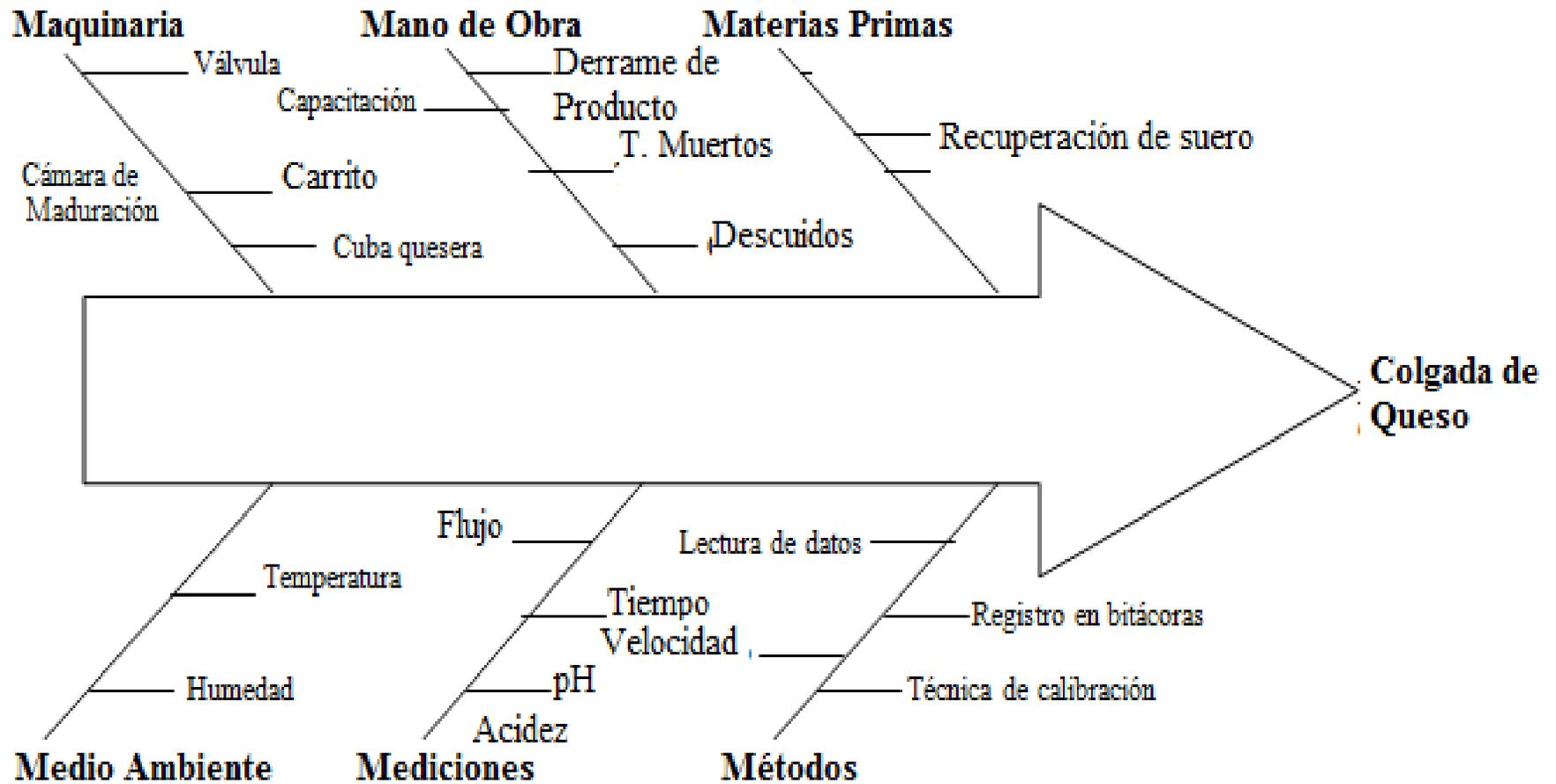
ANEXOS

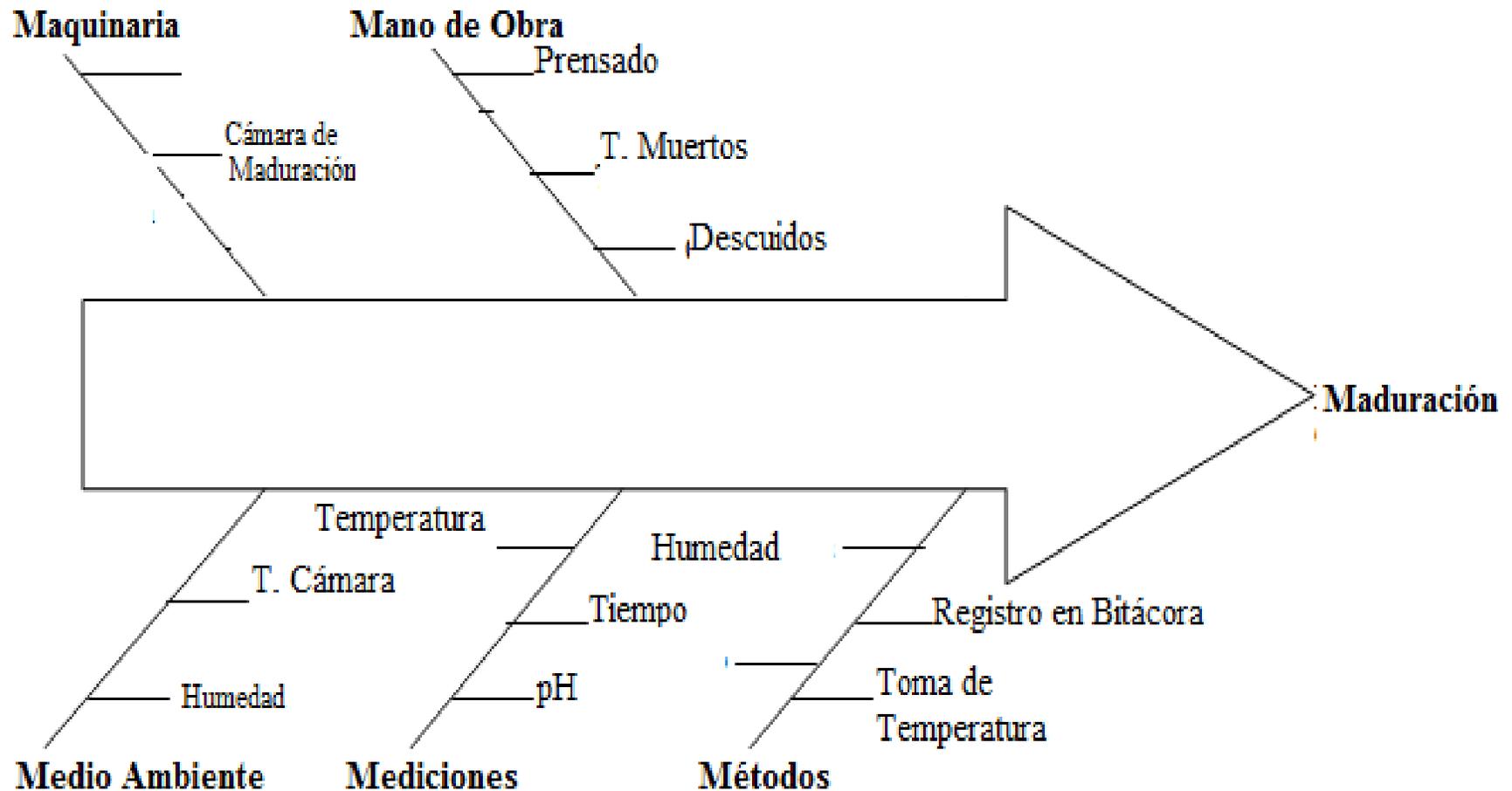
ANEXO I

Diagrama Causa-Efecto en las etapas del proceso de fabricación de queso









ANEXO II**Datos obtenidos para aplicar análisis de varianza (ANOVA) en las etapas del proceso de fabricación de queso****Etapa de Rayada**

Acidez del Suero (%)	Tiempo de pasteurización (s)									
6	5.12	5.78	5.34	5.78	5.28	5.56	5.11	5.28	5.11	5.22
6.1	5.89	6.12	5.86	5.12	5.65	5.39	5.39	5.32	5.23	5.21
6.2	5.4	5.17	5.28	5.36	5.25	5.68	5.42	5.37	5.13	5.27
6.3	4.89	5.73	5.47	5.23	5.89	5.67	5.45	5.62	5.37	5.43
6.4	5.75	5.76	5.61	5.41	5.42	5.14	5.28	5.16	5.31	5.16

Acidez del Suero (%)	Tiempo de Calentamiento (min)									
6	10.34	10.22	10.12	10.21	10.56	10.21	10.08	10.11	10.27	10.28
6.1	10.43	10.27	10.35	10.64	10.13	10.15	10.17	10.09	10.25	10.14
6.2	10.53	10.31	10.67	10.36	10.26	10.33	10.72	10.41	10.63	10.24
6.3	10.41	10.47	10.78	10.56	10.53	10.33	10.61	10.35	10.21	10.18
6.4	10.36	10.36	10.36	10.32	10.43	10.06	10.14	10.19	10.12	10.09

Acidez del Suero (%)	Tiempo de Agitación (min)									
6	9.67	10.32	10.24	10.64	10.42	10.35	10.23	10.22	10.26	10.14
6.1	10.36	10.43	10.12	10.23	10.11	10.27	10.26	10.11	10.12	10.07
6.2	10.42	10.67	10.65	10.47	10.46	10.32	10.38	10.29	10.09	10.21
6.3	10.31	10.26	10.33	10.29	10.25	10.34	10.26	10.31	10.54	10.37
6.4	10.06	10.36	10.42	10.35	10.34	10.3	10.09	10.32	10.11	10.28

Acidez del Suero (%)	Temperatura de Proceso (°C)									
6	35.7	35.6	35.8	35.5	35.7	35.4	35.8	35.6	35.8	35.4
6.1	35.6	35.8	35.4	35.6	35.4	35.4	35.6	35.4	35.2	35.8
6.2	35.8	35.5	35.4	35.8	35.9	35.4	35.7	35.6	35.6	35.5
6.3	35.3	35.4	35.6	35.8	35.9	35.7	35.2	35.6	35.4	35.9
6.4	35.6	35.6	35.4	35.9	35.8	35.9	35.6	35.4	35.6	35.4

Acidez del Suero (%)	pH									
6	4.77	4.83	4.75	4.69	4.82	4.81	4.69	4.68	4.73	4.74
6.1	4.73	4.68	4.74	4.71	4.69	4.74	4.79	4.66	4.71	4.63
6.2	4.71	4.82	4.76	4.76	4.71	4.73	4.69	4.7	4.75	4.76
6.3	4.73	4.77	4.78	4.84	4.79	4.72	4.74	4.72	4.66	4.7
6.4	4.76	4.81	4.7	4.69	4.77	4.69	4.67	4.7	4.68	4.7

Acidez del Suero (%)	Temperatura de Calentamiento (°C)									
6	32.2	31.8	31.6	32.2	32	32.2	32.4	32	31.8	32.2
6.1	32.4	32.4	32.2	31.8	32.2	32.2	32	32	32	32
6.2	31.8	32.2	31.8	32	32.2	32.2	32.2	32	31.8	31.8
6.3	32.4	32	31.8	31.8	32	32.4	31.8	32	31.8	31.8
6.4	32	32	32	32	32.4	31.8	32	32.4	31.6	32.2

Acidez del Suero (%)	Tiempo de Reposo (min)									
6	5.5	5.32	5.26	5.6	5.37	5.46	5.09	5.07	5.04	5.08
6.1	5.84	5.42	5.48	5.12	5.83	5.08	5.32	5.11	5.03	5.27
6.2	5.34	5.36	5.28	5.19	5.23	5.17	5.84	5.36	5.08	5.09
6.3	5.28	5.11	5.26	5.3	5.41	5.68	5.43	5.34	5.25	5.18
6.4	5.26	5.33	5.62	5.25	5.39	5.11	5.27	5.19	5.15	5.21

Etapa de Colgada

Flujo del Suero (L/s)	Tiempo de Colgado (min)									
0.01	75	59	59	62	59	64	59	64	60	58
0.02	72	76	77	75	58	59	62	60	63	61
0.03	60	63	77	64	63	59	74	58	59	61
0.04	63	61	64	57	60	60	72	65	59	61

Flujo del Suero (L/s)	pH									
0.01	4.41	4.46	4.42	4.46	4.44	4.43	4.47	4.4	4.4	4.47
0.02	4.43	4.46	4.44	4.47	4.39	4.44	4.42	4.45	4.47	4.41
0.03	4.48	4.44	4.45	4.41	4.48	4.45	4.43	4.38	4.46	4.45
0.04	4.49	4.45	4.43	4.45	4.41	4.4	4.39	4.44	4.44	4.49

Flujo del Suero (L/s)	Temperatura de Proceso (°C)									
0.01	25	25	25.2	25.1	25.4	25.4	25.2	25.2	25.2	25
0.02	25.4	25	25.2	25.2	25	25.5	25.2	25.4	25.2	25
0.03	25.6	25.3	25	25.4	25.2	25.4	25.6	25.4	25.2	25.4
0.04	25.4	25.2	25.4	25	25.4	25.4	25.2	25	25.4	25.2

Etapa de Maduración

Humedad (%)	pH				
	68	4.27	4.2	4.22	4.21
69	4.31	4.24	4.21	4.21	4.27
70	4.38	4.37	4.34	4.29	4.25
71	4.35	4.29	4.35	4.22	4.22
72	4.33	4.39	4.39	4.24	4.32
73	4.32	4.23	4.33	4.21	4.24

Humedad (%)	Tiempo de Maduración (h)				
	68	26	24	29	26
69	25	24	27	28	30
70	28	27	28	30	25
71	25	30	24	30	30
72	29	28	26	28	25
73	24	24	24	25	26

Humedad (%)	Temperatura de Maduración (°C)				
	68	4.4	4.2	4.2	4
69	4.2	4.4	4.2	4.2	4.2
70	4.4	4.4	4	4.4	4.2
71	4.4	4	4	4.2	4.2
72	4	4.2	4.4	4.4	4
73	4.2	4.4	4.4	4.2	4

ANEXO III**Resultados generales de las etapas del proceso de fabricación de queso
Etapa de Rayada**

	pH	Tiempo Rayado (min)	Tiempo Calentam. (min)	T Calentam. (°C)	Tiempo de Agitación (min)	Tiempo de Reposo (min)	T Proceso (°C)	Tiempo Total Etapa (s)	Acidez del Suero
JUL.	4.77	5.12	10.34	32.2	9.67	5.5	35.7	30.63	6
	4.83	5.78	10.22	31.8	10.32	5.32	35.6	31.64	6
	4.73	4.89	10.41	32.4	10.31	5.28	35.3	30.89	6.3
	4.76	5.75	10.36	32	10.06	5.26	35.6	31.43	6.4
	4.71	5.4	10.53	31.8	10.48	5.34	35.8	31.75	6.2
	4.77	5.79	10.47	32	10.26	5.11	35.4	31.63	6.3
	4.78	5.23	10.32	32.4	10.21	5.12	35.6	30.88	6.3
	4.82	5.28	10.56	32	10.42	5.37	35.7	31.63	6
	4.75	5.13	10.63	31.8	10.09	5.08	35.6	30.93	6.2
	4.73	5.32	10.08	31.8	10.21	5.11	35.5	30.72	6.3
	4.69	5.41	10.32	32	10.35	5.25	35.9	31.33	6.4
	4.74	5.39	10.15	32.2	10.27	5.08	35.4	30.89	6.1
	AGO.	4.75	5.34	10.12	31.6	10.24	5.26	35.8	30.96
4.81		5.76	10.36	32	10.36	5.33	35.6	31.81	6.4
4.78		5.47	10.78	31.8	10.33	5.26	35.6	31.84	6.3
4.84		5.23	10.56	31.8	10.29	5.3	35.8	31.38	6.3
4.82		5.17	10.31	32.2	10.67	5.36	35.5	31.51	6.2
4.79		5.89	10.53	32	10.25	5.41	35.9	32.08	6.3
4.81		5.56	10.21	32.2	10.35	5.46	35.4	31.58	6
4.79		5.39	10.17	32	10.26	5.32	35.6	31.14	6.1
4.77		5.42	10.43	32.4	10.34	5.39	35.8	31.58	6.4
4.75		5.27	10.24	31.8	10.21	5.09	35.5	30.81	6.2
4.79		5.31	10.27	31.8	10.31	5.48	35.2	31.37	6.3
4.74		5.24	10.29	32	10.18	5.24	35.6	30.95	6.3

	pH	Tiempo Rayado (min)	Tiempo Calentam. (min)	T Calentam. (°C)	Tiempo de Agitación (min)	Tiempo de Reposo (min)	T Proceso (°C)	Tiempo Total Etapa (s)	Acidez del Suero
SEPT.	4.72	5.67	10.33	32.4	10.34	5.68	35.7	32.02	6.3
	4.74	5.45	10.61	31.8	10.26	5.43	35.2	31.75	6.3
	4.76	5.28	10.67	31.8	10.65	5.28	35.4	31.88	6.2
	4.76	5.36	10.36	32	10.47	5.19	35.8	31.38	6.2
	4.73	5.89	10.43	32.4	10.36	5.84	35.6	32.52	6.1
	4.71	5.25	10.26	32.2	10.46	5.23	35.9	31.2	6.2
	4.69	5.11	10.08	32.4	10.23	5.09	35.8	30.51	6
	4.7	5.07	10.23	32	10.25	5.11	35.7	30.66	6.3
	4.67	5.19	10.36	32.2	10.45	5.27	35.5	31.27	6.3
	4.65	5.22	10.42	31.8	10.14	5.23	35.9	31.01	6.2
	4.71	5.64	10.21	31.8	10.36	5.08	35.6	31.29	6.2
	4.66	5.32	10.09	32	10.11	5.11	35.4	30.63	6.1
	OCT.	4.69	5.78	10.21	32.2	10.64	5.6	35.5	32.23
4.72		5.62	10.35	32	10.31	5.34	35.6	31.62	6.3
4.73		5.68	10.33	32.2	10.32	5.17	35.4	31.5	6.2
4.68		6.12	10.27	32.4	10.43	5.42	35.8	32.24	6.1
4.66		5.37	10.21	31.8	10.54	5.25	35.4	31.37	6.3
4.7		5.43	10.18	31.8	10.37	5.18	35.9	31.16	6.3
4.66		5.54	10.25	32.4	10.03	5.29	35.4	31.11	6.3
4.68		5.28	10.11	32	10.22	5.07	35.6	30.68	6
4.73		5.11	10.27	31.8	10.26	5.04	35.8	30.68	6
4.7		5.13	10.12	31.6	10.15	5.27	35.5	30.67	6.2
4.64		5.3	10.44	32	10.13	5.12	35.4	30.99	6.3
4.69		5.14	10.06	32.2	10.3	5.11	35.9	30.61	6.4

	pH	Tiempo Rayado (min)	Tiempo Calentam. (min)	T Calentam. (°C)	Tiempo de Agitación (min)	Tiempo de Reposo (min)	T Proceso (°C)	Tiempo Total Etapa (s)	Acidez del Suero	
NOV.	4.71	5.76	10.16	32	10.46	5.06	35.6	31.44	6.3	
	4.74	5.86	10.35	32.2	10.12	5.48	35.4	31.81	6.1	
	4.69	5.42	10.72	32.2	10.38	5.84	35.7	32.36	6.2	
	4.7	5.61	10.36	32	10.42	5.62	35.4	32.01	6.4	
	4.66	5.63	10.39	31.8	10.23	5.53	35.7	31.78	6.3	
	4.69	5.57	10.41	32	10.04	5.54	35.5	31.56	6.3	
	4.71	5.23	10.25	32	10.12	5.03	35.2	30.63	6.1	
	4.72	5.19	10.21	32	10.16	5.14	35.4	30.7	6.3	
	4.74	5.22	10.28	32.2	10.14	5.08	35.8	30.72	6	
	4.67	5.16	10.14	31.8	10.09	5.27	35.6	30.66	6.4	
	4.64	5.14	10.16	31.8	10.17	5.2	35.6	30.67	6.3	
	DIC.	4.7	5.31	10.19	32	10.32	5.19	35.4	31.01	6.4
		4.71	5.12	10.64	31.8	10.23	5.12	35.6	31.11	6.1
4.67		5.33	10.32	31.6	10.34	5.17	35.4	31.16	6.3	
4.7		5.37	10.41	32	10.29	5.36	35.6	31.43	6.2	
4.69		5.65	10.13	32.2	10.11	5.83	35.4	31.72	6.1	
4.72		5.28	10.42	32.2	10.56	5.79	35.9	32.05	6.3	
4.68		5.39	10.31	32	10.43	5.18	35.7	31.31	6.3	
4.68		5.28	10.12	32.4	10.11	5.15	35.6	30.66	6.4	
4.63		5.21	10.14	32	10.07	5.27	35.8	30.69	6.1	
4.65		5.17	10.17	32	10.14	5.21	35.4	30.69	6	
4.64		5.09	10.23	32.2	10.19	5.14	35.5	30.65	6.3	
4.72		5.23	10.21	31.8	10.21	5.02	35.7	30.67	6.3	
4.7		5.16	10.09	31.6	10.28	5.21	35.4	30.74	6.4	

Etapa de Colgada

	pH	Tiempo Colgado (min)	T Proceso (°C)	Flujo del Suero (L/s)	pH	Tiempo Colgado (min)	T Proceso (°C)	Flujo del Suero (L/s)
JUL.	4.41	75	25	0.01	4.44	75	25.4	0.02
	4.43	72	25.4	0.02	4.4	72	25.4	0.04
	4.46	76	25	0.02	4.42	76	25	0.02
	4.48	74	25.6	0.03	4.46	74	25.2	0.02
	4.44	77	25.2	0.02	4.48	77	25.2	0.03
	4.47	75	25.2	0.02	4.42	75	25.4	0.02
AGO.	4.39	58	25	0.02	4.39	65	25.2	0.04
	4.49	63	25.4	0.04	4.4	62	25.4	0.02
	4.45	61	25.2	0.04	4.47	64	25.2	0.01
	4.44	59	25.5	0.02	4.41	59	25.2	0.02
	4.42	62	25.2	0.02	4.44	59	25	0.04
	4.46	64	25	0.01	4.45	60	25.4	0.02
SEPT.	4.45	60	25.4	0.02	4.41	61	25	0.02
	4.47	63	25.2	0.02	4.45	64	25.4	0.03
	4.42	59	25.2	0.01	4.43	59	25.6	0.03
	4.43	57	25.4	0.04	4.43	58	25.2	0.02
	4.41	61	25	0.02	4.44	61	25.4	0.04
	4.44	60	25.1	0.02	4.42	60	25	0.02
OCT.	4.4	60	25.3	0.03	4.45	60	25.2	0.02
	4.44	62	25.2	0.02	4.38	63	25.4	0.03
	4.43	57	25.2	0.02	4.4	62	25.4	0.02
	4.41	65	25.4	0.02	4.44	63	25	0.02
	4.45	63	25	0.03	4.46	59	25.2	0.03
	4.46	59	25.1	0.01	4.49	60	25.2	0.04
	pH	Tiempo Colgado (min)	T Proceso (°C)	Flujo del Suero (L/s)	pH	Tiempo Colgado (min)	T Proceso (°C)	Flujo del Suero (L/s)
NOV.	4.45	60	25	0.04	4.4	58	25.2	0.01
	4.41	58	25.4	0.03	4.45	64	25.2	0.02
	4.43	57	25.3	0.02	4.41	61	25.6	0.04
	4.47	64	25.2	0.02	4.48	67	25	0.02
	4.44	62	25.4	0.01	4.46	55	25	0.02
	4.43	59	25.2	0.02	4.44	59	25.2	0.01
DIC.	4.4	63	25.2	0.02	4.47	64	25	0.01
	4.43	59	25.4	0.01	4.42	56	25	0.02
	4.43	61	25.4	0.02	4.4	59	25.2	0.02
	4.41	60	25.4	0.04	4.45	61	25.4	0.03
	4.46	63	25	0.02	4.47	64	25.2	0.02
	4.44	60	25.2	0.02	4.45	60	25	0.01

Etapa Maduración

	pH	Tiempo de Maduración (h)	T Maduración (°C)	Humedad (%)	pH	Tiempo de Maduración (h)	T Maduración (°C)	Humedad (%)
JUL.	4.38	28	4.4	70	4.27	30	4.2	69
	4.32	24	4.2	73	4.33	25	4.2	73
	4.35	25	4.4	71	4.33	28	4.2	70
	4.33	29	4	72	4.36	24	4	72
	4.29	30	4	71	4.31	29	4	71
	4.24	24	4.4	73	4.37	27	4.2	70

	pH	Tiempo de Maduración (h)	T Maduración (°C)	Humedad (%)	pH	Tiempo de Maduración (h)	T Maduración (°C)	Humedad (%)
AGO.	4.31	25	4.2	69	4.35	27	4.4	70
	4.39	28	4.2	72	4.31	27	4.2	71
	4.37	27	4.4	70	4.38	25	4.2	70
	4.35	24	4	71	4.36	29	4.4	69
	4.39	26	4.4	72	4.32	30	4	72
	4.34	28	4	70	4.39	24	4.2	70

SEPT.	4.29	30	4.4	70	4.32	25	4.4	70
	4.27	26	4.4	68	4.34	25	4.2	71
	4.24	28	4.4	72	4.36	29	4.2	70
	4.25	25	4.2	70	4.36	30	4	69
	4.21	24	4.2	68	4.33	26	4	68
	4.26	24	4	70	4.31	24	4.4	70

OCT.	4.26	28	4	70	4.28	24	4.2	70
	4.22	30	4.2	71	4.22	30	4.2	68
	4.23	24	4.4	73	4.23	27	4.2	70
	4.27	27	4.2	70	4.28	29	4.4	72
	4.24	24	4.4	69	4.26	28	4	70
	4.29	29	4.2	70	4.27	25	4.2	71

	pH	Tiempo de Maduración (h)	T Maduración (°C)	Humedad (%)	pH	Tiempo de Maduración (h)	T Maduración (°C)	Humedad (%)
NOV.	4.21	27	4.2	69	4.21	26	4	73
	4.22	30	4.2	71	4.24	26	4	71
	4.24	28	4.2	70	4.29	30	4.4	70
	4.27	25	4.4	70	4.27	29	4.2	69
	4.2	29	4.2	68	4.22	29	4.2	72
	4.23	24	4	70	4.25	24	4.2	70

DIC.	4.28	24	4.4	70	4.21	24	4.2	69
	4.21	28	4.2	69	4.27	27	4.4	70
	4.25	27	4.2	70	4.27	26	4.4	69
	4.24	29	4.2	71	4.29	26	4.2	71
	4.32	25	4	72	4.22	28	4.2	70
	4.23	24	4.4	70	4.28	29	4	69

ANEXO IV

Resultados de análisis de varianza (ANOVA) utilizando el programa “Design-Expert 5®” para las variables que intervienen en el proceso de fabricación de queso Etapa de Rayada

Variable: Temperatura de proceso de coagulación

Tratamiento de las medias			
Trat.	t Coag. (min)	Media Estimada	Error Estándar
1	29	35.625	0.12856
2	30	35.725	0.12856
3	31	35.575	0.12856
4	32	35.8	0.12856
5	33	35.6	0.12856
6	35	35.725	0.12856
7	38	35.8	0.12856
8	39	35.425	0.12856
9	40	35.475	0.12856

Variable: Temperatura de Proceso							
Trat.	Dif. de Medias	Trat.	Dif. de Medias	Trat.	Dif. de Medias	Trat.	Dif. de Medias
1-2	-0.1	2-4	-0.075	3-7	-0.225	5-7	-0.2
1-3	0.05	2-5	0.125	3-8	0.15	5-8	0.175
1-4	-0.175	2-6	0	3-9	0.1	5-9	0.125
1-5	0.025	2-7	-0.075	4-5	0.2	6-7	-0.075
1-6	-0.1	2-8	0.3	4-6	0.075	6-8	0.3
1-7	-0.175	2-9	0.25	4-7	0	6-9	0.25
1-8	0.2	3-4	-0.225	4-8	0.375	7-8	0.375
1-9	0.15	3-5	-0.025	4-9	0.325	7-9	0.325
2-3	0.15	3-6	-0.15	5-6	-0.125	8-9	-0.05

Fuente	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado de la Media	F Evaluada	Prob > F
Modelo	0.580556	8	0.0725694	1.09769	0.3950
Residuo	1.785	27	0.0661111		
Correlación T.	2.36556	35			
C.V.	0.721461				

Variable: pH al rayar la coagulación de leche

Tratamiento de las medias			
Trat.	Acidez Suero	Media Estimada	Error Estándar
1	6	4.751	0.0151438
2	6.1	4.708	0.0151438
3	6.2	4.739	0.0151438
4	6.3	4.745	0.0151438
5	6.4	4.717	0.0151438

Variable: pH Rayada			
Trat.	Dif. de Medias	Trat.	Dif. de Medias
1-2	0.043	2-4	-0.037
1-3	0.012	2-5	-0.009
1-4	0.006	3-4	-0.006
1-5	0.034	3-5	0.022
2-3	-0.031	4-5	0.028

Fuente	Suma de Cuadrados	GL	Cuadrado de la Media	F Evaluada	Prob > F
Modelo	0.0138	4	0.00345	1.50436	0.2170
Residuo	0.1032	45	0.00229333		
Corr. T.	0.117	49			
C.V.	1.01202				

Variable: Tiempo de Agitación

Tratamiento de las medias			
Trat.	Acidez Suero	Media Estimada	Error Estándar
1	6	10.279	0.0451944
2	6.1	10.208	0.0451944
3	6.2	10.396	0.0451944
4	6.3	10.326	0.0451944
5	6.4	10.263	0.0451944

Variable: T. Agitación			
Trat.	Dif. de Medias	Trat.	Dif. de Medias
1-2	0.071	2-4	-0.118
1-3	-0.117	2-5	-0.055
1-4	-0.047	3-4	0.07
1-5	0.016	3-5	0.133
2-3	-0.188	4-5	0.063

Fuente	Suma de Cuadrados	GL	Cuadrado de la Media	F Evaluada	Prob > F
Modelo	0.200092	4	0.050023	2.44907	0.0597
Residuo	0.91914	45	0.0204253		
Corr. T.	1.11923	49			
C.V.	1.3883				

Variable: Tiempo de calentamiento

Tratamiento de las medias			
Trat.	Acidez Suero	Media Estimada	Error Estándar
1	6	10.24	0.051567
2	6.1	10.262	0.051567
3	6.2	10.446	0.051567
4	6.3	10.443	0.051567
5	6.4	10.243	0.051567

Variable: Tiempo Calent.			
Trat.	Dif. de Medias	Trat.	Dif. de Medias
1-2	-0.022	2-4	-0.181
1-3	-0.206	2-5	0.019
1-4	-0.203	3-4	0.003
1-5	-0.003	3-5	0.203
2-3	-0.184	4-5	0.2

Fuente	Suma de Cuadrados	GL	Cuadrado de la Media	F Evaluada	Prob > F
Modelo	0.464668	4	0.116167	4.36857	0.0045
Residuo	1.19662	45	0.0265916		
Corr. T.	1.66129	49			
C.V.	1.57909				

Variable: Temperatura de calentamiento

Tratamiento de las medias			
Trat.	Acidez Suero	Media Estimada	Error Estándar
1	6	32.04	0.0708676
2	6.1	32.12	0.0708676
3	6.2	32	0.0708676
4	6.3	31.98	0.0708676
5	6.4	32.04	0.0708676

Variable: T Calentamiento			
Trat.	Dif. de Medias	Trat.	Dif. de Medias
1-2	-0.08	2-4	0.14
1-3	0.04	2-5	0.08
1-4	0.06	3-4	0.02
1-5	0	3-5	-0.04
2-3	0.12	4-5	-0.06

Fuente	Suma de Cuadrados	GL	Cuadrado de la Media	F Evaluada	Prob > F
Modelo	0.1152	4	0.0288	0.573451	0.6833
Residuo	2.26	45	0.0502222		
Corr. T.	2.3752	49			
C.V.	0.699535				

Variable: Temperatura del proceso de rayado

Tratamiento de las medias			
Trat.	Acidez Suero	Media Estimada	Error Estándar
1	6	35.63	0.0619139
2	6.1	35.52	0.0619139
3	6.2	35.62	0.0619139
4	6.3	35.58	0.0619139
5	6.4	35.62	0.0619139

Variable: T Proc. Rayado			
Trat.	Dif. de Medias	Trat.	Dif. de Medias
1-2	0.11	2-4	-0.06
1-3	0.01	2-5	-0.1
1-4	0.05	3-4	0.04
1-5	0.01	3-5	0
2-3	-0.1	4-5	-0.04

Fuente	Suma de Cuadrados	GL	Cuadrado de la Media	F Evaluada	Prob > F
Modelo	0.0832	4	0.0208	0.542609	0.7052
Residuo	1.725	45	0.0383333		
Corr. T.	1.8082	49			
C.V.	0.550062				

Variable: Tiempo de rayado

Tratamiento de las medias			
Trat.	Acidez Suero	Media Estimada	Error Estándar
1	6	5.358	0.0790468
2	6.1	5.518	0.0790468
3	6.2	5.333	0.0790468
4	6.3	5.575	0.0790468
5	6.4	5.4	0.0790468

Variable: t Rayado			
Trat.	Dif. de Medias	Trat.	Dif. de Medias
1-2	-0.16	2-4	-0.057
1-3	0.025	2-5	0.118
1-4	-0.217	3-4	-0.242
1-5	-0.042	3-5	-0.067
2-3	0.185	4-5	0.175

Fuente	Suma de Cuadrados	GL	Cuadrado de la Media	F Evaluada	Prob > F
Modelo	0.440308	4	0.110077	1.76168	0.1533
Residuo	2.81178	45	0.062484		
Corr. T.	3.25209	49			
C.V.	4.5977				

Variable: Tiempo de reposo

Tratamiento de las medias			
Trat.	Acidez Suero	Media Estimada	Error Estándar
1	6	5.279	0.0666322
2	6.1	5.35	0.0666322
3	6.2	5.294	0.0666322
4	6.3	5.324	0.0666322
5	6.4	5.278	0.0666322

Variable: t Reposo			
Trat.	Dif. de Medias	Trat.	Dif. de Medias
1-2	-0.071	2-4	0.026
1-3	-0.015	2-5	0.072
1-4	-0.045	3-4	-0.03
1-5	0.001	3-5	0.016
2-3	0.056	4-5	0.046

Fuente	Suma de Cuadrados	GL	Cuadrado de la Media	F Evaluada	Prob > F
Modelo	0.03912	4	0.00978	0.220278	0.9257
Residuo	1.99793	45	0.0443984		
Corr. T.	2.03705	49			
C.V.	3.9719				

Etapa de Colgada

Variable: pH de queso al colgarlo

Tratamiento de las medias			
Trat.	Flujo Suero (L/s)	Media Estimada	Error Estándar
1	0.01	4.44	0.0091984
2	0.02	4.438	0.0091984
3	0.03	4.443	0.0091984
4	0.04	4.439	0.0091984

Variable: pH Colgada			
Trat.	Dif. de Medias	Trat.	Dif. de Medias
1-2	0.002	2-3	-0.005
1-3	-0.003	2-4	-0.001
1-4	0.001	3-4	0.004

Fuente	Suma de Cuadrados	GL	Cuadrado de la Media	F Evaluada	Prob > F
Modelo	0.00014	3	4.6667E-05	0.055154	0.9827
Residuo	0.03046	36	0.00084611		
Corr. T.	0.0306	39			
C.V.	0.655135				

Variable: Tiempo de colgado de queso

Tratamiento de las medias			
Trat.	Flujo Suero (L/s)	Media Estimada	Error Estándar
1	0.01	61.9	1.90628
2	0.02	66.3	1.90628
3	0.03	63.8	1.90628
4	0.04	62.2	1.90628

Variable: Tiempo Colgada			
Trat.	Dif. de Medias	Trat.	Dif. de Medias
1-2	-4.4	2-3	2.5
1-3	-1.9	2-4	4.1
1-4	-0.3	3-4	1.6

Fuente	Suma de Cuadrados	GL	Cuadrado de la Media	F Evaluada	Prob > F
Modelo	121.7	3	40.5667	1.11634	0.3552
Residuo	1308.2	36	36.3389		
Corr. T.	1429.9	39			
C.V.	9.48572				

Variable: Temperatura de colgada

Tratamiento de las medias			
Trat.	Flujo Suero (L/s)	Media Estimada	Error Estándar
1	0.01	25.17	0.0537225
2	0.02	25.21	0.0537225
3	0.03	25.35	0.0537225
4	0.04	25.26	0.0537225

Variable: Temp. Colgada			
Trat.	Dif. de Medias	Trat.	Dif. de Medias
1-2	-0.04	2-3	-0.14
1-3	-0.18	2-4	-0.05
1-4	-0.09	3-4	0.09

Fuente	Suma de Cuadrados	GL	Cuadrado de la Media	F Evaluada	Prob > F
Modelo	0.18075	3	0.06025	2.08758	0.1190
Residuo	1.039	36	0.0288611		
Corr. T.	1.21975	39			
C.V.	0.672881				

Etapa Maduración

Variable: Temperatura de maduración

Tratamiento de las medias				Variable: Temp. Maduración					
Trat.	% H	Media Estimada	Error Estándar	Trat.	Dif. de Medias	Trat.	Dif. de Medias	Trat.	Dif. de Medias
1	68	4.2	0.072111	1-2	-0.04	2-4	0.08	4-5	-0.04
2	69	4.24	0.072111	1-3	-0.08	2-5	0.04	4-6	-0.08
3	70	4.28	0.072111	1-4	0.04	2-6	0	5-6	-0.04
4	71	4.16	0.072111	1-5	0	3-4	0.12		
5	72	4.2	0.072111	1-6	-0.04	3-5	0.08		
6	73	4.24	0.072111	2-3	-0.04	3-6	0.04		

Fuente	Suma de Cuadrados	GL	Cuadrado de la Media	F Evaluada	Prob > F
Modelo	0.044	5	0.0088	0.338462	0.8845
Residuo	0.624	24	0.026		
Correlación T.	0.668	29			
C.V.	3.82098				

Variable: Tiempo de maduración

Tratamiento de las medias				Variable: Tiempo Maduración					
Trat.	% H	Media Estimada	Error Estándar	Trat.	Dif. de Medias	Trat.	Dif. de Medias	Trat.	Dif. de Medias
1	68	27	0.960902	1-2	0.2	2-4	-1	4-5	0.6
2	69	26.8	0.960902	1-3	-0.6	2-5	-0.4	4-6	3.2
3	70	27.6	0.960902	1-4	-0.8	2-6	2.2	5-6	2.6
4	71	27.8	0.960902	1-5	-0.2	3-4	-0.2		
5	72	27.2	0.960902	1-6	2.4	3-5	0.4		
6	73	24.6	0.960902	2-3	-0.8	3-6	3		

Variable: Tiempo Maduración

Fuente	Suma de Cuadrados	GL	Cuadrado de la Media	F Evaluada	Prob > F
Modelo	33.3667	5	6.67333	1.44549	0.2443
Residuo	110.8	24	4.61667		
Correlación T.	144.167	29			
C.V.	8.00737				

Variable: pH durante la maduración

Tratamiento de las medias			
Trat.	% H	Media Estimada	Error Estándar
1	68	4.246	0.0250799
2	69	4.248	0.0250799
3	70	4.326	0.0250799
4	71	4.286	0.0250799
5	72	4.334	0.0250799
6	73	4.266	0.0250799

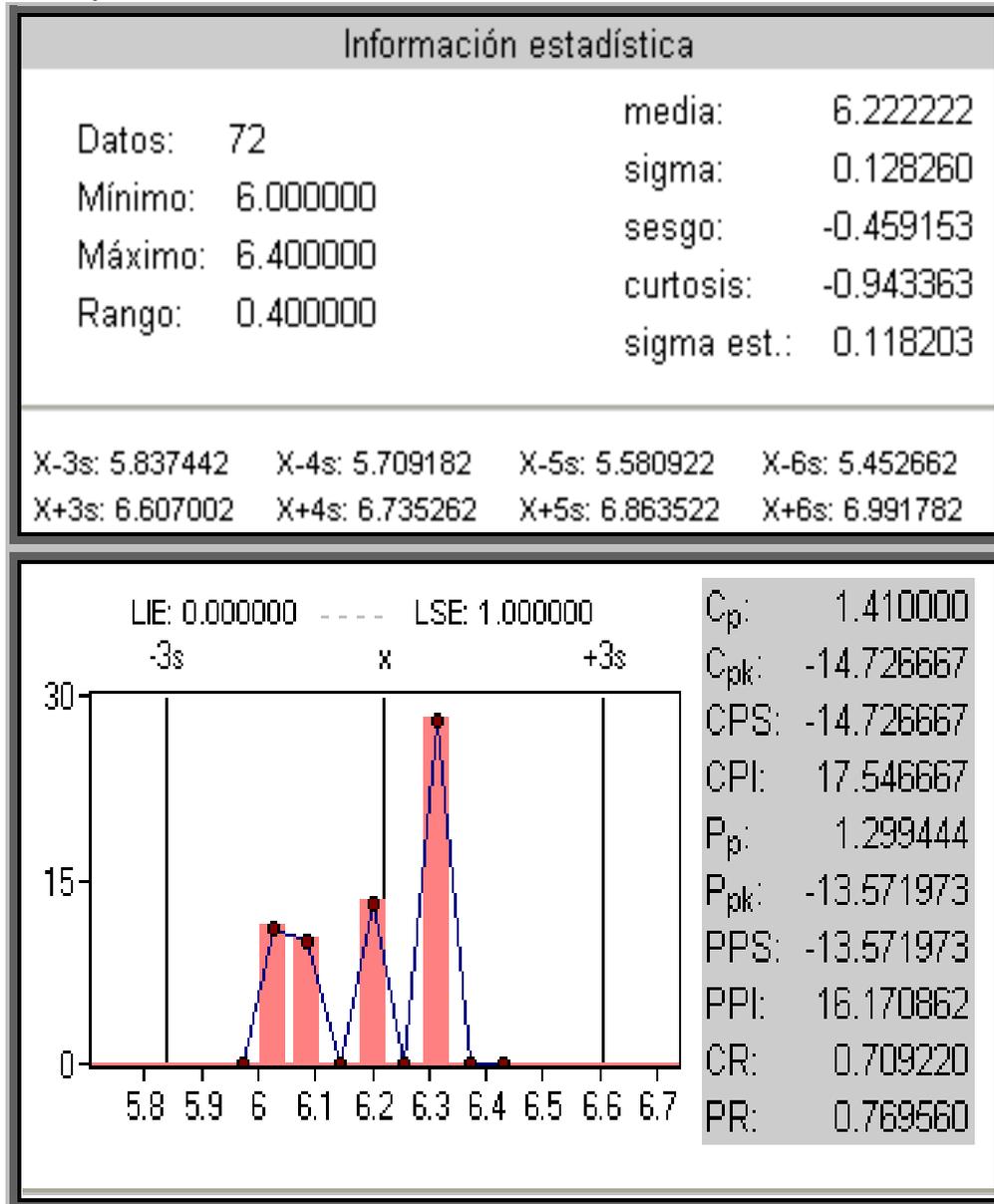
Variable: Tiempo Maduración					
Trat.	Dif. de Medias	Trat.	Dif. de Medias	Trat.	Dif. de Medias
1-2	-0.002	2-4	-0.038	4-5	-0.048
1-3	-0.08	2-5	-0.086	4-6	0.02
1-4	-0.04	2-6	-0.018	5-6	0.068
1-5	-0.088	3-4	0.04		
1-6	-0.02	3-5	-0.008		
2-3	-0.078	3-6	0.06		

Fuente	Suma de Cuadrados	GL	Cuadrado de la Media	F Evaluada	Prob > F
Modelo	0.0366567	5	0.00733133	2.33111	0.0735
Residuo	0.07548	24	0.003145		
Correlación T.	0.112137	29			
C.V.	1.30896				

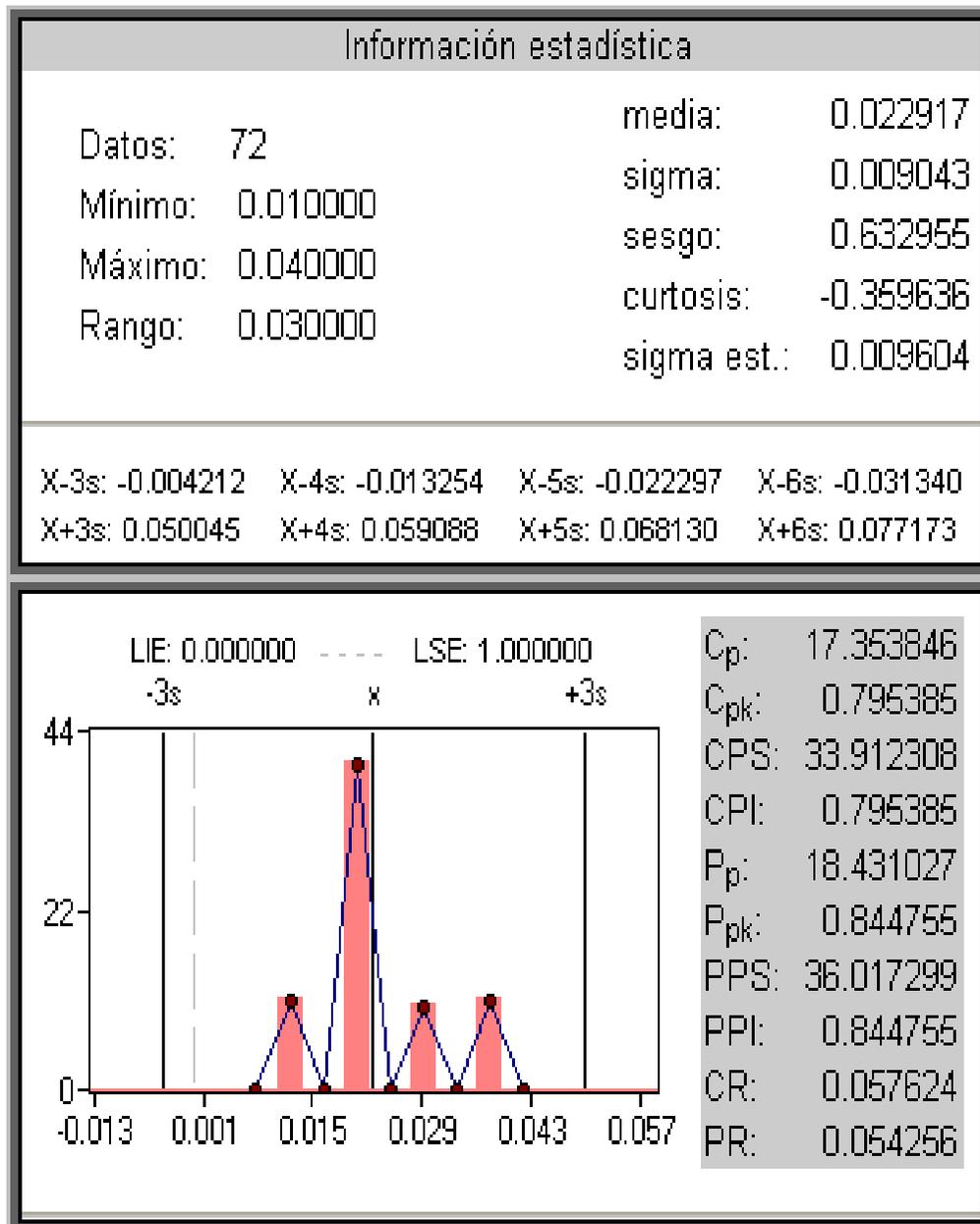
ANEXO V

Resultados obtenidos para crear el gráfico de control X-R en las etapas del proceso de fabricación de queso utilizando el programa "Inspector Cartas de Control"

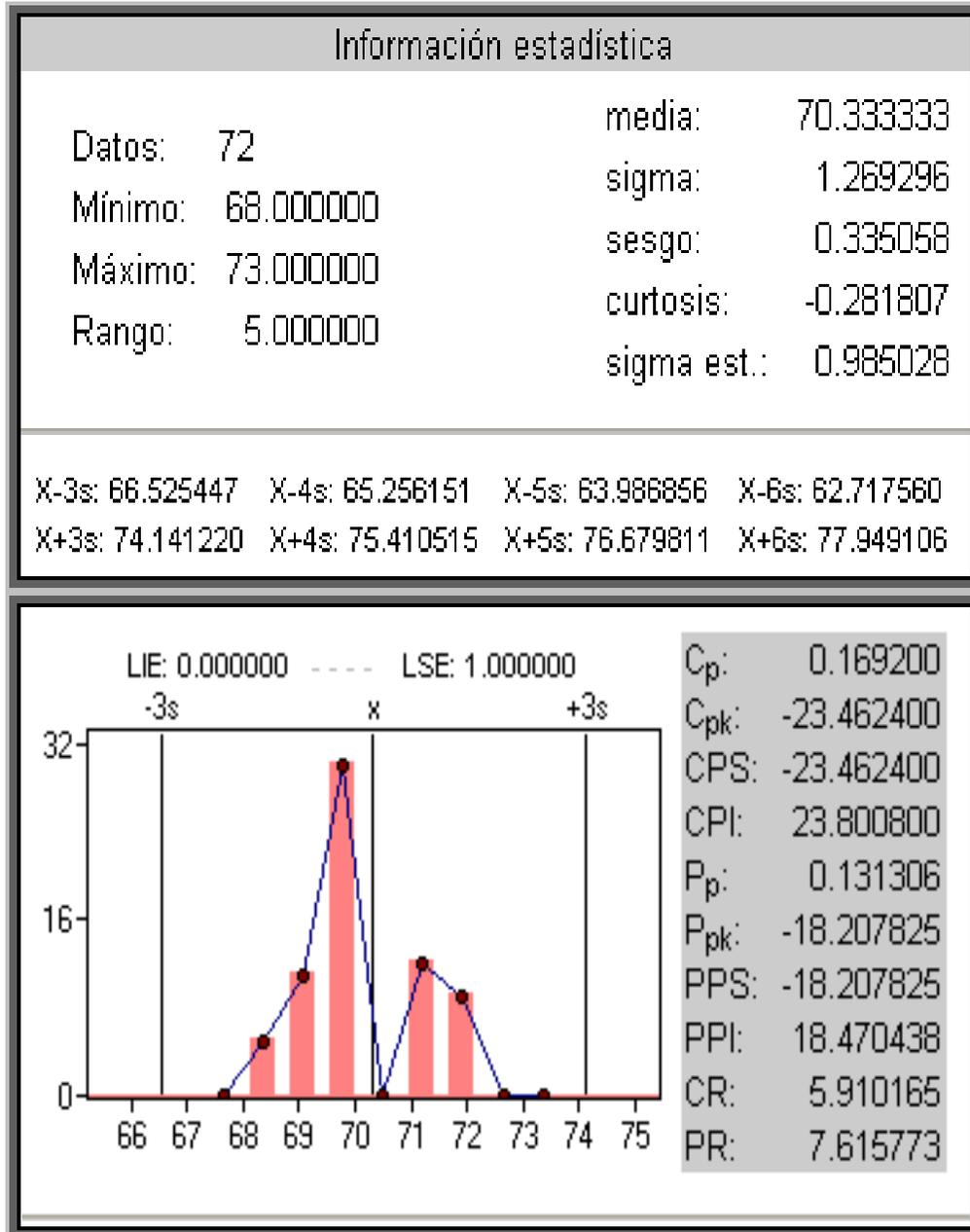
Etapa de Rayada



Etapa de Colgada



Etapa Maduración



ANEXO VI

**Descripción de los índices de información estadística utilizados en las cartas de control
y en los estudios estadísticos individuales**

Índice	Definición	Fórmula
Cp	Índice de capacidad y habilidad del proceso calculado a partir de la desviación estándar estimada	Cp = Tolerancia/Sigma estimada
Cpk	Índice de capacidad y habilidad del proceso calculado a partir de la desviación estándar normalizada mínima cuando se calcula para ambos límites en una condición de límites simétricos. Este índice toma en cuenta la posición de la distribución de los datos con respecto a los límites de especificación y determina la posición crítica de la distribución con respecto a los límites de especificaciones	Sigma estimada = Rango medio/d₂ Cpk = Zmin/3
Pp	Índice de capacidad y habilidad del proceso potencial de desempeño	Pp = Tolerancia/6*Sigma
Ppk	Índice de capacidad y habilidad del proceso potencial para la desviación estándar normalizada mínima calculado a partir de Sigma estimada	Ppk = Zmín estimada/3
CR y PR	Son las razones de capacidad habilidad del proceso respectivamente, siendo los valores inversos de Cp y Pp	CR = 1/Cp PR = 1/Pp
Z_{LSE} y Z_{LIE}	Son las desviaciones estándar normalizadas calculadas a partir de la sigma calculada de los datos individuales	Z = [Lim – Media de proceso]/Sigma
CPS	Índice de capacidad y habilidad del proceso calculado a partir del límite superior de especificaciones y la sigma estimada.	CPS = $\frac{LSE - \text{Media del Proceso}}{6 * \text{Sigma estimada}}$
CPI	Índice de capacidad y habilidad del proceso calculado a partir del límite inferior de especificaciones y la sigma estimada.	CPI = $\frac{\text{Media del Proceso} - LIE}{6 * \text{Sigma estimada}}$

ANEXO VII

Clave:

Páginas: 1/3

Fecha de aprobación:
Julio de 2008Área de Aplicación:
Control de CalidadTipo de documento:
Procedimiento**DETERMINACION DE LA ACIDEZ TITULABLE DEL SUERO DE QUESO****OBJETIVO:**

Determinar la acidez como Punto Critico en la elaboración de Queso

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

Conocer el concepto de acidez
 Conocer el fundamento de la valoración
 Manejar correctamente la técnica de titulación
 Determinar la acidez del suero de queso.

ALCANCE:

- Control de Calidad
 - Producción

MATERIAL Y EQUIPO:

Bureta de 2mL
 Soporte para bureta
 Matraz Erlenmeyer de 12mL
 Pipeta de 10mL
 Hidróxido de Sodio 0.1N
 Fenoftaleina 1% (Indicador)

RESPONSABILIDAD Y AUTORIDAD :

- Es responsabilidad del Gerente de Control de Calidad en turno involucrarse en los muestreos correspondientes del suero de queso
- Es responsabilidad del Gerente de Producción involucrarse y verificar que el proceso de elaboración del queso sea correcto.
- Es responsabilidad del analista y/o Gerente de Control de Calidad manejar correctamente la técnica de titulación
- Determinar la acidez de la muestra
- Reportar los resultados obtenidos de acidez en el formato **CONTROL DE QUESO**

Elaboró:

Joel A. González González

Revisó:

Ing. Erika Peralta Vargas

Autorizó:

Aseguramiento de la Calidad

Control de Documentos

PROHIBIDA LA REPRODUCCION TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN PREVIA AUTORIZACIÓN

Control de Calidad

Clave:

Páginas: 2/3

Fecha de aprobación:
Julio de 2008Área de Aplicación:
Control de CalidadTipo de documento:
Procedimiento**DETERMINACIÓN DE LA ACIDEZ TITULABLE DEL SUERO DE QUESO****DEFINICIONES:**

TITULACIÓN (VALORACIÓN): Proceso mediante el cual un volumen de la solución que se titula se hace reaccionar cuantitativamente con el volumen de una solución de concentración conocida

TITULAR: Comparación de dos soluciones, considerando a una de concentración conocida como estándar para conocer la concentración de la otra

ESTÁNDAR: Solución valorada (de concentración conocida)

TITULANDO: Solución a la que se le va a conocer su concentración

INDICADOR: Sustancia orgánica de carácter ácido o base que tiene la propiedad de cambiar de coloración cuando el medio varía de un pH determinado a otro

VIRE: Cambio de coloración del indicador

TÉCNICA PARA REALIZAR LA DETERMINACIÓN

- Llene una bureta de 25mL con una solución de hidróxido de sodio 0.1 N valorada (estándar)
- Se toma la lectura de la cantidad de solución en la bureta.
- Con ayuda de una pipeta, tome 10mL del suero de queso y colóquelo en un matraz Erlenmeyer
- Agréguele 5 gotas de Fenofaleína al 1% como indicador.
- Adicione gota por gota la solución de hidróxido de sodio, al mismo tiempo gire el matraz lentamente.
- Cierre la llave de la bureta y siga girando el matraz cuando aparezca el color rosa durante 30 segundos para verificar que permanezca.
- En caso contrario, se adicione cada vez una gota extra de hidróxido de sodio.
- Si el color permanece, se da por terminada la titulación.
- Tome la lectura de los mililitros gastados de hidróxido de sodio 0.1 N
- Realice la valoración por triplicado
- Saque el promedio de las lecturas y regístrelo en el formato **CONTROL DE QUESO**

Elaboró:
Joel A. González GonzálezRevisó:
Ing. Erika Peralta Vargas

Autorizó:

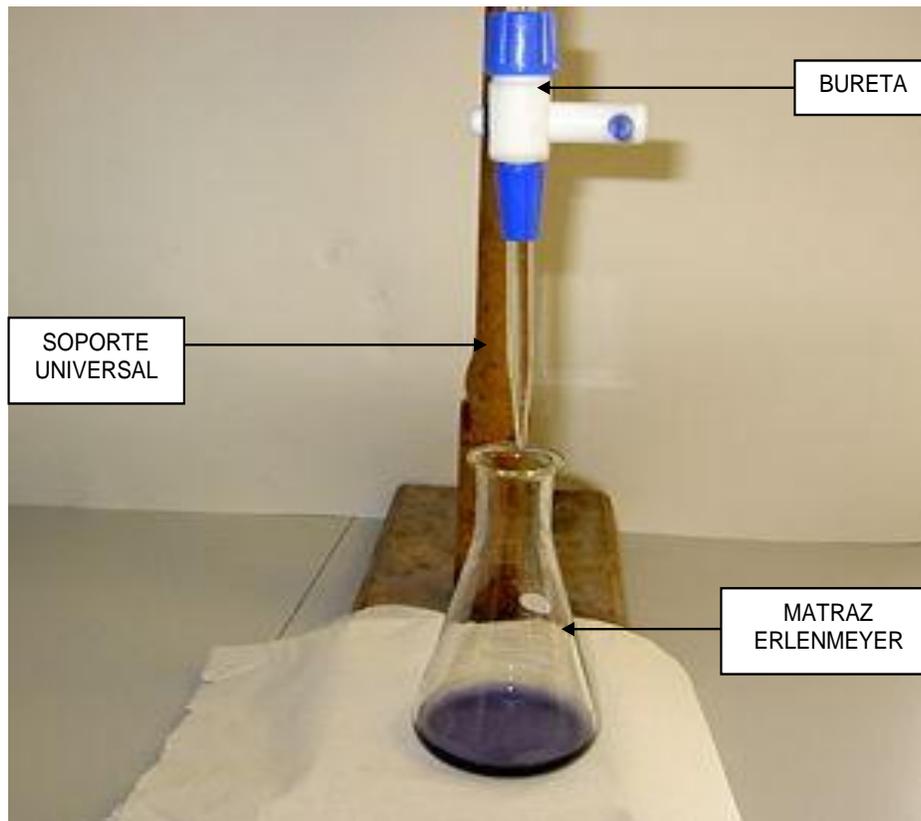
Aseguramiento de la Calidad
Control de Documentos

PROHIBIDA LA REPRODUCCION TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN PREVIA AUTORIZACIÓN

Control de Calidad

Clave:

Páginas: 3/3

Fecha de aprobación:
Julio de 2008Área de Aplicación:
Control de CalidadTipo de documento:
Procedimiento**DETERMINACION DE LA ACIDEZ TITULABLE DEL SUERO DE QUESO****DIAGRAMA DEL DISPOSITIVO DE TITULACIÓN:**

Donde:

Elaboró:

Joel A. González González

Revisó:

Ing. Erika Peralta Vargas

Autorizó:

Aseguramiento de la Calidad

Control de Documentos

PROHIBIDA LA REPRODUCCION TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN PREVIA AUTORIZACIÓN

ANEXO VIII

Clave:

Páginas: 1/4

Fecha de aprobación:
Julio de 2008Área de Aplicación:
Control de CalidadTipo de documento:
Procedimiento**DETERMINACION DEL pH DEL SUERO DE QUESO DE LECHE BRONCA Y EN POLVO****OBJETIVO:**

Determinar el pH como Punto Crítico en la elaboración de Queso

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

Conocer el fundamento del Potenciómetro
 Manejar correctamente el medidor de pH
 Determinar el pH del suero de queso.

ALCANCE:

- Control de Calidad
- Producción

MATERIAL Y REACTIVOS:

- Muestra de Suero de Queso de Leche Bronca y/o en Polvo
- Solución Reguladora (Buffer) de pH 7 y pH 4
- Agua Destilada
- Medidor de pH (Potenciómetro)
- Papel o Sanitas
- 4 Vasos de Precipitado de 50mL

RESPONSABILIDAD Y AUTORIDAD :

- Es responsabilidad del Supervisor de Control de Calidad en turno involucrarse en los muestreos correspondientes del suero de queso
- Es responsabilidad del analista y/o encargado del área de producción de queso verificar que el aparato utilizado se encuentre perfectamente calibrado o en su defecto, realizar la respectiva calibración tomando en cuenta las recomendaciones sugeridas por el Supervisor de Control de Calidad
- Determinar el pH de la muestra
- Reportar los resultados obtenidos del pH en el formato **CONTROL DE QUESO**

Elaboró:

Joel A. González González

Revisó:

Ing. Erika Peralta Vargas

Autorizó:

Aseguramiento de la Calidad

Control de Documentos

PROHIBIDA LA REPRODUCCION TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN PREVIA AUTORIZACIÓN

Control de Calidad

Clave:

Páginas: 2/4

Fecha de aprobación:
Julio de 2008Área de Aplicación:
Control de CalidadTipo de documento:
Procedimiento**DETERMINACION DEL pH DEL SUERO DE QUESO DE LECHE BRONCA Y EN POLVO****DEFINICIONES:**

pH: Conocido como potencial de hidrógeno, es la concentración de iones hidrógeno que contiene una muestra por su logaritmo negativo de base 10. ($\text{pH} = -\log [\text{H}^+]$)

ÁCIDO: Sustancia que en solución acuosa libera iones hidrógeno

BASE: Sustancia que en solución acuosa recibe iones hidrógeno

SOLUCIÓN ACUOSA: Sustancia generalmente líquida que en su composición contiene agua

SOLUCIÓN REGULADORA: Solución de ácido débil y su sal que soporta el cambio brusco de su pH o que no se modifica apreciablemente. Es también conocida como “*tampón*” o “*buffer*”

POTENCIÓMETRO: Equipo utilizado para medir el pH de diferentes sustancias.

TÉCNICA PARA CALIBRAR EL MEDIDOR DEL POTENCIAL DE HIDRÓGENO

- Encienda el aparato.
- En 2 vasos de precipitado de 50mL vierta 30mL de solución “*Buffer*” pH 7 y pH 4 respectivamente previamente etiquetados
- Utilice otro vaso para enjuagar el electrodo, de esta manera se minimiza la contaminación de las soluciones.
- Mientras el electrodo no esté sumergido en solución alguna, el indicador de pH (“display”) parpadeará o estará desestabilizado
- Pulse la tecla “pH”
- Retire el capuchón del electrodo, enjuague el electrodo con agua destilada y seque con una sanita sin frotarlo. Ahora sumérjalo en el vaso con la solución pH 7
- Agite suavemente y espere hasta el equilibrio térmico (Estabilización del indicador de pH). En caso de que la lectura no dé 7, mueva con el desarmador la tecla “calibración 6.86-7” hasta obtener en el display el valor 7
- Enjuague el electrodo con agua destilada utilizando el vaso de enjuague y séquelo
- Sumerja el electrodo en la solución tampón pH 4 (2° punto de calibración)
- Agite suavemente y espere hasta que el display se estabilice
- En caso de que la lectura no dé 4, mueva con el desarmador la tecla “calibración 3.86-4” hasta obtener en el display el valor 4
- Enjuague nuevamente el electrodo como se indica anteriormente
- El medidor está ahora calibrado y está listo para ser operado

Elaboró:
Joel A. González GonzálezRevisó:
Ing. Erika Peralta Vargas

Autorizó:

Aseguramiento de la Calidad
Control de Documentos

PROHIBIDA LA REPRODUCCION TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN PREVIA AUTORIZACIÓN

Control de Calidad

Clave:

Páginas: 3/4

Fecha de aprobación:
Julio de 2008Área de Aplicación:
Control de CalidadTipo de documento:
Procedimiento**DETERMINACION DEL pH DEL SUERO DE QUESO DE LECHE BRONCA Y EN POLVO****RECOMENDACIONES:**

Para una mayor precisión, es recomendable calibrar el instrumento frecuentemente. El instrumento debe ser calibrado en pH:

- a) Cuando sustituya el electrodo de pH
- b) Al menos una vez por semana
- c) Después de analizar productos químicos agresivos.
- d) Si se requiere una gran precisión.
- e) Cuando sustituya la pila.

TÉCNICA PARA DETERMINAR EL POTENCIAL DE HIDRÓGENO DEL SUERO DE QUESO

- Encienda el medidor de pH (Potenciómetro)
- Verifique que se encuentre perfectamente calibrado; de no ser así, calibrarlo
- Enjuague el electrodo y séquelo sin frotarlo
- Utilice un vaso de precipitado de 50mL para tomar la muestra de suero
- Sumerja el electrodo en la muestra
- Agite suavemente y espere hasta que el display se estabilice
- Registre el valor obtenido de pH y repórtelo en la hoja de control de suero
- Enjuague nuevamente el electrodo como se indica anteriormente
- Apague el aparato

Elaboró:

Joel A. González González

Revisó:

Ing. Erika Peralta Vargas

Autorizó:

Aseguramiento de la Calidad

Control de Documentos

PROHIBIDA LA REPRODUCCION TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN PREVIA AUTORIZACIÓN

Control de Calidad

Clave:

Páginas: 4/4

Fecha de aprobación:
Julio de 2008Área de Aplicación:
Control de CalidadTipo de documento:
Procedimiento**DETERMINACION DEL pH DEL SUERO DE QUESO DE LECHE BRONCA Y EN POLVO****DIAGRAMA DEL MEDIDOR DE pH:**Elaboró:
Joel A. González GonzálezRevisó:
Ing. Erika Peralta Vargas

Autorizó:

Aseguramiento de la Calidad
Control de Documentos

PROHIBIDA LA REPRODUCCION TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN PREVIA AUTORIZACIÓN

ANEXO IX

Clave: _____

Páginas: 1/2

Fecha de aprobación:
Septiembre de 2008Área de Aplicación:
Control de CalidadTipo de documento:
Procedimiento**REPORTE DE INSPECCIÓN DE INSUMOS EN RECEPCIÓN**

Producto _____

Proveedor _____

Fecha de Inspección _____

Tipo de Vehículo _____

EXTERIOR DEL TRANSPORTE

Limpio _____ Lodoso _____ Sucio _____ Aceitoso _____ Otro _____

Observaciones _____

SELLOS DE PUERTAS

Rotos _____ Faltan _____ Buen Estado _____

Observaciones _____

INTERIOR DEL TRANSPORTE

Huele a limpio _____

¿Está limpio? Sí _____ No _____ Describe _____

Percibe olores desagradables _____

Huele a petróleo o solventes _____

Huele a podrido o a ácido _____

Otro (Describir) _____

Temperatura (En caso de productos refrigerados)

Mayor a Especificada _____ Menor a Especificada _____ Correcta _____

CAJAS, BOTES O CONTENEDORES

Estibación buena _____ Estibación mala _____ Aplastados _____

Comprimidos _____ Rotos _____ Esparcidos _____ Otro _____

Observaciones _____

Elaboró:

Joel A. González González

Revisó:

Ing. Erika Peralta Vargas

Autorizó:

Aseguramiento de la Calidad

Control de Documentos

PROHIBIDA LA REPRODUCCION TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN PREVIA AUTORIZACIÓN

Control de Calidad

Clave:

Páginas: 2/2

Fecha de aprobación:
Septiembre de 2008Área de Aplicación:
Control de CalidadTipo de documento:
Procedimiento**REPORTE DE INSPECCIÓN DE INSUMOS EN RECEPCIÓN****FAUNA NOCIVA**

Existe actividad de:

Insectos _____ Roedores _____ Aves _____

Observaciones _____

Nota: Avisar inmediatamente al Gerente de Calidad en caso positivo

PESTICIDAS

¿Existen residuos o exceso en el uso de pesticidas? No _____ Sí _____

Huellas en polvo _____ Insecticida en Aerosol _____ Otro _____

Observaciones _____

Nota: Avisar inmediatamente al Gerente De Calidad en caso positivo

ARTÍCULOS PELIGROSOS

¿Se encontraron artículos peligrosos o nocivos en el embarque? No _____ Sí _____

Petróleo _____ Gasolina _____ Químicos _____ Solventes _____ Pesticidas _____

Observaciones _____

Nota: Avisar inmediatamente al Gerente De Calidad en caso positivo

Observaciones Adicionales: _____

DESICIÓN FINAL

Aceptar Embarque _____ Rechazar Embarque _____

Inspeccionó: _____

Recuerda que una inspección completa y profunda de las materias primas es la primera línea de defensa para no producir alimentos adulterados.

El seguimiento de estos lineamientos y el registrar los resultados obtenidos será el principio y ayudará a una toma de decisiones correcta.

Elaboró:

Joel A. González González

Revisó:

Ing. Erika Peralta Vargas

Autorizó:

Aseguramiento de la Calidad

Control de Documentos

PROHIBIDA LA REPRODUCCION TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN PREVIA AUTORIZACIÓN