

**PROPUESTA DE MEJORA PARA LAS LINEAS DE PRODUCCION DE  
QUESO CAMPESINO Y QUESO ESPECIAL EN LA EMPRESA CODEGAN  
LTDA. MEDIANTE LA APLICACIÓN DE LA METODOLOGIA DMAMC DE LA  
FILOSOFIA SIX SIGMA.**

**INDIRA LUZ ELLES CABARCAS**

**MARIA ANDREA VERGARA RAMIREZ**

**UNIVERSIDAD TECNOLOGICA DE BOLIVAR**

**FACULTAD DE INGENIERIA**

**PROGRAMA DE INGENIERIA INDUSTRIAL**

**CARTAGENA DE INDIAS D.T.Y C.**

**2006**

**PROPUESTA DE MEJORA PARA LAS LINEAS DE PRODUCCIÓN DE  
QUESO CAMPESINO Y QUESO ESPECIAL EN LA EMPRESA CODEGAN  
LTDA. MEDIANTE LA APLICACIÓN DE LA METODOLOGIA DMAMC DE LA  
FILOSOFIA SIX SIGMA.**

**INDIRA LUZ ELLES CABARCAS  
MARIA ANDREA VERGARA RAMIREZ**

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

**Director  
JOSE PEDRO ESPINOZA ELIZONDO  
Ingeniero Industrial**

**Asesores  
FABIAN GAZABÓN ARRIETA  
Ingeniero Industrial  
MISAEEL CRUZ MONROY  
Ingeniero Industrial**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLIVAR  
FACULTAD DE INGENIERIA  
PROGRAMA DE INGENIERIA INDUSTRIAL  
CARTAGENA DE INDIAS D.T. Y C.**

**2006**

Cartagena De Indias D. T. y C., Abril 28 de 2006.

Señores:

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR**

Atn: Comité Evaluador

Ciudad

Apreciados Señores:

Reciban un cordial saludo,

Por medio del presente escrito hago constar que el trabajo de las estudiantes Indira Luz Elles Cabarcas y María Andrea Vergara Ramírez, titulado: **“PROPUESTA DE MEJORA PARA LAS LÍNEAS DE PRODUCCIÓN DE QUESO CAMPESINO Y QUESO ESPECIAL EN LA EMPRESA CODEGAN LTDA. MEDIANTE LA APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA DMAMC DE LA FILOSOFÍA SIX SIGMA”**, ha sido dirigido y revisado por el suscrito, por lo cual autorizo su presentación para la respectiva evaluación según lo establecido en el reglamento vigente.

Cordialmente,



---

**JOSE PEDRO ESPINOZA ELIZONDO**

Ingeniero Industrial

Cartagena De Indias D. T. y C., Abril 28 de 2006.

Señores:

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR**

Atn: Comité Evaluador

Ciudad

Apreciados Señores:

Reciban un cordial saludo,

Por medio del presente escrito hago constar que el trabajo de las estudiantes Indira Luz Elles Cabarcas y María Andrea Vergara Ramírez, titulado: **“PROPUESTA DE MEJORA PARA LAS LÍNEAS DE PRODUCCIÓN DE QUESO CAMPESINO Y QUESO ESPECIAL EN LA EMPRESA CODEGAN LTDA. MEDIANTE LA APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA DMAMC DE LA FILOSOFÍA SIX SIGMA”**, ha sido dirigido y revisado por el suscrito, por lo cual autorizo su presentación para la respectiva evaluación según lo establecido en el reglamento vigente.

Cordialmente,

---

**FABIAN GAZABÓN ARRIETA**

Profesor Asociado

Cartagena De Indias D. T. y C., Abril 28 de 2006.

Señores:

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR**

Atn: Comité Evaluador

Ciudad

Apreciados Señores:

Reciban un cordial saludo,

Por medio del presente escrito hago constar que el trabajo de las estudiantes Indira Luz Elles Cabarcas y María Andrea Vergara Ramírez, titulado: **“PROPUESTA DE MEJORA PARA LAS LÍNEAS DE PRODUCCIÓN DE QUESO CAMPESINO Y QUESO ESPECIAL EN LA EMPRESA CODEGAN LTDA. MEDIANTE LA APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA DMAMC DE LA FILOSOFÍA SIX SIGMA”**, ha sido dirigido y revisado por el suscrito, por lo cual autorizo su presentación para la respectiva evaluación según lo establecido en el reglamento vigente.

Cordialmente,

---

**MISAEEL CRUZ MONROY**

Profesor Asociado

Cartagena de Indias, D.T y C. Abril 28 de 2006

Señores:

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR**

Atn: Comité Evaluador

Ciudad

Apreciados señores:

Reciban un cordial saludo,

Por medio del presente escrito nos permitimos presentar a ustedes nuestro Trabajo de Grado titulado: **“PROPUESTA DE MEJORA PARA LAS LINEAS DE PRODUCCION DE QUESO CAMPESINO Y QUESO ESPECIAL EN LA EMPRESA CODEGAN LTDA. MEDIANTE LA APLICACIÓN DE LA METODOLOGIA DMAMC DE LA FILOSOFIA SIX SIGMA”**, para optar el título de Ingenieras Industriales.

En espera de su respuesta

Cordialmente,

---

INDIRA LUZ ELLES CABARCAS

---

MARÍA ANDREA VERGARA RAMÍREZ

**Artículo 105:** La Universidad Tecnológica de Bolívar, se reserva el derecho de propiedad intelectual de todos los trabajos de grado aprobados, y no pueden ser explotados comercialmente sin su autorización.

Nota de Aceptación

---

---

---

---

---

---

Presidente del Jurado

---

Jurado

---

Jurado

Cartagena de Indias, D.T y C., Abril 28 de 2006



A Dios, a mis padres y a mi hermano por estar conmigo y apoyarme incondicionalmente y a todas aquellas personas que me brindaron su apoyo y colaboración. Gracias.

**María Andrea**

Gracias a Dios y a mis padres por darme  
la oportunidad de formarme como profesional,  
a mis hermanas, compañeros y demás familiares  
por el apoyo que me brindaron en todo momento.

Mil gracias!!!

**Indira Luz**

## CONTENIDO

	<b>Pág.</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	25
<b>1. GENERALIDADES DE LA EMPRESA</b>	27
1.1. ¿Quiénes somos?	27
1.2. Reseña Histórica	28
1.3. Función Social	28
1.4. Número patronal	28
1.5. Domicilio de la institución	28
1.6. Información Laboral	29
1.7. Pactos y/o convenciones	29
1.8. Misión	29
1.9. Visión	29
1.10 Política de Calidad	30
1.11 Catálogo de productos	30
<b>2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA</b>	37
2.1. Descripción del problema	37
2.2. Clientes Internos y externos	39
<b>2.3. Descripción del proceso de producción de los quesos campesino y especial</b>	41
2.3.1 Diagrama del proceso productivo del queso campesino y queso especial en la empresa CODEGAN LTDA	42
2.3.1.1 Descripción del proceso de producción de queso campesino y queso especial en la empresa CODEGAN LTDA.	43
<b>2.4 Procesos susceptibles de mejora</b>	44
<b>2.5 Responsables del proceso</b>	45

<b>2.6 Posibles beneficios</b>	46
<b>3. MEDICIÓN</b>	48
<b>3.1 Diagrama de flujo del proceso de elaboración del queso campesino y especial en la empresa CODEGAN LTDA.</b>	48
<b>3.2 Descripción de las etapas de la elaboración del queso campesino y especial en la empresa CODEGAN LTDA.</b>	49
<b>3.3 Definición de la variable a medir</b>	52
<b>3.4 Parámetros de medición</b>	52
<b>3.5 Evaluación del sistema de medición</b>	52
3.5.1 Estudio de Linealidad	53
3.5.1.1. Prueba de Linealidad	55
3.5.1.2 Prueba de Exactitud	55
3.5.1.3 Prueba de Excentricidad	57
<b>3.6 Estudio R&amp;R</b>	61
3.6.1 Estudio R&R para la línea de queso especial	62
3.6.2 Estudio R&R para la línea de queso campesino	66
<b>3.7 Medición de la situación actual</b>	71
3.7.1 Medición para el queso especial	71
3.7.2. Medición para el queso campesino	73
<b>4. ANÁLISIS</b>	74
<b>4.1 Análisis e interpretación de los datos recolectados</b>	74
4.1.1 Línea de queso especial	74
4.1.2 Línea de queso campesino	79
<b>4.2 Índices de capacidad del proceso</b>	83
4.2.1 Índices de capacidad del proceso para el queso especial	83
4.2.2 Índices de capacidad del proceso para el queso campesino	84
<b>4.3 Relación causa-efecto</b>	86

<b>5. PROPUESTA DE MEJORA</b>	94
<b>5.1 Ajustes para la optimización del proceso</b>	94
<b>5.2 Propuesta de mejora</b>	94
5.2.1 Proceso	94
5.2.1.1 Diagrama del proceso productivo mejorado del queso campesino y especial en la empresa CODEGAN LTDA	96
5.2.1.1.1 Descripción del proceso de producción del queso campesino y especial en la empresa CODEGAN LTDA	97
5.2.2 Diagrama de flujo del proceso de elaboración de queso campesino y especial en la empresa CODEGAN LTDA	99
5.2.2.1 Descripción de las etapas de la elaboración del queso campesino y especial en la empresa CODEGAN LTDA	100
<b>5.3 Medición de la situación propuesta</b>	103
<b>5.4 Análisis de los resultados</b>	105
5.4.1 Análisis de los resultados para la línea de queso especial	106
5.4.2 Análisis de los resultados para el queso campesino	110
<b>5.5 Control del proceso</b>	115
<b>5.6 Cálculo del rendimiento</b>	118
<b>6. CONCLUSIONES</b>	121
<b>RECOMENDACIONES</b>	123
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	125
<b>ANEXOS</b>	

## LISTA DE TABLAS

	<b>Pág</b>
<b>Tabla 1.</b> Prueba de linealidad	55
<b>Tabla 2.</b> Prueba de exactitud-Carga creciente	56
<b>Tabla 3.</b> Prueba de exactitud-Carga decreciente	56
<b>Tabla 4.</b> Estudio R&R para el queso especial	54
<b>Tabla 5.</b> Porcentaje de contribución	63
<b>Tabla 6.</b> Resultados del estudio R&R para el queso especial	64
<b>Tabla 7.</b> Estudio R&R para el queso campesino	66
<b>Tabla 8.</b> Resultados del estudio R&R para el queso campesino	67
<b>Tabla 9.</b> Muestras para el queso especial	72
<b>Tabla 10.</b> Muestras para el queso campesino	73
<b>Tabla 11.</b> Datos de prueba para el queso especial	92
<b>Tabla 12.</b> Datos de prueba para el queso campesino	93
<b>Tabla 13.</b> Datos de muestra para el queso especial (mejorado)	104
<b>Tabla 14.</b> Datos de muestra para el queso campesino (mejorado)	105

## LISTA DE DIAGRAMAS

	<b>Pág</b>
Diagrama 1. Proceso productivo del queso campesino y queso especial en la empresa CODEGAN LTDA.	42
Diagrama 2. Diagrama de flujo del proceso	48
Diagrama 3. Diagrama de Ishikawa (a)	87
Diagrama 4. Diagrama de Ishikawa (b)	88
Diagrama 5. Diagrama de Ishikawa ©	89
Diagrama 6. Diagrama del proceso productivo mejorado del queso campesino y especial en CODEGAN LTDA	95
Diagrama 7. Diagrama de flujo	98

## LISTA DE GRÁFICAS

	<b>Pág.</b>
Gráfica 1. Gráfica de linealidad	54
Gráfica 2 Prueba de excentricidad	57
Gráfica 3. Resultado del estudio de linealidad	59
Gráfica 4. Resultados del estudio R&R para el queso especial	65
Gráfica 5. Resultados del estudio R&R para el queso campesino	69
Gráfica 6. Gráfica de comportamiento del queso especial	75
Gráfica 7. Histograma para el queso especial	77
Gráfica 8. Gráfica de comportamiento para el queso campesino	80
Gráfica 9. Histograma para el queso campesino	81
Gráfica 10. Capacidad del proceso para el queso especial	83
Gráfica 11. Capacidad del proceso para el queso campesino	85
Gráfica 12. Fotos del nuevo proceso	92
Gráfica 13. Gráfica de comportamiento para el queso especial (mejorado)	106
Gráfica 14. Box Plot para el queso especial	107
Gráfica 15. Capacidad del proceso mejorado para el queso especial	109
Gráfica 16. Gráfica de comportamiento para el queso campesino (mejorado)	111
Gráfica 17. Box Plot para el queso campesino	112
Gráfica 18. Capacidad del proceso mejorado para el queso campesino	114
Gráfica 19. Plantilla de Excel	116



## GLOSARIO

- **Black Belt** : Son los líderes de los equipos de calidad. Responsables de medir, analizar, mejorar y controlar que los procesos satisfagan a los cliente y/o asegurar el crecimiento de la productividad. Los Black Belt son posiciones de trabajo a tiempo completo.
- **Calibración**: Conjunto de operaciones que establecen bajo condiciones especificadas las relaciones entre valores indicados por un aparato o sistema de medición y los valores correspondientes de la magnitud realizada por los patrones.
- **Capacidad del Proceso**: Lo que el proceso puede entregar en términos de defectos por millón.
- **Control**: El estado de la estabilidad, de la variación normal y de la previsibilidad del proceso usando datos cuantitativos.
- **Defectos**: Fuentes de la irritación del cliente. Los defectos son costosos a ambos, clientes y a los fabricantes o a los abastecedores de servicio. La eliminación de defectos reduce los costos y aumenta la satisfacción del cliente.
- **Desviación Estándar**: La desviación estándar toma en consideración la variación de cada una de las mediciones alrededor de la media de la muestra.
- **DMAIC** (definir, medir, analizar, mejorar y controlar): Un proceso para la mejora continua. Esta basado en forma sistemático, científico y de hecho. Este proceso a circuito cerrado elimina pasos improductivos, se

centra a menudo en nuevas medidas, y aplica la tecnología para la mejora.

- **Green Belt:** Similar al Black Belt pero no es una posición a tiempo completo. Los Green Belts son los empleados que desenvuelven sus actividades regulares, pero son designados para uno o mas equipos, de acuerdo con su *know how* o histórico en estudios y proyectos seleccionados. Ellos tienen total responsabilidad como miembros del equipo en el proyecto, pero no dedican todo su tiempo al proyecto como los *Black Belts*. Se espera que lleven adelante las tareas entre una reunión y otra, dediquen tiempo y esfuerzo al suceso del equipo, estudien e investiguen otras alternativas cuando sea necesario.
- **Instrumento para pesar:** Instrumento de medición que se utiliza para determinar la masa de un cuerpo usando la acción de la gravedad sobre ese cuerpo.
- **Linealidad:** Prueba para verificar la confiabilidad de calibración del equipo que se está utilizando como instrumento de medición.
- **Masas Patrón:** Masas que sirven para comparar otras masas o instrumentos para pesar atendiendo a sus errores máximos tolerados.
- **Master Black Belt:** Son los superiores directos de los Black Belt. Supervisan a varios Black Belt. Son posiciones de tiempo completo.
- **Necesidades de cliente, expectativas:** Son las necesidades definidas por los clientes, que resuelven sus requisitos básicos y estándares.
- **Operaciones Estables:** Asegurándose procesos constantes, fiables para mejorar lo que ve y siente el cliente.

- **Pesas Patrón:** Pesas que sirven para comparar otras pesas o instrumentos para pesar, atendiendo a sus errores máximos permitidos.
- **Rango:** Una forma sencilla de medir la variación en los procesos es determinando el rango de las mediciones; es decir, la diferencia entre el valor más alto y el valor más bajo de la muestra.
- **Reproductibilidad:** Se define como la variabilidad debida a diferentes operadores que usan el instrumento (o diferentes períodos de tiempo, o diferentes medios ambientales o, en general, diferentes condiciones).
- **Repetibilidad:** Indicación de la exactitud inherente básica del instrumento en sí.
- **R&R:** Estudio de Repetibilidad y Reproductibilidad.
- **Six Sigma:** Una visión de la calidad, que se compara con solamente 3.4 defectos por millón de oportunidades para cada transacción del producto o del servicio. Se esfuerza para la perfección.
- **Variación:** Lo que el cliente ve y siente.

## RESUMEN

**TÍTULO: “PROPUESTA DE MEJORA PARA LAS LINEAS DE PRODUCCION DE QUESO CAMPESINO Y QUESO ESPECIAL EN LA EMPRESA CODEGAN LTDA. MEDIANTE LA APLICACIÓN DE LA METODOLOGIA DMAMC DE LA FILOSOFIA SIX SIGMA.”**

**AUTORES: ELLES CABARCAS, Indira Luz; VERGARA RAMÍREZ, María Andrea.**

**OBJETIVO GENERAL:** Realizar una propuesta de mejora a las líneas de producción de queso campesino y queso especial en la empresa CODEGAN LTDA, mediante la aplicación de la metodología DMAMC de la filosofía Six Sigma, con el fin de mejorar el rendimiento de los procesos.

**METODOLOGÍA:** La realización de la propuesta de mejora para las líneas de producción de queso campesino y queso especial en la empresa CODEGAN LTDA. mediante la aplicación de la metodología DMAMC de la filosofía Six Sigma, tendrá en cuenta los parámetros de una investigación experimental.

- Definir: Durante la etapa inicial definiremos el problema que se está dando actualmente.
- Medir: En esta etapa se define la variable que se va a medir, se identifican las etapas que componen los procesos de producción, se determinan los parámetros de medición de los procesos, se toman las muestras para determinar la variación actual del proceso.
- Analizar: Durante esta fase haremos uso de las distintas herramientas de gestión de la calidad, entre las cuales se encuentran las cartas de

control, los mapas de procesos y el control estadístico de procesos que nos permitirán interpretar los datos obtenidos durante la etapa de medición y así poder detectar las posibles causas que están generando la variación y el problema de centramiento en las líneas de producción de queso campesino y queso especial en la empresa CODEGAN LTDA.

- Mejorar: La fase de mejora implica tanto el diseño como la implementación, sin embargo el alcance de este proyecto no incluye la implementación.
- Controlar: En esta última fase se definirán los criterios para garantizar que se alcancen los objetivos propuestos en caso de implementar la propuesta (si así lo decide la organización), con base a los resultados que se obtengan durante el período de prueba de la propuesta de mejora.

## **RESULTADOS:**

Los resultados descritos a continuación surgen como consecuencia de las mejoras realizadas al proceso de producción de los quesos en el cual se incluyó la etapa de pesado y se definió un método estándar de llenado.

### **1. Rendimiento del queso campesino:**

- Con el método propuesto el rendimiento se incrementa en un total de 6.09%, con este incremento, la producción aumentó en 12 unidades diarias, pasando de una producción de 200 quesos por día a una de 212 quesos por día. Con lo cual incrementaría el costo de oportunidad en \$44.640 diarios, lo cual corresponde a \$892.800 mensuales para el queso campesino. Esto con base a los \$3720 que ingresan a la empresa por cada unidad de queso campesino vendido.

## **2. Rendimiento del queso especial:**

- Con base a los \$7850 que ingresan a la empresa por cada unidad de queso especial vendida, se tiene que el costo de oportunidad es actualmente de \$125.600 diarios, que mensualmente se traduce a \$2.512.000 de ingresos mensuales. Ya que con el método propuesto el rendimiento se incrementa en un total de 6.96%, con esto la producción aumentó en 16 unidades diarias, pasando de una producción de 240 quesos por día a una de 256 quesos por día.

**DIRECTOR: ESPINOZA ELIZONDO, José Pedro.**

**ASESORES: CRUZ MONROY, Misael; GAZABÓN ARRIETA, Fabián.**

## INTRODUCCIÓN

Actualmente la empresa CODEGAN LTDA, es una de las empresas líderes en el mercado de productos lácteos en la ciudad de Cartagena, por lo cual se presenta la necesidad de establecer un programa de mejoramiento que permita mantener la calidad de los productos. Ante esta situación se decidió realizar una propuesta de mejora de las líneas de producción de queso campesino y queso especial, las cuales han sido escogidas como objeto de estudio, debido a que éstas son de las principales líneas generadoras de ingresos para la empresa.

La implementación de la metodología DMAMC de la filosofía Six Sigma cobra importancia en la medida en que permite eliminar aquellos errores existentes en las empresas, los cuales suelen en un principio parecer insignificantes, pero que con el transcurrir del tiempo se convierten en un gran problema para la organización y sus clientes, generando un impacto negativo sobre la economía, la rentabilidad y la productividad de la compañía.

Generalmente, los miembros de las organizaciones se dejan influenciar por aspectos tales como suposiciones o sentimentalismos que no conducen a decisiones acertadas a la hora de enfrentar un problema; la herramienta Six Sigma se convierte entonces en una ayuda para promover la creación de una cultura organizacional, en la cual todos y cada uno de los miembros de la empresa trabajen conjuntamente en pro de reducir y en lo posible eliminar los costos por no calidad, siempre y cuando se basen en datos numéricos reales, que permitan obtener soluciones reales.

Lo anterior ha motivado a los integrantes de CODEGAN LTDA. ha desarrollar e implementar mejoras en los procesos de la organización, tomando como base la filosofía Six Sigma, el primer paso lo viene desarrollando el área de

producción de los quesos campesino y especial, en la cual se detectó un problema de variación y centramiento en el peso de las unidades de queso producidas, por lo que se está buscando mediante la aplicación de ésta metodología reducir la variación de dichos procesos.

La definición del problema, la medición de la situación actual, el análisis de las causas de variación, la propuesta de mejora y el control de la situación propuesta, se convierten en los principales aspectos a tratar, con el fin de encontrar una solución factible al problema que se viene presentando en el área de producción de los quesos de CODEGAN LTDA. como se verá en el desarrollo del presente proyecto de grado.



# 1. GENERALIDADES DE LA EMPRESA<sup>1</sup>

## 1.1 ¿Quiénes somos?

CODEGAN LTDA. es una gran Cooperativa conformada por 260 ganaderos agremiados, ciento quince trabajadores directos, y más de cien empleos indirectos entre transportadores de leche cruda y distribuidores de productos terminados, todos laborando con el firme propósito de brindar a sus consumidores productos naturales de la mejor calidad y hacer un aporte al desarrollo de nuestra sociedad, generando fuentes de trabajo en especial para una gran cantidad de familias del sector rural dedicadas a la producción de leche.

Su máxima autoridad es la Asamblea General de Asociados, la cual es la encargada de elegir al Consejo de Administración, a la Junta de Vigilancia y al Comité de Ahorro y Crédito. Este consejo elige al Gerente General, el que asume el cargo de Representante Legal de la Cooperativa y fija las políticas en la administración de la Cooperativa. Otra de las funciones del Consejo de Administración es elegir al Comité de Educación, cuya labor es la realización de programas educativos en beneficio de los Asociados y Empleados.

Para el desarrollo de su objetivo social se apoyan en clientes, consumidores, proveedores, asociados y en procesos de tecnología avanzada para la producción y comercialización de leche, derivados lácteos e insumos agropecuarios, que por sus precios competitivos aseguran el desarrollo y el crecimiento económico de la Cooperativa.

---

<sup>1</sup> Información suministrada por la empresa CODEGAN LTDA.

## **1.2 Reseña Histórica**

CODEGAN LTDA. fue fundada el 19 de Septiembre de 1966 por escritura No. 1991 de Diciembre 20 de 1966 con personería jurídica del 13 de Diciembre 1966, de acuerdo a resolución 00655. LA COOPERATIVA DE GANADEROS DE CARTAGENA LTDA, CODEGAN, se constituyó con 24 socios que suscribieron 6950 acciones o certificados de aportación a razón de 80 pesos cada una, para un capital suscrito de 556.000 pesos.

Actualmente la Cooperativa tiene 260 socios activos, recurso humano calificado, un sistema de calidad NTC ISO 9000, una planta física propia con moderna maquinaria.

En sus 39 años de existencia la Cooperativa de Ganaderos de Cartagena, CODEGAN LTDA. se proyecta hacia el futuro para brindar comodidad y servicio a sus socios, empleados, clientes y a la comunidad en general.

## **1.3. Función Social**

La Cooperativa de Ganaderos de Cartagena Ltda, CODEGAN LTDA. es una institución privada cuya actividad comercial es: la producción y comercialización de leche y derivados lácteos.

## **1.4. Número Patronal**

El NIT de la empresa CODEGAN LTDA. es: **890400943-6**

## **1.5. Domicilio De La Institución**

CODEGAN LTDA. está ubicada en el sector el Bosque Diagonal 21 Transversal 51 No.21-36, Teléfono 6694613 al 625, fax 6694613 Extensión 122.

### **1.6. Información Laboral**

La Cooperativa de Ganaderos de Cartagena Ltda. tiene actualmente 115 trabajadores directos, 45 con contrato a término fijo. Aproximadamente el 50% de los trabajadores a término indefinido son sindicalizados.

El horario de trabajo de la parte Administrativa es de 7:30 a.m. a 12 m y de 1:00 p.m. a 5:30 p.m. de lunes a viernes no se trabajaran los sábados, el personal operativo trabaja en turnos rotativos.

### **1.7. Pactos y/o Convenciones**

En CODEGAN LTDA. existe una convención colectiva pactada con el sindicato de sus trabajadores para vigencia de 2 años la cual contempla las relaciones obrero - patronal dentro del marco del código sustantivo del trabajo.

### **1.8. Misión**

Elaborar y comercializar productos lácteos e insumos agrícolas de calidad cumpliendo con las regulaciones exigidas, a precios cómodos y distribución oportuna; apoyados en un recurso humano y tecnológico que nos garantiza el adecuado servicio y el mayor cubrimiento en ventas de la ciudad, colmando las necesidades y expectativas de nuestros consumidores, propendiendo por el bienestar de sus colaboradores, asociados, consumidor final y comunidad en general.

### **1.9. Visión**

Elaborar y comercializar una variedad de productos lácteos de excelente calidad, mediante la aplicación de un Sistema de Calidad y Buenas Prácticas de Manufactura, utilizando tecnología de punta y un recurso humano calificado, que nos permita ser reconocidos por nuestros proveedores y clientes internos y externos como la mejor empresa de lácteos de la región con proyección nacional e internacional.

#### **1.10 Política de Calidad**

CODEGAN LTDA. se compromete a implantar programas de Gestión de la Calidad que garanticen la conformidad con los requisitos de buenas Prácticas de Manufactura. Todo el personal es responsable de la calidad de los productos que la empresa ofrece.

Los Programas de Aseguramiento de la Calidad forman parte integral de la metodología administrativa de la Cooperativa y están diseñados para acrecentar y perpetuar la reputación de CODEGAN LTDA. como fabricante de productos de calidad confiable; proporcionando a cada miembro el conocimiento y las habilidades necesarios para alcanzar las metas establecidas en nuestra POLÍTICA DE CALIDAD.

Para CODEGAN LTDA. es prioritaria la satisfacción total de sus clientes y para ello cada miembro de la empresa está comprometido con la idea y la práctica de prestar un buen servicio que alcance y exceda de manera consistente las necesidades y expectativas de nuestros consumidores y proveedores.

De igual manera estamos comprometidos en alcanzar niveles sobresalientes al asegurar que cada sección sea eficiente, la más productiva y por lo tanto nuestros productos tendrán precios competitivos en el mercado que servimos.

#### **1.11 Catálogo de productos**

CODEGAN LTDA. cuenta con una amplia gama de productos lácteos y sus derivados, además de otros productos que permiten incrementar la participación de la empresa en el mercado, entre estos se encuentran:

- **Leche en polvo entera**



Leche sometida a los procesos de filtración, enfriamiento, pasteurización, estandarización, homogenización y secado.

Requisitos:

- ▶ Materia grasa mínima del 26 %
- ▶ Humedad máxima del 5%
- ▶ Acidez máxima del 1.4%
- ▶ Índice de solubilidad máximo 1.25 %

Vida Útil: 10 meses si se conserva en lugares secos y frescos.

- **Leche en polvo descremada**

Leche sometida a los procesos de filtración, enfriamiento, pasteurización, descremado, homogenización y secado.

Requisitos:

- ▶ Materia grasa máxima del 1.5 %
- ▶ Humedad máxima del 5%
- ▶ Acidez máxima expresada como ácido láctico del 1.8 %
- ▶ Índice de solubilidad máximo 2.0 %

Vida Útil: 10 meses si se conserva en lugares secos y frescos.

- **Leche entera pasterizada**



Leche sometida a los procesos de filtración, enfriamiento, pasterización, estandarización, y homogenización. Enriquecida con vitaminas A, B1, B2, D y niacina.

Requisitos:

- ▶ Materia grasa mínima del 3 %
- ▶ Sólidos no graso 8.3 %
- ▶ Acidez como ácido láctico 0.14 % a 0.19 %

Vida Útil: 72 horas refrigerada entre 2° y 5°C

- **Crema De Leche**



Producto obtenido del descreme de la Leche entera sometida a los procesos de estandarización, pasterización y homogenización.

Requisitos:

- ▶ Materia grasa mínima del 45 %
- ▶ Sólidos no grasos mínimos del 4 %

Vida Útil: 20 días si se conservan a una temperatura de 2° a 4° C.

- **Mantequilla**



Producto obtenido exclusivamente de la crema de la leche pasterizada, sometida a batido y amasada; sin sal o con sal.

Requisitos:

- ▶ Materia grasa mínima del 80 %
- ▶ Humedad máxima del 16 %

- **Suero Costeño**



Producto obtenido de la Leche entera sometida a los procesos de pasterización, inoculación de cultivos lácticos, filtración y salado.

Requisitos:

- ▶ Materia grasa mínima del 5 %

Vida Útil: 20 días refrigerado entre 2° y 5°C

- **Queso Fresco**

Leche sometida a los procesos de filtración, enfriamiento, pasterización, estandarización, adición de cuajo, amasado, prensado y empackado.

Requisitos:

- ▶ Materia grasa máxima del 20 %
- ▶ Humedad máxima 55 %



Vida Útil: 20 días refrigerado entre 2° y 5°C

- **Yogurt entero**



Producto preparado de la leche entera pasteurizada, adicionando cultivos lácticos, azúcar, pulpa de frutas, colorantes y saborizantes.

Requisitos:

- ▶ Materia grasa mínima del 2.5 %
- ▶ Sólidos no graso 7 %
- ▶ Acidez como ácido láctico 0.7 % a 1.5 %

Vida Útil: 25 días refrigerado entre 2° y 5°C

Sabores: Natural, fresa, melocotón, mandarina, guanábana, arequipe y mora.

- **Queso Campesino y Especial**

Se elabora a partir de leche sometida a los procesos de filtración, enfriamiento, pasteurización, estandarización, adición de cuajo, salado, amasado, prensado y empacado. De consistencia firme, se puede cortar fácilmente.

Requisitos:

- Materia grasa: máxima 20%
- Humedad: máximo 50%

Vida Útil: 20 días a partir de la fecha de envase.

## **2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA (D)**

### **2.1 Descripción del problema**

Garantizar la conformidad de los requisitos relacionados con el producto; garantizar la satisfacción del cliente (interno y externo), identificar y evaluar oportunidades de mejora que sirvan como garantía para la sostenibilidad de la organización y de los sistemas de calidad y sobresalir en el mercado como una empresa competitiva, son los objetivos que persigue CODEGAN LTDA., los cuales deben ser alcanzados de manera conjunta por todas las áreas que conforman la organización.

La empresa CODEGAN LTDA. cuenta con las siguientes líneas de producción: leche pasteurizada, leche en polvo, leche saborizada, mantequilla, suero, gelatinas, yogurt, jugos, queso especial, queso campesino y queso criollo. Para la aplicación de la metodología DMAMC del Six Sigma, han sido escogidas las líneas de queso campesino y queso especial; con el fin de plantear una propuesta de mejora que permita disminuir el problema que se presenta actualmente en dicha área y que ha sido detectado por el estudiante en prácticas del laboratorio, quien ha observado grandes cantidades de productos entregados al cliente con un peso mayor al que se especifica en el empaque, favoreciendo la disminución del rendimiento de la producción y pérdidas en la rentabilidad de la organización.

Actualmente se presentan disconformidades en los productos terminados, lo cual impacta negativamente sobre el cumplimiento efectivo de los objetivos de la organización. Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en estudios realizados anteriormente por el departamento de Calidad y con base a la forma en como se desarrollan los procesos de fabricación de los quesos campesino y especial, el área de producción de los quesos presenta puntos críticos y susceptibles de

mejora en la medida en que los productos finales no contribuyen a la satisfacción de los clientes y por ende los resultados obtenidos no se encuentran alineados a los objetivos estratégicos de la empresa.

El principal problema que se viene presentado en ambas líneas de producción, consideran tanto operarios como inspectores del laboratorio, parece ser un problema de centramiento y dispersión en los procesos de producción de los quesos, con base a lo anterior éstos opinan que la variación y la tendencia a exceder el peso especificado de las unidades de queso campesino y queso especial que se producen afectan el rendimiento de la leche pasteurizada que se envía hacia el área de producción de los quesos, generando pérdidas económicas que no satisfacen los intereses de la empresa.

En el mes de febrero de 2005 se detectaron excesos de peso de aproximadamente 81.3 gr. en las unidades de queso campesino y 91.6 gr. en las unidades de queso especial; lo cual ha impactado negativamente a la empresa, generando pérdidas de hasta \$1.256.450 por semana<sup>2</sup>.

#### **Anexo A.** Informe de Seguimiento al proceso de Pesaje.

Con la finalidad de reforzar el alcance de los objetivos que se ha propuesto CODEGAN LTDA. se decide realizar una propuesta de mejora mediante la aplicación de la metodología DMAMC del Six Sigma, la cual se realizará específicamente dentro de las áreas mencionadas, considerando las opiniones expresadas tanto por los operarios como por el personal de laboratorio, este proyecto tiene como meta principal, disminuir la variación en el peso de las unidades de queso producidas, de tal forma que éstas se encuentren dentro de los límites de especificación que serán mostrados posteriormente.

Los problemas detectados en la actualidad en el área de producción de los quesos parecen ser ocasionados principalmente por la falta de un método estándar para el llenado de los moldes de queso tanto campesino como especial, lo cual no permite

---

<sup>2</sup> Datos históricos suministrados por la empresa CODEGAN LTDA, Febrero 2-11 de 2005.

al operario llevar un control sobre la cantidad de queso que deposita en cada uno de los moldes, tendiendo generalmente a exceder el peso especificado.

Con el fin de comprobar todas las hipótesis formuladas por el laboratorio y los operarios, se tomó la decisión de realizar un proceso de pre-muestreo que permitiera abarcar una mayor cantidad de unidades producidas y de esta forma tener mayor certeza y confiabilidad sobre los resultados obtenidos; se tomó entonces una pre-muestra con un total de 180 unidades de queso especial, detectando, que las unidades producidas tienden a estar por encima del peso especificado de 1000 g., la media de este proceso se encuentra 68.6 g. por encima de la especificación; como se puede ver entonces, el proceso está descentrado hacia el límite superior y la variación es de 38.2 g. una cifra también bastante alta. De la misma manera se tomaron 120 unidades de queso campesino y éstas presentaron el mismo problema en el cual las unidades en su mayoría excedían el peso especificado de 500 g. y la media sobrepasa este límite en 31.59 g. lo cual significa también un descentramiento hacia el límite superior y además se observó que la variación aunque menor que la del queso especial es bastante alta al alcanzar los 25.91 g.

#### **Anexo B. Proceso de Pre-muestreo**

### **2.2 Clientes Internos y Externos**

Las principales partes interesadas en encontrar una solución al problema descrito anteriormente son los clientes internos, los cuales están integrados por los operarios del área de producción de los quesos, el superintendente de planta, ingeniero de productividad y las demás personas que conforman la organización, debido a que el exceso de peso en las unidades perjudica más a la empresa que a los clientes externos.

Los clientes externos se ven afectados cuando las unidades de queso producidas no cumplen las especificaciones de peso requeridas, las cuales deben ser de 1000 gr. para el queso especial y 500 gr. para el queso campesino.

Entre las principales entidades que se han convertido en clientes de CODEGAN LTDA. están:

- **Supermercados:** Carulla, Vivero, Olímpica, Merquefacil, Megatiendas Express, Chagualos, Ley.
- **Instituciones:** Hoteles: América, Hilton, Caribe. Cartagena Estelar, Barlovento, Centro recreacional Comfenalco, Escuela Naval, Congelados Farah.
- **Supertiendas:** Grandes abastos de los barrios de Cartagena
- Puntos de venta CODEGAN LTDA.

CODEGAN LTDA. se compromete a entregar a sus clientes productos de alta calidad que cumplan con las siguientes características para los quesos campesino y especial:

- Materia grasa: máxima 20%
- Humedad: máximo 50%
- Vida útil: 20 días a partir de la fecha de envase
- Empaque: Bolsa plástica de PE termoencogible, al vacío.
- Contenido neto para el queso campesino: 500 gr. (redondo)
- Contenido neto para el queso especial: 1000 gr. (rectangular)

Los límites de especificación para los quesos son:

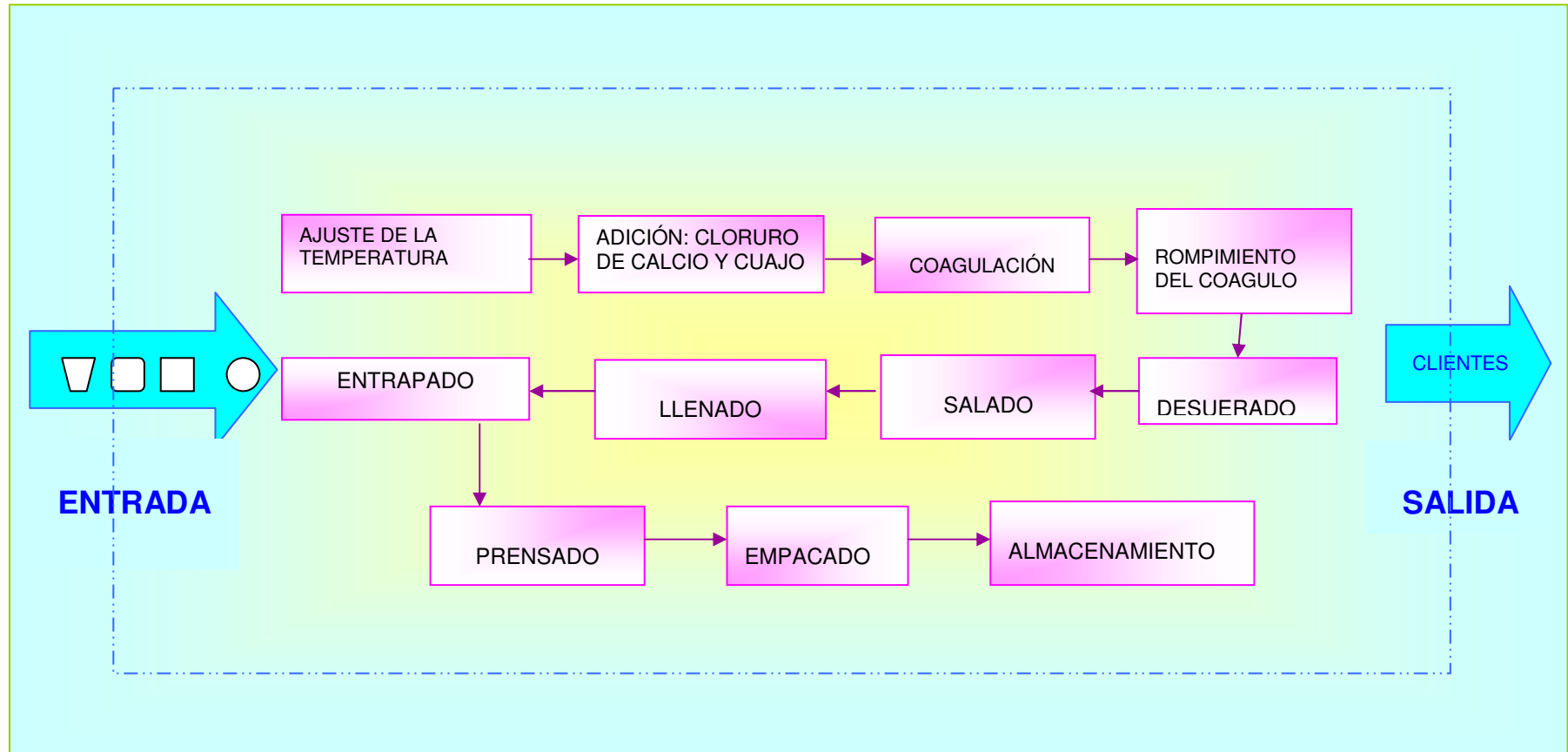
- Queso Especial:
  - Peso Máximo: 1050.7 gr.
  - Peso Requerido: 1006 gr.
  - Peso Mínimo: 960.7 gr.
- Queso campesino:
  - Peso Máximo: 530.7
  - Peso Requerido: 506

- Peso Mínimo: 480.7

### **2.3 Descripción del proceso de producción de los quesos campesino y especial**

A continuación se muestra el diagrama de procesos correspondiente al desarrollo de los procesos de producción del queso campesino y queso especial en la empresa CODEGAN LTDA.

**2.3.1 Diagrama del proceso productivo del queso campesino y queso especial en la empresa Codegan Ltda**



**Diagrama 1.** Proceso productivo del queso campesino y queso especial en la empresa CODEGAN LTDA.



### **23.1.1 Descripción del proceso de producción de queso campesino y queso especial en la empresa CODEGAN LTDA.**

El proceso inicia con la entrada de 3000 Lt. de leche pasteurizada con una temperatura de 8°C y con un porcentaje de grasa de 2.8 a 3% MG; esta leche es transportada a través de tubos de aluminio a las tinas en las cuales se le coloca vapor para llevar la leche a una temperatura de 32°C, propicia para la realización del queso. Luego de lograr la temperatura deseada, el operario adiciona Cloruro de calcio en cantidades de 20 gr. por cada 100 Lt de leche y cuajo en polvo (10 gr. por cada 2000 Lt ) , lo cual permite la coagulación de la leche.

La leche se deja en reposo durante 45 minutos, tiempo en el cual se da la coagulación de ésta, momento en el cual se encienden las Liras giratorias durante 15 minutos, que permiten separar el sólido del suero y sirven para ir fragmentando los coágulos muy grandes; el operario debe inspeccionar constantemente que se esté realizando este corte de coágulos.

Después de realizar este proceso, se deben apagar las liras y dejar en reposo los coágulos durante 20 minutos, para separar el suero del queso, esto se realiza con ayuda de dos planchas metálicas que permiten que el queso baje hacia el fondo de las tinas y el suero quede en la parte superior de éstas, es en este momento en el cual se deben encender nuevamente las liras para una nueva fragmentación de los coágulos, y empezar con el proceso del desuerado, en el cual son conectadas unas válvulas a la tina, que permiten que salga todo el suero y solo quede el queso en éstas.

Luego que se ha desuerado, el operario adiciona sal en cantidades suficientes, dependiendo de la cantidad de leche procesada (8 Kg de sal por cada 1000 Lt de leche) y con ayuda de las liras se va distribuyendo de forma uniforme. Después de realizar esto, un operario empieza a pasar el queso fragmentado en tanques, hacia una mesa en la cual se realizar la etapa de moldeado. Es aquí donde otro

operario, empieza a amasar el queso y lo va colocando en moldes redondos para el caso de queso campesino y en moldes rectangulares para el caso de queso especial; éstos moldes presentan una serie de orificios, los cuales permiten que salga el resto de suero que esta de más.

Una vez estén llenos todos los moldes se pasa a la etapa del entrapado, en la cual, se desmolda cada queso y se le coloca a cada molde un trapo blanco, sobre el cual se va a colocar nuevamente el queso que había sido desmoldado, quedando envuelto éste totalmente, para luego pasar a la etapa de Prensado, en la cual los moldes son distribuidos de una manera uniforme sobre la base de la prensa y a cada uno de ellos se les coloca encima unas tapas que permiten luego colocar unos separadores para seguir colocando más molde; en esta etapa se dejan los quesos durante 2 horas, lo cual permite un buen prensado de los quesos.

Después de transcurrido este tiempo, los quesos son desmoldados y con ayuda de un cuchillo se les retira la cantidad de queso que quede de más, con el fin de atenuar su forma y hay sí pasar a la etapa de empaçado, en la cual el operario empaça en bolsas los quesos, uno por uno, y luego los coloca en la máquina de empaque al vacío donde son sellados en cantidades de 6 quesos, este proceso dura aproximadamente 1 minuto.

Por último los quesos son colocados en el Termostato donde se les realiza el baño de María, en el cual el agua se encuentra a una temperatura de 98 °C, lo cual ayuda a una mejor presentación del empaque, ya que queda sin arrugas.

## **2.4 Procesos susceptibles de mejora**

Teniendo en cuenta el problema de variación en el peso que se está presentando actualmente y una vez se han reconocido cada una de las etapas que componen el proceso de producción de queso campesino y especial, se considera que la etapa con mayor incidencia en el peso de los quesos es la etapa de moldeo.

Por dicha razón, la etapa de moldeo es la que debería ser sometida a un proceso de mejora, puesto que no se ha definido un proceso estándar para el llenado de los moldes haciendo que unos quesos pesen más que otros.

## **2.5 Responsables del proceso**

Son varios los recursos involucrados en la consecución de los procesos de producción, uno de los más importantes es el recurso humano, el cual está integrado por aquellas personas que hacen posible la realización de los quesos campesino y especial y que además se involucren directa o indirectamente con el proceso para realizar cualquier tipo de modificaciones o mejoras. Este conjunto de personas se hacen responsables del proceso en la medida en que de ellos depende la calidad de los productos producidos y con esto la satisfacción de los clientes, en CODEGAN LTDA. no se encuentran disponibles personas capacitadas para desempeñar los roles que exige la metodología DMAMC; sin embargo las siguientes personas harán el papel que se les asigne de acuerdo a sus capacidades:

- Campeón: Misael Cruz y Fabián Gazabón: serán las personas con las cuales el Lider puede ir para derribar barreras para asegurarse del éxito del Proyecto, aseguran que los recursos necesarios estén disponibles para atender las necesidades del proyecto, ayudan comunicando el progreso del proyecto y el éxito, después de la conclusión del mismo, son agentes de Cambio.
- Dueño del proceso: Richard Rojas, Alberto Peña: son las personas responsables del proceso a ser mejorado, son las personas directamente responsables por mantener los resultados que el equipo ha alcanzado, miembros del equipo activo que está alineado con el Lider del Equipo. Estas personas son responsables por presentar el progreso del equipo y sus

resultados junto con el Líder. Igual que los campeones son agentes de cambio.

- Líder del proyecto: Indira Luz Elles, María Andrea Vergara: Son las responsables de alcanzar las metas del proyecto, conducen juntas de equipo efectivas, asignan tareas convenidas a los miembros del equipo, son las facilitadoras del equipo, como miembros del equipo implementan las metodologías de solución de problemas y herramientas. Coordinan actividades junto con el dueño del proceso e identifican la falta de recursos para cumplir las metas del proyecto, son responsables de presentar el progreso del equipo y sus resultados junto con el dueño del proceso
- Miembro del equipo: Juan Esteban Alvez, Oscar Mendoza, Yisell Martelo. Son los conocedores del corazón del problema o el proceso que va a ser corregido, pueden dedicar suficiente tiempo para atender juntas y trabajar en el proyecto con el fin de ser un participante activo. Así mismo son responsables de completar las tareas asignadas en las juntas del equipo.
- Asesor: Jose Pedro Espinoza. Es la persona con la cual el líder del equipo acudirá para apoyo y guía en entendimiento y aplicación de la metodología de la solución de problemas para el proyecto, trabaja con campeones y dueños del proceso para identificar las oportunidades del proyecto, por último es un miembro del equipo de apoyo que está alineado con el líder del equipo.<sup>3</sup>

## **2.6 Posibles Beneficios**

En caso de que CODEGAN LTDA. decida acoger la propuesta de mejora que se presenta, la empresa se verá beneficiada en diferentes aspectos tales como:

- Evitar pérdidas, esto incluye pérdidas por materia prima, mano de obra, dinero y tiempo; ya que en la medida en que se disminuya la variación en el

---

<sup>3</sup> Solución práctica de problemas. DATA - DRIVEN

peso de las unidades de queso producidas se reducirá la cantidad de materia prima pérdida, y se recuperará el dinero perdido en períodos anteriores, dado que por lo general el peso excede el peso requerido que es de 1000 gr.

- Poseer un método de moldeo estándar que permita producir unidades de queso con un peso uniforme, ya que se reducirá el problema de variación y el problema de centramiento que existe actualmente.
- Satisfacer las necesidades del cliente, al producir productos de alta calidad y acorde a las especificaciones requeridas.
- Ser una empresa líder en el mercado de productos lácteos al poseer una unidad de producción con nivel Six Sigma, lo cual le permitirá poseer el más bajo nivel de productos defectuosos.

### 3. MEDICIÓN

#### 3.1 Diagrama de flujo del proceso de elaboración del queso campesino y especial en la empresa CODEGAN LTDA.

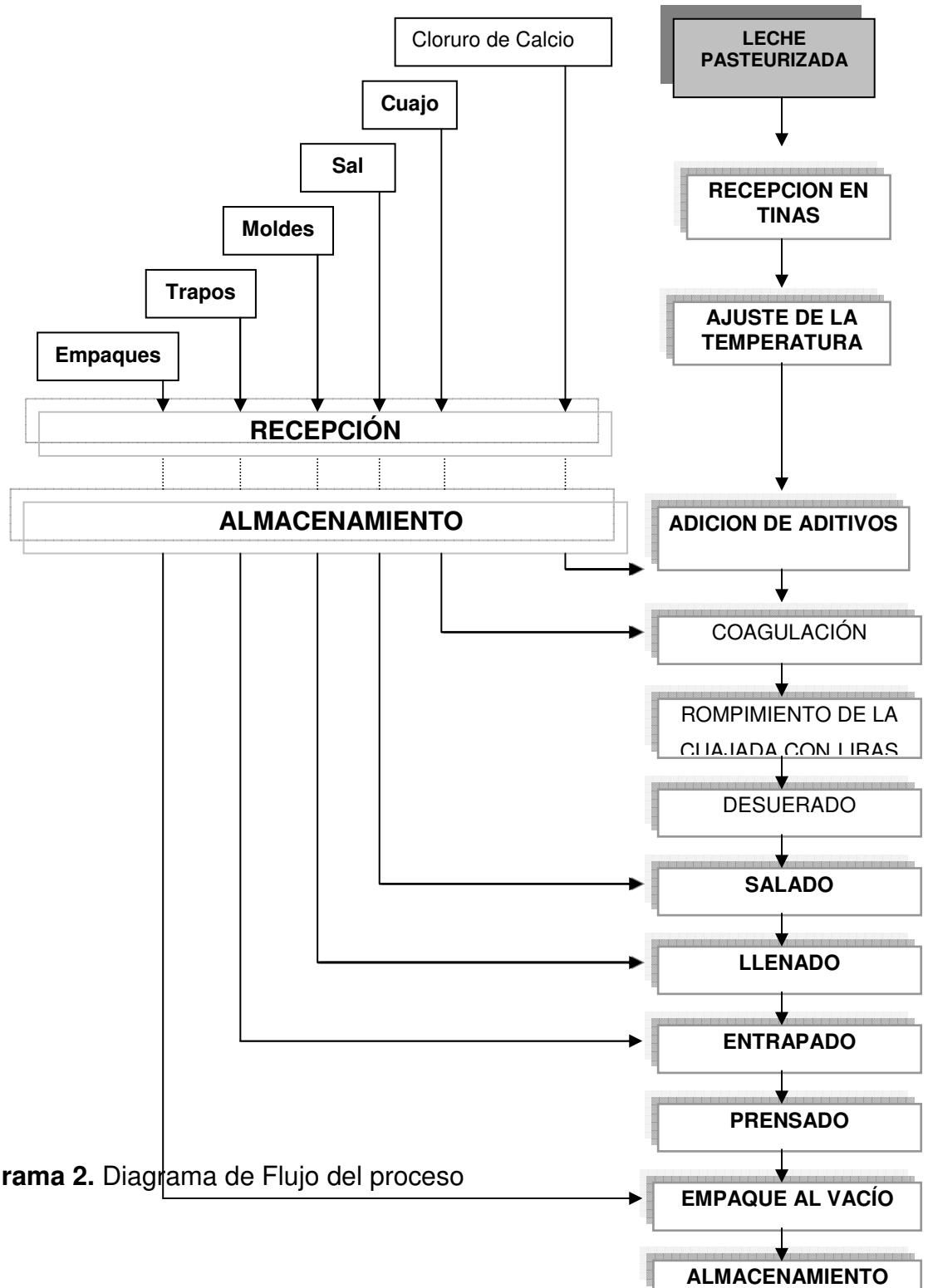


Diagrama 2. Diagrama de Flujo del proceso

### 3.2 Descripción de las etapas de la elaboración del queso campesino y especial en la empresa CODEGAN LTDA.

- **Recepción en Tinajas:** La leche pasteurizada (3000 Lt ) es conducida a las tinajas de elaboración de queso, mediante tuberías de Acero inoxidable. Al momento de verter la leche en las tinajas se debe evitar la formación de espuma, por lo cual es recomendable verterla contra la pared de la tina para que no absorba aire.
- **Ajuste de la Temperatura:** Las tinajas están provistas de chaquetas de vapor con las cuales se ajusta la temperatura con agitación continua hasta alcanzar valores comprendidos entre 28 y 32 °C, con el objeto de obtener la temperatura óptima para el cuajado.
- **Adición de Aditivos:** Para que el queso adquiriera mejores características de textura, es necesario agregarle a la leche una serie de aditivos que tengan una función común, como es el caso del Cloruro de Calcio, el cual se debe adicionar de acuerdo a la cantidad de leche recibida ( 20 gr. / 100 Lt de leche pasteurizada ).
- **Coagulación:** Para coagular la leche, se utiliza el método de adición de cuajo el cual da lugar a una cuajada enzimática. El agregar cuajo a la leche tiene como objetivo formar una cuajada firme y fácil de cortar en granos regulares. La ficha técnica de este cuajo corresponde al producto MAXIREN 1800 granulado con una composición de 100% de Quimosina extraída de *kluveromyces marxianus v. lactis*. La adición del cuajo a la leche se realiza de la siguiente manera: para 2000 Lt de leche se utilizan 10 gr. de cuajo, los cuales son previamente disueltos en agua fría. Luego se procede a agitar la leche y agregar la solución de cuajo en toda la tina para asegurar una buena distribución de éste; se continúa agitando por un período de tiempo

de 15 minutos con la ayuda de las Liras, manteniendo una temperatura de la mezcla con un rango de 28-32°C. Para la formación de la cuajada se detiene completamente el movimiento de la leche para evitar la formación de coágulos defectuosos. La mezcla se deja en reposo durante 20 minutos o hasta observar la firmeza adecuada.

- **Rompimiento de la cuajada con Liras:** El corte o rompimiento de la cuajada se efectúa para acelerar la expulsión de agua y se realiza de tal forma que se obtengan granos homogéneos que resistan su agitación posterior. Para tener rendimientos razonables de queso, es necesario cortar la cuajada mediante la utilización de las liras verticales, diseñada especialmente para este propósito, las cuales son unos rectángulos de metal con un ancho ligeramente inferior al de las tinas, cruzados por una serie de alambres de acero inoxidable (lo más delgado posible pero con la resistencia mecánica y flexibilidad necesarias para que no se rompa) colocados a espacios de 1 a 1.5 cm. Este rompimiento se realiza durante unos 5 a 10 minutos hasta obtener tamaños de corte deseados.
- **Desuerado:** El desuerado tiene como objetivo evitar la excesiva acidificación de la cuajada. Para el desuerado, inicialmente se hace uso de los pisadores, los cuales contribuyen a asentar la cuajada con el fin de que el suero quede en la parte superior de la tina y de esta forma poder retirarlo. Posteriormente, se conecta un tubo de acero inoxidable a la parte inferior de la tina, con el objeto de retirar la mayor cantidad de suero que contenga.
- **Salado:** Se debe adicionar la cantidad de sal necesaria ( 8 Kg de sal / 1000 Lt de Leche pasteurizada ) para dar un sabor agradable al queso. La sal es esparcida por el operario en toda la tina, de tal manera que se distribuya uniformemente; para esto también se requiere la ayuda de las Liras.
- **Llenado:** En esta etapa el queso es llevado en baldes, de las tinas a la mesa de moldeo, en la cual se encuentra un operario que se dispone a



amasar el queso para terminar de romper los coágulos que hayan quedado demasiado grandes. Una vez se ha terminado de amasar el queso, el operario procede a llenar los moldes de acuerdo a los requerimientos. Para queso especial ( 1 Kg. ) se emplean moldes rectangulares y para queso campesino ( 500 gr ) se emplean moldes redondos. Éstos deben tener unos pequeños agujeros, que permitan la salida del suero que haya quedado de más.

- **Entrapado:** Cuando un operario termina de llenar todos los moldes de queso campesino y otro operario termina de llenar los de queso especial, se procede a entrapar los quesos. Esta se realiza de la siguiente manera: El operario desmolda cada queso y le coloca a cada molde un trapo blanco, sobre el cual va a colocar nuevamente el queso que había sido desmoldado, quedando envuelto éste totalmente. Esto se hace con el fin de ayudar a compactar el queso para que quede de una manera uniforme.
- **Prensado:** Una vez han sido entrapados todos los moldes, son llevados a la prensa donde se distribuyen de manera uniforme sobre la base y a cada uno de ellos se les coloca encima unas tapas sobre las cuales se colocan los separadores para seguir apilando más moldes; en esta etapa se dejan los quesos durante 2 horas, lo cual permite un buen prensado de los quesos.
- **Empacado:** Los quesos son desmoldados y con ayuda de un cuchillo se les retira la cantidad que quede de más, con el fin de atenuar su forma y así simultáneamente empacarlos en sus respectivas bolsas, uno por uno, y luego se colocan de 6 en 6 en la máquina de empaque al vacío donde son sellados. Por último los quesos son colocados en el Termostato donde se les realiza el baño de María, en el cual el agua se encuentra a una temperatura de 98 °C, lo cual ayuda a una mejor presentación del empaque, ya que queda sin arrugas.

- **Almacenamiento:** El producto terminado es almacenado en cuartos fríos a una temperatura de 5 a 8 °C.

### **3.3 Definición de la variable a medir**

Después de conocer cada una de las etapas que conforman el proceso de producción del queso Campesino y Especial, se pudo identificar que la característica más variable dentro de las unidades producidas, es el peso, lo cual ha generado problemas de variación y centramiento, haciendo que el proceso sea susceptible a mejoras, específicamente en el control del peso de los quesos.

### **3.4 Parámetros de medición**

Como se ha mencionado anteriormente, el problema que se viene presentando en el proceso productivo de los quesos campesino y especial, es la variación en las unidades de queso producidas y la falta de centramiento. Por lo cual se presenta la necesidad de estudiar cada uno de estos parámetros, por lo cual se realizará un proceso de muestreo con una cantidad significativa de unidades producidas, lo que permitirá analizar las causas que están generando la variación y el descentramiento.

### **3.5 Evaluación del sistema de medición**

Actualmente, CODEGAN LTDA. no cuenta con un sistema de medición que permita detectar la presencia de unidades no conformes, por lo cual no se tiene un control sobre el exceso o escasez de queso en las unidades producidas.

La anterior situación, creó la necesidad de contar con un peso electrónico en el área de producción de los quesos para hacer posible la identificación de las unidades que estaban por fuera de los límites de especificación. Para poder realizar el proceso de muestreo que permita analizar las unidades de queso producidas, es necesario hacer un estudio de linealidad con pruebas de exactitud y excentricidad y además un estudio de reproducibilidad y repetitividad, que haga posible la evaluación de este sistema de medición y así poder controlar las salidas del proceso.

### **3.5.1 Estudio de Linealidad**

El objetivo del estudio de linealidad es ver si el equipo está calibrado dando como resultado una medida confiable. El presente estudio se realiza con el fin de determinar el rango de operación del peso electrónico que se va a usar en el área de producción de los quesos (del peso más pequeño al peso más grande que se va a medir). En este caso para obtener un rango de operación más exacto se ha considerado el hecho de que se pueden presentar quesos con mayor o menor peso al requerido por lo cual se estudiarán quesos que pesen desde 480 a 1100 gr. y no sólo de 500 a 1000 gr.

Para llevar a cabo el estudio se utilizaron "masters" de peso predeterminados, que estuvieran debidamente certificados para que el proceso sea correcto. El procedimiento que se realizó fue el siguiente: dividir el rango de peso de ambas líneas de producción (que va desde 480 a 1100 gr.) en 5 niveles igualmente espaciados, luego los "masters" fueron pesados 12 veces en el peso electrónico y cada uno de los datos se registró como se muestra en la Tabla 1. de estudio de linealidad. El peso que registraba el peso electrónico por cada master corresponde al "peso de referencia".

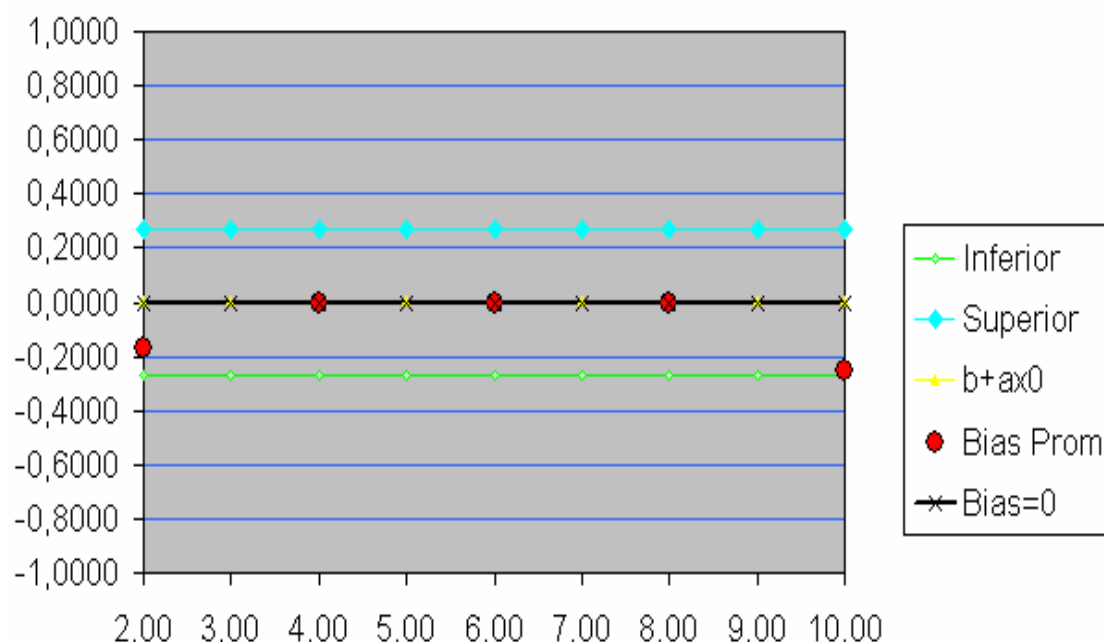
En la Gráfica 1. que se muestra a continuación, se encuentran diversos valores que permiten reconocer si el instrumento de medición se encuentra

debidamente calibrado. En este gráfico la línea azul corresponde al límite superior, la línea verde corresponde al valor del límite inferior, la línea amarilla es la media y la línea negra es una línea de referencia. Se puede decir que el equipo se encuentra bien calibrado si y solo si las líneas de color azul, verde y amarillo se encuentran paralelas unas respecto a las otras y la línea negra se encuentra entre ellas.

Entonces como lo indican los resultados, el peso electrónico que se empleará de ahora en adelante en el área de producción de los quesos de la empresa CODEGAN LTDA. está debidamente calibrado, para constancia de esto el estudio se realizó en presencia de Felicito Julio Márquez, gerente de Colombiana de Servicios Industriales Ltda. y con la utilización de masters de peso certificados por la Superintendencia de Industria y Comercio.

**Anexo C.** Certificado de calibración de la báscula

**Anexo D.** Certificado de calibración del juego de pesas



**Gráfica 1.** Gráfica de Linealidad

### 3.5.1.1 Prueba de Linealidad

En la tabla siguiente usted podrá observar los datos obtenidos al realizar el estudio de linealidad en el área de producción de los quesos de la empresa CODEGAN LTDA., para certificar que todo el proceso se haya realizado correctamente se contó con la presencia del Sr. Felicito Julio Márquez.

	PRUEBA DE LINEALIDAD											
PESO (Gr)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
480	480	480	480	480	479	480	479	480	480	480	480	480
635	635	635	635	635	635	635	635	635	635	635	635	635
790	790	790	790	790	790	790	790	790	790	790	790	790
945	945	945	945	945	945	945	945	945	945	945	945	945
1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1099	1099	1099	1100	1100	1100

**Tabla 1.** Prueba de Linealidad

### 3.5.1.2 Prueba de Exactitud

La prueba de exactitud consiste en colocar los masters de peso (cargas) en forma creciente (Ver Tabla 2) de menor a mayor peso, sobre el instrumento de medición que en este caso es un peso electrónico, esto con el fin de comparar el peso obtenido con el error máximo permisible, luego se repite el procedimiento colocando esta vez los masters en orden decreciente (Ver Tabla 3), es decir de mayor a menor peso. Esta prueba se hace con el objetivo de tener una mayor certeza sobre el nivel de calibración del instrumento.

<b>CARGA CRECIENTE</b>		
<b>CARGA (Gr)</b>	<b>INDICACIÓN</b>	<b>ERROR</b>
20	20	0
50	50	0
100	100	0
200	200	0
500	500	0
1000	999	-1
1500	1499	-1
2000	2000	0
3000	3000	0
4000	3999	-1

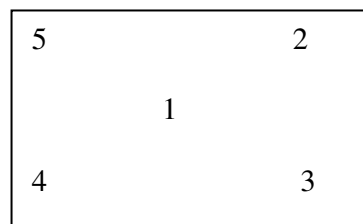
**Tabla 2.** Prueba de exactitud-carga creciente

<b>CARGA DECRECIENTE</b>		
<b>CARGA (Gr)</b>	<b>INDICACIÓN</b>	<b>ERROR</b>
4000	3999	-1
3000	2999	-1
2000	2000	0
1500	1500	0
1000	1000	0
500	500	0
200	200	0
100	100	0
50	50	0
20	20	0

**Tabla 3.** Prueba de exactitud-carga decreciente

### 3.5.1.3 Prueba de Excentricidad

La prueba de excentricidad se realizo con masters que pesaran 1/3 de la carga máxima de la balanza (que en este caso era de 5000 gr), luego entonces la prueba fue realizada con un peso total de 1500gr. Ésta prueba consiste en colocar la carga en cada uno de los puntos de apoyo como se muestran a continuación, empezando en 1 y terminando en 5, estos datos deben ser registrados para poder calcular el error, el cual debe ser máximo de 2gr, con el fin de identificar si se encuentra o no balanceado el instrumento de medición de acuerdo a la distribución de las masas en diferentes puntos.



**Gráfica 2.** Distribución de las cargas en las prueba de excentricidad

De esta prueba se puede concluir que la excentricidad en este caso es solo de 1 gr. producto de restar el de mayor valor de los promedios con el de menor valor, lo cual indica que el error de medición del instrumento es practicamente nulo.

<b>PRUEBA DE EXCENTRICIDAD</b>		
<b>CARGA ( Gr)</b>	<b>INDICACIÓN</b>	<b>ERROR(+ - 2 Gr)</b>
1500	1500	0
1500	1500	0
1500	1500	0

1500	1499	-1
1500	1499	-1

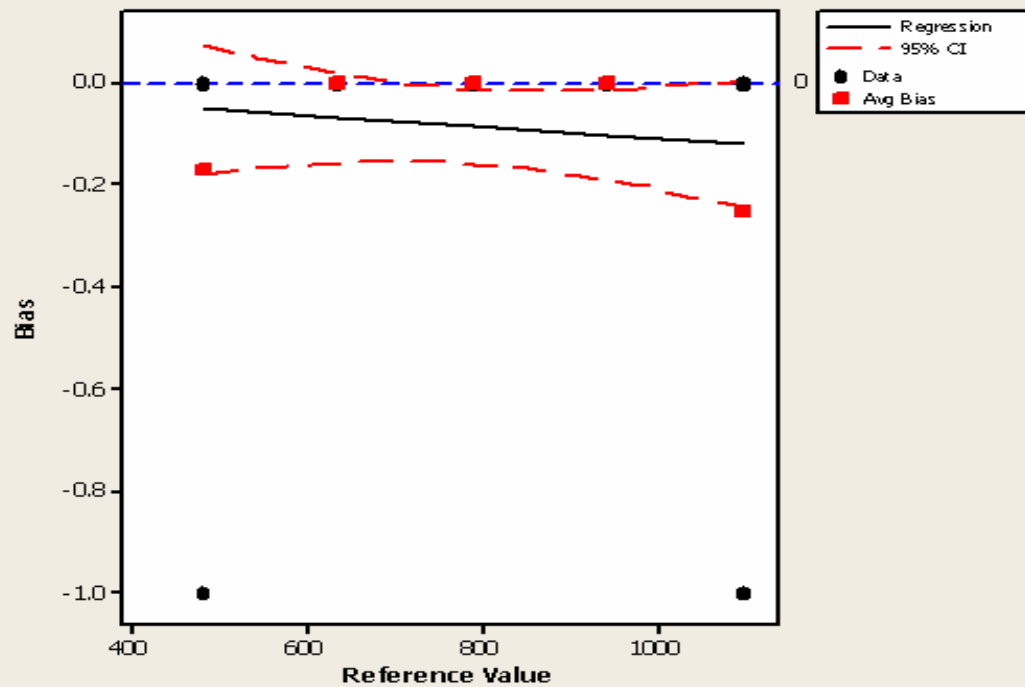
**Tabla 3.** Prueba de Excentricidad



### Gage Linearity and Bias Study for Response

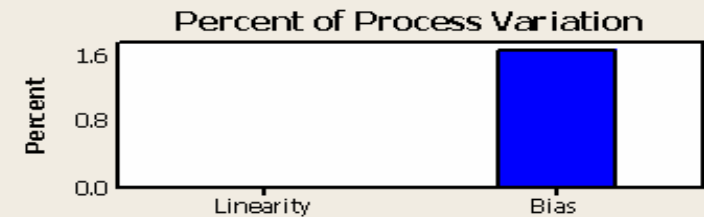
Gage name : Balanza Electronica  
 Date of study : 16 de Noviembre 2005

Reported by : María Andrea Vergara e Indra Luz Elles  
 Tolerance :  
 Misc:



Gage Linearity			
Predictor	Coef	SE Coef	P
Constant	0.0016	0.1352	0.991
Slope	-0.0001075	0.0001650	0.517
S	0.280086	R-Sq	0.7%
Linearity	0.000538	%Linearity	0.0

Gage Bias			
Reference	Bias	%Bias	P
Average	-0.083333	1.7	0.000
480	-0.166667	3.3	0.085
635	0.000000	0.0	*
790	0.000000	0.0	*
945	0.000000	0.0	*
1100	-0.250000	5.0	0.018



Gráfica 3. Resultado del estudio de Linealidad

En la gráfica 3 resultante del estudio de linealidad realizado se puede observar como debería ser el comportamiento de los datos, la línea azul punteada es la que indica si el equipo no tiene ninguna desviación de las medidas reales. Por otra parte la línea negra sólida es el comportamiento real del equipo, es una regresión, es decir, es una gráfica del comportamiento del equipo en base a los datos, y entonces se puede ver que el equipo está solo un poco desviado de lo que debería ser, ya que está midiendo de menos, como se puede ver en la gráfica, la línea negra está por debajo de la línea azul punteada.

Se muestran además las líneas rojas, las cuales indican el rango de variación que presentan las medidas tomadas por el equipo y representan los límites de control para el 95% de la variación de las medidas, o sea, 3 desviaciones estándar para arriba y para abajo de la línea de regresión, éstas están un poco curvadas. Son calculadas usando como base la desviación estándar detectada entre las medidas repetitivas que se hicieron a cada una de las piezas.

Los puntos negros "data" representan las mediciones que se sacaron en el estudio y los puntos rojos "Avg. Bias" el promedio de desviación para cada una de las 5 piezas, se puede ver que la desviación para las piezas 2, 3 y 4 fue de cero, por eso están sobre la línea azul y para las piezas 1 y 5 fue alrededor de 0.2, por eso están un poco más abajo. En vista de que los puntos negros, los "datos" de las piezas 2,3 y 4 están debajo de los cuadrillos rojos, no se pueden ver claramente, en cambio los "datos" de las piezas 1 y 5, se encuentran algunos sobre la línea azul (cero desviación) y otros muy abajo de la línea azul. Por eso el promedio de desviación para las piezas 1 y 5 quedó abajo de la línea azul, porque hubo dos medidas que salieron bajas y la cantidad restante salió sin desviación.

Se tiene una "Constant" o constante, la ecuación de regresión con la que se dibujó la línea negra es  $A + BX$ , donde  $a$  es igual a 0.0016 y  $B$  es el SLOPE que es igual a -0.0001075.

"Linearity" o Linealidad es lo que se está midiendo con el estudio y S es el "sesgo" que presenta el equipo a lo largo de todo su rango de operación el cual es muy pequeño 0.000538 y porcentualmente no es significativo ya que es igual al 0.0%. La desviación estándar de 0.280086 permitió calcular los límites de las líneas rojas. El error estándar o "Standar Error (SE Coef)" y P son coeficientes que se usan en pruebas estadísticas para saber el grado de significancia de una variable.

### **3.6 Estudio R&R**

Con el fin de reconocer los componentes del error de medición, la repetibilidad y la reproductibilidad del instrumento, se hace necesario realizar un Estudio R&R, para identificar la variabilidad debida a diferentes operadores que usan el instrumento (Reproducibilidad) y la exactitud inherente básica del instrumento en sí (Repetibilidad), para lo cual se siguen los siguientes pasos:

1. Calibrar el Instrumento: como se pudo observar en el ítem inmediatamente anterior el peso electrónico ya se encuentra debidamente calibrado por lo cual se proceder al segundo paso.
2. Seleccionar 10 partes que abarquen el rango de la variabilidad de largo plazo del proceso. Es muy importante que los operarios no conozcan el orden de las partes y que quien aplica el estudio si sea capaz de identificar el orden de las partes. Para realizar esto se seleccionaron diez unidades de queso campesino y diez de queso especial.
3. Identificar dos operadores que participen activamente en el proceso productivo y que sean los que normalmente tendrían que utilizar el instrumento de medición.

4. Se procede a medir cada una de los quesos en un orden aleatorio, el primer operario que lo realice debe registrar cada uno de los pesos que indique el peso electrónico. Hasta terminar de pesar las 10 unidades de queso, luego se realice nuevamente el proceso descrito, pero ésta vez deberá hacerlo el segundo operario. Todo este procedimiento se debe repetir hasta completar tres rondas, para un total de 6 mediciones para cada queso, las cuales corresponden a tres mediciones del operario 1 y tres mediciones del operario 2.

### 3.6.1 Estudio R&R para la línea de queso especial

En la siguiente tabla se encuentran los valores registrados durante el estudio R&R en el cual los operarios 1 y 2 pesaron el mismo queso en tres rondas diferentes, desconociendo el orden de las unidades pesadas. Esta prueba se hizo con un total de 10 quesos.

<b>QUESO ESPECIAL (1 Kg)</b>						
<b>OPERARIO 1</b>				<b>OPERARIO 2</b>		
<b>PRUEBAS DE PESO</b>				<b>PRUEBAS DE PESO</b>		
<b>QUESO</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
<b>1</b>	1093	1092	1092	1093	1093	1092
<b>2</b>	1112	1112	1111	1112	1112	1111
<b>3</b>	1064	1062	1062	1064	1062	1062
<b>4</b>	1119	1118	1118	1119	1118	1117
<b>5</b>	1047	1046	1046	1048	1046	1046
<b>6</b>	1074	1074	1074	1076	1075	1073
<b>7</b>	1043	1041	1041	1043	1042	1041
<b>8</b>	1130	1128	1128	1130	1129	1128
<b>9</b>	1115	1115	1114	1116	1115	1114
<b>10</b>	1104	1103	1102	1104	1102	1102

**Tabla 4.** Estudio R&R para el queso especial

### Gage R&R Study - ANOVA Method

Gage R&R for PESO

Gage name: BALANZA

Date of study: 25 DE NOVIEMBRE 2005

Reported by: Indira Luz Elles y María Andrea Vergara

Tolerance: 90

Misc: DATOS TOMADOS DE LINEA DE QUESO ESPECIAL

### Gage R&R

%Contribution		
Source	VarComp	(of VarComp)
Total Gage R&R	0.750	0.08
Repeatability	0.750	0.08
Reproducibility	0.00	0.00
INSP-1	0.00	0.00
Part-To-Part	973.198	99.92
Total Variation	973.948	100.00

**Tabla 5.** Porcentajes de contribución

		Study Var	%Study Var	%Tolerance
Source	StdDev (SD)	(6 * SD)	(%SV)	(SV/Toler)
Total Gage R&R	0.8660	5.196	2.77	5.77
Repeatability	0.8660	5.196	2.77	5.77

Reproducibility	0.0000	0.000	0.00	0.00
INSP-1	0.0000	0.000	0.00	0.00
Part-To-Part	31.1961	187.177	99.96	207.97
Total Variation	31.2081	187.249	100.00	208.05
Number of Distinct Categories = 50				

**Tabla 6.** Resultados del estudio R&R para el queso especial

Luego de realizar el estudio R&R en la línea de queso especial, se pudo observar que como se muestra en la gráfica 4, la variación en el proceso de medición es muy baja, esto puede concluirse ya que el proceso de medición lo realizaron dos operarios diferentes y sin embargo el valor que se obtuvo para cada una de las piezas fue el mismo para algunas y muy similar en otras (cuando era el mismo queso pesado en diferentes ocasiones), generando una diferencia nula o muy pequeña entre un peso y otro, lo cual indica que el instrumento de medición es estable en cuanto a su variación se refiere.

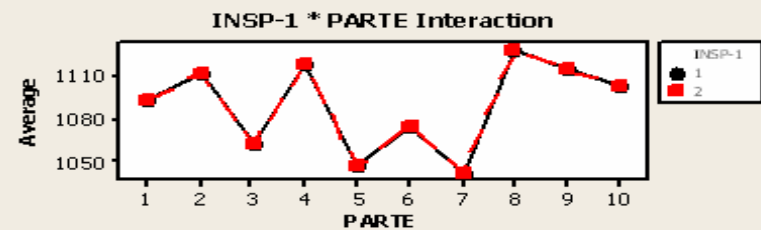
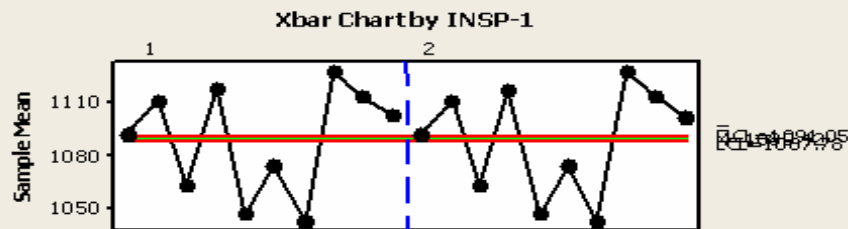
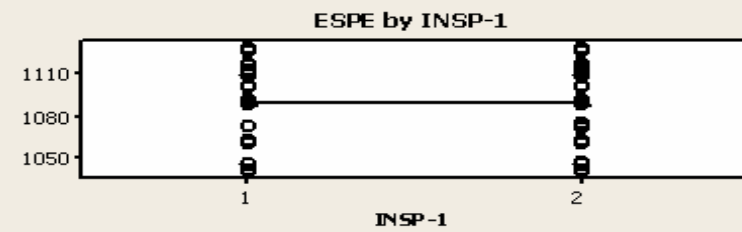
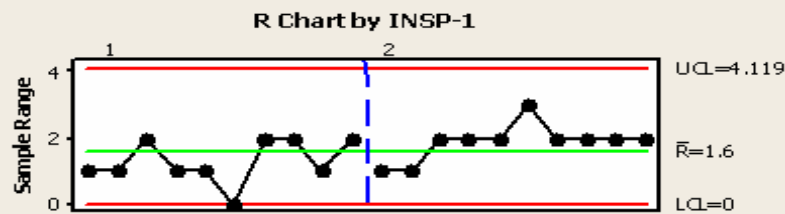
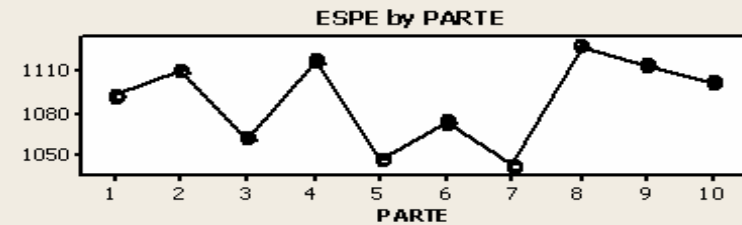
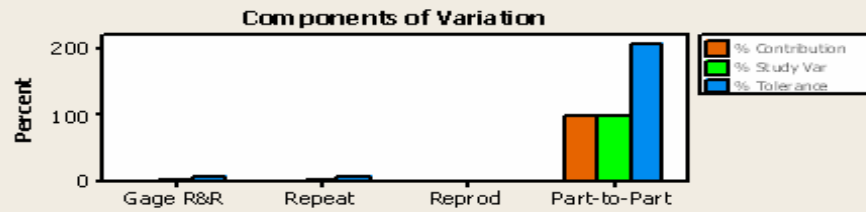
Como se observa en la tabla 6, el porcentaje de contribución a la variación total de la desviación estándar es muy bajo, corresponde tan solo al 2.77%, asimismo la repetibilidad del instrumento contribuye a esta variación total con un 2.77%, mientras que la variación del proceso (Part To Part) contribuye en un 99.96% a la variación total. Todo lo anterior indica que realmente y como se suponía la variación detectada en el peso de los quesos no se debe a la variación del instrumento de medición sino a la variación inherente del proceso.

**ANEXO E.** Criterios de variabilidad aceptable por la AIAG

## Gage R&R (ANOVA) for ESPE

Gage name:  
Date of study:

Reported by:  
Tolerance:  
Misc:



Gráfica 4. Resultados del estudio R&R para el queso especial

### 3.6.2 Estudio R&R para la línea de queso campesino.

En la siguiente tabla se encuentran los valores registrados durante el estudio R&R realizado al queso campesino, en el cual los operarios 1 y 2 pesaron el mismo queso en tres rondas diferentes, desconociendo el orden de las unidades pesadas. Esta prueba se hizo con un total de 10 quesos.

<b>QUESO CAMPESINO (500 gr.)</b>						
<b>OPERARIO 1</b>				<b>OPERARIO 2</b>		
<b>PRUEBAS DE PESO</b>				<b>PRUEBAS DE PESO</b>		
<b>QUESO</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
<b>1</b>	511	511	511	511	510	511
<b>2</b>	497	497	498	498	497	497
<b>3</b>	548	547	547	547	546	546
<b>4</b>	542	542	541	541	540	540
<b>5</b>	526	525	525	524	525	524
<b>6</b>	547	547	547	546	547	547
<b>7</b>	519	518	518	517	518	518
<b>8</b>	532	531	531	531	531	530
<b>9</b>	514	514	514	514	513	513
<b>10</b>	543	542	542	541	541	541

**Tabla 7.** Estudio R&R para el queso campesino

#### **Gage R&R Study - ANOVA Method**

Gage R&R for PESO

Gage name: BALANZA

Date of study: 25 DE NOVIEMBRE 2005

Reported by: Indira Luz Elles y María Andrea Vergara



Tolerance: 50

Misc: DATOS TOMADOS DE LINEA DE QUESO CAMPESINO

%Contribution		
Source	VarComp	(of VarComp)
Total Gage R&R	0.531	0.18
Repeatability	0.271	0.09
Reproducibility	0.260	0.09
INSP-1	0.260	0.09
Part-To-Part	290.886	99.82
Total Variation	291.416	100.00

		Study Var	%Study Var	%Tolerance
Source	StdDev (SD)	(6 * SD)	(%SV)	(SV/Toler)
Total Gage R&R	0.7284	4.371	4.27	8.74
Repeatability	0.5203	3.122	3.05	6.24
Reproducibility	0.5098	3.059	2.99	6.12
INSP-1	0.5098	3.059	2.99	6.12
Part-To-Part	17.0554	102.332	99.91	204.66
Total Variation	17.0709	102.426	100.00	204.85
Number of Distinct Categories = 33				

**Tabla 8.** Resultados del estudio R&R para el queso campesino

Al realizar el estudio R&R en la línea de queso campesino, se observó que como se muestra en la gráfica 5, la variación detectada en el proceso de medición es muy baja, el proceso realizado fue igual que en el estudio R&R para el queso especial, en este caso las diferencias encontradas fueron bastante bajas y en ocasiones nulas entre el peso de un queso y otro (cuando el mismo queso era pesado en distintas ocasiones), contrario a la diferencia de peso entre una unidad y otra por lo cual se observa una alta contribución en la variación de Part – To – Part lo cual indica que el proceso es estable en cuanto a su variación se refiere.

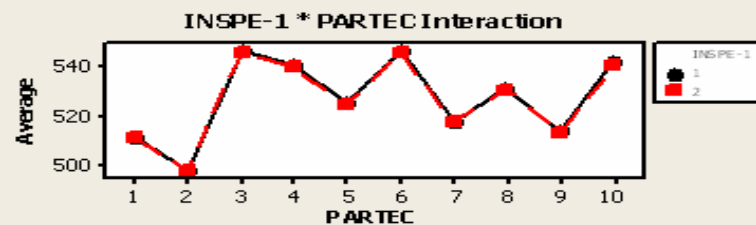
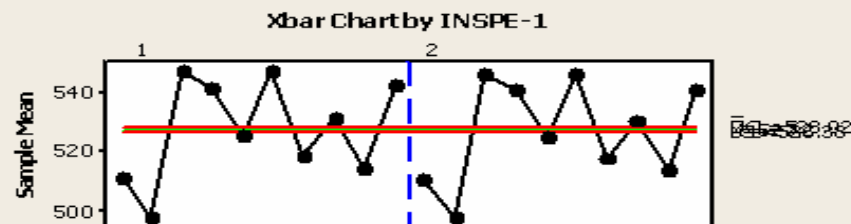
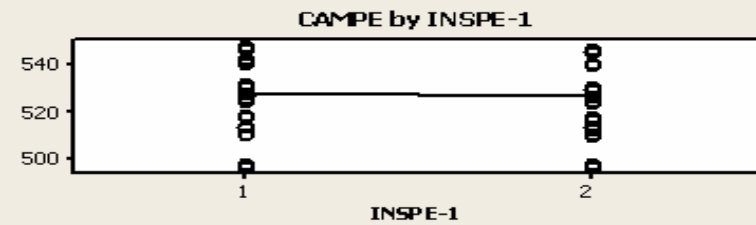
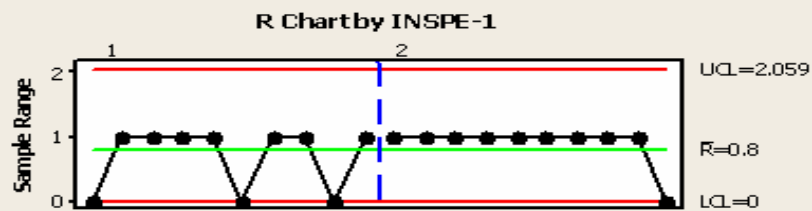
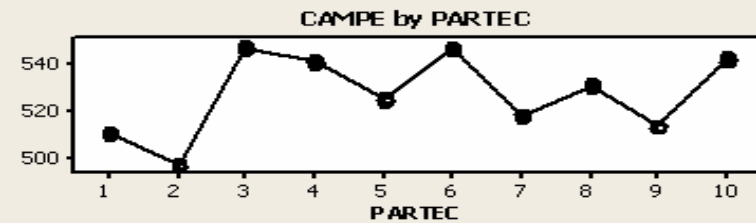
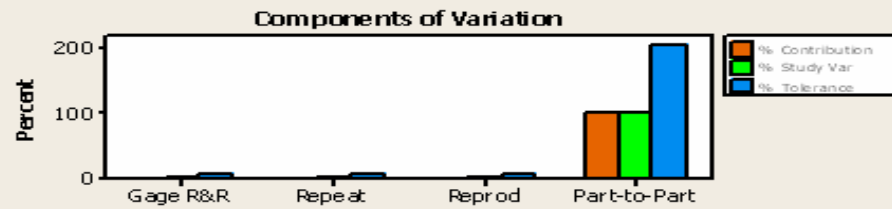
Como se observa en la tabla 8, el porcentaje de contribución a la variación total por parte de la desviación estándar es bajo, corresponde al 4.27%, la repetibilidad del instrumento genera una variación de 3.05%, la reproducibilidad un 2.99% de variación al igual que la variación detectada para el operario que fue de 2.99%, mientras que la variación del proceso (Part To Part) contribuye en un 99.91% a la variación total. Esto indica al que al igual que en el queso especial la variación realmente proviene del peso de los quesos, es decir de la variación inherente del proceso y no se debe a la variación del instrumento de medición.

#### **ANEXO E.** Criterios de variabilidad aceptable por la AIAG

## Gage R&R (ANOVA) for CAMPE

Gage name:  
Date of study :

Reported by :  
Tolerance :  
Misc :



Gráfica 5. Resultados del estudio R&R para el queso campesino

### **3.7 Medición de la situación actual**

Para obtener un resultado significativo respecto a la variación y el centramiento de los procesos de elaboración de queso campesino y queso especial se tomaron un total de 190 unidades de queso especial y 84 unidades de queso campesino.

El equipo utilizado para pesar cada una de las muestras seleccionadas es una báscula electrónica marca Lexus, modelo Matriz-SS, serie SK 226045, la cual es un instrumento de precisión 3 para una carga máxima de 5 Kg. y una mínima de 20 gr. con una división de escala y escala de verificación de 1 gr., cabe resaltar que este equipo fue debidamente revisado y ajustado según las Normas Técnicas Colombianas NTC-1848 y NTC-2031, cumpliendo con el rango de tolerancia permitido por la SIC (Superintendencia de Industria y comercio) y utilizando con certificación número 1386C, como se pudo observar en el estudio de linealidad descrito anteriormente.

#### **3.7.1 Medición para el queso especial**

El proceso de muestreo de los datos se realizó en el área de producción de los quesos en la empresa CODEGAN LTDA., durante 10 días, en los cuales se tomaron 19 muestras diarias. Dichas muestras eran tomadas aleatoriamente una vez finalizaba el proceso de empaque, antes de su almacenamiento. Las muestras eran tomadas alrededor de las 3:00 p.m, hora en la cual se terminaba el proceso de empaque.

<b>MUESTRA</b>	<b>08/11/05</b>	<b>09/11/05</b>	<b>15/11/05</b>	<b>16/11/05</b>	<b>18/11/05</b>	<b>21/11/05</b>	<b>22/11/05</b>	<b>23/11/05</b>	<b>24/11/05</b>	<b>25/11/05</b>
<b>1</b>	1100	1116	1100	1039	1084	1055	1132	1086	1128	1073
<b>2</b>	1001	1070	1062	1105	1130	1083	1074	1047	1079	983
<b>3</b>	1129	1066	1080	1086	1038	1074	1021	1032	1086	1079
<b>4</b>	1075	1067	1063	1005	1130	1098	1083	1122	1130	1074
<b>5</b>	1024	1094	1092	1164	996	1070	1117	1021	1062	1047
<b>6</b>	1102	1068	1069	1073	1030	1114	1070	1003	1086	1030
<b>7</b>	1065	1010	1002	1093	1047	1141	1121	1113	1030	1002
<b>8</b>	1075	1057	1062	1111	1053	1070	1074	1079	1062	1084
<b>9</b>	1048	1032	1036	1010	1130	1098	974	1047	1093	1096
<b>10</b>	1072	1035	1099	1135	1082	1086	1081	1059	1011	1130
<b>11</b>	1121	1080	1096	1003	993	1067	1074	1098	1066	1099
<b>12</b>	1088	1003	1110	1100	1028	1038	1019	1104	1053	1090
<b>13</b>	1051	1103	1080	1035	1002	938	1096	1079	1063	996
<b>14</b>	1044	1077	983	1101	1024	1092	1054	1051	1067	1122
<b>15</b>	1043	1046	1023	1128	1040	1120	1033	1039	1098	1058
<b>16</b>	1034	1097	1048	1090	1021	1087	1019	1034	1090	1036
<b>17</b>	1145	1090	1068	1097	1034	1081	1047	1130	1082	1110
<b>18</b>	1111	1128	1058	1090	1059	1056	1030	1032	1112	1075
<b>19</b>	1072	1047	1032	1073	1042	1100	1086	1113	1099	1043

**Tabla 9.** Muestras para el queso especial

### 3.7.2 Medición para el Queso Campesino

Al igual que para el queso especial, el proceso de muestreo de los datos se realizó en el área de producción de los quesos en la empresa CODEGAN LTDA., durante 6 días, en los cuales se tomaban 14 muestras diarias. Dichas muestras eran tomadas aleatoriamente una vez finalizaba el proceso de empaque, antes de su almacenamiento. Las muestras eran tomadas alrededor de las 4:00 p.m, hora en la cual se terminaba el proceso de empaque.

<b>MUESTRA</b>	<b>08/11/05</b>	<b>09/11/05</b>	<b>15/11/05</b>	<b>16/11/05</b>	<b>18/11/05</b>	<b>21/11/05</b>
<b>1</b>	522	522	547	538	526	574
<b>2</b>	507	533	525	525	532	593
<b>3</b>	503	547	531	520	524	578
<b>4</b>	514	532	534	515	512	557
<b>5</b>	505	508	532	531	523	606
<b>6</b>	505	516	513	520	507	586
<b>7</b>	502	517	535	539	519	580
<b>8</b>	495	503	542	531	543	572
<b>9</b>	514	525	530	543	513	589
<b>10</b>	499	552	525	538	509	571
<b>11</b>	486	508	508	544	509	558
<b>12</b>	516	523	527	514	512	566
<b>13</b>	500	534	516	529	510	590
<b>14</b>	503	525	540	547	532	576

**Tabla 10.** Muestras para el queso campesino

## **4. ANÁLISIS**

Teniendo en cuenta los datos recolectados durante la etapa de medición (ver tablas 9 y 10) , se continúa con la etapa de análisis de los datos, la cual se realizará con el fin de identificar las causas que están generando los altos niveles de variación y los problemas de centramiento en los procesos de producción de los quesos campesino y especial.

Durante esta etapa se utilizaron herramientas como las gráficas de comportamiento, los histogramas, diagramas de Ishikawa y el análisis de capacidad del proceso, las cuales se irán mostrando a medida que se vaya planteando el análisis de cada una de las líneas de producción que se están estudiando.

### **4.1 Análisis e interpretación de los datos recolectados**

#### **4.1.1 Línea de queso especial**

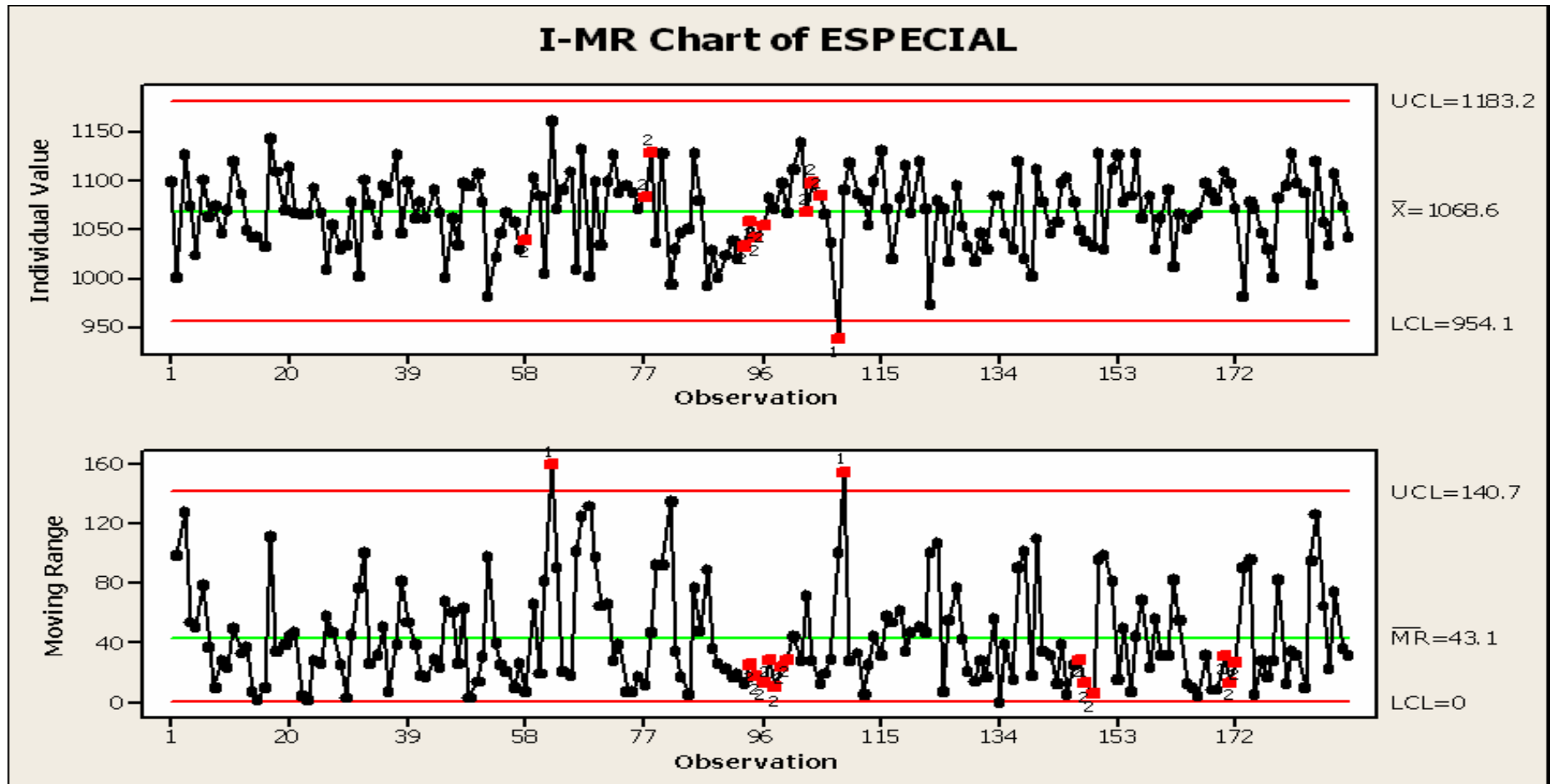
Con base en los datos mostrados en la Tabla 9 se obtuvo la siguiente gráfica de comportamiento, en la cual podemos observar el comportamiento de los datos a través del tiempo; en ésta se aprecia una carta para los datos individuales y otra para los rangos móviles.

En la gráfica que contiene los datos individuales, se pueden observar que los datos no se están distribuyendo de manera uniformes sobre la media del proceso ya que se presentan periodos en los cuales se trabaja por encima y por debajo del límite central del proceso actual; por ejemplo, se están presentando 9 puntos consecutivos por debajo de la línea central que corresponden a las muestra número 91 hasta la muestra número 99, las cuales pertenecen a datos tomados el día 18 de Noviembre de 2005. Uno de los factores que más influyó en la ocurrencia de este hecho fue el

entrenamiento que se daba a un nuevo operario que ingresaría como integrante activo de la planta, y quien participaría en el proceso de fabricación de los quesos. Además de esto, se presenta un punto que corresponde a la muestra número 110 tomada el día 21 de Noviembre de 2005, el cual viola la prueba número 1 del control estadístico de procesos, la cual se presenta cuando un punto está alejado más de 3 desviaciones estándar de la línea central. A partir de aquí el proceso se estabiliza nuevamente; sin embargo con esto no se puede asegurar que se esté cumpliendo con las especificaciones del proceso, simplemente es estable y tiene un comportamiento predecible a través del tiempo.

En la gráfica de los rangos móviles, se observa que entre las muestras número 58 hasta la muestra número 115 recolectadas entre los días 15 y 21 de Noviembre de 2005 el proceso es más inestable. Como resultado de los cambios entre los valores individuales, se presentan puntos fuera de control, como son los puntos 63 y 109 que se encuentran violando la regla 1, debido a que están a más de tres desviaciones estándar de la línea central del proceso, debido a que la variación en este periodo fue mayor que la esperada. Sin embargo, luego de este periodo de inestabilidad, el proceso comienza a estabilizarse como se puede ver en el comportamiento de los datos correspondientes a los puntos 153 a 162, lo cual indica que la producción tiende a ser uniforme debido a que para la fecha en la cual fueron recogidos estos datos, el operario se encontraba entrenado.





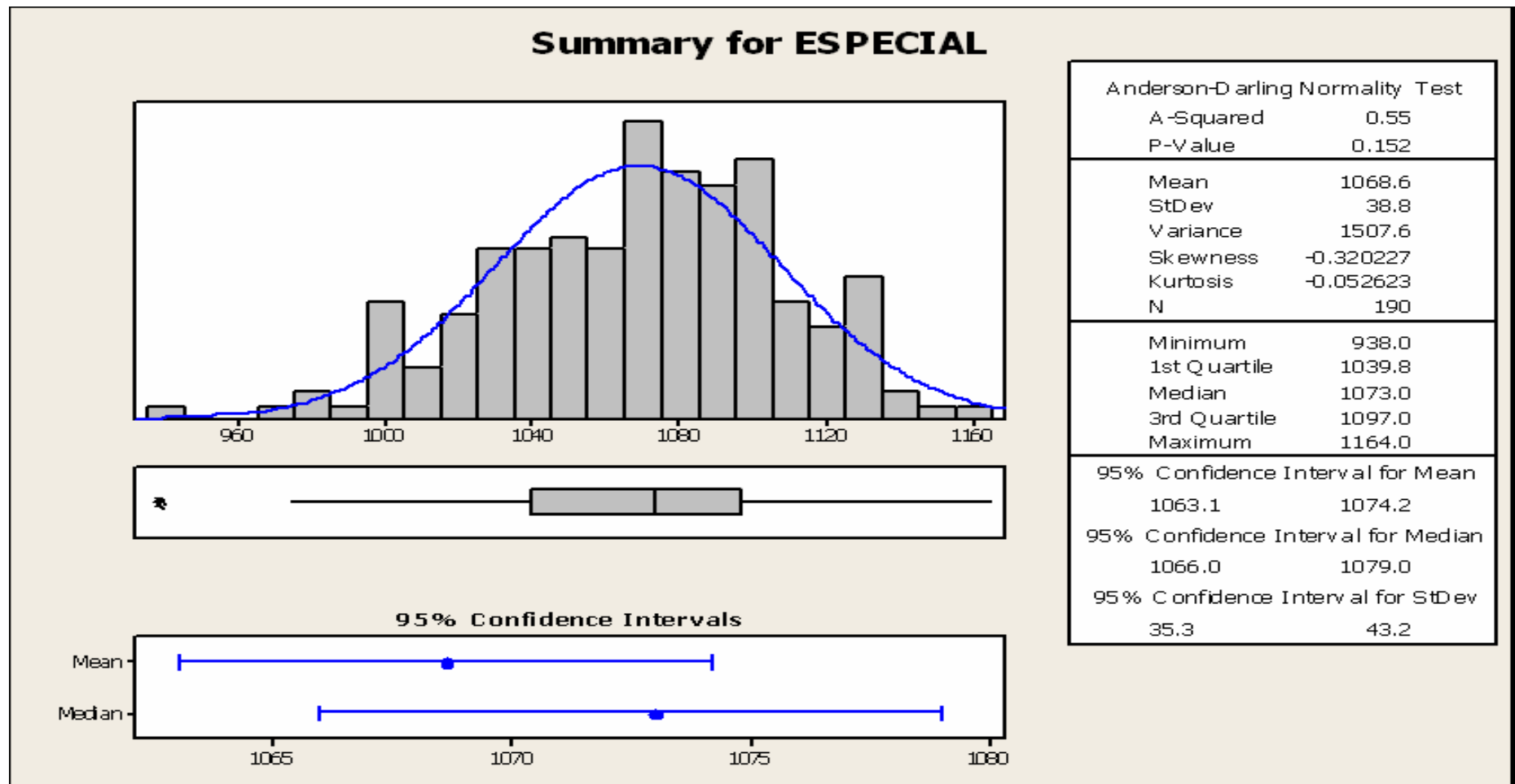
**Gráfica 6.** Gráfica de comportamiento del queso especial

Una vez analizadas las gráficas de comportamiento se procedió a realizar un Histograma (Gráfica 7) de los valores analizados anteriormente.

En el Histograma, se presentan datos que están por encima de la meta del proceso, la cual es de 1006 gr , incluso hay algunos datos hasta por encima de 1060 gr, lo cual demuestra que el proceso no cumple con las especificaciones y que se están produciendo unidades con un 10% de producto adicional dejando muy satisfecho al cliente externo pero generando pérdidas al cliente interno, aunque no se puede negar que ocasionalmente se está entregando producto no conforme que deja insatisfecho al cliente externo por contener menos del peso especificado.

Además, la variación obtenida es de 38.8 gr. es decir 2.59 veces mayor que la variación esperada, la cual tiene un valor de 15 gr., resultante de dividir la tolerancia del proceso (90 gr.) entre seis sigma, lo cual indica que se debe reducir el nivel de variación ya que si se logra alcanzar la variación esperada se tendría un proceso que generaría un 99.7% de producto dentro de las especificaciones.

Al realizar la prueba de normalidad se observó que los datos siguen la distribución normal de la campana de gauss ya que los coeficientes A y P son mayores que 0.05, lo que significa que si se distribuye normalmente.



**Gráfica 7.** Histograma para el queso especial

#### **4.1.2 Línea de queso campesino**

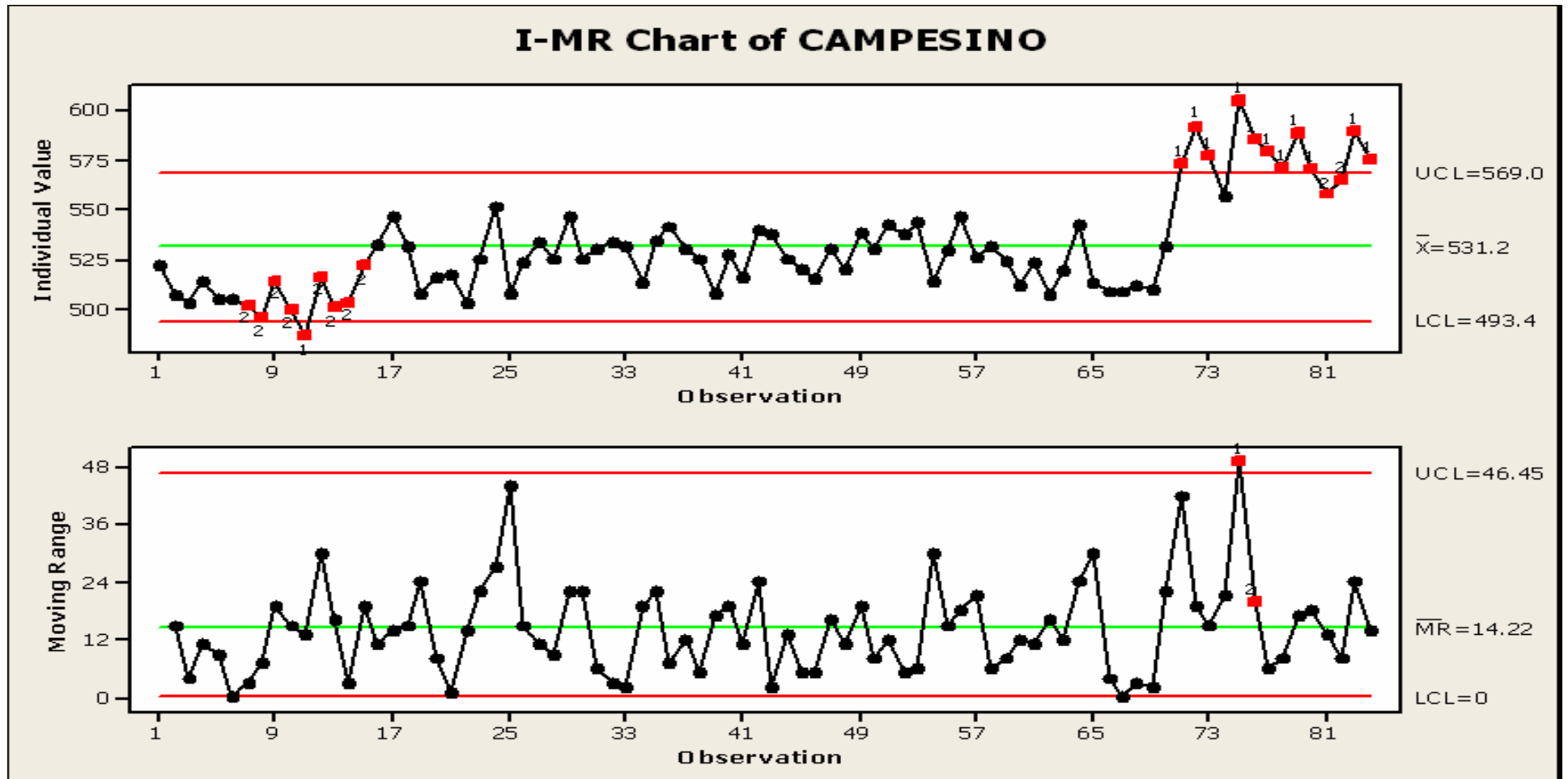
Con base en los datos mostrados en la tabla 10, se obtuvo la siguiente gráfica de comportamiento, en la cual se puede observar el comportamiento de los datos a través del tiempo; en ésta se aprecia una carta para los datos individuales y otra para los rangos móviles.

La gráfica de comportamiento para los valores individuales de la línea de queso campesino demuestra que ésta tiene más problemas que la línea de queso especial, ya que empieza con muchos puntos por debajo de la línea central, como son los puntos correspondientes a las muestras número uno (1) hasta la muestra número dieciséis (16), las cuales fueron tomadas el día 8 de Noviembre de 2005. Durante este día el proceso se comportó de manera estable y el promedio estuvo muy cercano a la meta ya que fue de 505 gr. Luego de este período el proceso volvió a ser estable, hasta el punto que corresponde a la muestra número 76 a partir de la cual 11 puntos consecutivos se encuentran por encima del límite superior de control.

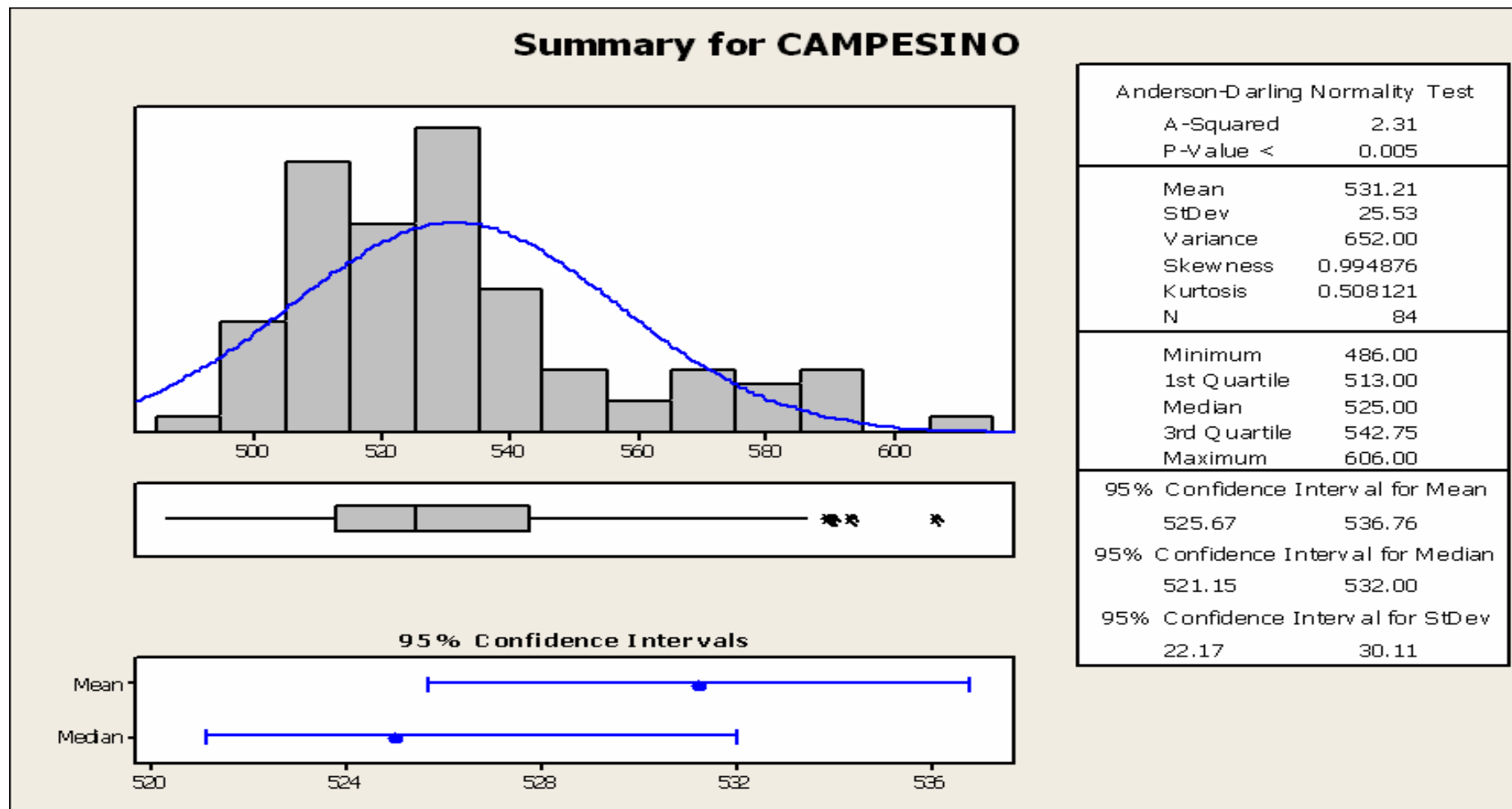
En lo referente a la gráfica de los rangos móviles se puede ver que la línea de queso campesino tiene menor variación pues en el queso especial se presentan brincos más fuertes; aunque la variación también es alta, pero se encuentra dentro de lo esperado excepto por un punto que corresponde al dato 74.

En el histograma (Gráfica 9), se observa que el proceso no se está comportando normalmente, ya que los coeficientes de la prueba de normalidad se encuentran por debajo de 0.05 y parece estar fragmentada en 2 grupos, uno con datos muy altos y otro con datos muy bajos, como si se estuvieran analizando dos procesos independientes. Esto se debe a que el proceso al final estuvo operando por encima del límite superior de comportamiento.

En el resultado de la variación se ve que es 25.53 gr., lo que indica que la variación actual es 3.065 veces mayor que la variación esperada, la cual tiene un valor de 8.33 gr., resultante de dividir la tolerancia del proceso (50 gr.) entre seis sigma, entonces al igual que en el proceso de queso especial se debe reducir el nivel de variación con el fin de alcanzar la variación esperada y así tener un proceso que genere 99.7% de producto fabricado dentro de los límites de especificación.



Gráfica 8. Gráfica de comportamiento para el queso campesino



Gráfica 9. Histograma para el queso campesino

## 4.2 Índices de capacidad del proceso

### 4.2.1 Índices de capacidad del proceso para el queso especial

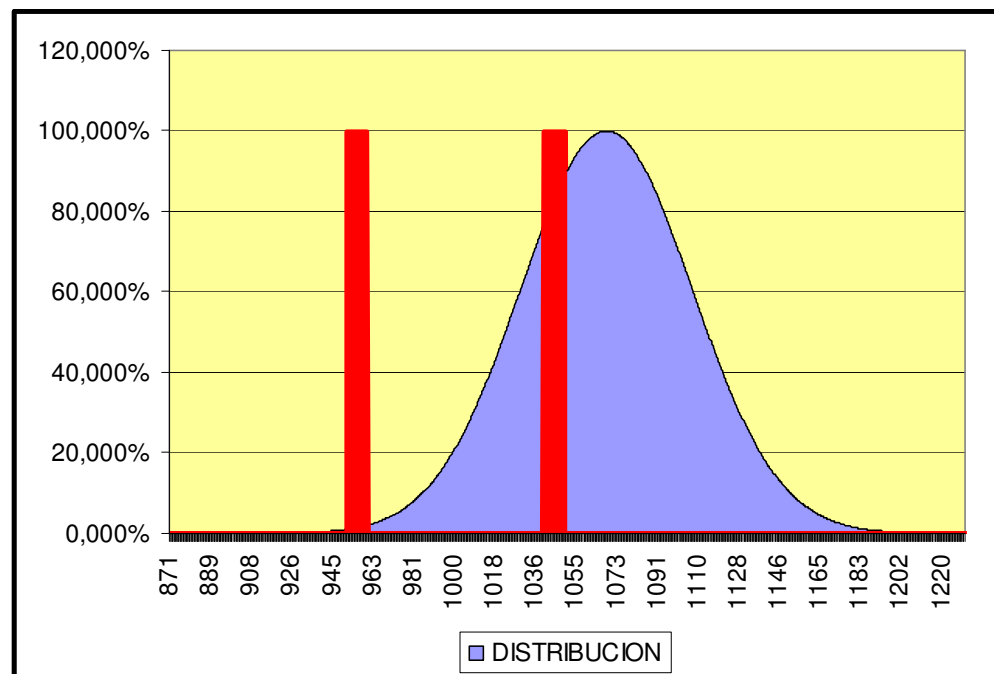
- Especificación superior: 1050.7 gr.
- Especificación inferior: 960.7 gr.
- Meta: 1006 gr.
- Promedio muestra: 1068.6 gr.
- Desviación estándar: 38.8 gr.
- Porcentaje dentro de especificación: 31.957%
- PPM: 680433
- Nivel sigma (corto plazo): -0.5
- Nivel sigma (largo plazo): -2.0
- Cp: 0.387
- Cpk: -0.15

Como se puede observar en la gráfica 10 y en los resultados obtenidos al calcular los índices de capacidad del proceso de producción del queso especial, el proceso no está siendo capaz, tiene problemas tanto de variación como de centramiento, el promedio está incluso por encima del límite de especificación superior lo que comprueba la hipótesis que se ha venido trabajando hasta ahora, pero se ve además que se debe considerar la reducción no solo del centramiento sino también de la variación pues con el nivel de variación actual y una meta más reducida aún se seguirían fabricando muchas piezas por fuera de las especificaciones.

Tanto la gráfica como los resultados indican que el proceso tiende a centrarse hacia el límite superior de especificación lo cual está generando una gran satisfacción en el cliente externo que recibe más de lo especificado pero a su vez genera una gran pérdida para el cliente interno que está regalando producto adicional sin costo alguno.



Respecto al nivel de sigma vemos que es muy bajo, tan solo de -0.5 en el corto plazo, lo cual implica un 31.957% de producto dentro de las especificaciones, es decir alrededor del 68% de las unidades producidas se encuentran fuera de las especificaciones, lo cual está perjudicando enormemente los intereses de la compañía; la teoría dice que los procesos en el largo plazo se desvían en 1.5 desviaciones estándar, esto indicaría que en el largo plazo el proceso tendría un nivel sigma de -2.0, lo que empeoraría la situación, es decir tan solo 1.83% dentro de especificaciones; sin embargo esto puede o no suceder dependiendo de los cambios que surjan en el proceso.



**Gráfica 10.** Capacidad del proceso para el queso especial

#### 4.2.2 Índices de capacidad del proceso para el queso campesino

- Especificación superior: 530.7
- Especificación inferior: 480.7
- Meta: 506
- Promedio muestra: 531.21
- Desviación estándar: 25.53

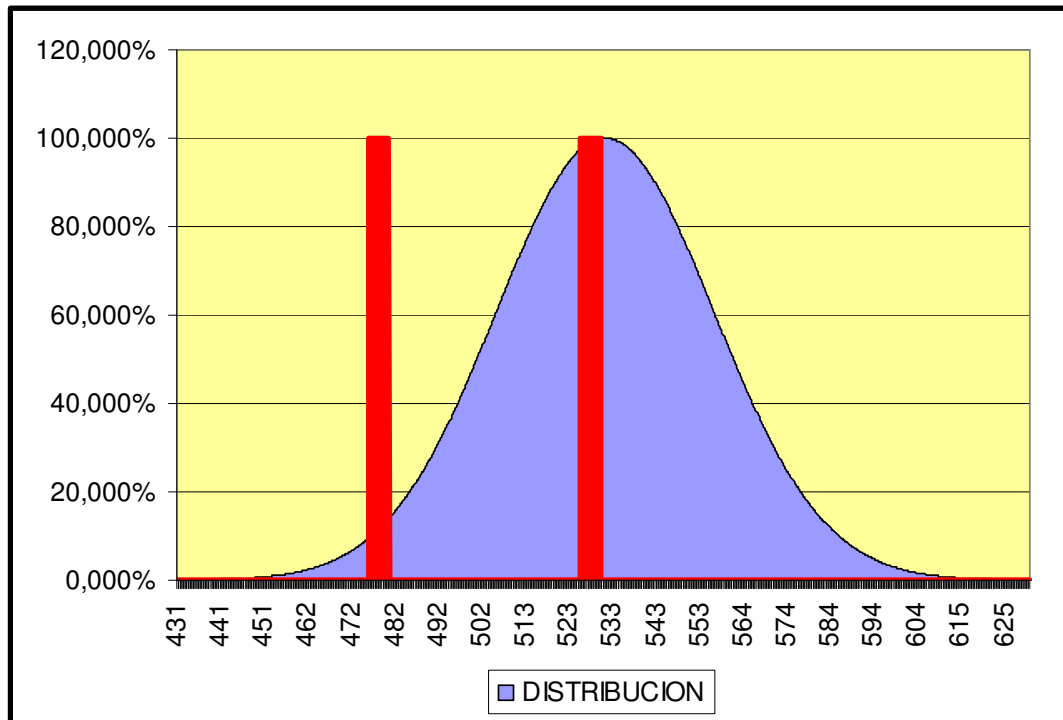
- Porcentaje dentro de especificación: 46.809%
- PPM: 531908
- Nivel sigma (corto plazo): -0.1
- Nivel sigma (largo plazo): -1.6
- Cp: 0.326
- Cpk: -0.007

Teniendo en cuenta el comportamiento del proceso que se muestra en la gráfica 11 y en los resultados obtenidos al calcular los índices de capacidad del proceso de producción del queso campesino, el proceso no está siendo capaz, tiene problemas tanto de variación como de centramiento; al igual que en el proceso de queso especial se puede ver que el promedio está por encima del límite de especificación superior lo que comprueba la hipótesis que se viene trabajando, por lo que existe la misma situación de reducir tanto el centramiento como la variación pues con el nivel de variación actual y una meta más reducida aún se seguirían fabricando muchas piezas por fuera de las especificaciones.

Al observar tanto la gráfica como los resultados se observa que el proceso tiende a centrarse hacia el límite superior de especificación influyendo en una mayor satisfacción en el cliente externo quien recibe más producto del esperado y al mismo tiempo produce pérdidas para la compañía debido a que se está entregando una cantidad de producto mucho mayor que la indicada en las especificaciones.

Vemos que el nivel sigma de este proceso es bastante bajo, de -0.1 en el corto plazo, lo cual indica que hay un 46.809% de producto dentro de las especificaciones, es decir que aproximadamente el 53.2% de las unidades que se están fabricando se encuentran por fuera de los límites especificados, entonces se ve que este proceso también influye negativamente sobre los intereses de la compañía; por otra parte en el largo plazo el proceso tendría un nivel sigma de -1.6, lo que indica que con el pasar del tiempo el proceso iría

disminuyendo su capacidad, es decir tan solo 4.55% de la cantidad producida estaría dentro de las especificaciones; aunque esta situación depende de diversos factores que podrían darse o no con el tiempo, entonces podría mejorar o empeorar la capacidad del proceso.



**Gráfica 11.** Capacidad del proceso para el queso campesino

### 4.3 Relación Causa – Efecto

El proceso de identificación de las causas se realizó con la colaboración de los integrantes del área de laboratorio, los operarios y el superintendente de planta, quienes expresaron sus opiniones sobre las causas que ellos, quienes conocen los antecedentes del proceso, consideran están generando la variación en el peso de los quesos y el problema de centramiento en los mismos.

Durante el período de detección de las causas de variación, se encontraron causas de variación comunes, excepto por el evento del ingreso de un nuevo

empleado que tuvo que ser entrenado y durante este proceso se generó una alta variación que se puede observar en los gráficos de comportamiento mostrados anteriormente; sin embargo este hecho sirvió para identificar causas de variación existentes que se detallarán más adelante en el Diagrama de Ishikawa que se utilizó como herramienta de análisis para el estudio de la relación causa-efecto.

Cabe anotar que las causas de variación expuestas fueron las mismas para los procesos de fabricación de queso especial y de queso campesino, esto se debe a que el procedimiento es el mismo y que la diferencia entre uno y otro radica en el peso de los quesos. A continuación se muestran las principales causas descritas, las cuales se van eliminando a medida que disminuye su nivel de incidencia sobre el problema estudiado, además de esto es importante ver como las causas que quedan en el Diagrama de Ishikawa número 3 son las que más afectan el peso de los quesos y por eso son los principales factores que se tratarán de mejorar en la propuesta a realizar con el fin de disminuir la variación en el peso de los quesos y reducir el problema de centramiento actual.

Las causas eran sometidas a un proceso de evaluación, en el que participaban los dueños del proceso, los miembros del equipo y los líderes del proyecto con el fin de tomar decisiones que permitieran llegar a la causa raíz, aquella o aquellas que tenían mayor impacto sobre el peso de los quesos. Finalmente el diagrama de Ishikawa pasó de tener 9 posibles causas de variación en el peso de los quesos a concentrarnos en 2 causas principales como son la forma en como se realiza el método de llenado y el hecho de no contar con un instrumento de medición que permita llevar un control del proceso.

A continuación se muestra el seguimiento que se hizo con los diagramas causa-efecto, de tal forma que sea fácil visualizar cuales causas fueron descartadas inicialmente y cuales serán mejoradas en la propuesta.

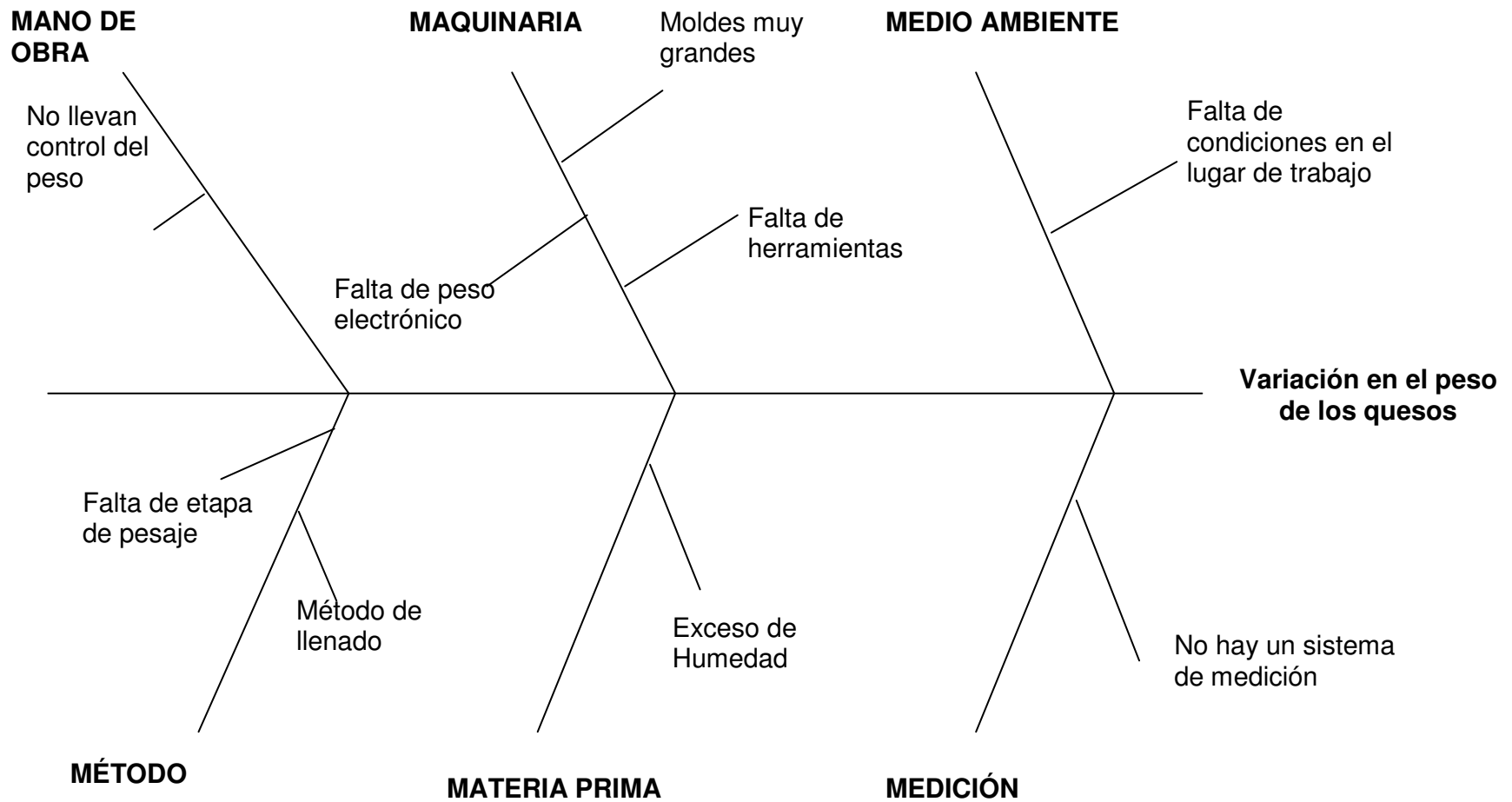


Diagrama 3. Diagrama de Ishikawa (a)

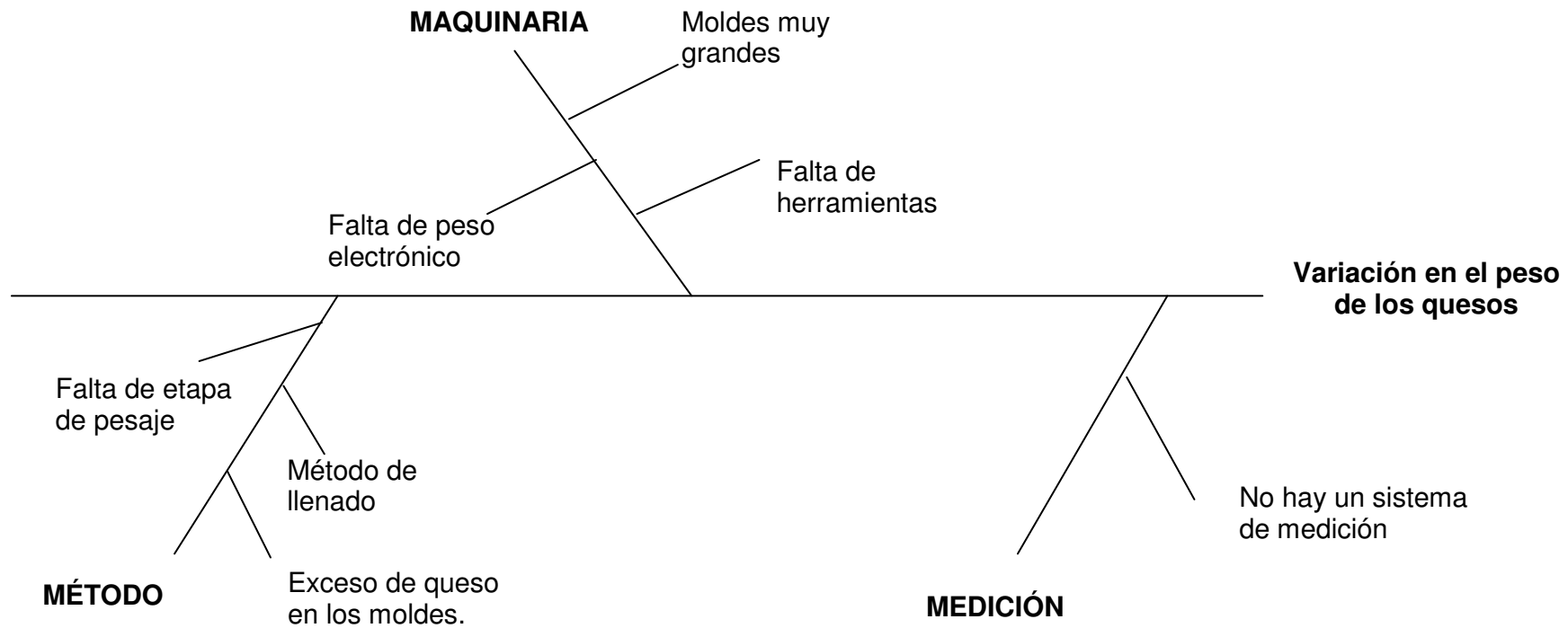


Diagrama 4. Diagrama de Ishikawa (b)

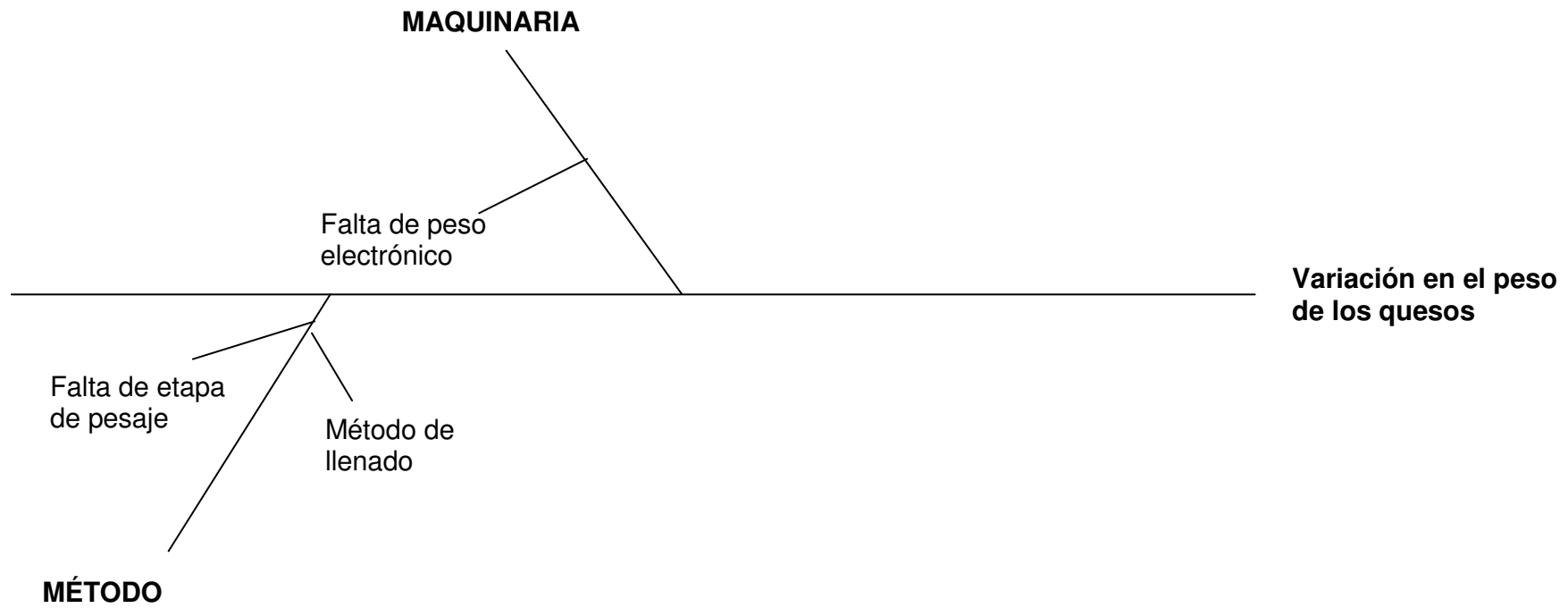


Diagrama 5. Diagrama de Ishikawa ©

Durante la etapa de identificación de las causas, se detectaron unas más significativas que otras, a medida que se notaba la incidencia de cada una sobre el exceso en el peso de los quesos, se buscaba encontrar la causa específica que estaba haciendo que el peso de los quesos no fuera uniforme, lo cual generaba un problema de variación y centramiento en las unidades de queso producidas. A medida que avanzaba el proceso de identificación se encontró que la causa raíz se encontraba en la forma como los operarios estaban realizando el proceso de llenado, es decir la causa se encontraba en el momento en que los operarios llenaban los moldes con el queso.

Se acordó entonces con los operarios realizar varias pruebas con el fin de encontrar la forma correcta en la que debían ser llenados los moldes, para garantizar un proceso en el que se fabricaran quesos con un peso uniforme, entre las pruebas realizadas se hicieron las siguientes:

- Llenar los moldes con el queso e ir presionando hasta llenar totalmente, de tal forma que siempre quedara en el molde rebosando cierta cantidad de queso, se probó con 10 unidades de queso y se obtuvo un peso promedio de 1048.96 gr. para el queso especial y 526.52 gr. para el queso campesino, aunque se consiguió una pequeña reducción en el promedio de ambos quesos, no era lo esperado, pues la variación no tuvo modificaciones significativas.
- En vista de que con el método anteriormente descrito no se logró reducir la variación, y se redujo muy poco el promedio de peso, se optó por no llenar los moldes totalmente, sino hasta por debajo de la superficie; sin embargo este método tampoco funcionó pues se redujo sustancialmente el promedio de peso hasta alcanzar los 989.78 gr. para el queso especial y 490.08 gr. para el queso campesino.
- Luego de realizar las dos pruebas anteriores, se analizó que si no funcionaba llenar los moldes por debajo de la superficie ni tampoco dejar



rebotando los moldes con una mínima cantidad, se optara por probar llenándolos al ras, para esto se hizo inicialmente una prueba con ayuda de una regla, con la cual luego de llenar los moldes sin ejercer presión alguna sobre el queso, se retiraba el exceso de queso con la regla, dejando los moldes exactamente sobre la superficie del mismo. Al analizar los resultados del promedio y la variación para un total de 10 quesos, se observó que eran bastante buenos, obteniendo un promedio de 1002.81 gr. para el queso especial y 502.94 gr. para el queso campesino, lo cual motivó a aplicar esta técnica para conseguir quesos con un peso promedio cercano a la meta y con una variación muy baja.

A continuación se muestran los datos obtenidos con esta prueba:

- Datos para el queso especial

<b>MUESTRA</b>	<b>PESO</b>
1	1011
2	1004,36
3	1003,68
4	1007,34
5	1001,21
6	999,96
7	1000,63
8	1002,15
9	996,47
10	1001,27

**Tabla 11.** Datos de prueba para el queso especial

- Datos para el queso campesino

MUESTRA	PESO
1	509,64
2	504,87
3	506,48
4	499,13
5	502,16
6	503,79
7	500,86
8	501,07
9	498,99
10	502,38

**Tabla 12.** Datos de prueba para el queso campesino



**Gráfica 12.** Fotos del nuevo proceso

En el siguiente capítulo se mostrará como quedó finalmente el nuevo proceso de fabricación de los quesos, con los respectivos ajustes que se hicieron en el proceso de llenado, que como se observó era la etapa crítica del proceso.

## **5. PROPUESTA DE MEJORA**

### **5.1. Ajustes para la optimización del proceso.**

Teniendo en cuenta las causas de variación detectadas durante la fase de análisis se identificó que los principales ajustes a realizar se deberían hacer en la etapa de llenado de los moldes. Además que en el proceso productivo deberá incluirse una etapa de medición que permita controlar el peso de los productos terminados.

Durante la etapa de llenado de los moldes se deberán hacer ajustes en la forma como los operarios llevan a cabo esta etapa para lo cual se definirá un proceso estándar de llenado que permita fabricar productos con un peso uniforme; para garantizar el éxito en la uniformidad de la fabricación de los productos, consideramos que se deberán utilizar espátulas que permitan retirar el exceso de queso en cada uno de los moldes, lo cual garantiza que la cantidad que contienen los moldes sea de 1000 gr. para el queso especial y 500 gr. para el queso campesino.

### **5.2 Propuesta de Mejora**

#### **5.2.1 Proceso**

Luego de realizar una serie de pruebas, que fueron descritas en el capítulo anterior, se encontró que lo mejor y más rentable era emplear espátulas para retirar el exceso de queso, además de que se eliminará la etapa de entrapado, la cual no genera valor agregado al producto final según lo encontrado por los estudiantes en práctica de laboratorio quienes durante el desarrollo de su proyecto de grado encontraron que éste no tenía ninguna incidencia sobre la mayor o menor absorción de humedad y que además implica mucho tiempo en su ejecución influyendo negativamente en la eficiencia del proceso productivo,

por otra parte se incluyó en el procedimiento la etapa de pesado, que le permitirá a cada uno de los responsables del proceso llevar un registro del peso de los quesos.

Finalmente el proceso de fabricación de los quesos quedará de la siguiente manera:

5.2.1.1 Diagrama del proceso productivo mejorado del queso campesino y queso especial en la empresa CODEGAN LTDA

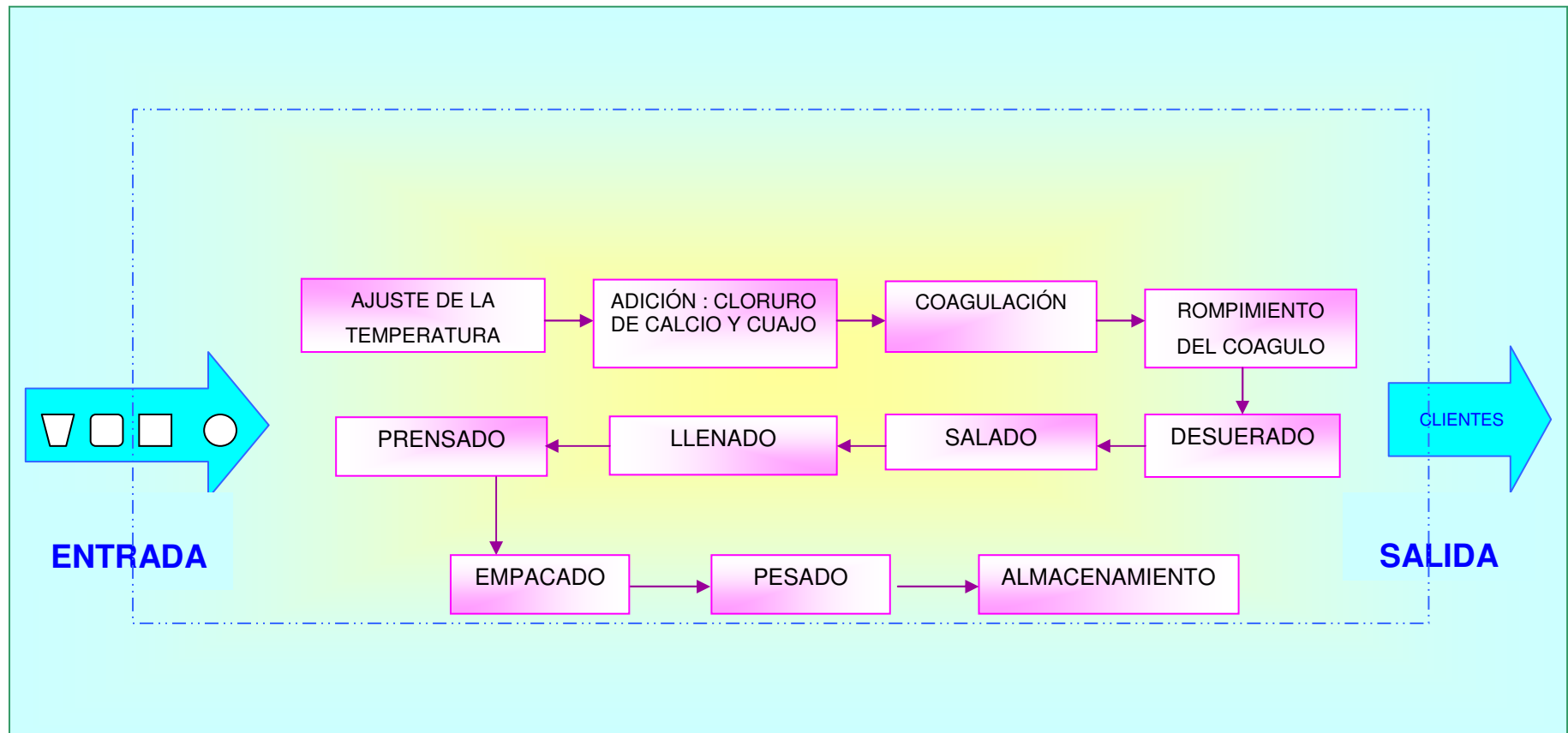


Diagrama 6. Diagrama del proceso productivo mejorado del queso campesino y queso especial en CODEGAN LTDA.

#### **5.2.1.1.1 Descripción del proceso de producción de queso campesino y queso especial en la empresa CODEGAN LTDA.**

El proceso inicia con la entrada de 3000 Lt. de leche pasteurizada con una temperatura de 8°C y con un porcentaje de grasa de 2.8 a 3% MG; esta leche es transportada a través de tubos de aluminio a las tinas en las cuales se le coloca vapor para llevar la leche a una temperatura de 32°C, propicia para la realización del queso. Luego de lograr la temperatura deseada, el operario adiciona Cloruro de calcio en cantidades de 20 gr. por cada 100 Lt de leche y cuajo en polvo (10 gr. por cada 2000 Lt) , lo cual permite la coagulación de la leche. La leche se deja reposar durante 45 minutos, tiempo en el cual se da la coagulación de la leche, momento en el cual se encienden las Liras giratorias durante 15 minutos, las cuales permiten separar el sólido del suero y sirven para ir fragmentando los coágulos muy grandes; el operario debe inspeccionar constantemente que se este realizando este corte de coágulos.

Luego de realizar este proceso, se deben apagar las liras y dejar en reposo los coágulos durante 20 minutos, para separar el suero del queso, esto se realiza con ayuda de dos planchas metálicas que permiten que el queso baje hacia el fondo de las tinas y el suero quede en la parte superior de éstas, es en este momento en el cual se deben encender nuevamente las liras para una nueva fragmentación de los coágulos, y empezar con el proceso del desuerado, en el cual son conectadas unas válvulas a la tina, que permiten que salga todo el suero y solo quede el queso en éstas.

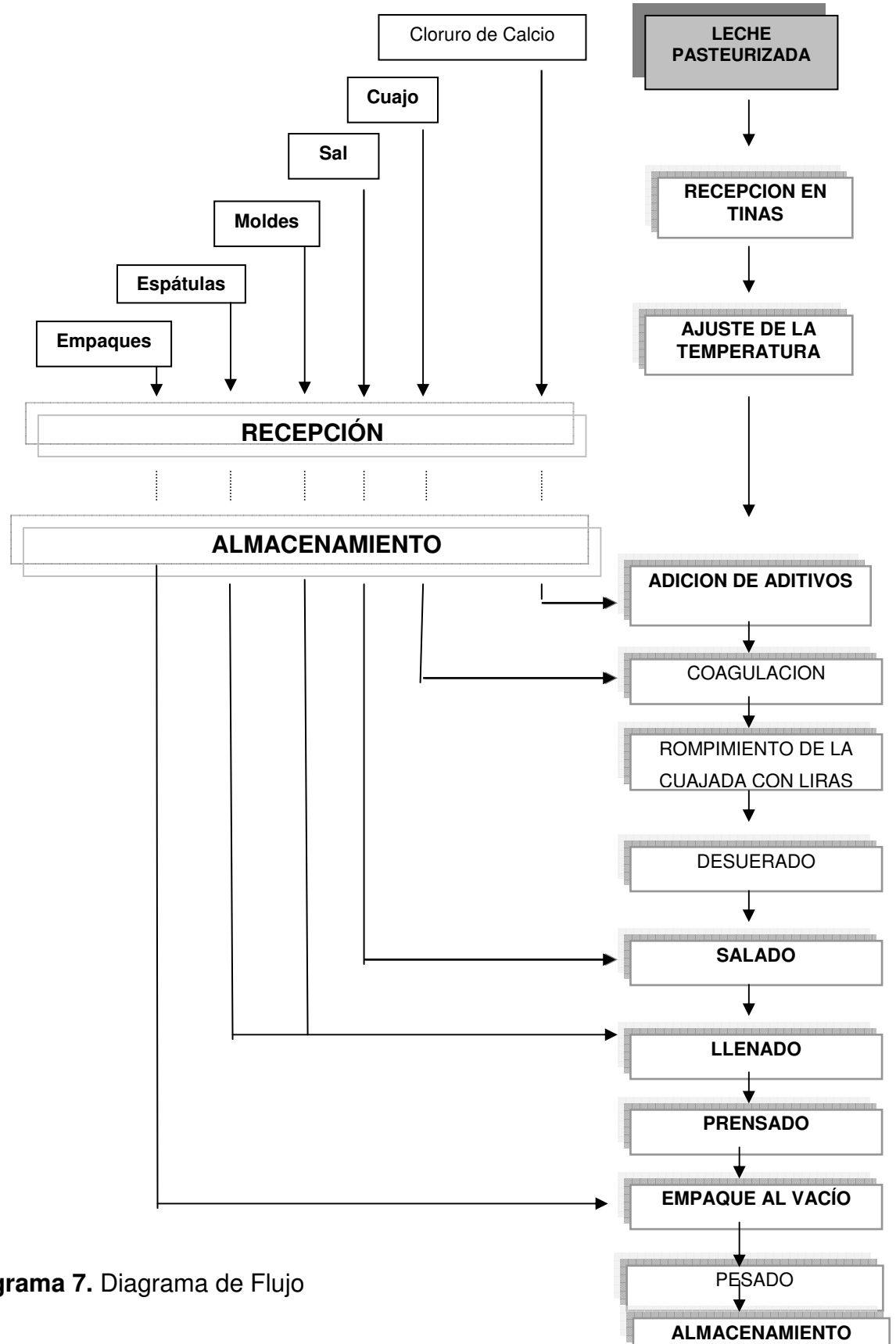
Cuando se ha desuerado el queso, el operario adiciona sal en cantidades suficientes, dependiendo de la cantidad de leche procesada (8 Kg de sal por cada 1000 Lt de leche) y con ayuda de las liras se va distribuyendo de forma uniforme. Después de realizar esto, un operario empieza a pasar el queso fragmentado en tanques, hacia una mesa en la cual se realizar la etapa de moldeado. Es aquí donde otro operario, empieza a amasar el queso y lo va

colocando en moldes rectangulares para el caso de queso especial y en moldes redondos, para el caso de queso campesino; éstos moldes presentan una serie de orificios, los cuales permiten que salga el resto de suero que está de más, una vez han sido llenado los moldes se pasa por encima de la superficie una espátula que permita eliminar el exceso de queso de tal forma que los moldes queden llenos exactamente al ras, permitiendo conseguir quesos con un peso más uniforme.

Luego pasamos a la etapa de Prensado, en la cual los moldes son distribuidos de una manera uniforme sobre la base de la prensa y a cada uno de ellos se les coloca encima unas tapas que permiten luego colocar unos separadores para seguir colocando más moldes; en esta etapa se dejan los quesos durante 2 horas, lo cual permite un buen prensado de los mismos. Después de transcurrido este tiempo, los quesos son desmoldados para pasar a la etapa de empaçado, en la cual el operario empaca en bolsas los quesos, uno por uno, y luego los coloca en la máquina de empaque al vacío donde son sellados en cantidades de 6 quesos, este proceso dura aproximadamente 1 minuto.

Por último los quesos son colocados en el Termostato donde se les realiza el baño de María, en el cual el agua se encuentra a una temperatura de 98 °C, lo cual ayuda a una mejor presentación del empaque, ya que queda sin arrugas. Una vez se hayan empaçado los quesos, se procede a la etapa de pesado, para el pesado se tomarán muestras aleatorias que correspondan al 10% de la producción del día, los quesos serán pesados en un peso electrónico. Al finalizar la etapa de la medición los quesos serán llevados en las canastas hasta la zona de almacenamiento.

**5.2.2 Diagrama de flujo del proceso de elaboración de queso campesino y especial en la empresa CODEGAN LTDA.**



**Diagrama 7. Diagrama de Flujo**



### 5.2.2.1 Descripción de las etapas de la elaboración del queso campesino y especial en la empresa CODEGAN LTDA.

- **RECEPCIÓN EN TINAS:** La leche pasteurizada (3000 Lt) es conducida a las tinas de elaboración de queso, mediante tuberías de Acero inoxidable. Al momento de introducir la leche en las tinas se debe evitar la formación de espuma, por lo cual es recomendable verter la leche contra la pared de la tina para que no absorba aire.
- **AJUSTE DE LA TEMPERATURA:** Las tinas están provistas de chaquetas de vapor con las cuales se ajusta la temperatura con agitación continua hasta alcanzar valores comprendidos entre 28 y 32 °C, con el objeto de tener la temperatura óptima para el cuajado.
- **ADICIÓN DE ADITIVOS:** Para que el queso adquiera mejores características de textura, es necesario agregarle a la leche una serie de aditivos que tengan una función común, como es el caso del Cloruro de Calcio, el cual se debe adicionar de acuerdo a la cantidad de leche recibida (20 gr. / 100 Lt de leche pasteurizada), con el fin de incrementar el volumen de los coágulos para que estos retengan la mayor cantidad de suero posible.
- **COAGULACIÓN:** Para coagular la leche, se utiliza el método de adición de cuajo el cual da lugar a una cuajada enzimática. El agregar cuajo a la leche tiene como objetivo formar una cuajada firme y fácil de cortar en granos regulares. La ficha técnica de este cuajo corresponde al producto MAXIREN 1800 granulado con una composición de 100% de Quimosina extraída de *kluveromyces marxianus v.lactis*. La adición del cuajo a la leche se realiza de la siguiente manera: para 2000 Lt de leche se utilizan 10 gr de cuajo los cuales son previamente disueltos en agua fría. Luego se procede a agitar la leche y agregar la solución de cuajo en toda la tina para asegurar una buena distribución de éste; se continúa agitando por un período de tiempo

de 15 minutos con la ayuda de las Liras, manteniendo una temperatura de la mezcla con un rango de 28-32°C. Para la formación de la cuajada se detiene completamente el movimiento de la leche para evitar la formación de coágulos defectuosos. La mezcla se deja en reposo durante 20 minutos o hasta observar la firmeza adecuada.

- **ROMPIMIENTO DE LA CUAJADA CON LIRAS:** El Corte o rompimiento de la cuajada se efectúa para acelerar la expulsión de agua y se realiza de tal forma que se obtengan granos homogéneos que resistan su agitación posterior. Para tener rendimientos razonables de queso, es necesario cortar la cuajada mediante la utilización de las liras verticales, diseñada especialmente para este propósito, las cuales son unos rectángulos de metal con un ancho ligeramente inferior al de las tinas, cruzados por una serie de alambres de acero inoxidable (lo más delgado posible pero con la resistencia mecánica y flexibilidad necesarias para que no se rompa) y deben estar libres de nudos, colocados a espacios de 1 a 1.5 cm. Este rompimiento se realiza durante unos 5 a 10 minutos hasta obtener tamaños de corte deseados.
- **DESUERADO:** El desuerado tiene como objetivo evitar la excesiva acidificación de la cuajada. Para el desuerado, inicialmente se hace uso de los pisadores, los cuales contribuyen a asentar la cuajada con el fin de que el suero quede en la parte superior de la tina y de esta forma poder retirarlo. Posteriormente, se conecta un tubo de acero inoxidable a la parte inferior de la tina, con el objeto de retirar la mayor cantidad de suero que contenga la tina.
- **SALADO:** Se debe adicionar la cantidad de sal necesaria (8 Kg de sal / 1000 Lt de Leche pasteurizada), para dar un sabor agradable al queso. La sal es esparcida por el operario en toda la tina, de tal manera que se distribuya uniformemente; para esto se requiere la ayuda de la Liras.

- **LLENADO:** En esta etapa el queso es llevado en baldes de las tinajas a la mesa de moldeo, en la cual se encuentra un operario que se dispone a amasar el queso, para terminar de romper los coágulos que hayan quedado demasiado grandes. Una vez se ha terminado de amasar el queso, el operario se dispone a llenar los moldes de acuerdo a los requerimientos. Para queso especial (1 Kg.) se emplean moldes rectangulares y para queso campesino (500 gr.) se emplean moldes redondos. Éstos deben tener unos pequeños agujeros, que permitan la salida del suero que haya quedado de más. A medida que se van llenando los moldes, el operario con la ayuda de la espátula va dándoles uniformidad, de tal forma que todos los moldes queden llenos al ras y que no quede ningún exceso de queso.
- **PRENSADO:** Una vez han sido entrapados todos los moldes, son llevados a la prensa. Se distribuyen de manera uniforme sobre la base de la prensa y a cada uno de ellos se les coloca encima unas tapas que permiten luego colocar separadores para seguir colocando más moldes; en esta etapa se dejan los quesos durante 2 horas, lo cual permite un buen prensado de los quesos.
- **EMPACADO:** Los quesos son desmoldados y con ayuda de un cuchillo se les retira la cantidad de queso que quede de más, con el fin de atenuar su forma y así simultáneamente empacar los quesos en sus respectivas bolsas, uno por uno, y luego se colocan de 6 en 6 en la máquina de empaque al vacío donde son sellados. Por último los quesos son colocados en el Termostato donde se les realiza el baño de María, en el cual el agua se encuentra a una temperatura de 98 °C, lo cual ayuda a una mejor presentación del empaque, ya que queda sin arrugas.
- **PESADO:** Cuando ya se han empacado los quesos, el operario toma una muestra aleatoria, correspondiente al 10% de la producción diaria y la lleva hasta el peso electrónico en el cual pesará los quesos, para llevar un

registro que luego será analizado por el ingeniero de productividad, para conocer el comportamiento del proceso.

- **ALMACENAMIENTO:** El producto terminado es almacenado en cuartos fríos a una temperatura de 5 a 8 °C.

### **5.3 Medición de la situación propuesta**

A continuación se muestra el registro de los datos recolectados (Tabla 13 y 14) durante la etapa de prueba de la situación propuesta para conseguir una reducción en la variación de los procesos de queso campesino y especial en la empresa CODEGAN LTDA.

Los datos para el queso especial se tomaron entre los días 20 de Febrero de 2006 y 3 de Marzo de 2006 (días hábiles); como se calculó en la hipótesis planteada en el anteproyecto la cantidad de datos a recolectar es de 190 muestras, las cuales fueron pesadas por el operador responsable del proceso, distribuidas en 19 muestras por día para un total de 10 días. De igual forma se hizo con el queso campesino, en el que el número de muestras tomadas fue de 84 unidades de queso, distribuidas en 14 muestras por día, comprendidas entre los días 20 de Febrero de 2006 y 27 de Febrero de 2006.

Las muestras para cada uno de los quesos, fueron tomadas aleatoriamente entre las 3:00 p.m y 4:00 p.m, una vez había finalizado el proceso de empacado, para luego ser almacenadas. Las unidades de queso fueron pesadas luego del empacado, para contribuir a las Buenas Prácticas de Manufactura que se siguen en la empresa CODEGAN LTDA., además de esta forma obtendríamos el peso neto del producto que se entrega al cliente.

<b>MUESTRA</b>	<b>20/02/06</b>	<b>21/02/06</b>	<b>22/02/06</b>	<b>23/02/06</b>	<b>24/02/06</b>	<b>27/02/06</b>	<b>28/02/06</b>	<b>01/03/06</b>	<b>02/03/06</b>	<b>03/03/06</b>
<b>1</b>	1007,05	1014,00	1004,10	990,36	1009,85	989,73	989,98	1029,45	985,02	1005,68
<b>2</b>	1021,66	980,52	1034,12	1003,62	977,53	1016,44	998,28	1004,64	985,35	1004,11
<b>3</b>	983,39	992,92	1003,96	1003,63	1004,95	992,18	986,43	976,84	978,34	993,13
<b>4</b>	1004,93	997,96	1010,85	1010,73	1010,05	995,13	1001,18	995,38	992,08	994,15
<b>5</b>	999,48	994,24	1011,57	1004,10	1004,20	981,50	981,31	994,65	1010,07	1010,76
<b>6</b>	991,97	1003,78	999,09	1001,98	1028,33	992,47	1011,26	982,83	1008,23	996,63
<b>7</b>	976,24	1010,32	1008,53	986,03	1000,67	1011,49	1008,40	1012,16	1020,49	998,37
<b>8</b>	985,47	997,96	969,13	1018,39	1005,72	999,17	1014,74	1013,88	993,44	990,67
<b>9</b>	992,05	982,45	1000,10	978,87	1009,46	990,77	979,36	997,45	989,38	1004,81
<b>10</b>	1018,30	997,78	990,27	998,03	1010,77	1012,44	1032,14	996,92	985,29	1007,83
<b>11</b>	1018,58	1016,21	997,01	994,30	986,71	995,35	998,84	984,19	982,77	1025,42
<b>12</b>	1008,16	999,64	990,53	1007,12	1005,00	979,51	998,43	1006,30	986,03	1006,79
<b>13</b>	1028,28	986,98	983,61	1022,21	991,96	980,64	1001,06	979,18	987,87	1016,30
<b>14</b>	1006,25	1014,37	989,91	1000,80	1002,94	979,51	999,55	993,08	985,83	1006,02
<b>15</b>	1008,82	1017,68	997,66	1006,21	993,45	990,15	997,46	999,32	1000,56	983,35
<b>16</b>	1003,51	1006,67	1007,28	1013,28	988,49	995,94	992,67	994,00	1008,94	975,19
<b>17</b>	972,33	995,77	990,80	993,73	1010,79	1008,22	996,43	1009,76	998,23	987,11
<b>18</b>	1010,13	979,72	1013,35	993,85	1002,68	996,50	982,75	987,66	964,56	1012,80
<b>19</b>	986,49	1002,85	997,37	992,16	994,07	999,00	1012,17	1000,02	1011,43	1016,63

**Tabla 13.** Datos de muestra para el queso especial (mejorado)

<b>MUESTRA</b>	<b>20/02/06</b>	<b>21/02/06</b>	<b>22/02/06</b>	<b>23/02/06</b>	<b>24/02/06</b>	<b>27/02/06</b>
<b>1</b>	504,03	499,81	497,97	482,95	502,76	493,79
<b>2</b>	492,93	497,15	502,34	506,55	499,74	510,63
<b>3</b>	503,30	503,57	496,11	500,20	508,77	494,66
<b>4</b>	500,95	504,71	506,75	515,55	501,31	494,80
<b>5</b>	500,84	502,98	497,37	499,86	504,96	505,06
<b>6</b>	499,76	501,03	502,36	497,16	499,14	497,09
<b>7</b>	505,56	498,97	506,47	488,19	504,43	503,32
<b>8</b>	497,22	489,49	505,81	503,68	496,45	499,03
<b>9</b>	495,96	489,55	510,42	498,25	510,12	499,94
<b>10</b>	494,74	505,60	494,83	494,97	496,96	497,97
<b>11</b>	498,23	508,58	498,37	492,39	509,60	508,11
<b>12</b>	504,83	500,40	504,17	506,52	503,73	495,97
<b>13</b>	499,68	503,82	502,77	503,09	504,42	509,25
<b>14</b>	507,83	494,98	512,93	498,88	503,87	500,95

**Tabla 14.** Datos de muestra para el queso campesino (mejorado)

#### **5.4 Análisis de los resultados**

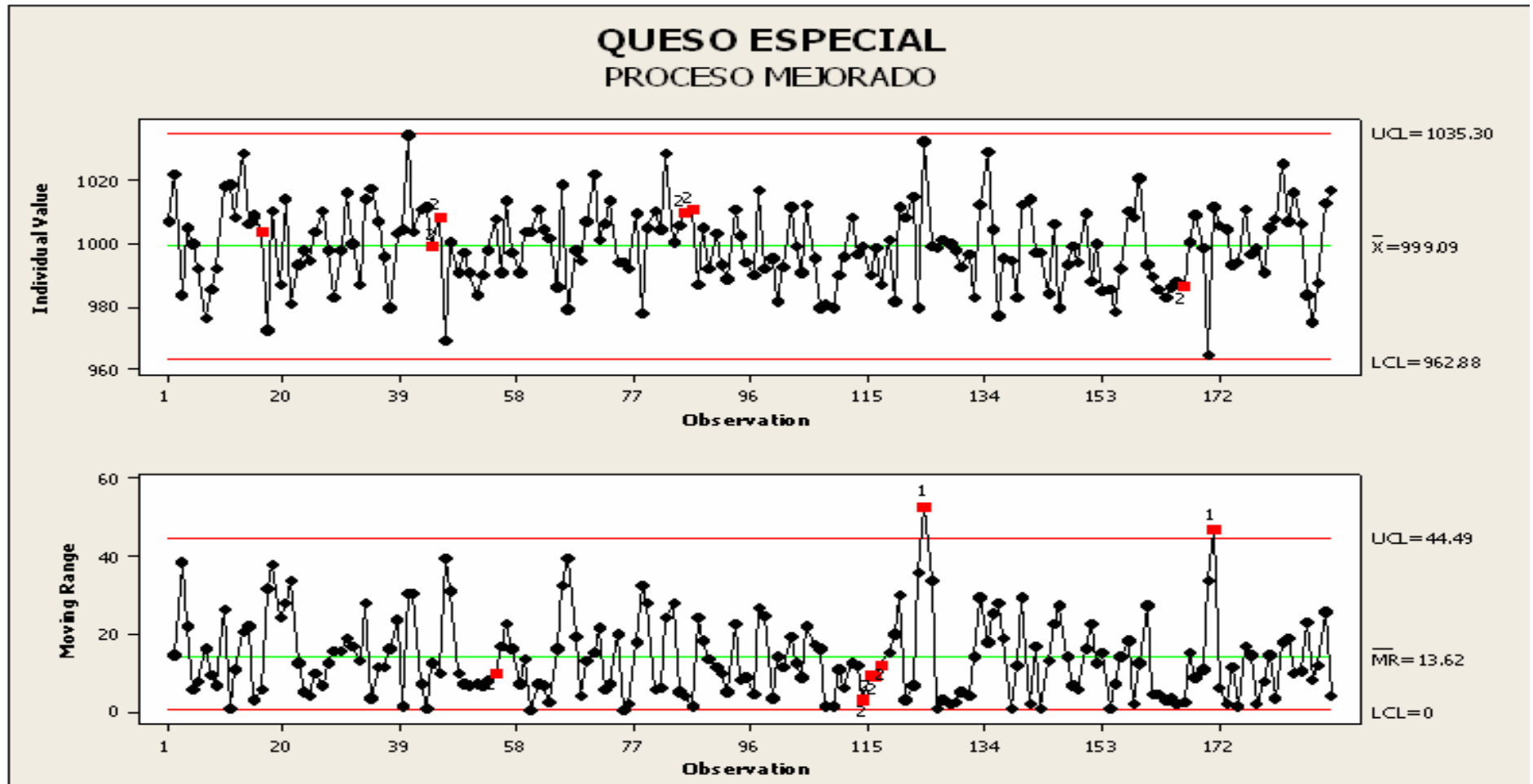
Los datos anteriormente mostrados, se analizaron mediante gráficos de comportamiento, que ayudan a identificar si el proceso se encuentra o no bajo control y asimismo nos proporcionan una idea de las posibles causas que pueden estar generando variación (en caso de presentarse) en el proceso aún después de probar el método propuesto. Además de esto se emplean herramientas como el Box Plot, para comparar los resultados obtenidos antes y después de aplicar el método propuesto. Como complemento se realizó un análisis de capacidad con el fin de observar si realmente el proceso es o no capaz.

#### **5.4.1 Análisis de los resultados para la línea de queso especial**

A continuación se muestran los gráficos de comportamiento del proceso de queso especial, los cuales fueron realizados con base a los datos recolectados luego de realizar las mejoras propuesta. (Ver Tabla 13).

En los gráficos de comportamiento se puede observar como el proceso se ha ido volviendo más estable en el transcurrir del tiempo, en el gráfico para los valores individuales se observa que existen menos brinco entre un punto y otro, y en su mayoría se encuentran distribuidos a un lado y otro de la línea central, exceptuando algunos puntos que se encuentran cercanos a los límites de control; sin embargo este comportamiento resulta normal debido a que los procesos sobre los que se está trabajando (específicamente el nuevo método de llenado) son relativamente nuevos para el operario y éste se encuentra en un período de prueba o entrenamiento. Ocasionalmente se observa algunas tendencias de puntos sucesivos sobre la línea central o debajo de ésta, debido a que como se ha mencionado anteriormente el operario se encuentra en un proceso de adaptación.

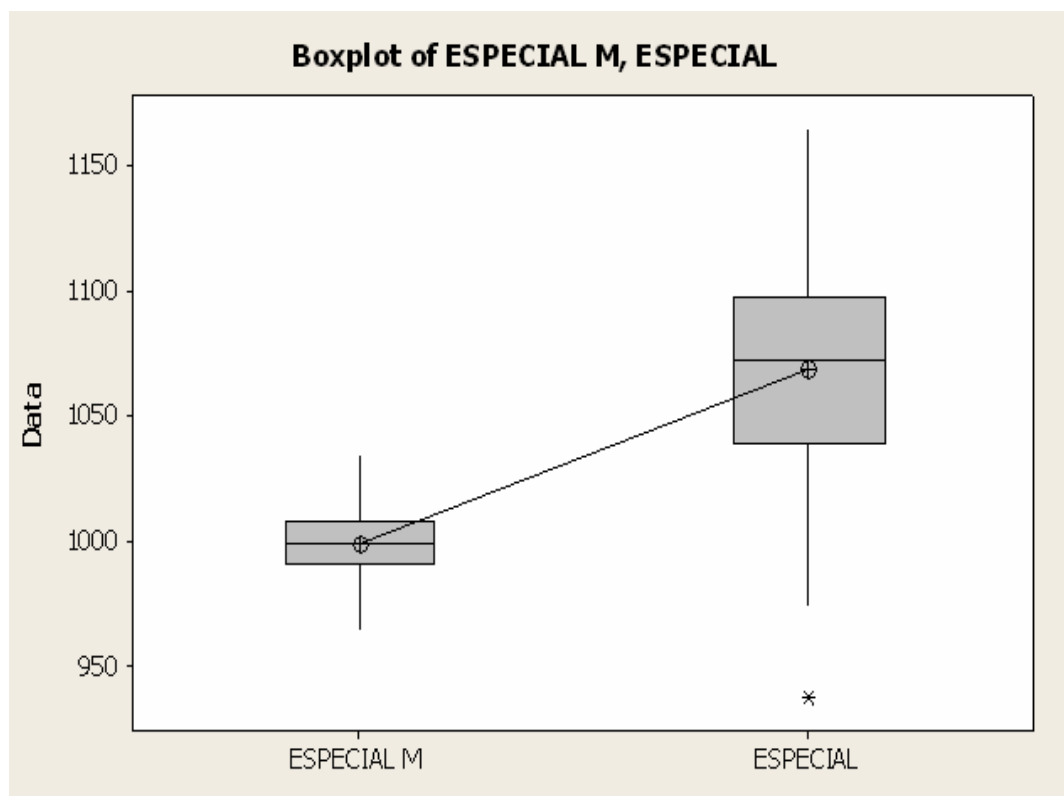
En el gráfico de rangos móviles, se observa que la mayoría de los datos tienden a estar cercanos al límite inferior, esto se debe a la presión que en algún momento sintió el operario, y trató de esforzarse siguiendo debidamente el nuevo método de llenado hasta fabricar quesos que no superaran los 1000 gr. hasta el punto de alcanzar un promedio de 999.09 gr. por queso producido y una diferencia promedio entre un queso y otro de 13.62 gr. lo cual demuestra que la variación ha disminuido. Sin embargo aún existen quesos que se encuentran cercanos al límite superior, lo cual se debe a que el proceso posee los mismos límites de especificación, sintiéndose el operario en la libertad de fabricar quesos con un peso superior a los 1006 gr. que es la meta; sin embargo sería muy exigente en principio estrechar los límites de especificación por lo cual esto se hará paulatinamente.



**Gráfica 13.** Gráfica de comportamiento para el queso especial (mejorado)



En la siguiente gráfica, se muestran los Box Plot correspondientes al proceso anterior (ESPECIAL) y al proceso mejorado (ESPECIAL M), se presentan en el mismo cuadro de tal forma que es más fácil visualizar la diferencia entre un proceso y otro; al compararse se observa el gran cambio que se presentó en el centramiento del proceso, el cual pasó de 1068.6 gr a 999.09 gr, es decir, una diferencia de 69.51 gr., lo cual significa una gran disminución en el promedio del peso de las unidades producidas, lo cual repercute positivamente sobre los resultados esperados en el rendimiento del proceso. Además se logró reducir significativamente la variación en el proceso, la nueva variación es de 12.8 gr., mientras que anteriormente teníamos un valor de 38.2 gr., disminuyendo en 25.4 gr., resultando incluso menor a la variación esperada que era de 15 gr.



**Gráfica 14.** Box Plot para el queso especial

- **Confirmación del cambio mediante una prueba de hipótesis “t” donde “especial m” es menor a “especial”**

Two-Sample T-Test and CI: ESPECIAL M, ESPECIAL

Two-sample T for ESPECIAL M vs ESPECIAL

	N	Mean	StDev	SE Mean
ESPECIAL M	190	999.1	12.8	0.93
ESPECIAL	190	1068.6	38.2	2.8

Difference = mu (ESPECIAL M) - mu (ESPECIAL)

Estimate for difference: -69.4766

95% upper bound for difference: -64.5334

T-Test of difference = 0 (vs <): T-Value = -23.22 P-Value = 0.000 DF = 216

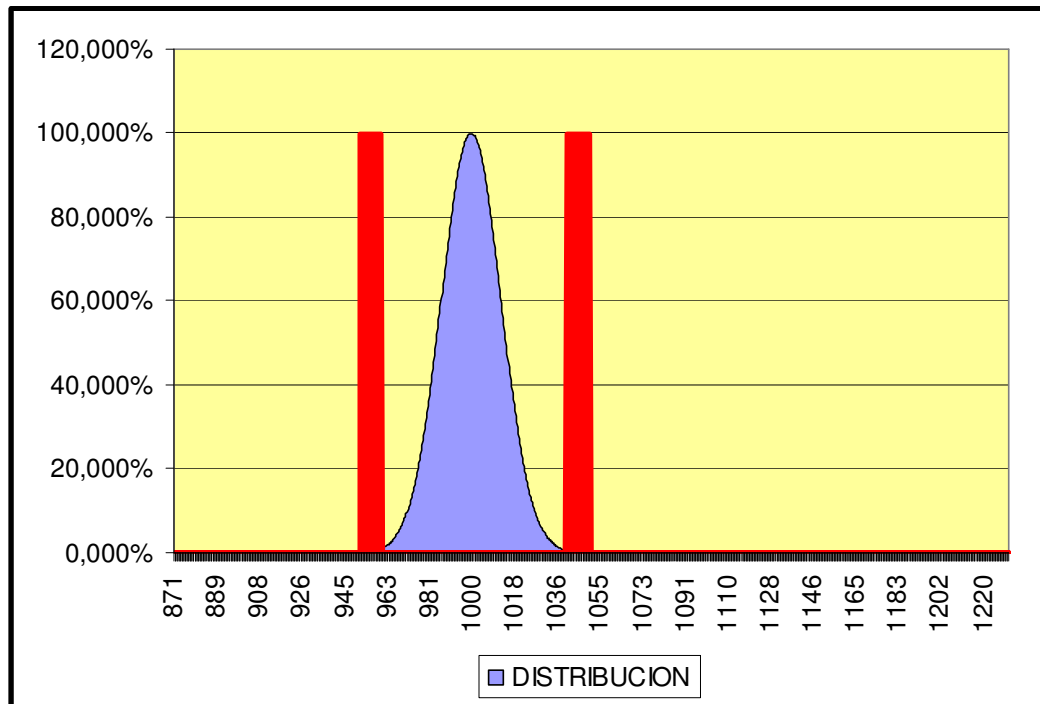
- **Capacidad del proceso mejorado del queso especial**

Teniendo en cuenta el nuevo promedio y las especificaciones anteriormente mencionadas, encontramos que el porcentaje dentro de especificación es ahora de 99.862%, consiguiendo un nivel sigma a corto plazo de 3.0, una capacidad potencial (CP) de 1.172 y una capacidad real de 1.00, lo anterior nos indica que el proceso es capaz de producir un 99.862% de producto dentro de las especificaciones las cuales son:

ESPECIFICACIÓN SUPERIOR: 1050.7 gr.

ESPECIFICACIÓN INFERIOR: 960.7 gr.

META: 1006 gr.



**Gráfica 15.** Capacidad del proceso mejorado para el queso especial

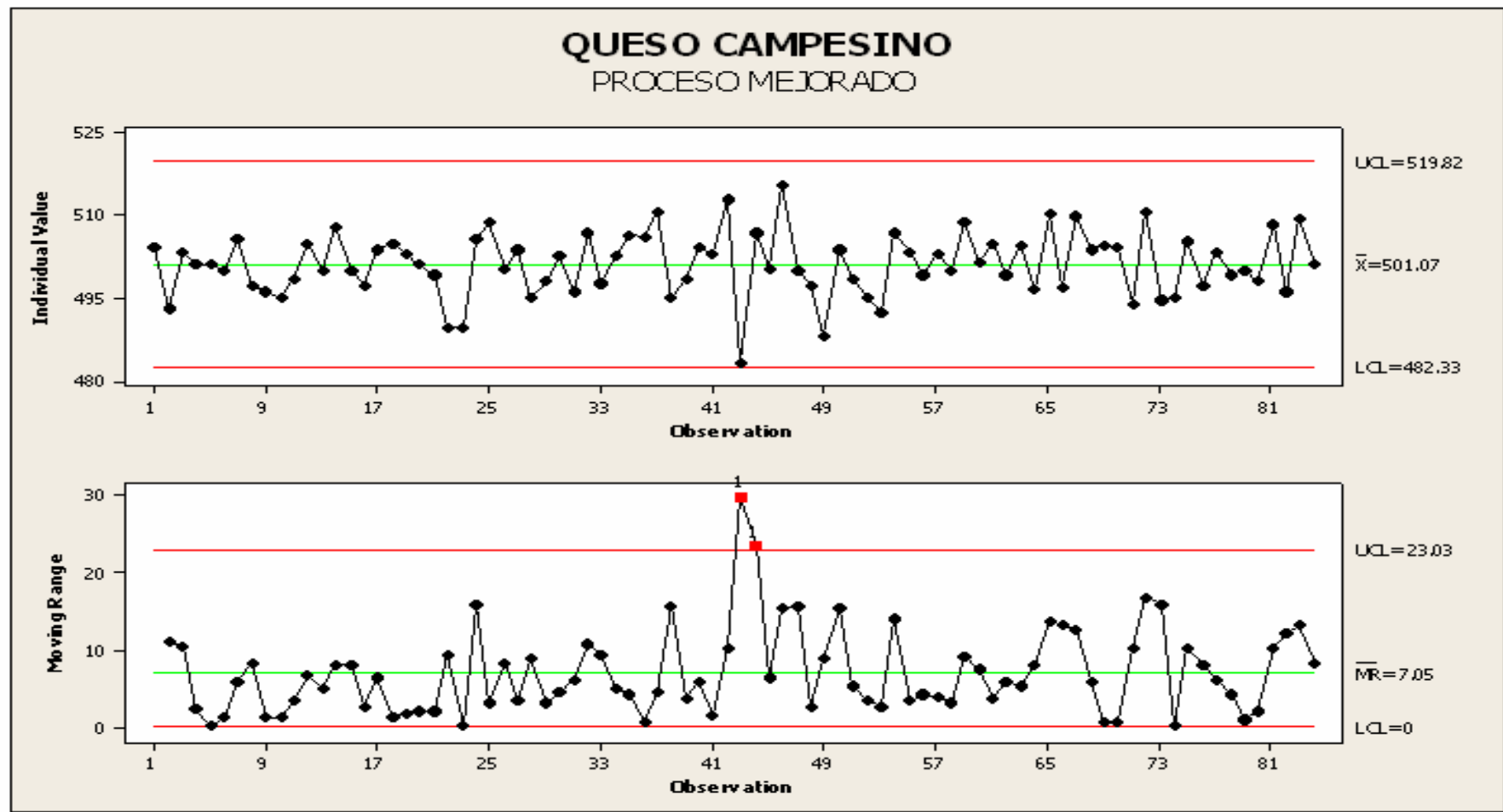
#### 5.4.2 Análisis de los resultados para el queso campesino

Los gráficos de comportamiento del proceso de queso campesino, fueron realizados con base a los datos recolectados luego de realizar las mejoras propuesta. (Ver Tabla 13).

En éstos se muestra como el proceso se vuelve más estable a medida que pasa el tiempo y se van perfeccionando las mejoras propuestas, podemos observar en el gráfico para los valores individuales que estos fluctúan de manera estable alrededor de la línea central, exceptuando un punto que tiende a acercarse al límite inferior. No se presentan tendencias de ningún tipo, ni puntos fuera de control lo que indica que el proceso se encuentra bajo control estadístico.

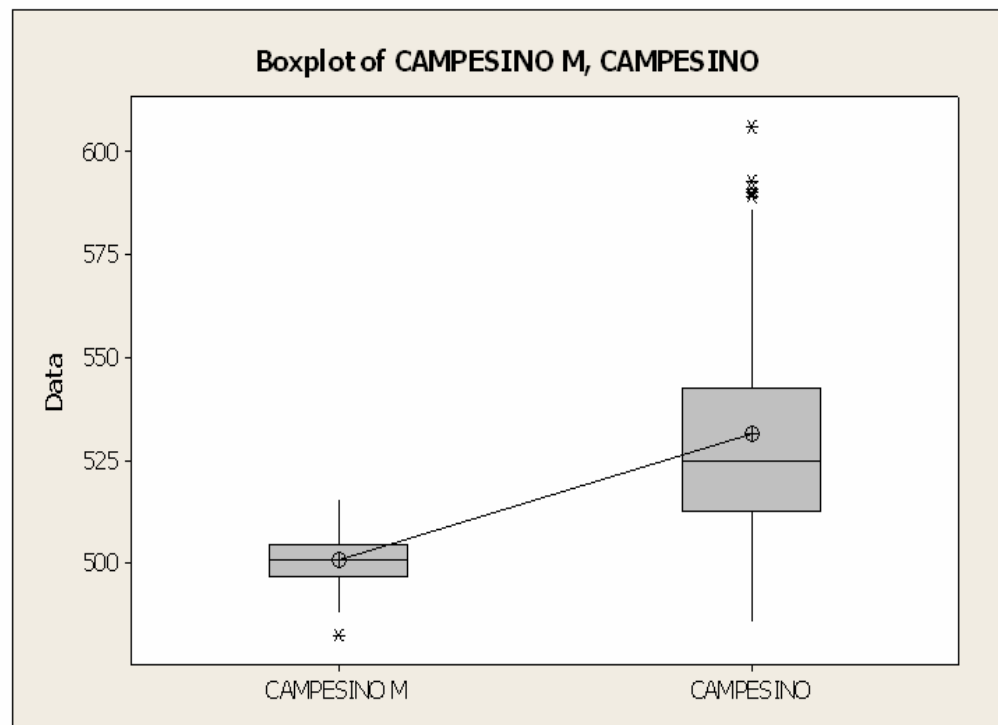
En lo referente al gráfico de rangos móviles, se observa que la mayoría de los datos tienden a estar cercanos al límite inferior, como se observó para la línea de queso especial, las causas que generan este comportamiento son las

mismas para ambas líneas de producción, pues ambos procesos están siendo sometidos a cambios. Aunque existen dos puntos que se encuentran fuera de control, lo cual es normal en un proceso en el cual se realizan cambios debido al poco entrenamiento de los operarios, los cambios realizados en el proceso de queso campesino generaron resultados positivos, al reducir el promedio de peso de los quesos y a su vez la variación entre los mismos, con las mejoras el promedio obtenido es de 501.07 gr. y la variación es de 5.72 gr., ésta también es menor a la variación esperada que era de 8.33 gr. , estos resultados son bastante buenos y contribuyen a obtener un excelente mejoramiento en el rendimiento del proceso.



**Gráfica 16.** Gráfica de comportamiento para el queso campesino (mejorado)

Como se puede observar en el Box Plot del queso campesino (gráfica 17), se presenta una gran diferencia entre el promedio de peso de las unidades producidas con el proceso anterior (CAMPESINO) y al proceso mejorado (CAMPESINO M); al establecer un punto comparativo entre un proceso y otro vemos el cambio que se presenta en el centramiento del proceso, el cual tenía inicialmente un valor de 531.6 gr y ahora es de 501.07 gr, lo cual significa una diferencia de 30.53 gr., es decir se da una gran disminución en el promedio del peso de las unidades producidas, lo cual tiene una incidencia positiva sobre los resultados esperados en el rendimiento del proceso.



**Gráfica 17.** Box Plot para el queso campesino

- **Confirmación del cambio mediante una prueba de hipótesis “t” donde “campesino m” es menor a “campesino”**

## Two-Sample T-Test and CI: CAMPESINO M, CAMPESINO

### Two-sample T for CAMPESINO M vs CAMPESINO

	N	Mean	StDev	SE Mean
CAMPESINO M	84	501.7	12.8	0.93
CAMPESINO	84	531.6	25.9	2.4

Difference =  $\mu$  (CAMPESINO M) -  $\mu$  (CAMPESINO)

Estimate for difference: -30.5173

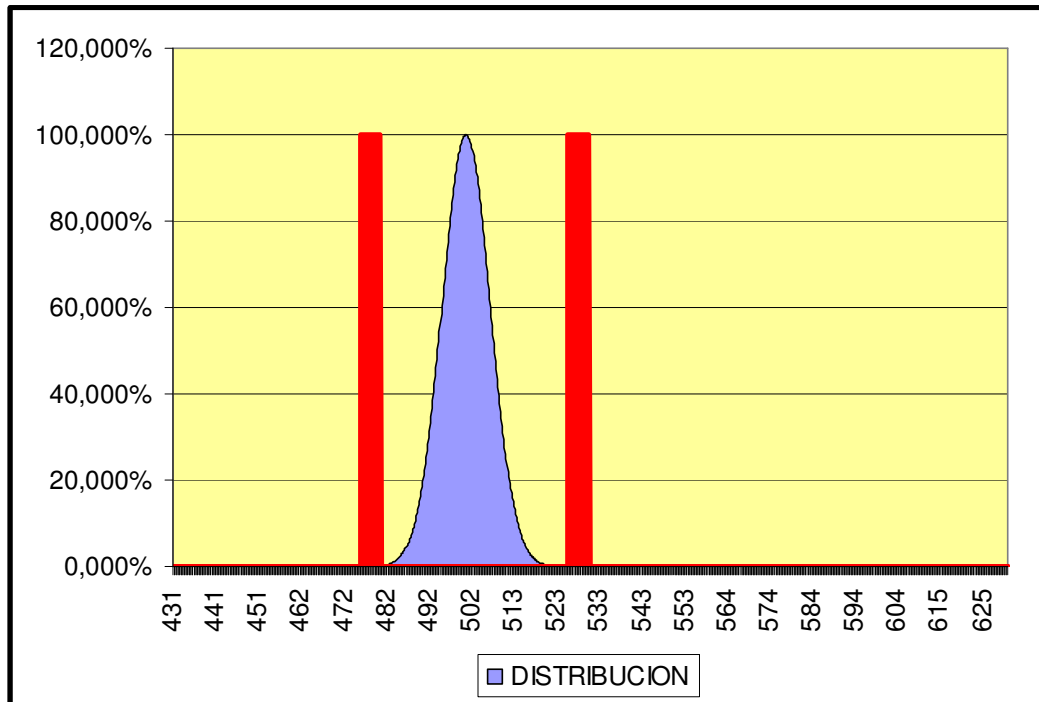
95% upper bound for difference: -26.4633

T-Test of difference = 0 (vs <): T-Value = -12.47 P-Value = 0.000 DF = 135

- **Capacidad del proceso mejorado del queso campesino**

Con base a los nuevos parámetros obtenidos para el promedio y la desviación estándar del proceso y con las especificaciones expuestas a continuación, se encontró que el porcentaje dentro de especificación es ahora de 99.98%, consiguiendo un nivel sigma a corto plazo de 3.5, una capacidad potencial (CP) de 1.447 y una capacidad real (CPk) de 1.179, lo anterior indica que el proceso es capaz de producir un 99.98% de producto dentro de las especificaciones las cuales son:

- ESPECIFICACIÓN SUPERIOR: 530.7gr.
- ESPECIFICACIÓN INFERIOR: 480.7 gr.
- META: 506 gr.



**Gráfica 18.** Capacidad del proceso mejorado para el queso campesino

## 5.5 Control del proceso

Los cambios propuestos para el mejoramiento del proceso de fabricación de los quesos campesino y especial, no servirían de nada si no se lleva un control y un proceso de seguimiento, por lo cual se sugiere que al proceso se le haga un seguimiento semanal de tal forma que se vaya conociendo que tan buenos son los resultados con el nuevo proceso de fabricación. De esta forma poco a poco el empleado fabricará quesos con un peso más uniforme, y la etapa de pesado que es la que nos permite llevar un control no se tendrá que hacer diariamente sino que el control irá volviéndose semanal, quincenal o incluso mensual, ahorrando tiempo y costos a los responsables del proceso, es importante anotar que el hecho de que el proceso de medición vaya disminuyendo su periodicidad a medida que mejora el proceso no implica que éste deba ser eliminado con el tiempo pues siempre se deberá llevar de una u



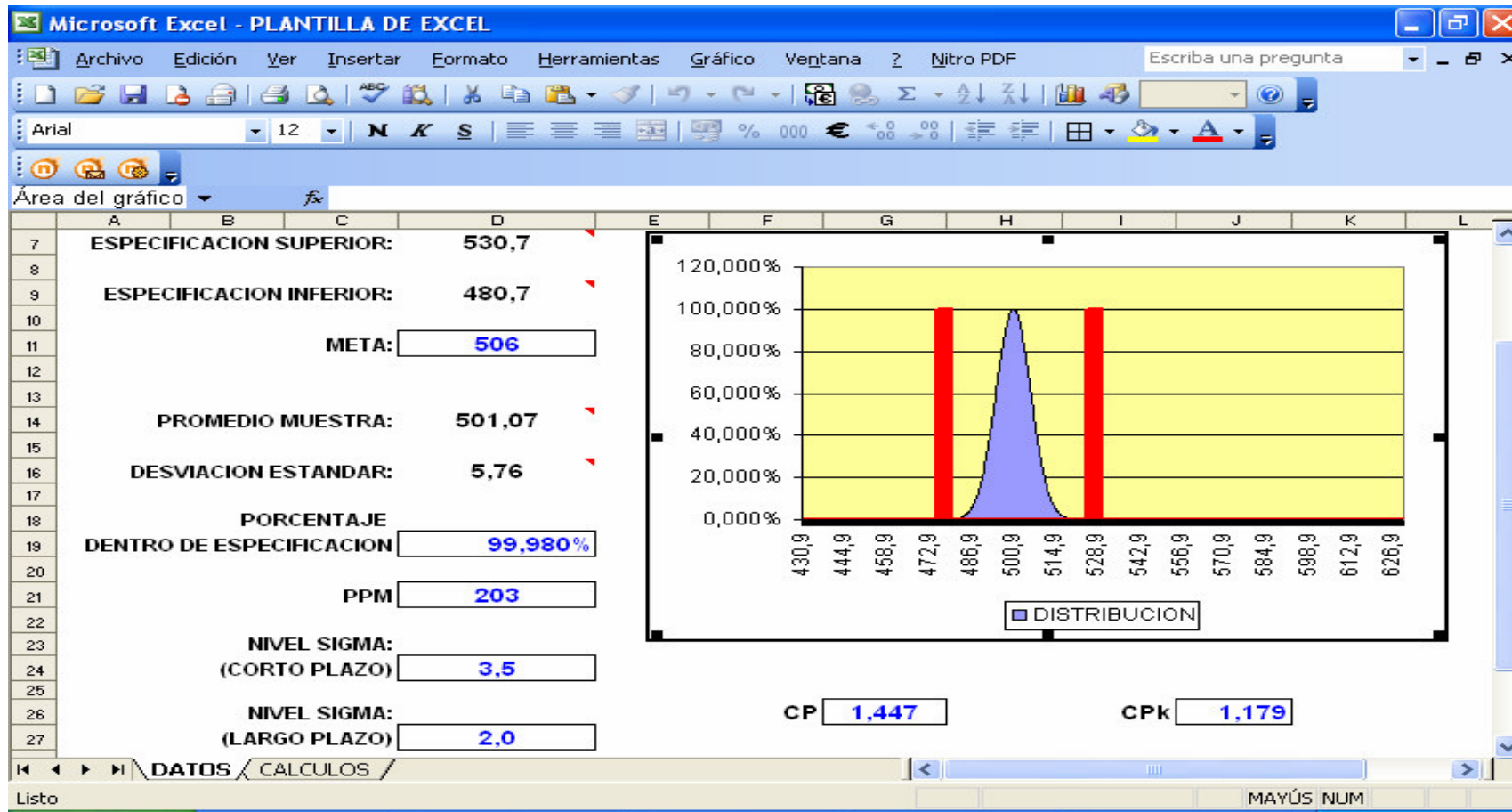
otra forma un control del mismo para detectar posibles fallas en el transcurso del tiempo.

Para llevar un control registrado de manera ordenada, deberá diligenciarse un formato en el que se especifiquen las unidades pesadas, el peso de las mismas, promedio de peso y desviación estándar obtenida; además de esto se calculará la capacidad del proceso, el nivel sigma del mismo y el porcentaje de producto dentro de las especificaciones.

#### **ANEXO F. FORMATO DE REGISTRO**

Para facilitar el cálculo de estos últimos valores, que deberá hacer el ingeniero de producción, entregaremos una plantilla en Excel que le permita obtener cada uno de estos valores de manera rápida y efectiva. (ver gráfica 19)

Además de lo anterior, se deberá entregar o hacer público a todos los empleados involucrados en el proceso de fabricación de los quesos campesino y especial , el procedimiento escrito, el cual debe contener cada uno de los pasos necesarios para hacer posible el proceso de fabricación y de esta manera garantizar que todos realicen el proceso en forma estándar, para obtener quesos cada día más uniformes.



Gráfica 19. Plantilla de Excel

## 5.6 Cálculo del Rendimiento

Todas y cada una de las medidas tomadas anteriormente para mejorar los procesos de queso campesino y queso especial se realizaron con el objetivo de incrementar el rendimiento de los procesos, para ello debimos inicialmente reducir la variación y el promedio de peso de los quesos, de no haber realizado esto inicialmente no podríamos alcanzar el objetivo de mejorar el rendimiento.

Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

- Rendimiento Inicial: Anteriormente con 3000 Lt. de leche se producían 240 unidades vendibles de queso especial (en teoría 240 Kg, pues sin importar el peso real se venden a precio de 1 Kg.) y 200 unidades vendibles de queso campesino (en teoría 100 Kg, 2 unidades de queso campesino corresponden a 1 unidad de 1 kg.) para un total de 340 Kg. vendibles.

A continuación se presenta el rendimiento en pesos alcanzado por la empresa antes de implementar la propuesta de mejora:

$$\text{Rendimiento antes de la mejora} = \frac{(240 * 7850) + (200 * 3720)}{3000} = \$876/lt$$

- **Rendimiento del queso especial:**

- Con el método propuesto el rendimiento se incrementa en un total de 6.96%, como se muestra a continuación:

$$\text{Incremento en el rendimiento} = \frac{\text{Peso\_Prom\_Anterior}}{\text{Peso\_Prom\_Actual}} = \frac{1068.6}{999.1} = 6.96\%$$

$$\text{Unidades de Producción Actual} = 240 * 1.0696 = 256.7 \approx 256 \text{ unidades}$$

Con el incremento en el rendimiento, las unidades de producción aumentaron en 16 unidades diarias, pasando de una producción de 240 quesos por día a una de 256 quesos por día. Con lo cual incrementaría el costo de oportunidad en \$125.600 diarios, lo cual al multiplicarlo por los días hábiles de producción se elevaría a \$2'512.000 mensuales para el queso especial. Esto corresponde a los \$7850 que ingresan a la empresa por cada unidad de queso especial vendida.

- **Rendimiento del queso campesino:**

- Con el método propuesto el rendimiento se incrementa en un total de 6.09% como se muestra a continuación:

$$\text{Incremento en el rendimiento} = \frac{\text{Peso\_Prom\_Anterior}}{\text{Peso\_Prom\_Actual}} = \frac{531.6}{501.07} = 6.09\%$$

$$\text{Unidades de Producción Actual} = 200 * 1.0609 = 212.18 \approx 212 \text{ unidades}$$

Con el incremento en el rendimiento, las unidades de producción aumentaron en 12 unidades diarias, pasando de una producción de 200 quesos por día a una de 212 quesos por día. Con lo cual incrementaría el costo de oportunidad en \$44.640 diarios, lo cual al multiplicarlo por los días hábiles de producción se elevaría a \$892.800 mensuales para el queso campesino. Con base a los \$3720 que ingresan a la empresa por cada unidad de queso campesino vendido.

A continuación se presenta el rendimiento en pesos por litro de leche, alcanzado por la empresa después de implementar la propuesta de mejora:

$$\text{Rendimiento después de la mejora} = \frac{(256 * 7850) + (212 * 3720)}{3000} = \$932.75/lt$$

Al comparar el rendimiento en pesos por cada litro de leche que se alcanza antes y después de la mejora, se observa que hay un incremento de \$56.75 por cada litro de leche, es decir hay un aumento del 1.06% y si se tiene en cuenta que diariamente se procesan 3000 litros de leche, la empresa estaría recibiendo cada día de producción \$170.240 adicionales a los ingresos que podía tener anteriormente.

## 6. CONCLUSIONES

La aplicación de la metodología DMAMC de la filosofía Six Sigma en la empresa CODEGAN LTDA., específicamente en el área de producción de los quesos campesino y especial, generó muy buenos resultados tanto en la reducción de la variación como en el centramiento de los procesos, lo cual incidió positivamente sobre el incremento en el rendimiento de los procesos.

Como se pudo observar en el desarrollo de los capítulos descritos, el éxito de la implementación de la filosofía radica en el establecimiento de metas claras y objetivos bien definidos que permitan alcanzar el mejoramiento de los procesos para lo cual es necesario que toda la organización conozca los resultados no satisfactorios que está generando por la forma como se están haciendo las cosas actualmente. Para involucrar a todo el personal en este proceso de mejoramiento es imprescindible contar con el apoyo de la alta gerencia, con el fin de que todos y cada uno de los integrantes de la compañía acepten y reconozcan la necesidad de generar un cambio organizacional, que soportado por el uso de la metodología DMAMC produzca los beneficios esperados y que de esta forma se garantice la permanencia en el tiempo de la compañía.

La estadística se convierte en la base de la filosofía Six Sigma, por lo cual la aplicación de ésta no permite la toma de decisiones basada en suposiciones, sentimentalismos o predicciones; de tal forma que al obtener los resultados de la implementación los datos sean confiables y aceptables, garantizando que las medidas que se tomen para la solución de problemas sean las correctas e indicadas de acuerdo al proceso en que se esté trabajando.

El uso de herramientas estadísticas para el análisis de los datos, estuvo apoyado en todo momento en el transcurso de la realización del proyecto por conceptos de calidad, pues lo que se busca es obtener productos de calidad con la menor variación posible, en éste caso no se llegó al nivel 6 sigma pero

es de entender que no es fácil hacerlo en tampoco tiempo y que son muchos los costos en los que debe incurrir una empresa que tenga el nivel 6 sigma como meta; el hecho de alcanzar un nivel 3 sigma es bastante satisfactorio para cada persona involucrada en éste proyecto pues el cambio fue radical en todos los aspectos se logró por ejemplo: reducir la variación de los procesos a una cantidad incluso menor que la variación esperada, reducir el promedio de peso de los quesos, incrementar la capacidad real y potencial del proceso y por ende aumentar la fracción de producto conforme en cada una de las líneas de producción.

Iniciar un proceso de cambio en una organización, es un proceso bastante dispendioso; sin embargo Six Sigma logra con los resultados obtenidos motivar a los empleados a trabajar con calidad y siempre apuntando hacia los objetivos organizacionales.

## RECOMENDACIONES

Con el fin de mantener en el tiempo los resultados obtenidos al implementar la propuesta de mejora realizada para las líneas de producción de los quesos campesino y especial en la empresa CODEGAN LTDA., se hacen las siguientes recomendaciones:

- Como complemento a lo descrito en éste proyecto se recomienda hacer un ajuste en el establecimiento de los límites de especificación de ambas líneas de quesos, esto debido a que los límites actuales presentan mucha holgura permitiendo de esta forma que los operarios excedan el peso requerido en 5.04% y no lo alcancen en 4% para el queso especial, mientras que para el queso campesino se permite el 6.07% de exceso y el 4% de reducción en el peso requerido.
- Todos los cambios realizados para contribuir al mejoramiento de la organización deben ser registrados en un procedimiento escrito, al cual deberán tener acceso todos aquellos empleados que sean contratados para desempeñar sus labores en el área de producción de los quesos, garantizando de esta forma que cualquier persona que fabrique un queso en la empresa CODEGAN LTDA. lo hará de la misma manera, por el hecho de seguir un método estándar para la producción de los quesos.
- En caso tal que los quesos lleguen a pesar más o menos de lo especificado se sugiere que el precio de venta varíe de acuerdo a los gramos que sobren o que falten, para llevar a cabo esto deben disponer de una tiqueteadora de precios, solo se hará esto cuando sobren o falten 10 gramos aparte de los gramos especificados.



- Hacer seguimiento y mostrar tendencias periódicamente, respecto al comportamiento de los procesos, esto debe ser presentado en informes escritos (mostrando evidencias) al superintendente de planta quien deberá tomar acciones preventivas y/ o correctivas según sea el caso.
- Realizar auditorías constantes e incluir los gráficos de comportamiento en los esquemas para el control del proceso.
- Realizar un entrenamiento formal a los operarios que ingresen al área de producción de los quesos con el fin de que el conocimiento no sea solo de quien lo aplique sino que haga parte de la empresa misma., garantizando procesos estables en el tiempo mediante la estandarización de los mismos.
- Hacer extensiva la implementación de la filosofía Six Sigma en todas las áreas de la empresa., capacitando a los empleados en el uso de herramientas estadísticas, técnicas para la solución de problemas, etc.

## BIBLIOGRAFÍA

- ACRIBIA, J. Amiont. Ciencia y Tecnología de la leche. Págs. 249-293. Cap. 9.
- ECKES, George. Six Sigma para todos. Editorial Norma.
- <http://www.liderazgoymercadeo.com/sixsigma.asp>
- [http://www.mercadeo.com/sem\\_virt.html](http://www.mercadeo.com/sem_virt.html)
- [www.ge.com/ar/country/glossary.html](http://www.ge.com/ar/country/glossary.html)
- <http://www.seis-sigma.com/>
- <http://www.seissigma.com/>
- <http://www.gestiopolis.com/recursos/documentos/fulldocs/ger1/parassiglefc0.htm#2.%20Las%20siete%20metamorfosis>
- <http://www.ge.com/ar/country/quality.html>
- [www.grupokaizen.com/mck/mck16.php](http://www.grupokaizen.com/mck/mck16.php)
- [www.grupokaizen.com/seminario](http://www.grupokaizen.com/seminario)
- [http://cyta.com.ar/biblioteca/bddoc/bdlibros/seis\\_sigma/seis\\_sigma.htm](http://cyta.com.ar/biblioteca/bddoc/bdlibros/seis_sigma/seis_sigma.htm)

## **ANEXOS**

**ANEXO A.**  
**INFORME DE SEGUIMIENTO DE PESAJE<sup>4</sup>**

---

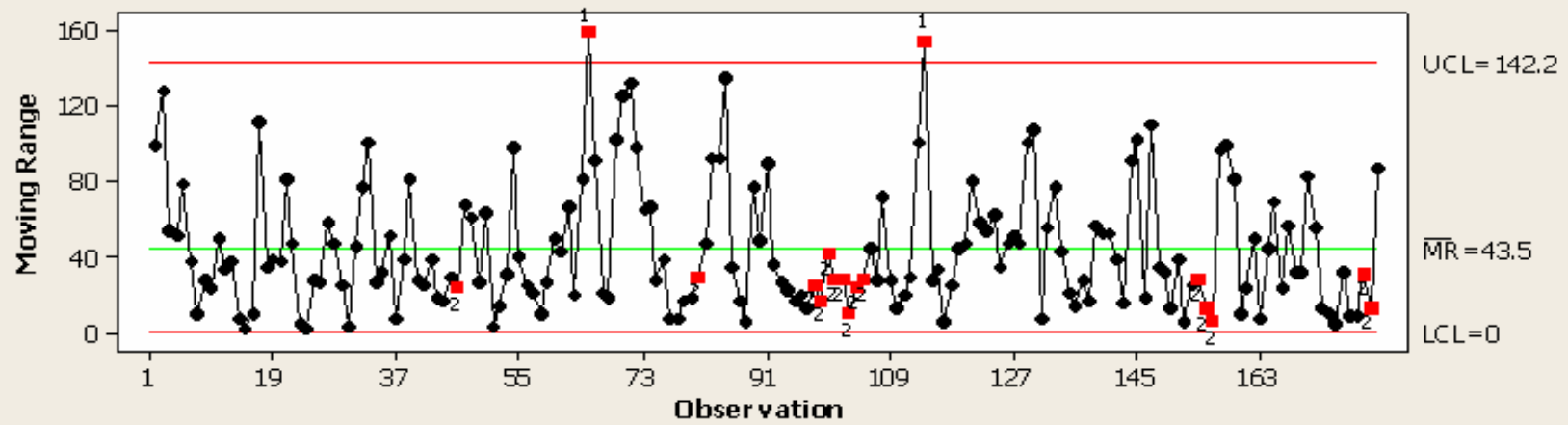
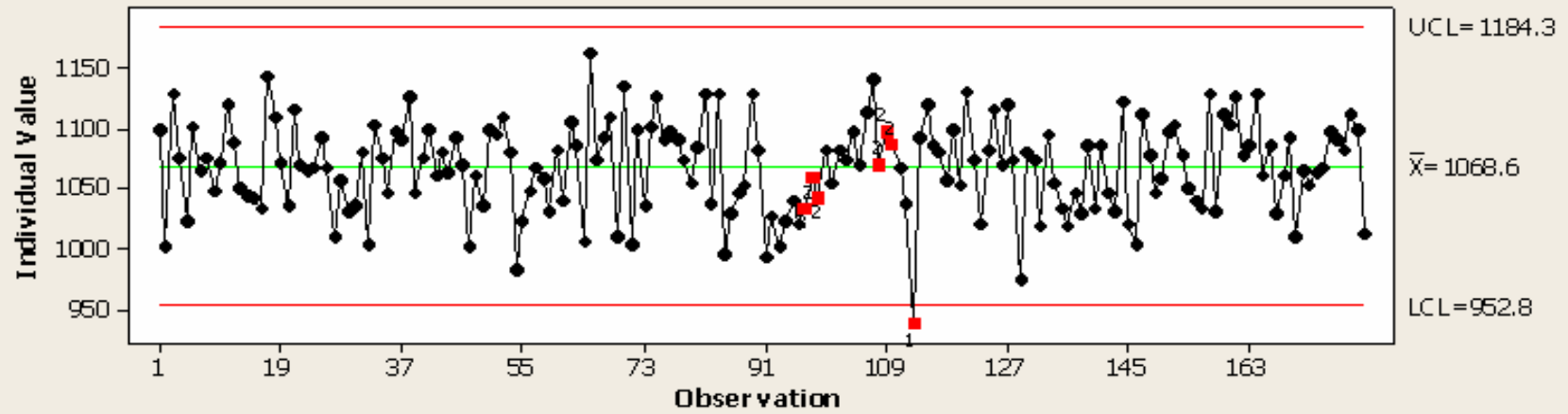
<sup>4</sup> Referirse al proyecto de grado escrito

**ANEXO B.**  
**PROCESO DE PRE-MUESTREO**

<b>MUESTRA</b>	<b>08/11/2005</b>	<b>09/11/2005</b>	<b>15/11/2005</b>	<b>16/11/2005</b>	<b>18/11/2005</b>	<b>21/11/2005</b>	<b>22/11/2005</b>	<b>23/11/2005</b>	<b>24/11/2005</b>
<b>1</b>	1100	1116	1100	1039	1084	1055	1132	1086	1128
<b>2</b>	1001	1070	1062	1105	1130	1083	1074	1047	1079
<b>3</b>	1129	1066	1080	1086	1038	1074	1021	1032	1086
<b>4</b>	1075	1067	1063	1005	1130	1098	1083	1122	1130
<b>5</b>	1024	1094	1092	1164	996	1070	1117	1021	1062
<b>6</b>	1102	1068	1069	1073	1030	1114	1070	1003	1086
<b>7</b>	1065	1010	1002	1093	1047	1141	1121	1113	1030
<b>8</b>	1075	1057	1062	1111	1053	1070	1074	1079	1062
<b>9</b>	1048	1032	1036	1010	1130	1098	974	1047	1093
<b>10</b>	1072	1035	1099	1135	1082	1086	1081	1059	1011
<b>11</b>	1121	1080	1096	1003	993	1067	1074	1098	1066
<b>12</b>	1088	1003	1110	1100	1028	1038	1019	1104	1053
<b>13</b>	1051	1103	1080	1035	1002	938	1096	1079	1063
<b>14</b>	1044	1077	983	1101	1024	1092	1054	1051	1067
<b>15</b>	1043	1046	1023	1128	1040	1120	1033	1039	1098
<b>16</b>	1034	1097	1048	1090	1021	1087	1019	1034	1090
<b>17</b>	1145	1090	1068	1097	1034	1081	1047	1130	1082
<b>18</b>	1111	1128	1058	1090	1059	1056	1030	1032	1112

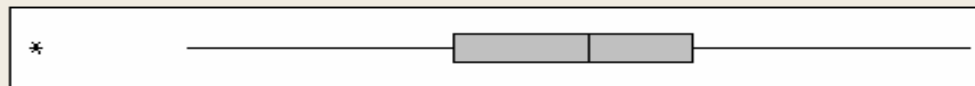
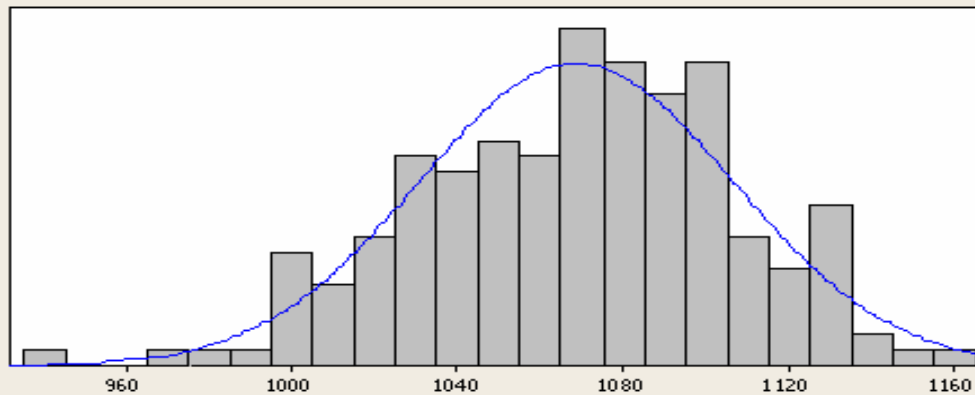
<b>19</b>	1072	1047	1032	1073	1042	1100	1086	1113	1099
<b>20</b>	1035	1075	1082	1055	1083	1053	1034	1104	1012

### I-MR Chart of MUESTRAS

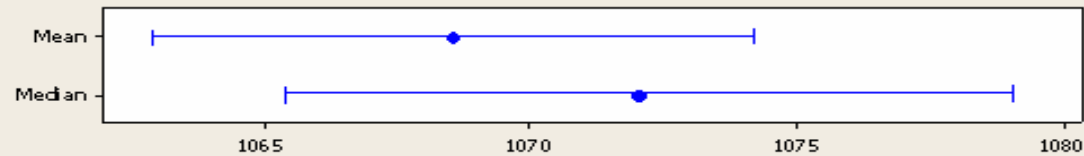




## Summary for MUESTRAS



### 95% Confidence Intervals



### Anderson-Darling Normality Test

A-Squared	0.41
P-Value	0.348

Mean	1068.6
StDev	38.2
Variance	1457.3
Skewness	-0.282355
Kurtosis	0.019414
N	180

Minimum	938.0
1st Quartile	1039.3
Median	1072.0
3rd Quartile	1096.8
Maximum	1164.0

### 95% Confidence Interval for Mean

Lower Bound	1063.0
Upper Bound	1074.2

### 95% Confidence Interval for Median

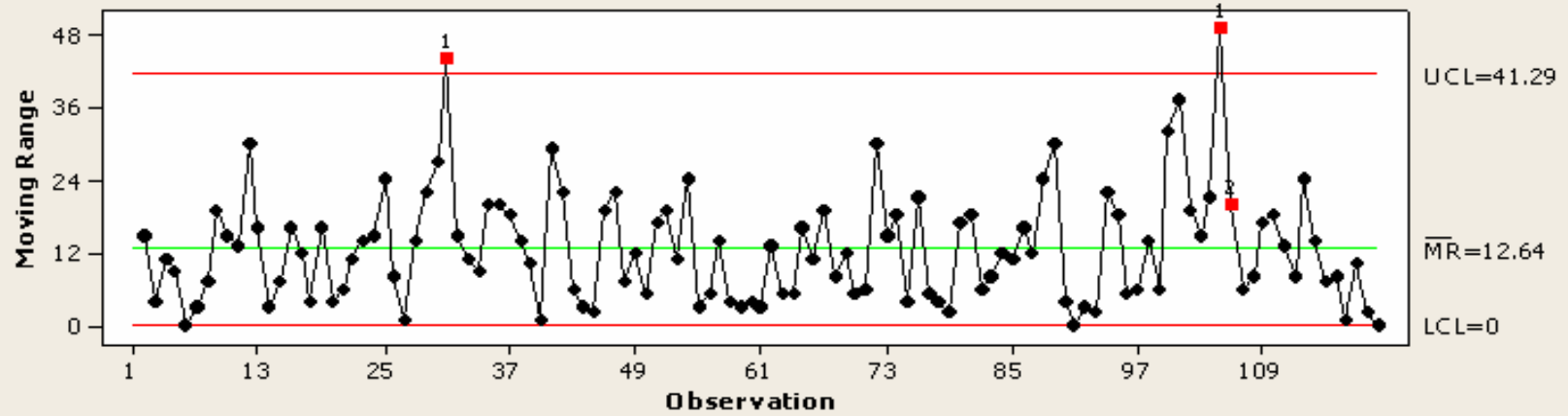
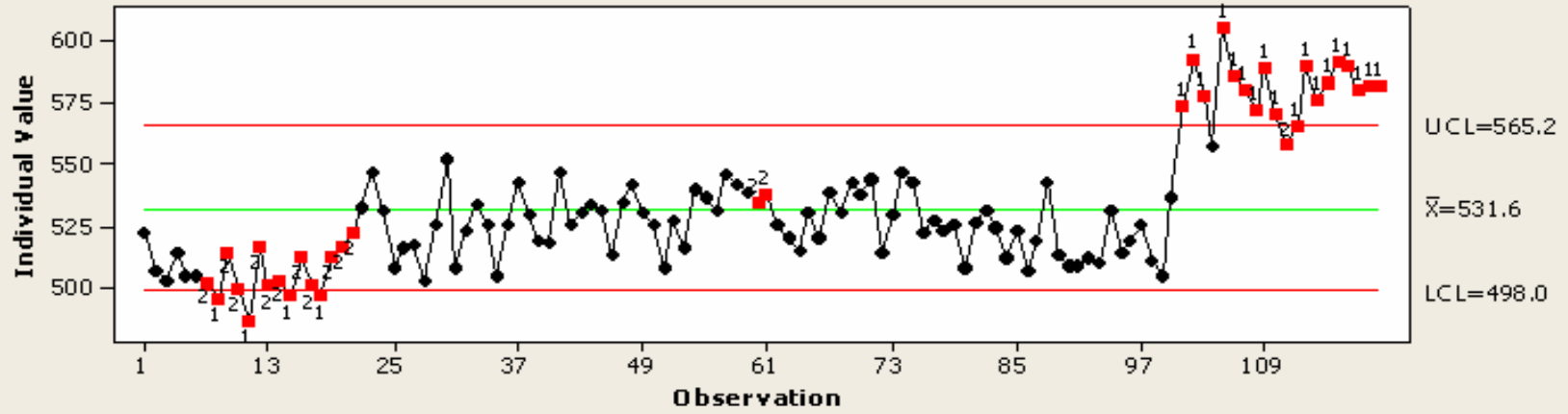
Lower Bound	1065.4
Upper Bound	1079.0

### 95% Confidence Interval for StDev

Lower Bound	34.6
Upper Bound	42.6

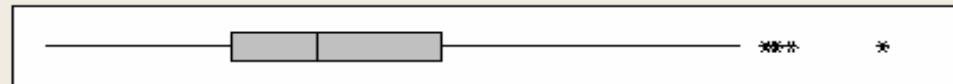
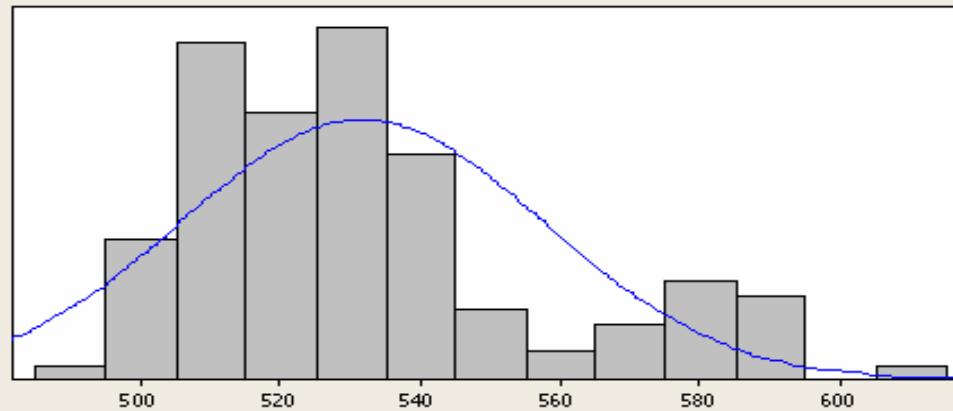
<b>MUESTRA</b>	<b>08/11/2005</b>	<b>09/11/2005</b>	<b>15/11/2005</b>	<b>16/11/2005</b>	<b>18/11/2005</b>	<b>21/11/2005</b>	<b>24/11/2005</b>
<b>1</b>	522	522	547	538	526	574	548
<b>2</b>	507	533	525	525	532	593	527
<b>3</b>	503	547	531	520	524	578	538
<b>4</b>	514	532	534	515	512	557	508
<b>5</b>	505	508	532	531	523	606	553
<b>6</b>	505	516	513	520	507	586	551
<b>7</b>	502	517	535	539	519	580	523
<b>8</b>	495	503	542	531	543	572	531
<b>9</b>	514	525	530	543	513	589	524
<b>10</b>	499	552	525	538	509	571	527
<b>11</b>	486	508	508	544	509	558	566
<b>12</b>	516	523	527	514	512	566	539
<b>13</b>	500	534	516	529	510	590	543
<b>14</b>	503	525	540	547	532	576	526
<b>15</b>	496	505	537	543	514	583	557
<b>16</b>	512	525	532	522	519	591	541
<b>17</b>	500	543	546	527	525	590	531
<b>18</b>	496	529	542	523	511	580	514
<b>19</b>	512	519	539	525	505	582	518
<b>20</b>	516	518	535	508	537	582	508

### I-MR Chart of MUESTRA C

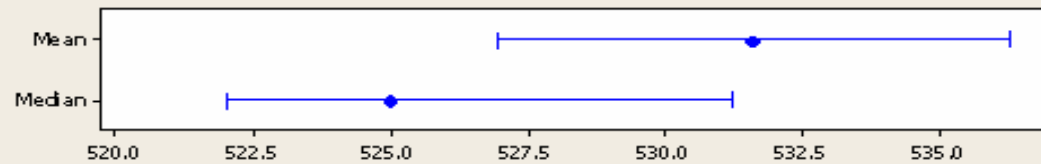




### Summary for MUESTRA C



#### 95% Confidence Intervals



#### Anderson-Darling Normality Test

A-Squared      3.69  
 P-Value <      0.005

Mean              531.59  
 StDev            25.91  
 Variance        671.52  
 Skewness       0.976565  
 Kurtosis        0.306724  
 N                 120

Minimum        486.00  
 1st Quartile    513.00  
 Median          525.00  
 3rd Quartile    542.75  
 Maximum       606.00

#### 95% Confidence Interval for Mean

526.91      536.28

#### 95% Confidence Interval for Median

522.00      531.20

#### 95% Confidence Interval for StDev

23.00        29.68

## **ANEXO C.**

### **CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN DE LA BÁSCULA<sup>5</sup>**

---

<sup>5</sup> Referirse al proyecto de grado escrito

**ANEXO D.**  
**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN DEL JUEGO**  
**DE PESAS<sup>6</sup>**

---

<sup>6</sup> Referirse al proyecto de grado escrito

**ANEXO E.**  
**CRITERIOS DE VARIABILIDAD ACEPTABLE**  
**POR LA AIAG**







**DATA-DRIVEN**  
MEJORA EN CALIDAD Y MANEJO DE  
VIA CAPACITACION

## ¿Cuánta Variabilidad es Aceptable en el Sistema de Medición ?

- Cuando se conduce un VGR&R las siguientes proporciones son usadas para determinar si es aceptable el Sistema de Medición. Estos valores son circulados en la página anterior.

	<u>% Contribución *</u>	<u>% Estudio*</u>	<u>% Tolerancia*</u>
	$\left( \frac{\sigma^2_{\text{Variabilidad SM}}}{\sigma^2_{\text{Variabilidad Total}}} \right)$	$\left( \frac{\sigma_{\text{Variabilidad SM}}}{\sigma_{\text{Variabilidad Total}}} \right)$	$\left( \frac{\sigma_{\text{Variabilidad SM}}}{\text{Tolerancia}} \right)$
Inaceptable	>10%	>30%	>30%
Marginal	3 – 10%	10 – 30%	10 – 30%
Excelente	< 3%	< 10%	<10%

**ANEXO F.**  
**FORMATO DE REGISTRO**

## REGISTRO DE MUESTRAS

<b>FECHA:</b>		<b>QUESO ESPECIAL</b>	
		<b>QUESO</b>	
<b>OPERARIO</b>		<b>CAMPESINO</b>	
<b>HORA DE REGISTRO</b>		<b>TOTAL UNIDADES PRODUCIDAS</b>	

<b>MUESTRA</b>						
<b>PESO</b>						

<b>MUESTRA</b>						
<b>PESO</b>						

<b>MUESTRA</b>						
<b>PESO</b>						

<b>MUESTRA</b>						
<b>PESO</b>						

**OBSERVACIONES**

---



---



---



---

## **ANEXO G.**

### **FOTOS DE RECIPIENTES PARA LA FABRICACIÓN DE QUESOS**









**ANEXO H**  
**ANTEPROYECTO**

## **1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA**

Garantizar la conformidad de los requisitos relacionados con el producto; garantizar la satisfacción del cliente (interno y externo), identificar y evaluar oportunidades de mejora que sirvan como garantía para la sostenibilidad de la organización y de los sistemas de calidad y sobresalir en el mercado como una empresa competitiva, son los objetivos que persigue CODEGAN LTDA.

La empresa CODEGAN LTDA. cuenta con las siguientes líneas de producción: leche pasteurizada, leche en polvo, leche saborizada, mantequilla, suero, gelatinas, yogurt, jugos, queso especial, queso campesino y queso criollo. Para la aplicación de la metodología DMAMC del Six Sigma, han sido escogidas las líneas de queso campesino y queso especial; con el fin de plantear una propuesta de mejora que permita evitar el problema que se da actualmente como es la variación en el peso (Kg.) de los productos lo cual genera productos no conformes, favoreciendo la disminución del rendimiento de la producción y pérdidas en la rentabilidad de la organización.

Dichos objetivos deben alcanzarse de manera conjunta por todas las áreas que conforman la organización, sin embargo actualmente se vienen presentando algunas disconformidades específicamente en el área de producción de los quesos campesino y especial que se convierten en objeto de estudio en la medida en que afectan la satisfacción del cliente tanto interno como externo, el aspecto principal radica en la presencia de un problema tanto de centramiento como de dispersión en los procesos de producción de los quesos, la variación y la tendencia a exceder el peso especificado de las unidades de queso campesino y queso especial que se producen afecta el rendimiento de la leche pasteurizada que se envía hacia el área de producción de los quesos lo cual genera pérdidas económicas que no satisfacen los intereses de la empresa.

Con la finalidad de reforzar el alcance de los objetivos que se ha propuesto CODEGAN LTDA. se ha decidido realizar una propuesta de mejora mediante la aplicación de la metodología DMAMC del Six Sigma, la cual se realizará específicamente dentro de las áreas correspondientes a las líneas de producción de queso campesino y queso especial, este proyecto tiene como meta principal, disminuir la variación en el peso de las unidades de queso producidas, de tal forma que estas se encuentren dentro de los límites de especificación, ya que en el mes de febrero de 2005 se detectaron excesos de peso de aproximadamente 81.3 gramos en las unidades de queso campesino y 91.6 en las unidades de queso especial; lo cual ha impactado negativamente a la empresa, generando pérdidas de hasta \$1.256.450 por semana<sup>7</sup>.

Los problemas detectados en la actualidad en el área de producción de los quesos parecen deberse principalmente a la falta de un método estándar para el llenado de los moldes de queso tanto campesino como especial, lo cual hace que el operario no tenga un control sobre la cantidad de queso que deposita en cada uno de los moldes tendiendo generalmente a exceder el peso especificado.

Luego de haber tomado un total de 180 unidades de queso especial se pudo detectar que las unidades producidas tienden a estar por encima del peso especificado de 1000 g. la media del proceso se encuentra 68.6 g. por encima de la especificación; como se puede ver entonces, el proceso está descentrado hacia el límite superior y la variación es de 38.2 g. una cifra también bastante alta. De la misma manera se tomaron 120 unidades de queso campesino y éstas presentaron el mismo problema en el cual las unidades en su mayoría excedían el peso especificado de 500 g. y la media sobrepasa este límite en 31.59 g. lo cual significa también un descentramiento hacia el límite superior y además se observó que la

---

<sup>7</sup> Datos históricos suministrados por la empresa CODEGAN LTDA, Febrero 2-11 de 2005.

variación aunque menor que la del queso especial es bastante alta al alcanzar los 25.91 g.

Todo lo expresado anteriormente puede deberse a diversas causas que serán analizadas en su totalidad a medida que avance el curso del proyecto, sin embargo entre las posibles causas que se han podido detectar se encuentran como se mencionó anteriormente la falta de un método estándar de llenado de los moldes, la carencia de un instrumento de medición que permita controlar y monitorear la presencia de unidades no conformes, la falta de tratamiento a las unidades disconformes, el establecimiento de límites de especificación muy holgados, entre otras.

## **2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

¿Cuáles son las posibles causas que están generando una variación de aproximadamente 5.18% en el peso de las unidades de queso campesino y 3.82% en las unidades de queso especial de tal forma que sea posible encontrar soluciones que permitan reducir la variación en las unidades de queso producida?

### **3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **3.1 Objetivo general:**

- Realizar una propuesta de mejora a las líneas de producción de queso campesino y queso especial en la empresa CODEGAN LTDA, mediante la aplicación de la metodología DMAMC de la filosofía Six Sigma, con el fin de mejorar el rendimiento de los procesos.

#### **3.2 Objetivos Específicos:**

- Caracterizar el proceso de producción del queso campesino y queso especial de la empresa CODEGAN LTDA. mediante la descripción detallada de cada una de las etapas que conforman dichos procesos con el fin de conocer la situación actual.
- Evaluar el sistema de medición del peso de los productos terminados de las líneas de producción de queso campesino y queso especial de la empresa CODEGAN LTDA, que se está utilizando actualmente con el fin de identificar si es confiable el proceso de inspección actual.
- Tomar datos para realizar un análisis del sistema de medición que se está utilizando en la empresa CODEGAN LTDA, en las líneas de producción de queso campesino y queso especial para de esta forma determinar si dentro del proceso existen causas de variación comunes o especiales.
- Encontrar la relación entre las variables de proceso mediante la utilización de herramientas estadísticas que nos permitan identificar las causas que generan la variación en el peso de los productos.
- Identificar, probar y documentar posibles mejoras en los procesos de las líneas de producción de queso campesino y queso especial

de la empresa CODEGAN LTDA, que garanticen incrementos en el rendimiento de la producción con el fin de integrarlo a la operación normal de la empresa.

#### 4. JUSTIFICACION DE LA INVESTIGACIÓN

Actualmente la empresa CODEGAN LTDA, es una de las empresas líderes en el mercado de productos lácteos en la ciudad de Cartagena, por lo cual se presenta la necesidad de establecer un programa de mejoramiento que permita mantener la calidad de los productos. Ante esta situación hemos decidido realizar una propuesta de mejora de las líneas de producción de queso campesino y queso especial, las cuales han sido escogidas como objeto de estudio, debido a que estas son una de las principales líneas generadoras de ingresos para la empresa, lo cual nos lleva a evaluar el rendimiento actual de las líneas con el fin de incrementar los niveles de productividad.

Teniendo en cuenta información histórica, respecto a la variación en el peso de los productos (queso especial y queso campesino), pudimos percatarnos de la gran cantidad de pérdidas económicas que se estaban generando por el exceso de peso en los productos terminados, según registros de muestras tomadas del 2 al 11 de Febrero de 2005, la empresa perdió \$1'256.450 pesos<sup>8</sup>. Por tal motivo decidimos enfocar la propuesta de mejora hacia las líneas anteriormente mencionadas.

Tener procesos en los que ocasionalmente sucedan errores puede que no parezca un gran problema, pero cuando se tiene en cuenta cuántos errores pueden estar presentes en los procesos corporativos, el impacto económico en la productividad total, la satisfacción al cliente y la rentabilidad se multiplican dramáticamente.

La selección del Six Sigma como herramienta principal por utilizar se debe básicamente a que su enfoque facilita la creación de una cultura de

---

<sup>8</sup> Datos históricos suministrados por la empresa CODEGAN LTDA, Febrero 2-11 de 2005.



administración que esté más basada en datos numéricos que en corazonadas, sentimientos y suposiciones.

Una importante meta de la gestión Six Sigma es reducir o incluso eliminar el costo de la no calidad, como son: el costo total del personal, material y gastos generales atribuidos a las imperfecciones en los procesos que entregan productos o servicios que no cumplen con las especificaciones o expectativas, los cuales incluyen la inspección, reprocesos, trabajo duplicado, rechazos de material, repuestos y devoluciones, quejas, pérdida de clientes y el daño a la imagen. Todos estos desaparecerían si no existieran problemas de calidad.

Además de lo anterior, el Six Sigma fomenta en la organización un espíritu de compromiso en el mejoramiento de los procesos lo cual conlleva a que los empleados se sientan naturalmente motivados a hacer mejor su trabajo, aumentando su moral y su sentido de autoestima, proporcionando a cada uno de ellos la oportunidad de marcar la diferencia frente a los demás.

## 5. MARCO DE REFERENCIA

### 5.1 MARCO TEÓRICO

#### *HISTORIA DEL SIX SIGMA*

Esta filosofía se inicia en los años 80's como una estrategia de negocios y de mejoramiento de la calidad, introducida por Motorola, cuando un ingeniero (Mikel Harry) comienza a influenciar a la organización para que se estudie la variación en los procesos (enfocado en los conceptos de Deming), como una manera de mejorar los mismos. Estas variaciones son lo que estadísticamente se conoce como desviación estándar (alrededor de la media), la cual se representa por la letra griega sigma ( $\sigma$ ). Esta iniciativa se convirtió en el punto focal del esfuerzo para mejorar la calidad en Motorola, capturando la atención de: Bob Galvin. Con el apoyo de Galvin, se hizo énfasis no sólo en el análisis de la variación sino también en la mejora continua, estableciendo como meta obtener 3,4 defectos (por millón de oportunidades) en los procesos; algo casi cercano a la perfección.

Esta iniciativa llegó a oídos de Lawrence Bossidy, quién en 1991 y luego de una exitosa carrera en General Electric, toma las riendas de Allied Signal para transformarla de una empresa con problemas en una máquina exitosa. Durante la implantación de Six Sigma en los años 90 (con el empuje de Bossidy), Allied Signal multiplicó sus ventas y sus ganancias de manera dramática. Este ejemplo fue seguido por Texas Instruments, logrando el mismo éxito.

Esta filosofía ha sido ampliamente difundida y adoptada por otras empresas de clase mundial, tales como: G.E., Allied Signal, Sony,

Polaroid, Dow Chemical, FedEx, Dupont, NASA, Lockheed, Bombardier, Toshiba, J&J, Ford, ABB, Black & Decker, etc.<sup>9</sup>

## ¿QUÉ ES SIX SIGMA?

Six Sigma es una metodología rigurosa que utiliza herramientas y métodos estadísticos, para Definir los problemas y situaciones a mejorar, Medir para obtener la información y los datos, Analizar la información recolectada, Incorporar y emprender mejoras al o a los procesos y finalmente, Controlar o rediseñar los procesos o productos existentes, con la finalidad de alcanzar etapas óptimas, lo que a su vez genera un ciclo de mejora continua.

Six Sigma es utilizado de diferentes maneras:

- **Benchmark:** Six Sigma es usado como un parámetro para comparar el nivel de calidad de procesos, operaciones, productos, características, equipamientos, máquinas, divisiones y departamentos, entre otros.
- **La Meta:** Six Sigma también es una meta de calidad. La meta de los Six Sigma es llegar muy próximo a cero defectos, error o falla. Pero no es necesariamente cero. En verdad, 3,4 partes por millón de unidades defectuosas, 3,4 defectos por millón, 3,4 fallas por millón, 3,4 ppm.
- **La Medida:** Six Sigma es una medida para determinado nivel de calidad. Cuando el número de sigmas es bajo, tal como en procesos dos sigma, implicando mas o menos 2 sigmas (**+2  $\sigma$** ), el nivel de calidad no es tan alto. El número de no-conformidades o unidades defectuosas en tal proceso puede ser muy alto. Si se compara con un proceso 4 sigma (**+4  $\sigma$** ), donde se pueden tener mas o menos cuatro sigmas, aquí se tendrá un nivel de calidad significativamente mejor. Entonces, cuanto mayor el número de sigmas, mejor el nivel de calidad.

---

<sup>9</sup> <http://www.seis-sigma.com/generic0.html>

- **La Filosofía:** Six Sigma es una filosofía de mejora continua del proceso (máquina, mano de obra, método, metrología, materiales, ambiente) y reducción de su variabilidad en la búsqueda interminable de cero defecto.
- **La Estadística:** Six Sigma es una estadística calculada para cada característica crítica de la calidad, para evaluar el rendimiento en relación a la especificación o a la tolerancia.
- **La Estrategia:** Six Sigma es una estrategia basada en la interrelación que existe entre el proyecto de un producto, su fabricación, su calidad final y su confiabilidad, ciclo de control, inventarios, reparaciones en el producto, y defectos, así como fallas en todo lo que es hecho en el proceso de entrega de un producto a un cliente y el grado de influencia que ellos puedan tener sobre la satisfacción del mismo.
- **La Visión:** Six Sigma es una visión de llevar a una organización a ser la mejor del ramo. Es un viaje intrépido en busca de la reducción de la variación, defectos, errores y fallas. Es extender a la calidad más allá de las expectativas de los clientes, ofreciendo más, porque los consumidores quieren comprar más, en oposición a tener vendedores persiguiéndolos en la tentativa de convencerlos a comprar.

Los esfuerzos de Six Sigma se dirigen a tres áreas principales:

- Mejorar la satisfacción del cliente.
- Reducir el tiempo del ciclo.
- Reducir los defectos.

Las mejoras en estas áreas representan importantes ahorros de costos, oportunidades para retener a los clientes, capturar nuevos mercados y construirse una reputación de empresa de excelencia.<sup>10</sup>

---

<sup>10</sup> [http://cyta.com.ar/biblioteca/bddoc/bdlibros/seis\\_sigma/seis\\_sigma.htm](http://cyta.com.ar/biblioteca/bddoc/bdlibros/seis_sigma/seis_sigma.htm)

## ¿POR QUÉ SIGMA?

La palabra es un término estadístico que mide cómo un proceso dado (la fabricación de un producto o la entrega de un servicio) se desvía de la perfección buscada. La idea central de Six Sigma es que si se puede medir cuántos "defectos" tiene un proceso, entonces, sistemáticamente puede saber como eliminarlos y conseguir reducirlos al máximo posible y así acercarse a obtener "cero defecto". Para alcanzar calidad de Six Sigma, un proceso debe producir no más de 3.4 defectos por millón de oportunidades.

## NIVELES DE DESEMPEÑO EN SIGMA

Nivel en sigma	Defectos por millón de oportunidades
6	3,40
5	233,00
4	6.210,00
3	66.807,00
2	308.537,00
1	690.000,00

En la escala de calidad de Six Sigma se mide el número de sigmas que caben dentro del intervalo definido por los límites de especificación, de modo que cuanto mayor sea el número de sigmas que caben dentro de los límites de especificación, menor será el valor de sigma y por tanto, menor el número de defectos.

Un proceso con una curva de capacidad afinada para Six Sigma, es capaz de producir con un mínimo de hasta 3,4 defectos por millón de

oportunidades (DPMO), lo que equivale a un nivel de calidad del 99.9997 %.

La diferencia entre la Tolerancia Superior (TS) y la Tolerancia Inferior (TI) dividido por la desviación estándar nos da la cantidad (o nivel) de sigmas (z). La Capacidad del Proceso para un nivel Six Sigma es igual a 2, resultante dividir la diferencia entre las Tolerancias Superior e Inferior por Six Sigma.

Cada uno de los parámetros que se vayan a medir implican una o varias oportunidades, por esto se expresan los defectos por millón de oportunidades de la forma:  $Dpmo = [Sdefectos/Soportunidades] * 1.000.000$

## **PRINCIPIOS DE SIX SIGMA**

1. Enfoque genuino en el cliente: El enfoque principal es dar prioridad al cliente. Las mejoras Six Sigma se evalúan por el incremento en los niveles de satisfacción y creación de valor para el cliente.
2. Dirección basada en datos y hechos: El proceso Six Sigma se inicia estableciendo cuales son las medidas claves a medir, pasando luego a la recolección de los datos para su posterior análisis. De tal forma los problemas pueden ser definidos, analizados y resueltos de una forma más efectiva y permanente, atacando las causas raíces o fundamentales que los originan, y no sus síntomas.
3. Los procesos están donde está la acción: Six Sigma se concentra en el proceso, así pues dominando éstos se lograrán importantes ventajas competitivas para la empresa.
4. Dirección proactiva: Ello significa adoptar hábitos como definir metas ambiciosas y revisarlas frecuentemente, fijar prioridades claras, enfocarse en la prevención de problemas y cuestionarse por qué se hacen las cosas de la manera en que se hacen.

5. Colaboración sin barreras: Debe ponerse especial atención en derribar las barreras que impiden el trabajo en equipo entre los miembros de la organización. Logrando de tal forma mejor comunicación y un mejor flujo en las labores.
6. Busque la perfección: Las compañías que aplican Six Sigma tienen como meta lograr una calidad cada día más perfecta, estando dispuestas a aceptar y manejar reveses ocasionales.<sup>11</sup>

## **METODOLOGÍA DMAMC**

- **( D ) Definir el problema:** Debe definirse claramente en qué problema se ha de trabajar?, Por qué se trabaja en ese problema en particular?, Quién es el cliente?, Cuáles son los requerimientos del cliente?, Cómo se lleva a cabo el trabajo en la actualidad?, Cuáles son los beneficios de realizar una mejora?. Se deben responder preguntas como:
  - ¿Qué procesos existen en su área?
  - ¿De cuáles actividades (procesos) es usted el responsable?
  - ¿Quién o quiénes son los dueños de estos procesos?
  - ¿Qué personas interactúan en el proceso, directa e indirectamente?
  - ¿Quiénes podrían ser parte de un equipo para cambiar el proceso?
  - ¿Tiene actualmente información del proceso?
  - ¿Qué tipo de información tiene?
  - ¿Qué procesos tienen mayor prioridad de mejorarse?
  - ¿Cómo lo definió o llegó a esa conclusión?
  
- **( M ) Medir:** El medir persigue dos objetivos fundamentales:
  1. Tomar datos para validar y cuantificar el problema o la oportunidad. Esta es una información crítica para refinar y completar el desarrollo del plan de mejora.

---

<sup>11</sup> Tomado de Mauricio León Lefcovich (Argentina), Consultor en Administración de Operaciones, Especialista en Kaizen y Seis Sigma.

2. Nos permiten y facilitan identificar las causas reales del problema. El conocimiento de estadística se hace fundamental. “La calidad no se mejora, a no ser que se la mida”.

¿Qué debemos medir?: La respuesta la dará la experiencia y el conocimiento del proceso específico que se esté estudiando.

Algunas reglas generales para seleccionar las variables de medida que se deben medir son:

- Variables importantes para el negocio (características del producto, contenido de mano de obra y materiales incluyendo chatarra y tiempo de ciclo).
- Aquello que es rentable mejorar y aquellas variables que deseas modificar con los programas de mejora.
- Aquellas variables que tienen que garantizar que los programas en marcha den resultados.
- Las necesarias para garantizar que las mejoras son duraderas.

Se deben responder preguntas como:

- ¿Sabe quiénes son sus clientes?
- ¿Conoce las necesidades de sus clientes?
- ¿Sabe qué es crítico para su cliente, derivado de su proceso?
- ¿Cómo se desarrolla el proceso?
- ¿Cuáles son los pasos?
- ¿Qué tipo de pasos compone el proceso?
- ¿Cuáles son los parámetros de medición del proceso y cómo se relacionan con las necesidades del cliente?
- ¿Por qué son esos los parámetros?
- ¿Cómo obtiene la información?
- ¿Qué tan exacto o preciso es su sistema de medición?



- **( A ) Analizar:** El análisis permite descubrir la causa raíz. Para ello se hará uso de las distintas herramientas de gestión de la calidad. Las herramientas de análisis deben emplearse para determinar dónde estamos, no para justificar los errores. Se deben responder preguntas como:
  - ¿Cuáles son las especificaciones del cliente para sus parámetros de medición?
  - ¿Cómo se desempeña el proceso actual con respecto a esos parámetros? Muestre los datos.
  - ¿Cuáles son los objetivos de mejora del proceso?
  - ¿Cómo los definió?
  - ¿Cuáles son las posibles fuentes de variación del proceso? Muestre cuáles y qué son.
  - ¿Cuáles de esas fuentes de variación controla y cuáles no?
  - De las fuentes de variación que controla ¿Cómo las controla y cuál es el método para documentarlas?
  - ¿Monitorea las fuentes de variación que no controla? ¿Cómo?
  
- **( M ) Mejorar:** En esta etapa asume una preponderancia fundamental la participación de todos los participantes del proceso, como así también la capacidad creativa. La fase de mejora implica tanto el diseño como la implementación. En esta fase de diseño es muy importante la actividad de Benchmarking a los efectos de detectar en otras unidades de la misma empresa o en otras empresas (competidoras o no) formas más efectivas de llevar a cabo un proceso.

Se deben responder preguntas como:

- ¿Las fuentes de variación dependen de un proveedor? Si es así ¿Cuáles son?,
- ¿Quién es el proveedor? y ¿Qué está haciendo para monitorearlas y/o controlarlas?

- ¿Qué relación hay entre los parámetros de medición y las variables críticas?
  - ¿Interactúan las variables críticas?
  - ¿Cómo lo definió? Muestre los datos.
  - ¿Qué ajustes a las variables son necesarios para optimizar el proceso?
  - ¿Cómo los definió? Muestre los datos
- **( C ) Controlar:** Es necesario confirmar los resultados de las mejoras realizadas. Debe por tanto definirse claramente unos indicadores que permitan visualizar la evolución del proyecto. Los indicadores son necesarios pues no podemos basar nuestras decisiones en la simple intuición. Los indicadores nos mostrarán los puntos problemáticos de nuestro negocio y nos ayudarán a caracterizar, comprender y confirmar nuestros procesos. Mediante el control de resultados lograremos saber si estamos cubriendo las necesidades y expectativas de nuestros clientes.

Entre los indicadores a monitorear tenemos:

- Indicadores relacionados con el costo, correspondientes a las operaciones, las materias primas, de despilfarro y reciclaje, de comercialización, de desarrollo de productos.
- Indicadores relacionados con el tiempo de: los ciclos (productivos, comerciales, de respuestas) y de cumplimiento de las etapas de los procesos de implementación de mejoras.
- Indicadores relacionados a las prestaciones, tales como cuota de mercado, cotización de las acciones, imagen de la empresa, niveles de satisfacción de los clientes y consumidores, y participación de los empleados (cantidades de sugerencias por período de tiempo y niveles de ahorros o beneficios subsecuentes).

Se deben responder preguntas como las siguientes, para las variables ajustadas:

- ¿Qué tan exacto o preciso es su sistema de medición?
- ¿Cómo lo definió? Muestre los datos
- ¿Qué tanto se ha mejorado el proceso después de los cambios?
- ¿Cómo lo define? Muestre los datos.
- ¿Cómo hace que los cambios se mantengan?
- ¿Cómo monitorea los procesos?
- ¿Cuánto tiempo o dinero ha ahorrado con los cambios?
- ¿Cómo lo está documentando? Muestre los datos

Las claves del DMAMC se encuentran en:

1. Medir el problema: Siempre es menester tener una clara noción de los defectos que se están produciendo en cantidades y expresados también en valores monetarios.
2. Enfocarse en el cliente: Las necesidades y requerimientos del cliente son fundamentales, y ello debe tenerse siempre debidamente en consideración.
3. Verificar la causa raíz: Es menester llegar hasta la razón fundamental o raíz, evitando quedarse sólo en los síntomas.
4. Romper con los malos hábitos: Un cambio de verdad requiere soluciones creativas.<sup>12</sup>
5. Gestionar los riesgos: El probar y perfeccionar las soluciones es una parte esencial de la disciplina Six Sigma.
6. Medir los resultados: El seguimiento de cualquier solución es verificar su impacto real.
7. Sostener el cambio: La clave final es lograr que el cambio perdure.

---

<sup>12</sup> [www.grupokaizen.com/mck/mck16.php](http://www.grupokaizen.com/mck/mck16.php).

## HERRAMIENTAS DE LA CALIDAD

- **Cartas de control:** Variación en los monitores en un cierto plazo, brinda alarmas del proceso debido a la variación inesperada que puede causar defectos.
- **Medida del defecto:** Cuenta el número o la frecuencia de los defectos en un proceso determinado.
- **Diagrama de Pareto:** Grafica fácilmente dónde concentrarse para mejorar el proceso. De acuerdo con el principio probado de Pareto: el 20% de las fuentes causan el 80% de cualquier problema.
- **Mapa de procesos:** Descripción ilustrada que permite visualizar un proceso entero e identificar áreas de fortalezas y debilidades. Ayuda a reducir la duración y defectos de ciclo mientras que reconoce el valor de contribuciones individuales.
- **Análisis de la causa de la raíz:** Estudio de la razón original de la inconformidad en un proceso. Cuando se quita o se corrige la causa de la raíz, la inconformidad es eliminada.
- **Control de proceso estadístico:** Uso de métodos estadísticos para analizar los datos y para supervisar la capacidad del proceso y su funcionamiento.
- **Diagrama del árbol:** Demuestra gráficamente cualquier amplia meta no cumplida en diversos niveles de acciones detalladas. Anima a miembros del equipo que amplíen su pensamiento al crear soluciones.

## ¿CÓMO IMPLEMENTARLO?

El objetivo global es a largo plazo, pero en las organizaciones se presenta la obligación de presentar resultados a corto plazo también, mientras se trabaja en el largo plazo; Six Sigma permite cumplir simultáneamente con ambos objetivos a la vez.

**Mejora de procesos:** Medir es necesario pero no suficiente, a la larga, para estimular a las personas a que realicen cambios. El análisis de los defectos por millón y de sus correspondientes valores sigma dará una orientación acerca de cuáles son los procesos que tienen mayores potenciales de mejora; una vez se detecta donde están los potenciales de mejora hay que poner en práctica los instrumentos y capacidades para mejorar estos procesos.

**Mejora de productos:** Six Sigma permite establecer una sistemática de mejora continua de productos; pero con Six Sigma se puede ir mucho más allá, pues es un apoyo excelente para el diseño robusto de productos y para una dinámica de simplificación de productos.

Los ingenieros de diseño para desarrollar sus productos robustos y simplificados necesitan conocer la capacidad de los procesos, con ello pueden reducir los costos de fabricación al tiempo que diseñan productos con menor variabilidad en su proceso de fabricación.

**Una sistemática para la resolución de problemas:** Cuando se presenta un problema en un proceso, lo normal es que en primer lugar acudamos a nuestra experiencia pasada para encontrar soluciones o buscar causas, luego acudimos a procedimientos de análisis tipo Ishikawa, Pareto, etc. Estos métodos no siempre conllevan a soluciones óptimas.

Six Sigma aporta una sistemática más precisa y concluyente con la aplicación del diseño de experimentos, la utilización adecuada del análisis de regresión y otros muchos métodos estadísticos. La sistemática de medida y resolución de problemas utilizando probadas técnicas estadísticas junto con una adecuada organización y entrenamiento de las personas es lo que en conjunto garantizan los éxitos de Six sigma.

## **ESTRATEGIA DE IMPLANTACIÓN DE SIX SIGMA**

Un plan exitoso de Six Sigma comprende cuatro etapas fundamentales, cada una de las cuales está constituida por sub-etapas (las cuales pueden desarrollarse en forma paralela):

**Decisión del cambio:** Es necesario y primordial convencer y demostrar a los directivos de la empresa acerca de la imperiosa necesidad del cambio, ello se logrará mejor si se muestra la evolución de los mercados en general y de la industria específica en especial, tanto a nivel mundial como nacional y regional. En segundo lugar debe mostrarse claramente lo que acontece con la empresa, describiendo su evolución y comparándola con la de los actuales y futuros competidores. Debe dejarse en claro donde estará la empresa dentro de cinco o diez años de no efectuar cambios y donde estarán las empresas que si realicen tales cambios.

Demostrada la necesidad de instaurar un proceso de mejora continua, y de reingeniería si es necesario para cubrir rápidamente brechas de performances, el paso siguiente es demostrar las características y cualidades de Six Sigma, mostrando además las diferencias de este en relación a otros sistemas de calidad y mejora continua. De estar aplicando ya la empresa algún otro sistema o método de mejora continua se hace menester evaluar los resultados que los mismos están brindando, para lo cual un buen método es evaluar el nivel de sigma que tienen sus procesos actualmente y compararlos (benchmarking) con los competidores globales.

La etapa siguiente consiste en el cambio de paradigmas de los directivos y personal superior de la empresa. Es necesario que eliminen de sus mentes que los errores son algo admisible y propios de la producción. Se planifica estratégicamente definiendo claramente cuales son los valores, misión y visión de la empresa, para fijar con posterioridad objetivos a lograr para hacer factible los objetivos de más largo plazo. En función de ello se debe lograr una visión compartida con la cual se alcance la

energía suficiente para lograr un trabajo en equipo que permita lograr óptimos resultados en la puesta en marcha de Six Sigma. En función de los planes se asignan partidas presupuestarias a los efectos de su puesta en marcha y funcionamiento. Se seleccionan los Líderes y Cinturones, en función de sus conocimientos, capacidades y puestos que actualmente ocupan.

Se debe proceder a la capacitación y entrenamiento de los diversos niveles de cinturones y liderazgos, como así también al resto del personal. Esta capacitación incluirá diferentes aspectos dependiendo ello de las funciones y niveles que cubra dicho personal. Se incluirán aspectos vinculados con el significado y funcionamiento de Six Sigma, los métodos de resolución de problemas y toma de decisiones, trabajo en equipo, liderazgo y motivación, creatividad, control estadístico de procesos, diseño de experimentos, herramientas de gestión, AMFE, estadística y probabilidades, muestreo, satisfacción del consumidor, calidad y productividad, costo de calidad, sistemas de información, utilización de software estadístico, supervisión y diseño de proyectos, entre otros.

**Despliegue de objetivos:** Se establecen los sistemas de información, capacitación y supervisión apropiados al nuevo sistema de mejora. Se forman los primeros grupos de trabajo en función de los proyectos seleccionados. Los proyectos son seleccionados en función de los beneficios tanto para la empresa, pero fundamentalmente para el incremento en la satisfacción de los clientes y consumidores. Es conveniente comenzar con proyectos pilotos para poner a prueba las técnicas y conocimientos aprendidos, y demostrar además al resto de la organización acerca de los logros en la implementación del sistema.

**Desarrollo del proyecto:** Es primordial antes que nada definir los requerimientos de los clientes externos e internos, y la forma en que se medirán el logro de dichas especificaciones. Los círculos de calidad o equipos de trabajo Six Sigma (ETSS) proceden a aplicar la metodología DMAMC (Definir-Medir-Analizar-Mejorar-Controlar).

Se mantiene informado a los directivos acerca de la marcha de los diferentes proyectos.

**Evaluación de beneficios:** Se determinan las mejoras producidas luego de la implementación de los cambios resultantes del desarrollo de los diversos proyectos. Ello se manifiesta tanto en niveles de rendimientos, como en niveles de sigma, DPMO y ahorros obtenidos. Es conveniente hacer un seguimiento constante de los niveles de satisfacción tanto de los clientes internos como externos.

### **¿CUÁLES SON LOS BENEFICIOS DEL SIX SIGMA?**

Ante todo, el objetivo de cualquier negocio es hacer dinero. El innegable objetivo del nivel de performance Six Sigma es minimizar costos, a través de la reducción o eliminación de actividades que no agregan valor al proceso y de la maximización de la calidad para obtener una ganancia a niveles óptimos.

Implementar Six Sigma en una organización crea una cultura interna de individuos educados en una metodología estandarizada de caracterización, optimización y control de procesos. ¿Por qué procesos? Porque la actividad repetitiva envuelta en el aprovisionamiento de un servicio o en la confección de un producto constituye un proceso. ¿Por qué optimizar y mejorar los procesos? Para que los procesos sean simplificados, reduciendo el número de pasos y volverlos más rápidos y eficientes. Al mismo tiempo, esos procesos son optimizados para que no generen defectos y no presenten oportunidades de error.

¿Por qué buscar la eliminación de defectos, fallas o errores? Por dos motivos. Primero, porque ellos vuelven a los productos y servicios más caros. Y cuanto más caros ellos fuesen, menos probable será la



posibilidad o voluntad de las personas a comprarlos. Segundo, porque defectos, errores y fallas defraudan a los clientes, y clientes insatisfechos devuelven los productos o no compran más servicios. Cuanto mayor el número de clientes insatisfechos con productos y servicios, mayor la tendencia de perder espacio en el mercado. Al perderse parte del mercado, se pierde también parte del ingreso bruto. Si el ingreso bruto disminuye, la organización no consigue contratar o mantener sus empleados. Sin empleados e ingresos, la organización no consigue mantenerse en el mercado.

## 5.2 Marco Conceptual

- **Black Belt:** Son los líderes de los equipos de calidad. Responsables de medir, analizar, mejorar y controlar que los procesos satisfagan a los clientes y/o asegurar el crecimiento de la productividad. Los Black Belt son posiciones de trabajo a tiempo completo.
- **Capacidad del Proceso:** Lo que el proceso puede entregar en términos de defectos por millón.
- **Control:** El estado de la estabilidad, de la variación normal y de la previsibilidad del proceso usando datos cuantitativos.
- **CTQ:** Crítico al elemento de la calidad ("Y crítica") de un proceso o de una práctica que tiene un impacto directo en su calidad percibida.
- **Defectos:** Fuentes de la irritación del cliente. Los defectos son costosos a ambos, clientes y a los fabricantes o a los abastecedores de servicio. La eliminación de defectos reduce los costos y aumenta la satisfacción del cliente.
- **Desviación Estándar:** La desviación estándar toma en consideración la variación de cada una de las mediciones alrededor de la media de la muestra.
- **DFSS (Diseño para Six Sigma):** Una metodología sistemática que utiliza las herramientas, entrenamiento y medidas para permitirnos

diseñar los productos y los procesos que resuelven expectativas del cliente con niveles de Calidad de Six Sigma.

- **DMAIC** (definir, medir, analizar, mejorar y controlar): Un proceso para la mejora continua. Esta basado en forma sistemático, científico y de hecho. Este proceso a circuito cerrado elimina pasos improductivos, se centra a menudo en nuevas medidas, y aplica la tecnología para la mejora.
- **Green Belt**: Similar al Black Belt pero no es una posición a tiempo completo. Los Green Belts son los empleados que desenvuelven sus actividades regulares, pero son designados para uno o mas equipos, de acuerdo con su *know how* o histórico en estudios y proyectos seleccionados. Ellos tienen total responsabilidad como miembros del equipo en el proyecto, pero no dedican todo su tiempo al proyecto como los *Black Belts*. Se espera que lleven adelante las tareas entre una reunión y otra, dediquen tiempo y esfuerzo al suceso del equipo, estudien e investiguen otras alternativas cuando sea necesario.
- **Master Black Belt**: Son los superiores directos de los Black Belt. Supervisan a varios Black Belt. Son posiciones de tiempo completo.
- **Necesidades de cliente (expectativas)**: Son las necesidades definidas por los clientes, que resuelven sus requisitos básicos y estándares.
- **Operaciones Estables**: Aseguran procesos constantes, fiables para mejorar lo que ve y siente el cliente.
- **Rango**: Una forma sencilla de medir la variación en los procesos es determinando el rango de las mediciones; es decir, la diferencia entre el valor más alto y el valor más bajo de la muestra.
- **Six Sigma**: Una visión de la calidad, que se compara con solamente 3.4 defectos por millón de oportunidades para cada transacción del producto o del servicio. Se esfuerza para la perfección.
- **Variación**: Lo que el cliente ve y siente.

## 6. FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS

En el caso de las líneas de quesos se van a hacer dos tipos de pruebas de hipótesis, una para confirmar el centramiento de los promedios y otra para confirmar la reducción de la variación.

1) Validación de que el proceso se encuentra por fuera de la meta:

Los siguientes resultados fueron obtenidos con base a una premuestra de 180 unidades de queso especial y 120 de queso campesino.

Ver Tabla 3 y 4.

- **Queso especial:**

Meta: un peso de 1000 gramos

Test of  $\mu = 1000$  vs not = 1000

Variable	n	mean	Stdev	St mean	95% ci	t	p
Unidades de queso especial	180	1068.57	38.17	2.85	(1062.95, 1074.18)	24.10	0.000

**TABLA 1. Prueba de Medias de Queso Especial**

Con esto podemos observar que la producción actual de queso especial está por encima de la meta.

- **Queso campesino:**

Meta: un peso de 500 gramos

Test of  $\mu = 500$  vs not = 500

Variable	n	Mean	stdev	St mean	95% ci	t	p
Unidades de queso campesino	120	531.592	25.914	2.366	(526.908, 536.276)	13.35	0.000

**TABLA 2. Prueba de Medias para queso Campesino.**

Aquí podemos observar que la producción actual de queso campesino está por encima de la meta.

2) Confirmación de la efectividad de las acciones correctivas.

A – Se realizará una prueba de hipótesis del tipo 1 –t y se tomarán los datos de 190 quesos fabricados bajo el nuevo sistema para la línea de queso especial y los datos de 84 quesos fabricados bajo el nuevo sistema para la línea de queso campesino.

Esto nos dará un nivel del 95% de poder detectar diferencias de hasta 10 gramos, si estas están presentes. Las diferencias entre la cantidad de datos para cada uno de los tipos de quesos se deben a la desviación estándar que estos presentan:

- Queso Especial

### **Power and sample size**

1-Sample t test

Testing mean = null (versus not = null)

Calculating power for mean = null + difference

Alpha = 0.05 assumed standard deviation = 38

### **Sample target**

<b>Difference</b>	<b>size</b>	<b>power</b>	<b>actual power</b>
<b>10</b>	<b>190</b>	<b>0.95</b>	<b>0.950418</b>

- Queso Campesino

### **Power and sample size**

1-Sample t test

Testing mean = null (versus not = null)

Calculating power for mean = null + difference

Alpha = 0.05 assumed standard deviation = 25

### **Sample target**

Difference	size	power	actual power
10	84	0.95	0.951879

B – Se realizarán pruebas de hipótesis del tipo f o Levines test para confirmar que se está dando un cambio en la variación de los procesos debido a la implementación del nuevo sistema.

Se usarán los datos utilizados en la prueba de medias. (A).

Ver Tabla 3 y 4.

### QUESO ESPECIAL ( 1 Kg.)

#### FECHAS

MUESTRA	08/11/2005	09/11/2005	15/11/2005	16/11/2005	18/11/2005	21/11/2005	22/11/2005	23/11/2005	24/11/2005
1	1100	1116	1100	1039	1084	1055	1132	1086	1128
2	1001	1070	1062	1105	1130	1083	1074	1047	1079
3	1129	1066	1080	1086	1038	1074	1021	1032	1086
4	1075	1067	1063	1005	1130	1098	1083	1122	1130
5	1024	1094	1092	1164	996	1070	1117	1021	1062
6	1102	1068	1069	1073	1030	1114	1070	1003	1086
7	1065	1010	1002	1093	1047	1141	1121	1113	1030
8	1075	1057	1062	1111	1053	1070	1074	1079	1062
9	1048	1032	1036	1010	1130	1098	974	1047	1093
10	1072	1035	1099	1135	1082	1086	1081	1059	1011
11	1121	1080	1096	1003	993	1067	1074	1098	1066
12	1088	1003	1110	1100	1028	1038	1019	1104	1053
13	1051	1103	1080	1035	1002	938	1096	1079	1063
14	1044	1077	983	1101	1024	1092	1054	1051	1067
15	1043	1046	1023	1128	1040	1120	1033	1039	1098
16	1034	1097	1048	1090	1021	1087	1019	1034	1090
17	1145	1090	1068	1097	1034	1081	1047	1130	1082
18	1111	1128	1058	1090	1059	1056	1030	1032	1112
19	1072	1047	1032	1073	1042	1100	1086	1113	1099
20	1035	1075	1082	1055	1083	1053	1034	1104	1012

**TABLA 3. Premuestra De Queso Especial**

## QUESO CAMPESINO ( 500 gr.)

### FECHAS

MUESTRA	08/11/2005	09/11/2005	15/11/2005	16/11/2005	18/11/2005	21/11/2005	22/11/2005	23/11/2005	24/11/2005
1	522	522	547	538	526	574	*****	*****	548
2	507	533	525	525	532	593			527
3	503	547	531	520	524	578			538
4	514	532	534	515	512	557			508
5	505	508	532	531	523	606			553
6	505	516	513	520	507	586			551
7	502	517	535	539	519	580			523
8	495	503	542	531	543	572			531
9	514	525	530	543	513	589			524
10	499	552	525	538	509	571			527
11	486	508	508	544	509	558			566
12	516	523	527	514	512	566			539
13	500	534	516	529	510	590			543
14	503	525	540	547	532	576			526
15	496	505	537	543	514	583			557
16	512	525	532	522	519	591			541
17	500	543	546	527	525	590			531
18	496	529	542	523	511	580			514
19	512	519	539	525	505	582			518
20	516	518	535	508	537	582			508

\*\*\*\*\* ESTE DÍA NO SE REALIZÓ QUESO CAMPESINO, DEBIDO A QUE EXISTÍA UNIDADES EN INVENTARIO

**TABLA 4. Premuestra de Queso Campesino**

## 7. DISEÑO METODOLÓGICO

La propuesta de mejoramiento para las líneas de queso campesino y queso especial en la empresa CODEGAN LTDA. se realizará teniendo en cuenta la metodología DMAMC de la filosofía del Six Sigma.

La metodología DMAMC se compone de 5 pasos que corresponden a las acciones de Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar, cabe resaltar que el alcance de este proyecto no incluye la implementación por lo cual la fase de control no será aplicada. A continuación se describen cada una de las etapas mencionadas anteriormente:

6 DEFINIR: Durante la etapa inicial definiremos el problema que se está dando actualmente , por lo que realizaremos las siguientes actividades que permitirán definir claramente la situación:

- Selección y definición del problema en que se va a trabajar.
- Establecimiento y delimitación del alcance del proyecto.
- Definición de clientes internos y externos, con sus especificaciones.
- Definición del área en que se está dando el problema.
- Definición de los procesos que se dan actualmente en el área de producción de quesos en la empresa CODEGAN LTDA.
- Reconocimiento de los responsables de dichos procesos.
- Establecimiento del equipo de trabajo para llevar a cabo el proyecto.
- Recolección de información sobre los procesos.
- Definición de los procesos que serán susceptibles de mejora.
- ¿Qué procesos tienen mayor prioridad de mejorarse?
- Descripción de beneficios en caso de realizar la mejora.



➤ MEDIR: En esta etapa se llevarán a cabo las siguientes actividades :

- Definición de la variable que se va a medir.
- Identificación de las etapas que componen los procesos de producción de los quesos campesino y especial en la empresa CODEGAN LTDA.
- Determinación de los parámetros de medición de los procesos.
- Toma de muestras para determinar la variación actual del proceso.
- Estudio de Linealidad.
- Estudio de Repetibilidad y Reproducibilidad.
- Determinación de los índices de capacidad del proceso.

➤ ANALIZAR: Durante esta fase haremos uso de las distintas herramientas de gestión de la calidad, entre las cuales se encuentran las cartas de control, los mapas de procesos y el control estadístico de procesos que nos permitirán interpretar los datos obtenidos durante la etapa de medición y así poder detectar las posibles causas que están generando la variación y el problema de centramiento en las líneas de producción de queso campesino y queso especial en la empresa CODEGAN LTDA.

➤ MEJORAR: En esta etapa asume una preponderancia fundamental la participación de todo el recurso humano relacionado con el proceso, como así también la capacidad creativa. La fase de mejora implica tanto el diseño como la implementación, sin embargo el alcance de este proyecto no incluye la implementación.

- Determinación de las fuentes de variación de los procesos.
- Definición de la relación existente entre los parámetros de medición y las variables críticas.
- Determinar qué ajustes deben realizarse para optimizar los procesos.
- Definición de una propuesta de mejora.

- Exposición de los beneficios de dicha propuesta.
  - CONTROLAR: En esta última fase se definirán los criterios que se deben tener en cuenta con el propósito de garantizar que se alcancen los objetivos propuestos en caso de implementar la propuesta (si así lo decida la organización), con base a los resultados que se obtengan durante el período de prueba de la propuesta de mejora.

## 8. TIPO DE INVESTIGACIÓN

La realización de la propuesta de mejora para las líneas de producción de queso campesino y queso especial en la empresa CODEGAN LTDA. mediante la aplicación de la metodología DMAMC de la filosofía Six Sigma, tendrá en cuenta los parámetros de una investigación experimental.

La investigación experimental se ha ideado con el propósito de determinar con la mayor confiabilidad posible, relaciones de causa-efecto<sup>13</sup>, lo cual se hace totalmente necesario en esta propuesta dado que se pretende establecer las causas que puedan estar generando el problema de variación y de centramiento del peso de las unidades de queso campesino y queso especial producidas.

---

<sup>13</sup> TAMAYO Y TAMAYO, Mario. SERIE APRENDER A INVESTIGAR, Módulo 2. PÁG 42.

## 9. POBLACIÓN Y MUESTRA

Para llevar a cabo todos los estudios necesarios que nos permitan identificar las causas que están generando la variación en las unidades de queso producidas en CODEGAN LTDA. se tomarán muestras aleatorias de las unidades de queso especial y las unidades de queso campesino que se produzcan durante un período de tiempo considerable, de tal forma que podamos obtener resultados significativos.

Con el fin de establecer el número de muestras a estudiar, se tomó una premuestra de 20 unidades de queso especial durante 9 días para un total de 180 unidades (Ver Tabla 1.), con el fin de conocer la variación actual entre una unidad y otra. Con la realización del muestreo se hizo posible determinar los siguientes criterios para el cálculo del tamaño de la muestra:

- Desviación estándar: 38.2 g
- Media: 1068.6 g
- Error: 10 g
- Nivel de Confianza: 95%

Teniendo en cuenta que la población es infinita, el cálculo del tamaño de la muestra da como resultado:

$$n = \frac{Z^2 * \sigma^2}{E^2}$$
$$n = \frac{(1.96)^2 * (38.2)^2}{(10)^2} = 56.058$$

$$n \approx 57$$

Lo anterior quiere decir que para llevar a cabo el proyecto de grado en cuestión se analizarán 57 unidades de queso especial.

Asimismo, se tomaron 20 unidades de queso campesino durante 7 días para un total de 140 unidades (Ver Tabla 2.), y se obtuvieron los siguientes resultados, para la posterior determinación del tamaño de la muestra:

- Desviación estándar: 25.91 g
- Media: 531.59 g
- Error: 10 g
- Nivel de Confianza: 95%

Teniendo en cuenta que la población es infinita, el cálculo del tamaño de la muestra da como resultado:

$$n = \frac{Z^2 * \sigma^2}{E^2}$$

$$n = \frac{(1.96)^2 * (25.91)^2}{(10)^2} = 25.789$$

$$n \approx 26$$

Lo anterior quiere decir que para llevar a cabo el proyecto de grado en cuestión se analizarán 26 unidades de queso campesino.

## **10. RECOLECCIÓN Y FUENTES DE INFORMACIÓN**

### **10.1 Fuentes de Información Primaria**

La recolección de los datos primarios de información en que se apoya la investigación serán recabados mediante la técnica de observación. Durante la recolección de información primaria, se observará el comportamiento de los operarios durante los procesos de elaboración de quesos, además se tomarán muestras aleatorias con el fin de determinar el nivel de variación de los procesos, y por último se observará la forma en que los operarios realizan las labores de llenado de los moldes y pesado de las unidades producidas, debido a que éstas parecen ser las etapas críticas del proceso.

### **10.2 Fuentes de Información Secundaria**

Con base en la información primaria recolectada se realizará un análisis de la misma para obtener información secundaria confiable que nos permita llevar a cabo el proyecto. La información secundaria será entonces el resultado de los análisis hechos mediante herramientas estadísticas como los mapas de procesos, cartas de control, entre otros.

## 11. ASPECTOS ADMINISTRATIVOS

### 11.1 Cronograma

ACTIVIDAD	Septiembre				Octubre				Noviembre				Diciembre				Enero				Febrero				Marzo			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Presentación de Propuesta a la empresa																												
Aprobación de la Propuesta por Codegan Ltda.																												
Reconocimiento de la situación actual																												
Identificación del Problema																												
Desarrollo de Propuesta para Proyecto de grado																												
Entrega de Propuesta de Proyecto de Grado																												
Descripción de Proyecto																												
Descripción de Procesos y Mapas de Procesos																												
Evaluación del Sistema de Medición Actual																												
Análisis de la Situación actual																												
Propuesta de Mejora																												
Evaluación del Sistema de Medición Propuesto																												
Análisis de la situación propuesta																												
Correcciones																												
Presentación del proyecto final																												

**TABLA 5. Cronograma**

## 11.2 Presupuesto

	VALOR (\$)
PAPELERIA	120000
IMPRESIÓN	200000
CD'S	20000
PLANILLEROS	5000
LAPICEROS	5000
ALMUERZOS	500000
TRANSPORTE	1200000
ASESORIA DE CALIBRACIÓN	85000
PESO ELECTRONICO	400.000
TEXTOS	250000
VARIOS	400000
<b>TOTAL</b>	<b>2785000</b>

**TABLA 6. Presupuesto**



## 12. BIBLIOGRAFÍA

- ACRIBIA, J. Amiont. Ciencia y Tecnología de la leche. Págs. 249-293. Cap. 9.
- ECKES, George. Six Sigma para todos. Editorial Norma.
- <http://www.liderazgoymercadeo.com/sixsigma.asp>
- [http://www.mercadeo.com/sem\\_virt.html](http://www.mercadeo.com/sem_virt.html)
- [www.ge.com/ar/country/glossary.html](http://www.ge.com/ar/country/glossary.html)
- <http://www.seis-sigma.com/>
- <http://www.seissigma.com/>
- <http://www.gestiopolis.com/recursos/documentos/fulldocs/ger1/parassiglefc0.htm#2.%20Las%20siete%20metamorfosis>
- <http://www.ge.com/ar/country/quality.html>
- [www.grupokaizen.com/mck/mck16.php](http://www.grupokaizen.com/mck/mck16.php)
- [www.grupokaizen.com/seminario](http://www.grupokaizen.com/seminario)
- [http://cyta.com.ar/biblioteca/bddoc/bdlibros/seis\\_sigma/seis\\_sigma.htm](http://cyta.com.ar/biblioteca/bddoc/bdlibros/seis_sigma/seis_sigma.htm)

**ANEXO H**  
**ANTEPROYECTO**

