

**CONTROL ESTADISTICO DEL PROCESO BAJO LA METODOLOGIA SEIS
SIGMA APLICADO EN EL PROCESO DE BENEFICIO DE BOVINOS DE
FRIGORIFICO VIJAGUAL S.A.**

AURA PAOLA GÓMEZ GARCÍA

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO MECÁNICAS
ESCUELA DE ESTUDIOS INDUSTRIALES Y EMPRESARIALES
BUCARAMANGA
2010**

**CONTROL ESTADISTICO DEL PROCESO BAJO LA METODOLOGIA SEIS
SIGMA APLICADO EN EL PROCESO DE BENEFICIO DE BOVINOS DE
FRIGORIFICO VIJAGUAL S.A.**

AURA PAOLA GÓMEZ GARCÍA

**Trabajo de grado para optar por el título de
Ingeniera Industrial**

**Director
NESTOR RAUL ORTIZ PIMIENTO
Ingeniero Industrial**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO MECÁNICAS
ESCUELA DE ESTUDIOS INDUSTRIALES Y EMPRESARIALES
BUCARAMANGA
2010**

A mis padres: *Germán y Aura*

Por su interminable esfuerzo, dedicación y acompañamiento en cada una de las etapas de mi vida, hoy tengo una inmensa satisfacción por alcanzar una de mis más grandes metas.

No lo hubiese logrado sin su ejemplo y constante lucha por querer siempre lo mejor para mí, por sus inagotables sacrificios y algunas veces regaños para ayudarme a construir lo que he sido hasta hoy y con gran seguridad en lo que seré de aquí en adelante porque sus enseñanzas permanecerán latentes en mi existencia.

Como hija me siento orgullosa de haber sido premiada por Dios por haber escogido unos padres maravillosos para mí, y porque antes de educarme me hicieron una persona humilde, sencilla y con principios.

Ojalá ese mismo Dios nos siga regalando la oportunidad de compartir por mucho tiempo para que ustedes puedan gozar inmensos frutos de lo que con tanto amor han cosechado.

AGRADECIMIENTOS

Gracias a Dios por regalarme la vida y la posibilidad de sentirme satisfecha por el logro obtenido, a mi hermanita MÓNICA por su apoyo incondicional, por ser mi confidente y la energía que me motiva a trabajar para conseguir lo que quiero.

Gracias a FRIGORÍFICO VIJAGUAL S.A. por abrirme sus puertas y permitirme conocer sin recelo el proceso de producción atendiendo ampliamente a mi trabajo.

Gracias al Ingeniero NÉSTOR ORTIZ por su colaboración, paciencia y enseñarme el camino para que el trabajo se realizara de la mejor manera.

Gracias a mi familia, profesores y compañeros que en determinado momento ofrecieron su desinteresada colaboración para ayudarme a construir este camino.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCION	17
1. GENERALIDADES DEL PROYECTO	19
1.1 OBJETIVOS	19
1.2 ALCANCE	20
2. GENERALIDADES DE LA EMPRESA	21
2.1. IDENTIFICACION DE LA EMPRESA	21
2.2. RESEÑA HISTORICA	21
2.3. ESTRUCTURA	23
2.4. MISION	25
2.5. VISION 2015	25
2.6. SERVICIOS	25
3. DESCRIPCION DEL PROCESO	26
3.1 GENERALIDADES DEL PRODUCTO	26
3.1.1 Productos.	26
3.2 DESCRIPCION GENERAL DEL PROCESO	27
3.2.1 Recepción.	27
3.2.2 Pesaje y lavado.	28
3.2.3 Inspección ante-mortem.	28
3.2.4 Insensibilización.	29
3.2.5 Degüello y sangría.	30
3.2.6 Anudado de recto.	30
3.2.7 Desuello.	31
3.2.8 Abertura del pecho.	32
3.2.10 Arreglo y limpieza.	33
3.2.11 Lavado.	33

3.2.12 Pesaje canal caliente.	34
3.2.13 Desinfección de la canal.	34
3.2.14 Oreo.	34
3.2.15 Refrigeración.	35
4. MARCO TEORICO	36
4.1 ¿QUE ES SEIS SIGMA?	36
4.1.1 Seis Sigma y la mejora de la calidad.	36
4.1.2 Mejora de procesos.	37
4.1.3 Medición Seis Sigma.	37
4.1.4 DPMO.	38
4.1.5 Nivel Sigma.	38
4.1.6 Desarrollo de la metodología seis SIGMA	38
4.2 CONCEPTOS ESTADISTICOS	40
4.3 GRÁFICOS DE CONTROL	42
4.4 AMFE	44
4.4.1 Tipos de AMFE.	45
5. DIAGNOSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL	50
5.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	50
5.2 VARIABLES DE LA CARNE EN CANAL PROCESADA EN LA LINEA DE BOVINOS DE FRIGORIFICO VIJAGUAL	51
5.3 CONDICIONES ÓPTIMAS DEL PROCESO DE BENEFICIO	52
5.4 AMFE PARA VARIABLES	60
5.5 RESULTADOS DEL AMFE	62
5.6 MEDICION Y PROCEDIMIENTO DE MUESTREO	64
5.7 IDENTIFICACION DEL TIPO DE GRAFICO DE CONTROL	65
5.8 TOMA Y ANALISIS DE DATOS	66
5.9 DETERMINACION DE LOS LÍMITES DE CONTROL	67
5.9.1 Límites de control para tolerancia cero.	67
5.9.2 Límites de control para pH.	70
5.9.3 Límites de control para Temperatura.	73

6. CAPACIDAD DEL PROCESO PARA PRODUCIR SEGÚN LAS ESPECIFICACIONES	79
Figura 12. Representación de un proceso y de la especificación	79
Figura 13. Definición del índice de capacidad real	80
6.1 CAPACIDAD DEL PROCESO PARA pH	81
Figura 14. Representación gráfica de la capacidad del proceso para pH mediante la herramienta STATGRAPHICS.	82
6.2 CAPACIDAD DEL PROCESO PARA TEMPERATURA	83
7. CONTROL DEL PROCESO Y ANALISIS DE RESULTADOS	85
7.1 ANALISIS PARA TOLERANCIA CERO	86
7.2 ANALISIS PARA pH	88
7.3 ANALISIS PARA TEMPERATURA	92
8. CALCULO DE LOS NIVELES SIGMA	93
9. PLAN DE ACCIÓN	95
CONCLUSIONES	98
RECOMENDACIONES	100
BIBLIOGRAFIA	101
ANEXOS	102

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Variables y atributos del producto	52
Tabla 2. Criterios AMFE	61
Tabla 3. Frecuencias para los NPR obtenidos del AMFE	62
Tabla 4. Variables críticas del producto	64
Tabla 5. Frecuencia de muestreo para las variables críticas	65
Tabla 6. Proporción de canales defectuosas encontradas para Tolerancia cero	68
Tabla 7. Valores \bar{X} y R para el pH	71
Tabla 8. Valores \bar{X} y R para Temperatura de canales refrigeradas	74
Tabla 9. Límites de control para las variables críticas del producto	78
Tabla 10. Proporciones de tolerancia cero para octubre del 2008.	87
Tabla 11. Medias y rangos promedio para pH en octubre del 2008	89
Tabla 12. Nivel sigma para las variables criticas	93

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Organigrama Institucional	24
Figura 2. Composición de un bovino promedio	27
Figura 3. Cortes de Bovino y sus diferentes nombres	53
Figura 4. Gráfico de los NPR para cada variable	63
Figura 5. Grafico de control para tolerancia cero procesado en STATGRAPHICS	70
Figura 6. Grafico de control \bar{X} para pH procesado en STATGRAPHICS	72
Figura 7. Grafico de control R para pH procesado en STATGRAPHICS	73
Figura 8. Grafico de control \bar{X} para Temperatura de canal refrigerada, procesado en STATGRAPHICS	75
Figura 9. Grafico de control R para Temperatura de canal refrigerada, procesado en STATGRAPHICS	76
Figura 10. Grafico de control \bar{X} final para Temperatura de canal refrigerada, procesado en STATGRAPHICS	77
Figura 11. Grafico de control R final para Temperatura de canal refrigerada, procesado en STATGRAPHICS	78
Figura 12. Representación de un proceso y de la especificación	79
Figura 13. Definición del índice de capacidad real	80
Figura 14. Representación gráfica de la capacidad del proceso para pH mediante la herramienta STATGRAPHICS.	82
Figura 15. Representación gráfica de la capacidad del proceso para temperatura mediante la herramienta STATGRAPHICS.	83
Figura 16. Gráfico de control para tolerancia cero monitoreando octubre del 2008 procesado en STATGRAPHICS	88

Figura 17. Gráfico de control \bar{X} mejorado para pH procesado en STATGRAPHICS	90
Figura 18. Grafico de control R mejorado para pH procesado en STATGRAPHICS	90
Figura 19. Gráfico de la nueva capacidad del proceso para pH procesado en STATGRAPHICS	91

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO A. DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE BENEFICIO DE BOVINOS	103
ANEXO B. FORMATOS DE ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS PARA LAS VARIABLES DEL PRODUCTO	104
ANEXO C. DIAGRAMAS CAUSA – EFECTO PARA LAS VARIABLES CRÍTICAS EN EL PRODUCTO FINAL	111
ANEXO D. VALORES DE TOLERANCIA CERO REGISTRADOS PARA LOS GRAFICOS DE CONTROL DE JUNIO A SEPTIEMBRE DEL 2008	113
ANEXO E. VALORES DE pH REGISTRADOS PARA LOS GRAFICOS DE CONTROL DE JUNIO A SEPTIEMBRE DEL 2008	116
ANEXO F. VALORES DE TEMPERATURA REGISTRADOS PARA LOS GRAFICOS DE CONTROL DE JUNIO A SEPTIEMBRE DEL 2008	120
ANEXO G. PLAN DE CAPACITACIÓN	124
ANEXO H. VALORES OBTENIDOS DURANTE EL MONITOREO DE LA TOLERANCIA CERO PARA OCTUBRE DEL 2008	126
ANEXO I. VALORES OBTENIDOS DURANTE EL MONITOREO DEL pH PARA OCTUBRE DEL 2008	130
ANEXO J. TABLAS PARA CALCULAR EL % DE PRODUCTO NO CONFORME DEL PROCESO Y EL NIVEL SIGMA	131

GLOSARIO

Beneficio: Conjunto de actividades que comprenden el Sacrificio y faenado de animales para consumo humano

Canal: Cuerpo de cualquier animal de abasto público o para consumo humano después de haber sido sacrificado y eviscerado.

CEP: Control Estadístico del Proceso

DPMO: Defectos por Millón de Oportunidades

Inocuo: Característica de un alimento que permite que una vez consumido no va a causar daño en las personas.

NPR: Número Prioritario de Riesgo

PCR: Índice de Capacidad del Proceso

PPM defectuosas: Partes por millón defectuosas

Sacrificio: El beneficio de un animal mediante procedimientos higiénicos, oficialmente autorizados para fines de consumo humano.

RESUMEN

TITULO: Control Estadístico del Proceso bajo la Metodología Seis Sigma Aplicado en el Proceso de Beneficio de Bovinos de Frigorífico Vijagual S.A.

AUTOR: GÓMEZ G Aura P**

PALABRAS CLAVES: Control Estadístico, Seis Sigma, Índices de Capacidad, Proceso, Variables Críticas.

DESCRIPCIÓN:

El proyecto se desarrollo en la planta de beneficio de bovinos de Frigorífico Vijagual S.A. como respuesta a la necesidad de información confiable y oportuna para la toma de decisiones, teniendo en cuenta que el control es fundamental en el proceso productivo debido a que las consecuencias de su carencia no permiten que los productos estén a la par de las exigencias del mercado y los entes reguladores.

Se desarrolló una metodología basada en la filosofía Seis Sigma que permitió la cuantificación de la calidad en términos del cumplimiento de las condiciones de operación y de las especificaciones tanto del cliente como de las entidades reguladoras. Se utilizó además la metodología AMFE para determinar las variables críticas objeto de estudio. El trabajo inició con la descripción general del proceso y las actividades que se desarrollan en cada puesto de trabajo, posteriormente se identificaron las variables críticas con la frecuencia y método de medición, se identificó el tipo de gráfico de control de acuerdo a la naturaleza de las características del producto a analizar, se tomaron los datos y se calcularon los límites preliminares para iniciar el período de monitoreo de las variables críticas.

En la etapa de análisis se identificaron las causas asignables en equipo con los jefes de proceso y se ejecutaron las acciones correctivas para eliminarlas, se elaboraron los gráficos de control y se calcularon los índices de capacidad y el nivel sigma con el objeto de enfocar los esfuerzos y recursos en las operaciones que requieren una mejora de manera prioritaria.

Culminado el trabajo se concluyó que el proceso cumple con las especificaciones del cliente pero hay que focalizar la atención y ejecutar acciones de mejora para las condiciones de operación donde se obtuvieron índices de capacidad y niveles sigma poco aceptables.

* Trabajo de Grado

** Facultad de Ingenierías Físico Mecánicas. Escuela de Estudios Industriales y Empresariales. Ing. Néstor Ortiz

ABSTRACT

TITLE: Statistical Control of Process by Seis Sigma Methodology Applied in Bovine Benefit Process Frigorifico Vijagual S.A.*

AUTHOR: GÓMEZ G Aura P**

KEY WORDS: Statistical Control, Seis Sigma, Capability Rates, Process, Critical Variables.

DESCRIPTION:

The project was developed in the bovine processing plant from Frigorifico Vijagual SA in response to the need for reliable and timely information for making decisions, taking into account that the control is essential in the production process because the consequences not allow products to be fit for market requirements and regulators.

This paper developed a methodology based on Seis Sigma philosophy that allowed the quality quantification in terms of compliance operating conditions and specifications by client and regulators. It also used the AMFE methodology to determine the critical variables under study.

This work began with the general description of the process and activities that develop in each area, then were identified the critical variables with the frequency and method of measurement, it was identified the type of control graph according to the nature features of the product , were taken data and were calculated limits for the preliminary monitoring of critical variables.

In the analysis stage were identified the assignable causes of process and executed the corrective actions to eliminate them, it were developed control graphs and calculated capability rates and the sigma level in order to focus efforts and resources in operations that require a priority as improvement.

It was concluded that the process carry out with customer specifications but we must focus attention and implement actions to improve operating conditions where sigma levels and capacity rates were less acceptable.

* Work of Grade

** Faculty of Physical Mechanical Engineering Industrial and Business Investigate School. Mr. Nestor Ortiz

INTRODUCCION

La ganadería representa una de las actividades más importantes en Colombia, no sólo por sus aportes directos en la alimentación, sino además por todas aquellas acciones derivadas a partir de la transformación de sus productos. Por esta razón, cada día se busca la manera de convertirla en una actividad económica más moderna, más productiva, más rentable, más solidaria y respetuosa del medio ambiente, para beneficio del productor ganadero y del desarrollo económico, social y ambiental del campo colombiano.

Una de las principales características de la ganadería es que considera al ganado como bien de doble finalidad: bien de consumo y bien de capital. En el primer caso, se reconoce la posibilidad del sacrificio, mientras que con la segunda se considera la posibilidad que el ganado sea destinado para la crianza, ya sea con fines de producción directa (leche) o indirecta, como gestante de nuevos animales.

En frigorífico Vijagual el ganado que se procesa se clasifica dentro de los bienes de consumo. Su sistema de producción contiene una serie de procesos que incluyen producción, conservación y comercialización de toda clase de productos y subproductos de ganado mayor y menor, tales como carnes empacadas al vacío, despostadas y/o refrigeradas, carnes en canal, harinas, sebo, pieles crudas y/o procesadas, cachos, cascotes, bilis, cálculos y embutidos.

En aras de la mejora continua, con el desarrollo de este proyecto de grado se busca la manera de disminuir el porcentaje de defectuosos en el proceso de beneficio, para ello hay que identificar y determinar las principales causas de la variación en los procesos y por ende de los defectos de producción. Aunque las causas de la variación son innumerables, no todo efecto altera la calidad en el mismo grado; mediante una serie de metodologías, técnicas estadísticas y

conceptos básicos de probabilidad se pueden controlar las variables que influyen en el proceso buscando que las necesidades del cliente queden satisfechas al máximo.

1. GENERALIDADES DEL PROYECTO

1.1 OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Implementar el Control Estadístico en el proceso de beneficio de bovinos de la empresa Frigorífico Vijagual S.A. basado en la metodología seis sigma buscando que el personal relacionado con el proceso logre conocer el comportamiento real de las operaciones y adoptar criterios que le permitan identificar y controlar las variaciones anormales y eliminar sus fuentes.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Describir el proceso de beneficio de bovinos de la empresa Frigorífico Vijagual S.A., definiendo en cada puesto de trabajo las operaciones que se desarrollan.
- Determinar las variables críticas que intervienen en el proceso de beneficio de bovinos.
- Establecer rangos y parámetros medibles que permitan evaluar el comportamiento de las variables significativas en el proceso.
- Evaluar la estabilidad y la capacidad del proceso de beneficio de bovinos estableciendo índices que permitan analizar si las operaciones se realizan dentro de las especificaciones.
- Desarrollar un plan de mejoramiento de la calidad basado en los resultados de las evaluaciones realizadas.
- Diseñar un programa de capacitación y retroalimentación con el personal teniendo en cuenta los resultados obtenidos.

1.2 ALCANCE

El proyecto inicia con el reconocimiento y valoración actual del proceso de beneficio de bovinos de Frigorífico Vijagual S.A. identificando variables medibles que den paso a evaluar el comportamiento de las operaciones críticas, proporcionando criterios de control confiables que permitan identificar condiciones anormales, aplicar herramientas estadísticas y gráficos de control para monitorearlas. Una vez ajustado el proceso y disminuida su variación se evaluarán y analizarán los índices de capacidad y la capacitación del personal en la aplicación de la metodología y las herramientas utilizadas.

2. GENERALIDADES DE LA EMPRESA

2.1. IDENTIFICACION DE LA EMPRESA

Nombre: Frigorífico Vijagual S.A.

Nit: 804002981-6

Dirección: La planta de producción se ubica en el km 8 vía B/ga - Rionegro

Ciudad: Bucaramanga – vereda Vijagual

Teléfono: 6300177 Fax: 6305154

Email: vijagual.gerencia@incusan.com.co

Tipo de sociedad: Sociedad anónima

Número de empleados: 350

Representante legal: Gabriel Enrique Muñoz

Objeto social: Sacrificio de animales bovinos, procesamiento y comercialización de carne fresca, refrigerada, empacada al vacío y vísceras para consumo humano

2.2. RESEÑA HISTORICA

El 28 de noviembre de 1996 se funda la empresa en el Km 8 vía Bucaramanga – Rionegro, como Sociedad Anónima, inicialmente denominada Central de Sacrificio y Frigorífico de Santander – Frigosan S.A., y posteriormente cambio de denominación social a Frigorífico Vijagual S.A.

En junio de 1997 se dio inicio al proyecto de diseño y gestión de la construcción, adquisición y montaje de equipos y el funcionamiento de la planta con la nueva infraestructura bajo la dirección de una firma especializada.

El 7 de Febrero de 1998 se inició la construcción y nueve meses después, durante los meses de Noviembre y Diciembre de 1998 se empezaron a sacrificar bovinos y porcinos a pequeña escala con un promedio de 30 reses diarias y el 7 de Enero de 1999 se efectuó el primer sacrificio completo de 240 reses para Bucaramanga.

El Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos – INVIMA y el Instituto Colombiano Agropecuario – ICA organismos gubernamentales de inspección y control declararon al Frigorífico como apto para la exportación de carne y fue certificado en el año 2000 como Matadero Clase I.

Entre el 2001 y el 2005 se recibió autorización por parte de Venezuela, Aruba y Curazao para exportar a estos países, desde entonces se han realizado exportaciones en canal y carne despostada de bovinos.

En el mes de marzo de 2002 se inició el proceso de diseño e implementación del Sistema de Gestión de la Calidad ISO 9001: 2000 bajo la asesoría del SENA, en marzo de 2003 se hizo la pre-auditoria con el ICONTEC y en agosto de 2003 se realizó la Auditoría de Certificación con el ICONTEC quien otorgó los Certificados ISO 9001:2000 (ICONTEC e IQNET) en el mes de Octubre del mismo año con vigencia de tres años.

En el año 2003 se desarrolló el proyecto de producción más limpia en el Frigorífico con la asesoría de ECOPROFIT, trabajando en el uso eficiente del agua y de la energía. En diciembre del mismo año se inicia el proceso de ajuste de documentación e implementación del Sistema HACCP: Análisis de Peligros y control de Puntos Críticos, con asesoría del Centro de Desarrollo Productivo de Alimentos (CDPA).

En el año 2004, la empresa gana el premio a MEJOR DESEMPEÑO AMBIENTAL, dado por el Nodo de Producción más Limpia de Santander. Entre el 2004 y el 2005, se pavimenta la línea de beneficio de bovinos, se inicia la construcción de seis nuevos cuartos fríos, ampliación sala de desposte, el diseño y operación de

Caldera a carbón, construcción de otro tanque de almacenamiento de agua potable y mejoramiento de diseño y operación de la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR). Se abren dos Puntos de Venta de Carnes Kikes, uno en Cabecera y otro en Cañaveral.

En el año 2006 entran en funcionamiento los cuartos fríos, la sala de desposte y el área de embutidos recién construidos. Además se adecua el Tanque de almacenamiento de agua de 700 m3. Se hace la ampliación del tanque de igualación para aguas residuales, se renueva la Certificación del Frigorífico como Clase I, se solicita la pre-auditoria del sistema HACCP, se inician los procesos del área de embutidos y se tramitan los registros sanitarios de los mismos. Se inicia la construcción del Laboratorio Vijagual y compra de equipos, para entrar en funcionamiento en el año 2007.

Durante el año 2007 se abren los puntos de venta de Carnes Kikes en Girón, Piedecuesta, Guarín y Bogotá. En el mes de marzo se inicia la asesoría para la Certificación HACCP, se renueva la Certificación para Exportación expedida por el ICA, se renueva el permiso de vertimientos con vigencia de 5 años y se inicia montaje de más corrales, construcción de otro tanque de igualación, de otro tanque de agua potable y filtro sanitario de vísceras y cargue.

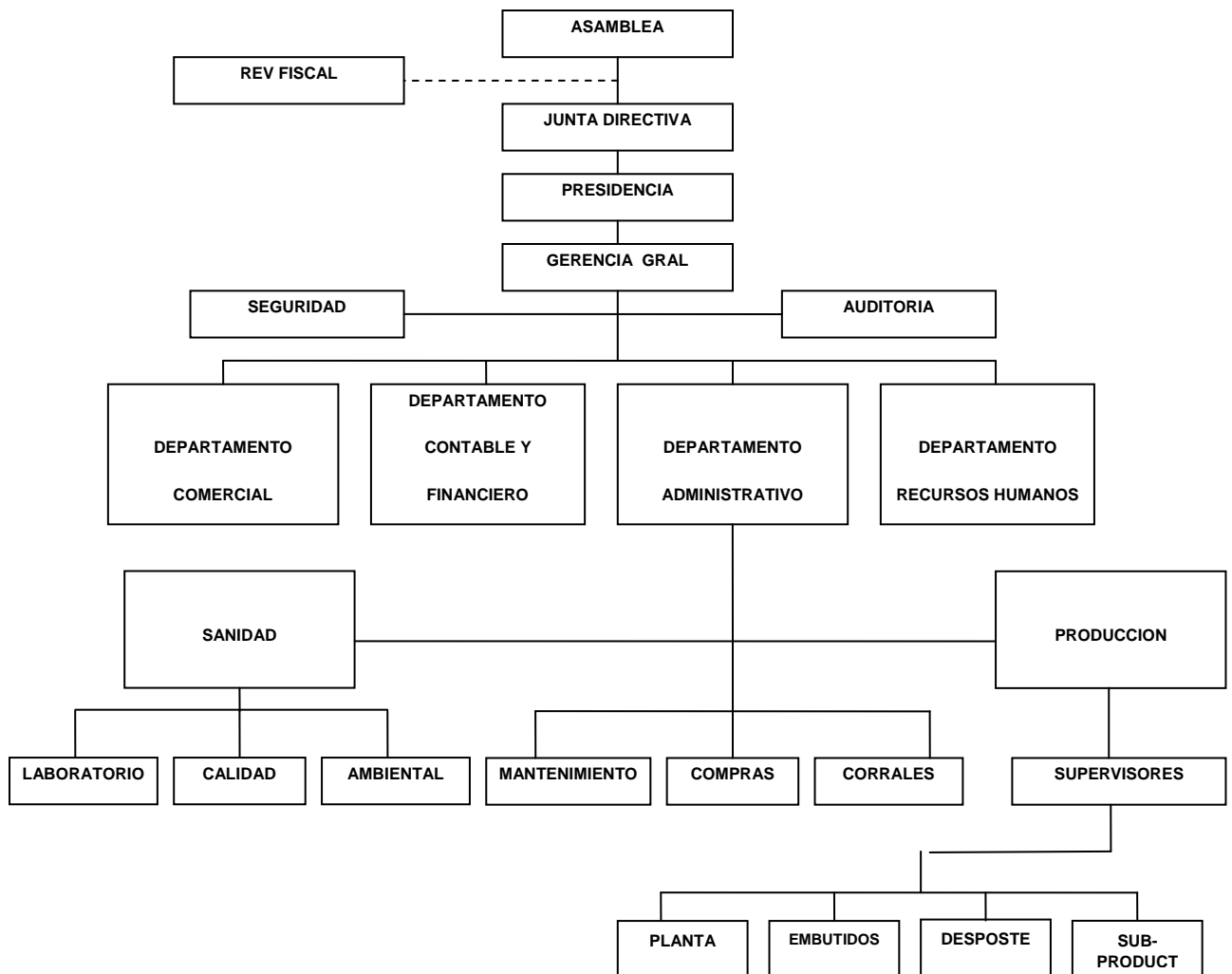
Actualmente la gerencia de la empresa se encuentra a cargo del Ingeniero John Edison Barbosa, se adelantan reformas en la infraestructura y ampliación de las instalaciones de la planta debido a que la demanda de los productos y servicios de la empresa a aumentado, se sacrifican diariamente un promedio de 900 bovinos entre mercado local y exportación.

2.3. ESTRUCTURA

FRIGORIFICO VIJAGUAL S.A. cuenta con una estructura funcional soportada por una Asamblea de Socios que a su vez, nombra a la Junta Directiva que determina

las políticas de la empresa y elige al Gerente de quien dependen las áreas de mercadeo, planta, recursos humanos y contable. En el área técnica y administrativa cuenta con el apoyo de la empresa Incubadora de Santander S.A., sociedad controlante que ejerce influencia dominante en las decisiones de los órganos de administración del Frigorífico Vijagual S.A.

Figura 1. Organigrama Institucional



Fuente: Dpto. de Calidad. Frigorífico Vijagual

2.4. MISION

Satisfacemos las necesidades de productos y servicios en el sector alimentos cárnicos, cumpliendo con las expectativas de clientes, accionistas, colaboradores y comunidad en general.

2.5. VISION 2015

Frigorífico Vijagual será la mejor empresa Colombiana proveedora de servicios y productos cárnicos en todas sus manifestaciones.

2.6. SERVICIOS

Los servicios que presta la empresa son:

- El servicio de beneficio y procesamiento de ganado mayor y menor
- El servicio de corrales y bascula o pesaje de ganado mayor y menor
- La comercialización al por mayor y al detal de ganado mayor y menor
- La producción, conservación y comercialización de toda clase de productos y subproductos de ganado mayor y menor, tales como carnes empacadas al vacío, despostadas y/o refrigeradas, carnes en canal, harinas, sebo, pieles crudas y/o procesadas, cachos, cascotes, bilis, cálculos, embutidos y demás productos y subproductos derivados del sacrificio de ganado.
- La prestación del servicio público en forma directa o intermedio de empresas de transporte legalmente constituidas
- El arrendamiento de bienes muebles e inmuebles
- El curtido y preparado de pieles.

3. DESCRIPCION DEL PROCESO

3.1 GENERALIDADES DEL PRODUCTO

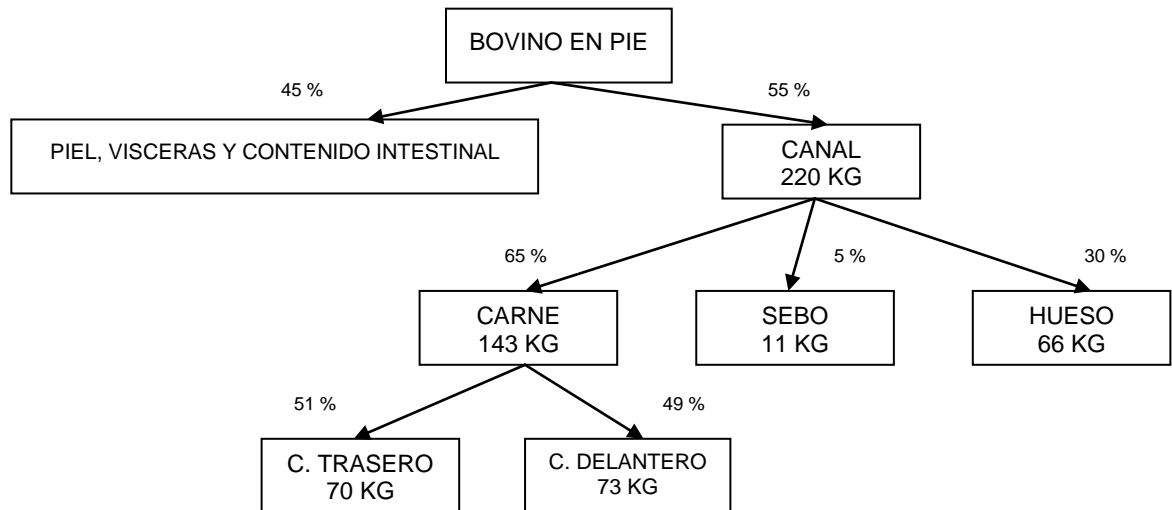
3.1.1 Productos. En Frigorífico Vijagual S.A. se procesa y comercializa carne fresca principalmente de bovinos ya sea en canal o despostada y empacada al vacío, vísceras para el consumo humano y una serie de subproductos derivados del proceso de sacrificio, faenado y desposte tales como:

- Pieles: Venta a terceros para curtiembres
- Sangre: Materia prima para el proceso de elaboración de harina de sangre
- Sangre fetal: Uso clínico en laboratorio externo
- Bilis: Venta a terceros como materia prima para la elaboración de vacunas y productos veterinarios
- Contenido ruminal: Materia prima para el proceso de compostaje
- Borla: Materia prima para pinceles y brochas
- Cascos y cachos: Venta a terceros como materia prima para la elaboración de peines
- Grasas y sebos: Venta para elaboración de jabones, velas, entre otros
- Cálculos: Venta como materia prima de circuitos electrónicos

La carne es un producto de consumo humano en casi todo el mundo, en Colombia principalmente la de bovino es muy apetecida y su nivel de demanda es significativo respecto a la de otros tipos.

La composición de un bovino promedio procesado en frigorífico Vijagual es la siguiente:

Figura 2. Composición de un bovino promedio



Fuente: Ficha técnica. Requerimientos de materia prima. Frigorífico Vijagual S.A.

3.2 DESCRIPCION GENERAL DEL PROCESO

El proceso de beneficio de bovinos que se desarrolla en la planta de procesamiento de Frigorífico Vijagual, consta de varias etapas que se describen a continuación y se esquematizan en el diagrama de flujo del Anexo A. Diagrama de flujo del proceso de beneficio de bovinos.

3.2.1 Recepción. Consiste en el paso de los animales desde los vehículos o su entrada a pie, para su alojamiento en los respectivos corrales de recibo. Los bovinos son recibidos a cualquier hora del día. El conductor trae la Guía Sanitaria de Movilización Interna, que indica el estado de vacunación de los ganados. Se verifica el número de animales que trae, sexo y su estado físico y se diligencia el formato de control de entrada y salida de bovinos, si se tiene alguna observación sobre los animales, el Coordinador de Corrales o el Guardia de Seguridad hace la anotación en este formato. Los bovinos son colocados en el corral de recibo que les

corresponde según el orden de llegada. Si los bovinos llegan en la noche son recibidos por el Guardia de seguridad asignado, se hace el mismo procedimiento y se registra la información en el tablero del central para conocimiento de los comercializadores.

3.2.2 Pesaje y lavado. Según el orden de llegada de los bovinos, éstos son marcados y pesados por los operarios de corrales. El código que le corresponde a cada uno de ellos es un consecutivo mensual y es dado por el Auxiliar en báscula. Los bovinos son marcados con el número consecutivo asignado teniendo en cuenta que los de piel oscura van con tinta clara y viceversa, luego de salir de la báscula electrónica y registrar en el Software de ganados el peso, se imprime el DI-PLB-02: Kilaje (Documento que identifica la propiedad, número interno del animal, sexo y peso de cada bovino) y el DI-PLB-01: Resumen de Pesaje del Lote (Documento que muestra los datos de todos los bovinos pesados en el lote correspondiente), los cuales son la base para el planillaje.

Los bovinos siguen transitando por la manga de movilización hasta la ducha, donde se lavan por un tiempo aproximado de 2 minutos y posteriormente son trasladados a los corrales que corresponden a cada grupo.

3.2.3 Inspección ante-mortem. Consiste en la inspección sanitaria que se efectúa sobre todos los animales recibidos en la planta de beneficio, con el fin de detectar la presencia de enfermedades y por consiguiente permitir la separación de los animales sanos de los enfermos. Esta labor es realizada por el Médico Veterinario de la Autoridad Sanitaria y por el Médico Veterinario de la empresa (coordinador de planta o jefe de producción) entrenado para tal fin. Es importante que todo el personal de la planta de beneficio sepa apreciar las manifestaciones propias de los animales sanos y las de enfermos, así se garantiza la obtención de carnes sanas e higiénicas. Los animales dudosos desde el punto de vista sanitario son rechazados y ubicados en el

corral de observación, donde se le realiza una inspección más exhaustiva para determinar su destino. Animales sanos y enfermos no se benefician conjuntamente.

3.2.4 Insensibilización. Después del período de reposo y la inspección ante-mortem, los animales son conducidos por la manga hasta el cajón de noqueo; previamente son bañados con agua fría. El uso de agua fría a presión limpia las suciedades de la piel y posibilita que la sangre se concentre en los grandes vasos sanguíneos, lo cual permite una sangría adecuada que favorece la conservación de la carne y ayuda a que su color sea más atractivo. El lavado, también retira algunos parásitos externos y facilita el avance del animal por el pasillo de conducción. Después de practicado el baño externo, el animal se conduce hasta la caja de insensibilización.

Con el propósito de evitar las posibles lesiones que normalmente se ocasionan con palos, varillas u otros objetos, al golpear los animales, el operario de planta hace uso moderado de un tábano eléctrico de 60 voltios.

El animal llega al cajón de noqueo donde es insensibilizado ocasionándole la pérdida del conocimiento antes de ser desangrados. El operario utiliza una pistola neumática o de impacto, la cual se coloca contra el cráneo del animal y se aprieta el gatillo que dispara un cartucho sin bala el cual impulsa un tornillo cautivo que retrocede instantáneamente. Para la insensibilización de animales, está totalmente prohibido el uso de mazas y clavos, porque estos métodos se consideran demasiado crueles.

Después de efectuada la insensibilización, el operario libera la puerta lateral giratoria del cajón de insensibilización, con el objeto de permitir que el animal se desplace hasta el área de izado. Cuando se encuentra el animal en el área de izado, otro operario le coloca un grillete en la pata izquierda por debajo del corvejón y el conjunto (grillete - animal) se eleva lo más alto posible, por encima del riel de

trabajo, con la ayuda de un diferencial manual o eléctrico. Al animal es lavado nuevamente para limpiar y mejorar la apariencia de la piel.

El izado del animal para su sangría y faenado tiene las siguientes ventajas:

- ◆ Evita ensuciar amplios espacios
- ◆ Ahorra mano de obra en la limpieza constante
- ◆ Economiza agua de limpieza
- ◆ Favorece la recolección de la sangre
- ◆ Evita la contaminación de la carne con la manipulación excesiva
- ◆ Favorece la presentación y el almacenamiento de la carne
- ◆ Facilita el transporte durante la faena
- ◆ Reduce el espacio y favorece el trabajo en línea
- ◆ Evita el contacto con superficies que puedan contaminar el producto.

3.2.5 Degüello y sangría. El operario con un cuchillo hace la incisión en la piel y luego introduce otro cuchillo hasta el corazón para realizar la sangría que debe ser por los menos de dos minutos antes de cortar la cabeza mientras se raya la piel hasta el ombligo. Paralelamente, a partir del corte que se efectuó para la sangría, otro operario separa la cabeza seccionando las vértebras que unen a ésta con el cuello; previamente con las tijeras descornadoras se cortan los cachos y se colocan sobre una canastilla. Otro operario corta las manos y las coloca junto con la cabeza en el riel respectivo, el cual las desplaza a la zona de tratamiento de cabezas y patas para ser inspeccionadas.

3.2.6 Anudado de recto. El animal sigue en el riel y pasa al desuello de piernas (se explica en la etapa posterior), se cortan las patas y se hace la transferencia, este proceso comprende las operaciones que permiten el paso del animal desde el diferencial de izado hasta el riel de trabajo, cuyo objetivo es permitir su colgado de las dos patas para facilitar las labores de faenado, a partir de este momento el

desplazamiento del bovino por el riel se hace desde un control de mando ubicado en la máquina despieladora.

Cuando el animal, aún se encuentra en la zona de transferencia, el operario realiza el anudado del recto, introduciendo el recto en una bolsa plástica y sujetándola con una liga para evitar la contaminación posterior de la canal con materia fecal en el momento de retirar la víscera blanca (estómagos e intestinos). Para evitar el desprendimiento del recto, con el cuchillo se raya previamente la cola y se continúa el corte alrededor del ano.

3.2.7 Desuello.

- **Desuello de pierna**

Consiste en desprender la piel de las piernas, el operario con un cuchillo manual preferiblemente curvo, desprende la piel de la pierna 2 y luego otro operario hace el de la pierna 1, con el cuidado de no romper la piel ni rayar los cortes de la pierna.

- **Desuello medio**

El operario en la plataforma 2, marca la canal según se indica en la planilla de sacrificio líneas mayores. La canal va marcada en las costillas con el número de ingreso que se le asignó en Vijagual. Esta marca identifica toda la canal para mantener la trazabilidad de la misma. Paralelamente un operario derecho realiza el desuello de la sobrebarriga 2 y el operario zurdo hace el desuello de la sobrebarriga 1, esto se hace con cuchillos neumáticos.

- **Desuello de brazos**

Consiste en retirar la piel de los brazos y cuello. Para lo anterior, el operario con cuchillo manual, desprende la piel de brazos, lo cual facilita el desuello mecánico.

- **Desuello de Cadera**

El operario de la plataforma de cadera, con ayuda del cuchillo curvo o cuchillo neumático retira la piel de la cadera para proteger la grasa de la chata y evitar que esta se vaya en la piel cuando esté actuando la máquina despieladora.

- **Desuello de la región dorsal y separación total de la piel**

La región dorsal aloja la parte más valiosa de la piel y por consiguiente, se debe retirar con el mayor cuidado posible.

La planta cuenta con una máquina despieladora para la extracción de la piel, ya que permite mayor eficiencia que los métodos manuales y disminuye el peligro de contaminación de la carne. Además dos operarios le ayudan a la máquina durante el desuello mecánico soltando la piel de los lados para que la despieladora no llegue a rasgar la carne.

3.2.8 Abertura del pecho. El bovino llega al área de la sierra esternón, el operario raya el pecho con cuchillo manual, y luego con la sierra esternón hace la abertura del pecho, teniendo la precaución de no romper el paquete visceral. Se desprende la tráquea y el esófago. El bovino avanza a la plataforma de eviscerado.

3.2.9 Evisceración

Este proceso consiste en separar del animal los órganos genitales, las vísceras blancas y las rojas. Para el efecto se procede de la siguiente manera:

- **Extracción de la víscera blanca**

Se efectúa practicando una incisión en la línea media ventral que permita la extracción de los órganos genitales, los intestinos y estómagos. Esta labor se facilita porque el operario se ubica sobre una plataforma de trabajo.

Antes de extraer la víscera blanca del animal, se debe tener la precaución de retirar el bazo. Para la extracción de la víscera blanca, se procede a retirar en conjunto, los diferentes órganos, a partir de la terminación de los intestinos.

El aparato digestivo es la fuente más peligrosa de contaminación de la carne y por esto, se debe evitar el desgarre de las vísceras y la extracción de las mismas antes de treinta minutos de haber transcurrido la insensibilización, puesto que, después de ese tiempo, el músculo se relaja, las paredes intestinales se dilatan y se presenta un paso de microorganismos del interior de éstos hacia la carne.

- **Separación de la Viscera Roja**

Mediante esta operación, se retira el conjunto de órganos conformado por el hígado, corazón, bazo, pulmones, tráquea, riñones y el esófago.

Para someterla a la inspección sanitaria, esta víscera se cuelga en un arbolito, donde permanece hasta que el Médico Veterinario realiza la inspección post-mortem y decide su destino final.

3.2.10 Arreglo y limpieza. Después de separadas las vísceras, se procede a la división de la canal en dos mitades o medias canales por el centro de la columna vertebral. Esta operación la efectúa el operario con la Sierra Canal, dejando la cola para el lado izquierdo. El cliente puede requerir la canal sin cola.

Luego de dividida la canal, se retira, manualmente, la médula espinal y se practica un movimiento del antebrazo de arriba hacia abajo para posibilitar la salida de los coágulos que normalmente se depositan en los grandes vasos sanguíneos, además se hace limpieza de la canal, para retirarle los excesos de grasa.

3.2.11 Lavado. Esta práctica se realiza mediante chorros de agua potable a presión, los cuales permiten retirar las suciedades que hayan podido impregnar la canal durante el proceso de faenado. La Asistente de Calidad hace control del pH y cloro residual del agua, registrando la información en respectivo formato; además se hacen monitoreos microbiológicos y físico-químicos del agua según el plan de muestreo.

3.2.12 Pesaje canal caliente. Posteriormente, el operario traslada las canales a la báscula del riel No. 1, donde se pesan y automáticamente la información queda almacenada en el Software de Ganados.

3.2.13 Desinfección de la canal. Las canales ingresan al salón de oreo, donde el operario hace la aplicación de ácido láctico al 2% a todo el cuerpo de la canal en su cara interna y externa, en forma de zig-zag en dirección descendente y uniforme. El ácido láctico se utiliza como acidulante en la industria alimentaria debido a sus propiedades antimicrobianas y a su perfil de sabor ácido suave. Las canales bovinas se acidifican para intensificar su sabor e incrementar el período de conservación debido a que se disminuye la carga bacteriana y conlleva a un buen proceso de maduración de la carne. El ácido láctico produce una disminución del pH, esta disminución produce la desnaturalización proteica, facilitando la degradación de las proteínas fundamentalmente por proteasas: ácidas (catepsina B y D) y neutras (factor activado por el calcio - CAF). La desnaturalización proteica favorece la exudación, es decir la liberación de agua. Las proteínas desnaturalizadas no son capaces de mantener el agua ligada. Esta exudación determina las propiedades de jugosidad que tendrá la carne.

Si se realiza una correcta aplicación de ácido láctico en la operación de desinfección del proceso, se obtendrán niveles de pH aceptables para una canal refrigerada, aunque estos valores no determinan del todo la calidad de la carne, sirven como punto de referencia para evaluarla. El rango de valores tolerables sobre los que debe fluctuar el pH está entre 5.5 y 6.2 para canal refrigerada.

3.2.14 Oreo. Luego de la limpieza y la aplicación del ácido láctico, las canales permanecen en el salón de oreo hasta cumplir un tiempo aproximado de 20 minutos con el fin de bajar la temperatura y dar paso al proceso de maduración antes de ingresar al cuarto frío.

3.2.15 Refrigeración. Las canales de un mismo lote de beneficio, son almacenadas en una cava específica, previamente limpia y desinfectada, en ningún momento se pueden mezclar canales de exportación con canales de beneficio local. Las cavas deben estar a una temperatura entre -2°C y 2°C para que las canales alcancen una temperatura al hueso entre 0°C y 7°C .

Esta operación de refrigeración aplica para las canales que van a cavas, las canales que se procesan para plazas locales se entregan en caliente a la empresa transportadora.

Luego de la refrigeración y dependiendo del tipo de negociación que se haga con los clientes se desarrollan otro tipo de procedimientos como son el desposte, el empaque, el termo-encogido, el almacenamiento, entre otros, que aunque forman parte del proceso no serán materia de estudio ya que nos enfocamos específicamente en la línea de beneficio.

4. MARCO TEORICO

4.1 ¿QUE ES SEIS SIGMA?

Seis Sigma representa una métrica, una filosofía de trabajo y una meta. Como métrica, Seis Sigma representa una manera de medir el desempeño de un proceso en cuanto a su nivel de productos o servicios fuera de especificación. Como filosofía de trabajo, significa mejoramiento continuo de procesos y productos apoyado en la aplicación de la metodología Seis Sigma, la cual incluye principalmente el uso de herramientas estadísticas, además de otras de apoyo. Como meta, un proceso con nivel de calidad Seis Sigma significa estadísticamente tener un nivel de clase mundial al no producir servicios o productos defectuosos (0.00189 ppm, proceso centrado y hasta 3.4 ppm, proceso descentrado de 1.5σ)¹.

4.1.1 Seis Sigma y la mejora de la calidad. Técnicamente, calidad Seis Sigma equivale a un nivel de calidad con menos de 0,0000034 defectos por oportunidad (3,4 defectos por millón de oportunidades). Desafortunadamente, no hay una regla inmediata, sencilla y fácil para alcanzar tal nivel de calidad. Seis Sigma es una metodología que ayudara a alcanzar un objetivo.

Seis Sigma es una metodología sistemática para reducir defectos de forma proactiva, concentrándose en la mejora de los procesos más que reaccionando corrigiendo fallos una vez ocurridos. Se basa en mediciones más que en experiencias pasadas, por ello es una metodología aplicada a un amplio campo de actividades empresariales.

¹ Seis Sigma. Metodología y Técnicas. Edgardo Escalante. Pág. 17

Cualquier trabajo de mejora de calidad requiere actuaciones sistemáticas y la ayuda de la estadística, sean a largo o corto plazo. Basada en la utilización de la estadística tal y como han establecido numerosos “gurus” de la gestión empresarial. Basado en los conceptos Shewhart, Deming, Juran y Taguchi y desarrollado por Mikel Harry. A corto plazo aporta soluciones rápidas a problemas sencillos o repetitivos; a largo plazo aporta una metodología de diagnóstico, diseño robusto, establecimientos de tolerancias, al tiempo que aporta un medio sencillo de comunicación y establecimiento de metas.

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

La calidad es cuantificable y debe cuantificarse. Para cuantificar la calidad hay que expresar la calidad en números. Cuantificar la calidad en números y llevar a cabo acciones concretas para su mejora nos asegura que la calidad mejorará.

4.1.3 Medición Seis Sigma. Para medir la calidad hay que expresar la calidad en cifras y actuar en función de los valores medidos, estos dos principios tan simples dan lugar a una metodología de mejora continua de calidad.

Esto es cierto para la fabricación de productos, para la presentación de servicios y para el diseño de nuevos productos.

Para establecer una sistemática Seis Sigma es necesario que se establezcan ciertos parámetros de medida cuyo conjunto aportara el valor sigma de los procesos,

productos, proveedores, talleres, departamentos etc. Es de gran utilidad expresar estos valores en una grafica en función del tiempo.

4.1.4 DPMO. Para cuantificar la calidad en cifras se utiliza el DPMO (Número de defectos por millón de oportunidades).

Cada uno de los parámetros que se vayan a medir pueden implicar una o varias oportunidades, por ello se expresan los defectos por millón de oportunidades de la forma:

$$\text{DPMO} = (\sum \text{defectos} / \sum \text{oportunidades}) \times 1.000.000$$

4.1.5 Nivel Sigma. “Sigma σ ” es usada en estadística como una medida de variación. La estrategia Seis Sigma, mide el grado en el cual el proceso se desvía de su meta. El análisis de los defectos por millón y de sus correspondientes de los valores de sigma dará una orientación acerca de las cuales son los procesos que tienen mayores potenciales de mejora. Un nivel de calidad “sigma”, indica cuan frecuentemente se debe esperar que ocurran defectos. A mayor nivel de “sigma”, es menor la posibilidad de generación de los defectos. Un nivel de calidad “6 sigma”, equivale a 3,4 defectos por millón de oportunidades.

4.1.6 Desarrollo de la metodología seis SIGMA²

1. Definir

- a) Definir el problema / seleccionar el proyecto. Describir el efecto provocado por una situación adversa, o el proyecto de mejora que se desea realizar, con la finalidad de entender la situación actual y definir objetivos. (Seleccionar el equipo.

² Seis Sigma, Metodología y Técnicas. Edgardo Escalante. Pág. 21.

Preferentemente un equipo interfuncional, con un objetivo definido de manera clara y completa).

2. Medir

- a) Definir y describir el proceso. Definir los elementos de proceso, sus pasos, entradas, salidas y características.
- b) Evaluar los sistemas de medición. Evaluar la capacidad y estabilidad de los sistemas de medición por medio de estudios de repetibilidad, reproducibilidad, linealidad, exactitud y estabilidad.

3. Analizar

- a) Determinar las variables significativas. Las variables del proceso definidas en el inciso a del punto 2 deben ser confirmadas por medio de diseño de experimentos y/o estudios multivariados, para medir la contribución de esos factores en la variación del proceso. Las pruebas de hipótesis e intervalos de confianza también son útiles para el análisis del proceso.
- b) Evaluar la estabilidad y la capacidad del proceso. Determinar la habilidad del proceso para producir dentro de especificaciones por medio de estudios de capacidad largos y cortos, a la vez que se evalúa la fracción defectuosa.

4. Mejorar

- a) Optimizar y robustecer el proceso. Si el proceso no es capaz, se deberá optimizar para reducir su variación. Se recomienda usar diseño de experimentos, análisis de regresión y superficies de respuesta.
- b) Validar la mejora. Realizar estudios de capacidad.

5. Controlar

- a) Controlar y dar seguimiento al proceso. Monitorear y mantener en control al proceso.
- b) Mejorar continuamente. Una vez que el proceso es capaz, se deberán buscar mejores condiciones de operación, materiales, procedimientos, etc., que conduzcan a un mejor desempeño del proceso.

4.2 CONCEPTOS ESTADISTICOS

- Características De Calidad: Las características de calidad pueden considerarse divididas en dos grandes grupos: variables y atributos. Las primeras son aquellas características que son medibles de un modo continuo, y los atributos son características resultado de procesos de conteo, que conllevan ya en si una valoración cualitativa sobre la calidad.
- Media: es el número que se obtiene al dividir la suma de todas las observaciones por la cantidad de observaciones sumadas.

$$\bar{X} = \frac{\sum X_i}{N}$$

Donde:

N=Número de datos

- Desviación estándar: La desviación estándar de un conjunto de datos individuales es una medida de cuanto se desvían los datos del promedio.

$$s = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{N - 1}}$$

Para calcular la desviación estándar de los promedio de los subgrupos, se debe dividir entre la raíz del tamaño del mismo.

$$s_{\bar{x}} = \frac{s}{\sqrt{n}}$$

Donde:

n=Tamaño del subgrupo

- LE: Límites De Especificación; valores extremos, superiores e inferiores, que pueden presentar una cierta variable o característica para que, en lo relativo a esta, ese producto sea considerado como bueno. Con frecuencia se les llama también límites de tolerancia o simplemente tolerancias. El valor nominal (VN) es aquel que idealmente, según diseño, debe presentar la

variable o característica. El conjunto de tolerancia y valor nominal representan el “como debe ser” la característica estudiada.

$$LE \text{ individuales} = VN \pm 3s$$

$$LE \text{ promedio} = VN \pm 1.5s$$

- LC: Límites De Control Del Proceso; marcan el campo de variación de la variable o característica controlada, considerado normal, que no debe ser superado, mientras el proceso se mantenga estable.

$$LC = VN \pm 3s$$

LCI=Límite de control inferior

LCS=Límite de control superior

- Variabilidad Natural: Por tal se entiende que es un intervalo de valores que comprende a la “casi” totalidad de los observados en una característica de un proceso o producto, teniendo en cuenta la distribución estadística de esa característica.

Lo más habitual, es que el intervalo que define la variabilidad natural sea un intervalo centrado en torno al promedio de la característica en el periodo estudiado. Esta variabilidad natural viene a ser el “cómo es realmente” la característica estudiada. Se definen los Límites de Fluctuación Natural del proceso (LFN) como la anchura del intervalo comprendido entre el promedio, mas menos tres desviaciones típicas, es decir, 6σ . Este es el rango real en el cual se está moviendo la variable estudiada.

$$LFN = X \pm 3s$$

- Causas No Asignables de Variación³: Hacen aparecer la variación en el producto aunque todos los agentes relacionados con el proceso trabajen siempre en él

³ Control Estadístico de la Calidad. César Pérez. Capítulo 2, pág. 80.

exactamente igual, y todo el mundo trabaje correctamente, de acuerdo con las normas. Éstas son las causas que todavía no están bajo control técnico, pero que están presentes teóricamente en un número casi infinito. Se llaman causas inevitables, causas de azar o **causas no asignables**, y la variación producida por ellas se llama **variabilidad controlada**.

- Causas Asignables de Variación⁴: Otro tipo de causa es el que produce alguna anomalía en el proceso y origina una variación particularmente grande. Estas anomalías suelen darse cuando sucede algo que no está previsto por las normas de trabajo o no se siguen éstas. Tales causas se pueden eliminar por medio de la tecnología si todo el mundo implicado hace un esfuerzo cooperativo. Estas causas se llaman causas evitables o **causas asignables**, y la variación debida a ellas se llama **variabilidad incontrolada**.

4.3 GRÁFICOS DE CONTROL

Los gráficos de control habitualmente utilizados en el control estadístico de la calidad se crean para representar de una forma ordenada y cronológica las informaciones recogidas sobre el resultado de las operaciones y a lo largo de un período. Estos datos, referidos a períodos unitarios (horas, días, semanas, etc.), pueden ser los valores del diámetro de las piezas fabricadas, la tasa de averías de una máquina, la tasa de defectos en la producción, la tasa de accidentes, o cualquier otra característica de calidad relevante en un proceso. Está claro que estos gráficos son muy útiles para analizar los factores que intervienen en la calidad.

El gráfico se construye dibujando una recta vertical en la que se coloca una escala limitada al rango de valores previsible de la característica cuya calidad se estudia. Horizontalmente se dibujan los puntos correspondientes a los valores que se alcanzan para la característica en los sucesivos períodos o números de muestra. Se

⁴ Control Estadístico de la Calidad. César Pérez. Capítulo 2, pág. 80.

dibuja una recta horizontal al nivel correspondiente al valor medio de los valores obtenidos para la característica en los sucesivos períodos o muestras, y dos rectas paralelas correspondientes a los rangos superior e inferior de desviaciones admisibles. La interpretación visual directa del gráfico de control permite apreciar fácilmente si los resultados son normales o anormales o si están conformes con los resultados esperados⁵.

El uso del control estadístico de procesos lleva implícitas algunas hipótesis que se describen a continuación:

- 1) Una vez que el proceso está en funcionamiento bajo condiciones establecidas, se supone que la variabilidad de los resultados en la medición de una característica de calidad del producto se debe solo a un sistema de causas aleatorias, que es inherente a cada proceso en particular.
- 2) El sistema de causas aleatorias que actúa sobre el proceso genera un universo hipotético de observaciones (mediciones) que tiene una Distribución Normal.
- 3) Cuando aparece alguna causa asignable provocando desviaciones adicionales en los resultados, se dice que el proceso está fuera de control.

El control de calidad consiste esencialmente en medir las características de calidad de un producto, compararlas con las especificaciones o requisitos y, cuando existe discrepancia, realizar las correcciones adecuadas.

Para obtener un producto de calidad se necesita producir con la precisión que desean los clientes, en unas instalaciones en las que se pueda obtener la exactitud requerida. Para conseguirlo, se debe disponer de un programa de control de

⁵ Tomado de Control Estadístico de la Calidad de César Pérez, Capítulo 2, página 86.

procesos que permita realizar la medición, el análisis, tomar decisión oportuna y emprender la actuación necesaria⁶.

- Control por variables y por atributos: En estadística juegan un papel característico y diferenciador las variables cualitativas y las variables cuantitativas. En el control por variables las características que se controlan están constituidas por mediciones precisas de dimensiones, como longitudes, diámetros, pesos, etc. (variables cuantitativas), mientras que en el control por atributos se realiza una clasificación entre los productos que cumplen una cierta característica de calidad y los que no la cumplen (variable cualitativa)⁷.

4.4 AMFE

El Análisis Modal de Fallos y Efectos (AMFE) es una metodología de trabajo en grupo muy estricta para evaluar un sistema, un diseño, un proceso y/o un servicio en cuanto a las formas en las que ocurren los fallos. Para cada fallo, se hace una estimación de su efecto sobre todo el sistema y su seriedad.

Además, se hace una revisión de las medidas planificadas con el fin de minimizar la probabilidad de fallo, o minimizar su repercusión.

Puede ser muy técnico (cuantitativo) o no (cualitativo), y utiliza tres factores principales para la identificación de un determinado fallo.

Estos son:

- Ocurrencia: frecuencia con la que aparece el fallo.
- Severidad: la seriedad del fallo producido.

⁶ Tomado de Control Estadístico de la Calidad de César Pérez, Capítulo 2, página 307.

⁷ Tomado de Control Estadístico de la Calidad de César Pérez, Capítulo 2, página 310.

- Detectabilidad: si es fácil o difícil detectar el fallo.

4.4.1 Tipos de AMFE. Se pueden distinguir tres tipos de AMFE según el tipo de proceso para el que se aplique:

- AMFE de diseño o desarrollo, aplicado a procesos de diseño de nuevos productos.
- AMFE de procesos, aplicado a procesos de fabricación de un producto.
- AMFE de sistemas, aplicado a todos los procesos de la vida de un producto.

4.4.1.1 AMFE de proceso. Se trata de identificar y corregir cualquier fallo potencial o conocido. Una vez identificados, son ordenados y se les asigna una prioridad. En este caso el líder del grupo de trabajo debe ser el ingeniero de proceso o fabricación, ya que es el que mejor conoce las características del mismo. El ingeniero de calidad puede actuar como ayudante.

El AMFE de proceso se centra en minimizar los fallos de producción mediante la identificación de los principales factores que afectan a la calidad del proceso. Estas variables deben ser medidas, controladas, monitorizadas, etc. (control estadístico del proceso).

Define la función de las operaciones del proceso.

- Evalúa los riesgos de fallo del proceso y del producto, así como sus efectos en el cliente, entendiendo por cliente no solo el usuario final del producto, sino la operación siguiente en el flujo de producción.
- Identifica los fallos críticos.

Se puede decir que es una continuación del diseño, y se suele aplicar justo después del primero o de forma concurrente. De todas formas, es mucho más

complejo y requiere de más tiempo y experiencia que el de diseño, ya que los factores que afectan al proceso suele ser mayores en número.

Para realizar un AMFE se realizan tres etapas PEC (Planificar, Ejecutar y Controlar) diferenciadas:

P: planificar el AMFE. Primero se definen en grueso los productos y procesos susceptibles de precisar un análisis, se elige al coordinador de su preparación, los equipos a constituir y los plazos. Después se prepara en detalle: se convierten los objetivos en secuencias sistemáticas que describen claramente el objeto a analizar y se fija la funcionalidad deseable, con lo que se pueden distribuir las tareas entre el equipo realizador.

E: ejecutar el análisis AMFE. Tras estructurar el objeto a analizar, se examinan los componentes y pasos del proceso a potenciales errores, causas, consecuencias y riesgos. Con ello se pretende descubrir puntos débiles y fijar prioridades según su gravedad.

C: controlar los resultados. Para evitar los puntos débiles, primero se proponen acciones correctoras, como mejoras y modificaciones del diseño, detectoras (mediante ensayos adicionales) o reductoras de los efectos (elevar la redundancia).

A cada acción se le asigna un responsable y un plazo. También se vigilan los plazos y el éxito o la efectividad de las acciones planificadas: se comprueba su ejecución y se vuelve a estimar el riesgo tras ejecutarlas. Si es preciso, se planifican nuevas acciones.

- **Metodología**

A continuación, se indican los pasos necesarios para la aplicación del método AMFE de forma genérica, tanto para diseños como para procesos.

Paso 1. Nombre del producto y componente. No solo se incluirá el nombre del producto sobre el que se aplica el AMFE, sino el de todos los subconjuntos y componentes que lo forman.

Paso 2. Operación o función. Se completa de diferente manera según se trate de:

- AMFE de diseño: se incluyen las funciones de cada uno de los componentes
- AMFE de proceso: se reflejan las operaciones que sufren cada uno de los componentes en su proceso de fabricación.

Paso 3. Modo de fallo. Un modo de fallo significa que un elemento no satisface o no funciona de acuerdo con las especificaciones o con lo que se espera de él. Un fallo puede no ser inmediatamente detectable por el cliente y sin embargo hay que considerarlo como tal. Debemos tener en cuenta también los fallos potenciales que solo aparecerían bajo ciertas condiciones extremas de funcionamiento.

Paso 4. Efectos del fallo. Suponiendo que el fallo ha ocurrido, en esta columna se describirán los efectos del mismo tal como lo haría el cliente (tanto interno como externo). Los efectos corresponden al síntoma. Cuando se analice una parte o componente se tendrá también en cuenta la repercusión en todo el sistema. Si un modo de fallo tiene muchos efectos, aunque inicialmente se consideraran todos, en el proceso de “evaluación de la prioridad” solo se tendrá en cuenta el efecto más grave.

Paso 5. Gravedad del fallo. El índice de gravedad (G) o severidad (S) valora el nivel de las consecuencias sentidas por el cliente debidas a los efectos de cada

modo de fallo. Este índice crece en función de la insatisfacción que aparezca en el cliente, la degradación de las prestaciones, la rapidez de aparición de la avería o el coste de reparación.

Para objetivar la asignación de valores a “S” o “G” se utiliza la siguiente clasificación de severidad de cada efecto de fallo.

Paso 6. Características críticas. Siempre que la gravedad sea 9 o 10, y que la frecuencia y detección sean superiores a 1, consideramos el fallo como crítico. Las características asociadas al modo fallo se identificaran en el plan de control, en el documento AMFE, y en el plano si le corresponde.

Paso 7. Causa de fallo. En esta columna se reflejan todas las causas potenciales de fallo atribuibles a cada modo de fallo. Una causa de fallo se define como indicio de una debilidad del diseño o proceso cuya consecuencia es el modo de fallo. Las causas de fallo deben ser descritas de forma concreta y específica.

Paso 8. Probabilidad de ocurrencia. Ocurrencia se define como la probabilidad de que una causa específica se produzca y dé lugar al modo de fallo. Se aplicará un índice de ocurrencia (O) para cada posible causa de fallo. Para calcular “O” debemos tener en cuenta no solo la probabilidad de que se produzca la causa potencial de fallo, sino también la probabilidad de que una vez que ha aparecido la causa, se produzca el fallo. Para reducir el índice de frecuencia conviene cambiar el diseño o mejorar los sistemas de prevención y/o control para impedir que se produzca la causa de fallo.

Paso 9. Controles actuales. En esta columna se reflejaran todos los controles existentes en la actualidad para prevenir las causas del fallo y detectar el efecto resultante. Los controles deben modificarse en caso de que hayan quedado obsoletos.

Paso 10. Probabilidad de no detección. Este índice indica la probabilidad de que la causa y/o modo de fallo, supuestamente aparecido, llegue al cliente. En el AMFE debe estar descrita la forma de detección prevista que, por lo general, será alguno de los sistemas de control utilizados, pero que también puede ser los cálculos de ingeniería, ensayos, etc.

Paso 11. Numero de prioridad de riesgo (NPR). Es el producto de la probabilidad de ocurrencia (O), la gravedad del fallo (G), y la probabilidad de no detección (D). Debe ser calculado para todas las causas de fallo. Las acciones correctoras serán prioritarias para las causas de fallo con mayor NPR, por encima de un valor frontera determinado y con mayor severidad de fallo. Los elegidos para actuar sobre una causa de fallo pueden personalizarse para cada empresa.

Paso 12. Acción correctora. Se hace una breve descripción de la acción correctora recomendada. El orden de preferencia para las acciones correctoras es:

- Cambio en el diseño del producto o servicio
- Cambio en el proceso de fabricación
- Incremento del control o de la inspección
- No sólo hay que atender al NPR sino aquellas causas de fallo con índice de severidad de 10. Con las acciones correctoras solo se pueden cambiar los índices de frecuencia y de detección, ya que la gravedad es algo innato al fallo. Siempre será mejor tratar de prevenir fallos que el detectarlos una vez que se hayan producido.

Paso 13. Definir responsables. Se indican los responsables y si se cree necesario, las fechas de implantación de las acciones correctoras.

5. DIAGNOSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL

5.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El procesamiento de carne bovina ha evolucionado con el tiempo, los requisitos del cliente y de las entidades reguladoras cada vez son más rigurosos obligando al proceso a tecnificarse y mejorar las condiciones del producto final; el avance de las tecnologías innovadoras, ingreso a nuevos mercados, competencia con productos sustitutos, entre otros, que exigen una gran flexibilidad y rapidez del sistema productivo garantizando condiciones óptimas de calidad y sanidad del producto que se ofrece.

Satisfacer al consumidor permite que este repita los hábitos de consumo y se fidelice a los productos o servicios de la empresa, consiguiendo más beneficios, cuota de mercado, capacidad de permanencia y supervivencia de la empresa en el largo plazo. Esto se logra mejorando y controlando los procesos de tal manera que se llegue a un producto de calidad superior.

Dentro del proceso de beneficio de bovinos de Frigorífico Vijagual S.A., se identifican una serie de no conformidades como contaminación de la carne, cortes rotos, canales en descomposición, etc., que alteran el producto final y dejan al consumidor insatisfecho quien se manifiesta ocasionalmente reclamando buenas condiciones en el producto que se le ofrece, esto le ocasiona pérdidas a la empresa por devolución de carne y pérdida de clientes. El CEP se puede implementar como una herramienta que contribuya a la disminución del impacto por eventos fuera de control en el proceso que alteran el producto final.

Es importante encontrar las causas que generan que el producto ofrecido no cumpla con los requisitos exigidos por los clientes y los entes reguladores, para tomar decisiones acertadas sobre información verdadera y controlarlas eficazmente.

Mediante el desarrollo del trabajo de grado se brindaran métodos de control en pro del mejoramiento continuo del proceso y la satisfacción del cliente, apoyado en la aplicación de la metodología Seis Sigma donde principalmente se incluye el uso de herramientas estadísticas, implementando una nueva forma de operar en cuanto a procesos y productos.

5.2 VARIABLES DE LA CARNE EN CANAL PROCESADA EN LA LINEA DE BOVINOS DE FRIGORIFICO VIJAGUAL

Para implementar un control estadístico de procesos inicialmente se debe conocer y estudiar muy bien el proceso en el que se va a trabajar, mediante observaciones e intercambio de ideas con los jefes conocedores del proceso por medio de la metodología de lluvia de ideas se identificaron las principales características del producto que presentan variaciones debido a eventos fuera de control que se presentan en la línea de beneficio.

Las siguientes son las variables y atributos de las canales procesadas en Frigorífico Vijagual S.A. que se identificaron para este estudio.

Tabla 1. Variables y atributos del producto

 VARIABLES Y ATRIBUTOS DEL PRODUCTO 	
OPERACION	VARIABLE / ATRIBUTO
PESAJE	Código de trazabilidad
LAVADO Y LIMPIEZA	Recuento de microorganismos
LAVADO Y LIMPIEZA	Tolerancia cero
OREO	Cortes rotos
OREO	Canales con sebos
REFRIGERACION	pH
REFRIGERACION	Temperatura

Fuente. El autor

5.3 CONDICIONES ÓPTIMAS DEL PROCESO DE BENEFICIO

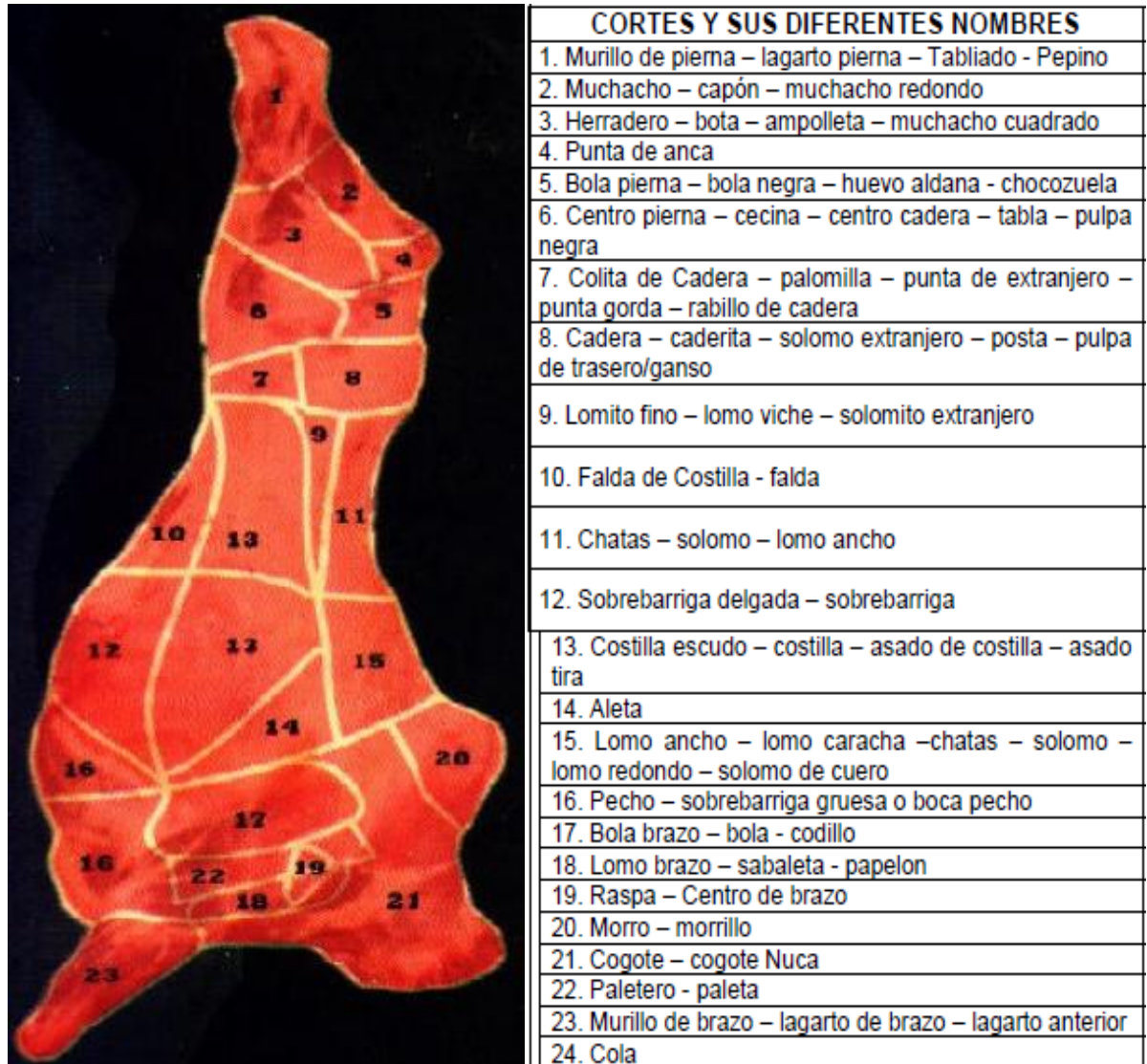
5.3.1 Cortes Rotos. La carne en canal se divide en diferentes partes o cortes con características propias que permiten clasificarlas para su comercialización según las preferencias del cliente. Teniendo en cuenta el tipo de corte se asigna el valor comercial del producto.

Los cortes más apetecidos de la carne de res son los blandos y jugosos como la punta de anca, el lomito fino, el solomito extranjero, por nombrar algunos, y solo viene 1 corte de este tipo por ½ canal, es decir, si se ocasiona un daño a estos cortes se van a generar pérdidas ya que por presentación no cumplirían con los requisitos del cliente.

Lo ideal para el proceso es que el porcentaje de cortes rotos en el producto final sea cero.

A continuación se adjunta la figura 3, donde se muestran los diferentes cortes de carne bovina:

Figura 3. Cortes de Bovino y sus diferentes nombres



Fuente: Ficha técnica de la carne. Frigorífico Vijagual S.A.

5.3.2 Tolerancia Cero. La carne por ser un producto de consumo humano debe cumplir con óptimas condiciones de sanidad e inocuidad, cuando el cliente compra algún alimento no siempre busca satisfacer sus necesidades nutricionales sino

ingerir un alimento agradable y por supuesto que no represente un peligro para su salud.

El concepto de “tolerancia cero” quiere decir que en la canal procesada no deben existir restos de rumen, materia fecal, sangre coagulada, pelos, piel, secreción lactosa, grasa mecánica u otro tipo de agente contaminante producto de fallas en el proceso.

Si mediante una observación visual realizada al final de la línea de beneficio se encuentra presencia de alguno de los agentes contaminantes anteriormente mencionados, se debe apartar la canal inmediatamente y ser reprocesada para eliminar por completo el residuo presente, lo que genera pérdidas de tiempo y costos de producción para la empresa, por tal razón el proceso mejora en la medida en que se elimine la ocurrencia de este tipo de eventos.

5.3.3 pH. La presencia de microorganismos disminuyen el valor proteico de la carne, deteriorándola totalmente y causando olores desagradables, por lo general estos microorganismos se valen de tres factores como son la humedad, la temperatura y el pH.

El pH es un valor que determina si una sustancia es ácida, neutra o básica, calculado por el número de iones de hidrogeno presentes en una disolución, además, es un factor biológico que controla la calidad de la carne, una caída rápida de pH post – mortem produce una carne pálida, blanda y exudativa. Una caída retardada causa carne oscura, seca y firme.

La energía requerida para la actividad muscular en un animal vivo se obtiene de los azúcares (glucógeno) presentes en el músculo. Una vez sacrificado el animal, este glucógeno se convierte en ácido láctico y el músculo y la canal se vuelven rígidos (rigor mortis). Este ácido láctico es necesario para producir carne tierna, y

de buen sabor, calidad y color. Pero si el animal está estresado antes y durante el sacrificio, se consume todo el glucógeno y se reduce el nivel de ácido láctico que se desarrolla en la carne luego de su sacrificio. Esto puede tener efectos adversos muy graves en la calidad de la carne.

Es necesario que el animal no esté estresado ni lesionado durante las operaciones anteriores al sacrificio, para no consumir innecesariamente las reservas de glucógeno muscular. También es importante que el animal esté bien descansado durante las 24 horas anteriores a su sacrificio, con el fin de permitir que el organismo vaya reponiendo el glucógeno muscular lo más posible. También es importante que los niveles de glucógeno en los músculos de la canal sean los más altos posibles, con el fin de desarrollar la máxima cantidad de ácido láctico en la carne. Este ácido le da a la carne un pH ideal - medido 24 horas después del sacrificio - de 6,2 o menos. Un pH a las 24 horas superior a 6,2 indica que el animal estuvo estresado, lesionado o enfermo antes del sacrificio.

El ácido láctico en el músculo tiene el efecto de retardar el desarrollo de bacterias que contaminan la canal durante el sacrificio y el faenado. Estas bacterias deterioran la carne durante su almacenamiento, especialmente en ambientes cálidos y la carne desarrolla olores desagradables, cambios de color y rancidez. En esto consiste el deterioro que disminuye la vida útil de la carne y que conduce al desperdicio de un valioso alimento. Si las bacterias contaminantes son aquellas que producen intoxicaciones los consumidores de la carne se enferman, lo cual resulta en costosos tratos y horas de trabajo perdidas en las economías nacionales. Por lo tanto, la carne que procede de animales que han padecido de estrés o de lesiones antes y durante su manejo, transporte y sacrificio, probablemente tenga una menor vida útil debido a su deterioro. Este es posiblemente la principal causa del deterioro de la carne en el proceso de producción.

5.3.4 Temperatura. Como parámetro se estableció que la carne refrigerada debe cumplir con valores de temperatura entre 0 °C y 7 °C para que se conserve por un periodo de vida útil de 60 días que es lo estipulado según los análisis químicos y microbiológicos.

La temperatura a la que se somete a la canal, tras el sacrificio, puede dar lugar al denominado “acortamiento por frío” que se produce al someter carnes especialmente sensibles como la de bovino a temperaturas inferiores a 10°C antes de la aparición del “rigor mortis”, es decir, en el periodo “pre-rigor”.

Estas temperaturas menores de 10°C pero superiores a la congelación, dan lugar a la liberación de calcio al sarcoplasma hasta inducir contracción y acortamiento del músculo pre-rigor, con los consecuentes cambios no deseados en la dureza de la carne.

La importancia del acortamiento del músculo radica en que, si éste, supera el 40%, se produce exudación de los jugos internos debido a la menor capacidad de retención de agua, con los consiguientes cambios organolépticos no deseados: sequedad, falta de jugosidad, pérdida de valor nutritivo.

Dos son los principales tipos de defectos producidos en la carne en relación con la temperatura y el pH:

CARNE PSE (Pálida, Blanda, Exudativa):

Al producirse una disminución brusca de pH en la canal cuando la temperatura todavía se encuentra en torno a los 37°C (temperatura que tenía el animal en vivo), se produce la desnaturalización de las proteínas: esto hace que no sean capaces de retener agua, y que ésta salga al espacio intercelular, dando lugar a

carnes exudativas, blandas y pálidas (debido a la desnaturalización de la mioglobina).

Estas pérdidas de líquido en la carne también repercuten en su calidad nutritiva, ya que se pierden aminoácidos y vitaminas del grupo B principalmente.

- **CARNE DFD (Oscura, Firme, Seca):**

Son diversos los factores ante-mortem que influyen sobre el curso de los fenómenos post-mortem, los más importantes son los relativos al contenido de glucógeno muscular. El glucógeno puede llegar a agotarse en situaciones de stress para el animal a consecuencia de un aumento en la glucógenolisis y la lipólisis.

Esto se traduce en una reducción del proceso de glucólisis post-mortem, resultando en un pH final mayor del requerido. Como consecuencia, las proteínas tienden a aumentar su capacidad de enlace, y por tanto, su capacidad de retener agua, dando carnes de color oscuro, secas y firmes, debido a la disminución del líquido intersticial.

Con el objeto de evitar los procesos anteriormente citados, es recomendable controlar la temperatura de la canal en continuo, mediante termómetros específicos.

5.3.5 Recuento de microorganismos. Ante la importancia para una Empresa de alimentos como lo es Frigorífico Vijagual S.A de suministrar un producto inocuo para el consumo, se hace vital realizar un monitoreo a lo largo del proceso de tal manera que se pueda establecer un control de los límites técnicos y críticos de control sanitario dentro de los cuales deben permanecer una serie de variables, pudiendo así tomar las medidas correctivas pertinentes en cada caso de manera

inmediata y evitar la presencia de peligros reales que afecten la Calidad de los productos procesados.

La implementación de un Plan de Muestreo en la Industria de Alimentos obedece Los principales tipos de microorganismos a controlar en la carne son:

- Bacteria lactosa-positiva
- Bacteria Coliforme
- Escherichia Coli
- Estafilococos coagulasa-positivo
- Listeria monocytogenes
- Detección de listeria monocytogenes
- Mohos y levaduras clostridium sulfito reductor
- Coliformes
- Salmonella

Para determinar si el producto está contaminado con alguno de estos microorganismos se realizan pruebas de laboratorio 3 veces a la semana.

5.3.6 Código de trazabilidad. En los últimos años existe una creciente preocupación por parte de los consumidores por conocer el origen e historial de procesamiento de los alimentos que consumen, para garantizar que lo que ingieren no va a causar peligro a su salud. Esto hace referencia al término o concepto de “Trazabilidad” la cual inicialmente se demostraba como opción voluntaria, pero actualmente se ha convertido en una necesidad objetiva y está siendo exigida legalmente en las industrias de alimentos, especialmente en las empresas de cárnicos.

En el caso específico de bovinos, la trazabilidad o rastreabilidad, se entiende como la capacidad de mantener identificados los animales, o sus productos, a lo

largo de las cadenas de producción, comercialización y transformación hasta su origen o consumidor final, con el fin de realizar investigaciones epidemiológicas o establecer acciones correctivas en beneficio de la comunidad consumidora y es un componente fundamental de los mecanismos de garantía sanitaria.

Para definir el sistema de codificación y facilitar la ruta de trazabilidad del producto, se define su identificación en cada una de las etapas del proceso iniciando desde la recepción del ganado en corrales hasta el despacho del mismo en el muelle.

Específicamente en la línea de beneficio los bovinos ingresan con el número de identificación que se les asignó en los corrales de recibo y que fue marcado con pintura en la piel del lomo, al retirar la piel dentro del proceso es importante que el operario encargado de marcar en las canales con tinta el código de destino no cometa errores y que durante el transcurso no se borre este código, de lo contrario al finalizar el beneficio no se sabe la procedencia ni el destino de las canales, haciendo que se pierda tiempo en la localización de la canal y muchas veces no se logre este objetivo.

5.3.7 Canales con sebos. La buena presentación que se dé al producto final es muy importante para el consumidor, es un requisito exigente por ser un bien de consumo.

La abundante presencia de sebos hacen ver la canal poco apetitosa, además en el momento del pesaje para la venta no es conveniente pesar al precio de carne los sebos que estén sujetos a la canal, esto hará que el cliente se sienta en desventaja con el producto que está comprando.

Por otra parte los sebos tienen otra finalidad en el proceso y es recolectarse para el área de subproductos ya que estos son vendidos para la fabricación de jabones,

si se deja adherido a las canales se le está cambiando el destino que le corresponde.

En el salón de oreo al finalizar la línea de beneficio se realiza una inspección visual de la presencia de sebos en las canales y en caso de encontrar canales no conformes se apartan para que se les realice la limpieza adecuada.

5.4 AMFE PARA VARIABLES

Se aplicó el Análisis Modal de fallos y efectos para priorizar las variables críticas del producto y enfocar el trabajo en la minimización de los fallos de producción controlando, monitorizando y tomando las acciones necesarias para disminuir el impacto de las variables fuera de control.

Para evaluar los fallos de producción en el proceso de beneficio se tienen en cuenta los tres factores para la identificación de un fallo:



- * Ocurrencia
- * Severidad
- * Detección

La ocurrencia es la frecuencia del evento. La severidad es el grado de efecto o impacto del evento. La detección es el grado de facilidad para su detección.

En la tabla 2 se encuentran los criterios AMFE y los rangos dentro de los cuales se deben evaluar los eventos de una forma muy usual que es en escalas numéricas.

La menor probabilidad de ocurrencia, menos grave o severo y más fácil de identificar el evento corresponde al valor inferior de la escala. Los eventos de mayor frecuencia de aparición, muy graves y donde existe una gran dificultad para su identificación deben tener asignado un valor de 10.

Tabla 2. Criterios AMFE

 FRIGORIFICO VIJAGUAL S.A.			
		CRITERIOS AMFE	
CRITERIO		RANGO DE VALORES	
SEVERIDAD		VALORES DE S	
Baja. No tiene efectos sobre el producto final		1 – 3	
Moderada. Provoca un ajuste en el proceso antes del producto final		4 – 6	
Elevada. El evento es crítico, provocando reproceso o desecho del producto.		7 – 10	
OCURRENCIA		VALORES DE O	
Muy Escasa. Evento inexistente en el pasado		1	
Escasa. Muy pocos eventos en circunstancias pasadas similares		2 – 3	
Moderada. Evento aparecido ocasionalmente		4 – 5	
Frecuente. Evento de cierta frecuencia en el pasado		6 – 7	
Elevada. Evento bastante frecuente en el pasado		8 – 9	
Muy Elevada. Evento se produce frecuentemente		10	
PROBABILIDAD DE NO DETECCION		VALORES DE D	
Muy Escasa. El evento es obvio. Resulta muy improbable que no sea detectado		1	
Escasa. El evento podría pasar algún control, primario pero sería detectado		2 – 3	
Moderada. El evento es una característica de fácil detección		4 – 5	
Frecuente. Evento de difícil detección que con relativa frecuencia llegan al producto final		6 – 7	
Elevada. El evento es de difícil detección mediante los sistemas convencionales de control.		8 – 9	
Muy Elevada. El evento probablemente ocurrirá sin ser detectado		10	
Elaboró: Aura Paola Gómez García		Cargo: Asistente de Calidad	Revisó: Ing. Ana Milena Páez Camacho
		Cargo: Jefe de Calidad	

Fuente. El autor

Teniendo en cuenta los criterios para la evaluación de las variables se diseñó el formato adjunto en el anexo B, donde se califica cada una de ellas y además se describen las causas de ocurrencia del evento, los efectos de una falla para cada variable y los controles que actualmente se realizan en la línea de beneficio. El formato incluye también las acciones correctivas que se deben tomar cuando ocurra el evento.

Para clasificar en orden de prioridad cada una de las variables críticas del producto se utiliza el índice conocido como Número Prioritario de Riesgo (NPR) que es el producto de los valores de ocurrencia, severidad y detección.

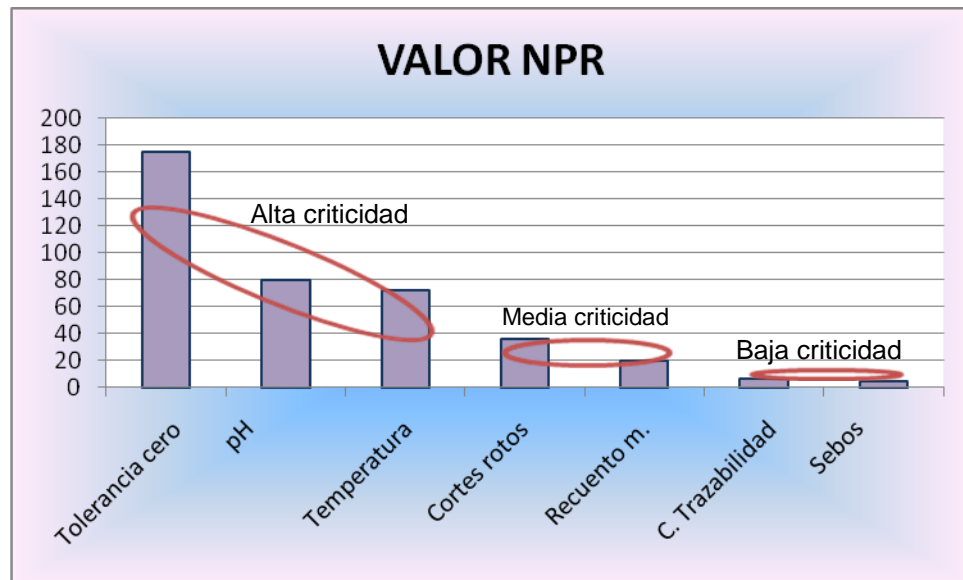
5.5 RESULTADOS DEL AMFE

Tabla 3. Frecuencias para los NPR obtenidos del AMFE

 FRIGORIFICO VIJAGUAL S.A. 	
RESULTADOS AMFE	
VALOR NPR	FRECUENCIA
175	1
80	1
72	1
36	1
20	1
4	1
6	1

Fuente. El autor

Figura4. Gráfico de los NPR para cada variable





Fuente. El autor

Según los resultados obtenidos se logran identificar tres zonas de alta, media y baja criticidad. A la zona de alta criticidad pertenecen las variables tolerancia cero, pH y temperatura que fueron el objeto de estudio, sin embargo, el mejoramiento continuo del proceso hace necesario que luego de este proceso se trabaje con las demás variables en el orden de prioridad hasta conseguir que todo el proceso se encuentre bajo control.

Para cada una de las variables críticas identificadas se elaboró un diagrama de causa – efecto con el fin de determinar las principales causas que originan variaciones en las características del producto y alteran el resultado final del mismo. Para observar los diagramas remítase al anexo C.

Tabla 4. Variables críticas del producto

 VARIABLES CRITICAS DEL PRODUCTO FINAL 	
OPERACIÓN	VARIABLE
LIMPIEZA Y DESINFECCION	Tolerancia cero
REFRIGERACION	pH
REFRIGERACION	Temperatura

Fuente. El autor



5.6 MEDICION Y PROCEDIMIENTO DE MUESTREO

Para determinar el grafico de control adecuado que se va a utilizar, es de vital importancia conocer el tamaño y la frecuencia de la muestra, además, es premisa a tener en cuenta que debe existir equilibrio entre el costo de obtener la información con la confiabilidad de los resultados.

En esta etapa del proyecto se consideró la frecuencia establecida por los jefes de operación y que se encuentra bajo la coordinación del departamento de calidad donde se analizan los resultados de las muestras que diariamente se toman a las variables en la línea de beneficio.

El comportamiento del proceso se analizó durante los meses de junio, julio, agosto y septiembre del 2008, con la información recolectada se establecieron los primeros gráficos de control que ilustran el comportamiento actual y real de las variables críticas del producto.

Tabla 5. Frecuencia de muestreo para las variables críticas

 FRECUENCIA DE MUESTREO PARA LAS VARIABLES CRITICAS 		
OPERACIÓN	VARIABLE	FRECUENCIA DE MEDICION
LIMPIEZA Y DESINFECCION	Tolerancia cero	10 canales por día
REFRIGERACION	Ph	10 canales por día
REFRIGERACION	Temperatura	10 canales por día

Fuente. El autor

5.7 IDENTIFICACION DEL TIPO DE GRAFICO DE CONTROL

El CEP utiliza gráficos de control que dependen del tipo de característica a estudiar y de la naturaleza de cada proceso, esto con el fin de aplicar eficientemente las herramientas estadísticas adaptándolas al proceso y a las condiciones propias de cada uno de ellos.

El gráfico utilizado para cada variable fue el que describiera correctamente el comportamiento de cada una de acuerdo a su naturaleza, en este caso se utilizaron gráficos P, \bar{X} y R de tal forma que generaran información clara que permitiera disminuir el tiempo de reacción ante un evento fuera de control, esto se logró mediante técnicas sencillas de utilizar y de interpretar para que el personal en general pudiera participar en el proyecto y utilizarlas sin necesitar ayuda de especialistas.

Se trabajó con gráficos de control para variables por las características continuas del producto como el pH y la temperatura de la canal refrigerada, utilizando específicamente el gráfico de $\bar{X} - R$, donde se toman muestras de n individuos calculando la media y el recorrido muestral, las muestras se obtuvieron de canales producidas bajo las mismas condiciones de producción.

Para características de calidad no medibles como la tolerancia cero, se utilizó el gráfico de control por atributos, específicamente se trabajó con el gráfico P que se aplica cuando los individuos de un proceso se clasifican en defectuosos – no defectuosos y se desea controlar la proporción p de individuos en uno de estos grupos.

5.8 TOMA Y ANALISIS DE DATOS

Para elaborar gráficos de control por primera vez en la operación, se deben recopilar los datos históricos que correspondan a un proceso “sensiblemente estable”, con esta información se establecen los límites preliminares para cada variable.

En esta etapa del proyecto fue indispensable buscar registros donde aparecían datos del proceso, de allí se seleccionaron los pertenecientes a las variables en estudio y se identificaron los datos correspondientes a condiciones anormales, depurando la información correspondiente a muestras tomadas cuando se presentaron problemas operativos o errores en la tabulación de los datos.

Para obtener los parámetros preliminares se tomaron datos correspondientes a los meses de junio, julio, agosto y septiembre del 2008, teniendo en cuenta que la demanda de este producto ha venido presentando un comportamiento constante.

5.9 DETERMINACION DE LOS LÍMITES DE CONTROL

5.9.1 Límites de control para tolerancia cero. Según los resultados de criticidad la variable más importante a controlar es la tolerancia cero, para ella se aplicó un gráfico P donde los valores a registrar fueron los tomados durante los 4 meses de observación del proceso a 10 canales diarias.

Para calcular la fracción de individuos defectuosos para cada muestra se utilizó la expresión:

$$p_i = \frac{\text{n}^\circ \text{ defectuosos en muestra } i}{n_i}$$

$$i = 1, 2, \dots, k$$

Las muestras se calcularon por semana para que el tamaño de la muestra fuera representativo, es decir, se tomaron 16 muestras de 50 datos cada una. Los datos registrados se adjuntan en el anexo D.

En la tabla 6 se recopilan los diferentes valores de p_i correspondientes a los meses en estudio.

Tabla 6. Proporción de canales defectuosas encontradas para Tolerancia cero

 VALORES p_i PARA TOLERANCIA CERO 			
Nº MUESTRA	MES	CANALES CONTAMINADAS	PROPORCION DEFECTUOSA (P_i)
1	JUNIO	5	10%
2		6	12%
3		8	16%
4		9	18%
5	JULIO	7	14%
6		6	12%
7		4	8%
8		7	14%
9	AGOSTO	7	14%
10		5	10%
11		10	20%
12		6	12%
13	SEPTIEMBRE	6	12%
14		3	6%
15		6	12%
16		9	18%
TOTAL DE CANALES CONTAMINADAS = 104			$\bar{P} = 13\%$

Fuente. El autor

El valor \bar{p} es una estimación de la proporción de p defectuosos del proceso siempre y cuando este permaneciera estable, solo afectado por causas comunes, durante la toma de muestras.

Se calculó \bar{p} mediante la siguiente expresión:

$$\bar{p} = \frac{\sum n_i p_i}{\sum n_i} = (\text{Total defectuosos} / \text{Total muestreado})$$

El total de defectuosos se obtiene de los valores de la tabla 6 y el total muestreado fue de 800 canales, de esta manera se calculó un $\bar{p} = 0,13$ equivalente al 13%.

Los límites de control se calcularon aplicando las siguientes fórmulas:

$$\text{Límite superior} \quad \bar{p} + 3 \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n_i}}$$

$$\text{Límite central} \quad \bar{p}$$

$$\text{Límite inferior} \quad \bar{p} - 3 \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n_i}}$$

De esta forma para la variable tolerancia cero el gráfico de control se construyó con los siguientes valores:

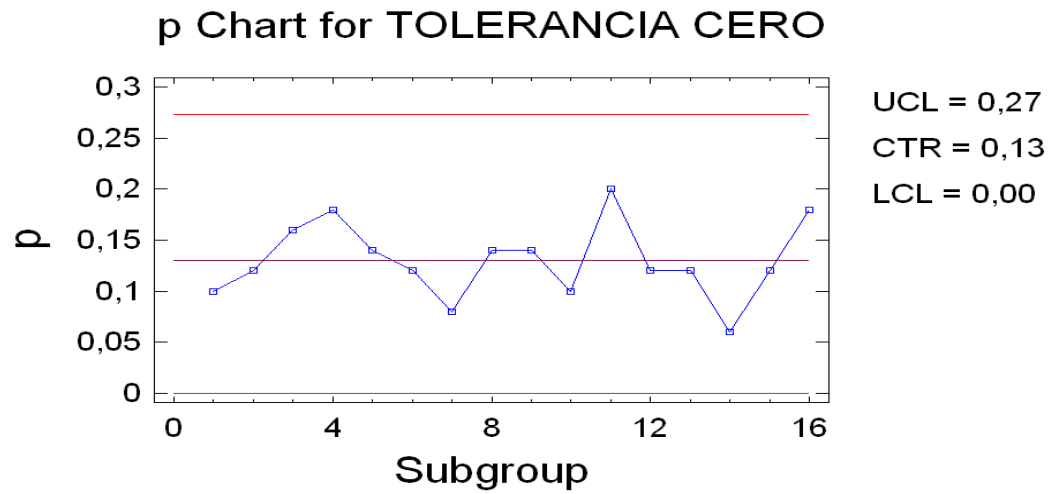
$$\text{L.S.} = 0,27268$$

$$\text{L.C.} = 0,13$$

$$\text{L.I.} \cong 0$$

En la figura 5 se ilustra el gráfico de control procesado en STATGRAPHICS para la variable tolerancia cero.

Figura 5. Grafico de control para tolerancia cero procesado en STATGRAPHICS



Fuente. El autor

5.9.2 Límites de control para pH. Para determinar los límites de control de la variable pH se utilizó un gráfico \bar{X} -R donde se tomaron 80 muestras de 5 valores de pH que se adjuntan en el anexo E.

Las muestras se tomaron de tal manera que los valores de pH se midieran bajo las mismas condiciones y causas comunes de variabilidad.

Los límites para ubicar en los gráficos se calcularon mediante las siguientes fórmulas:

	Límite superior	$\bar{X} + A_2 \bar{R}$
Gráfico \bar{X}	Límite central	\bar{X}
	Límite inferior	$\bar{X} - A_2 \bar{R}$
	Límite superior	$D_4 \bar{R}$
Gráfico R	Límite central	\bar{R}



Límite inferior

$D_3 \bar{R}$

Donde los valores de A_2 , D_3 y D_4 se pueden encontrar, para distintos tamaños de muestra, en la tabla de factores para la construcción de gráficos de control.

En la tabla 7 se presenta un resumen de los valores de \bar{X} y R para el pH.

Tabla 7. Valores \bar{X} y R para el pH

 RESUMEN DEL LOS VALORES DE MEDIAS Y RANGOS PARA pH 											
Nº	\bar{X}	R	Nº	\bar{X}	R	Nº	\bar{X}	R	Nº	\bar{X}	R
1	5,66	0,66	21	5,73	0,81	41	5,79	0,65	61	6,21	0,45
2	5,66	0,97	22	6,05	0,40	42	5,75	0,58	62	5,95	0,62
3	5,59	0,62	23	5,88	0,31	43	6,10	1,30	63	5,66	0,58
4	5,91	0,33	24	5,90	0,67	44	5,94	0,38	64	5,65	1,03
5	5,93	0,74	25	5,56	0,87	45	5,96	0,77	65	5,92	0,85
6	5,85	0,60	26	6,00	0,75	46	5,71	0,46	66	5,63	0,46
7	6,03	1,04	27	5,81	0,63	47	5,91	0,57	67	5,92	0,82
8	5,71	0,74	28	5,96	0,38	48	5,95	0,72	68	5,89	0,57
9	6,01	0,46	29	5,88	0,57	49	5,84	0,63	69	5,84	0,63
10	5,68	0,39	30	6,08	0,57	50	5,70	1,19	70	6,04	0,58
11	5,95	0,93	31	5,83	0,79	51	5,95	0,75	71	5,77	1,24
12	5,74	0,57	32	6,00	0,44	52	5,72	0,97	72	5,84	0,72
13	5,66	0,44	33	5,85	0,68	53	5,73	0,74	73	5,96	0,83
14	5,97	0,34	34	5,78	0,47	54	5,87	0,72	74	5,92	0,52
15	5,73	0,43	35	5,83	0,66	55	5,93	0,96	75	5,83	0,81
16	5,80	0,34	36	5,85	0,61	56	6,01	0,91	76	5,88	0,58
17	5,67	0,37	37	5,76	0,74	57	5,58	0,55	77	6,01	0,52
18	5,83	0,64	38	5,81	1,08	58	6,01	0,54	78	5,70	0,65
19	5,96	0,87	39	5,72	0,59	59	5,89	0,56	79	5,78	0,44
20	6,06	0,61	40	5,92	0,73	60	5,63	0,53	80	6,10	0,85

Fuente. El autor

De los valores de la tabla se calculó el promedio de las medias y el promedio de los rangos obteniendo los siguientes valores:

$$\bar{X}_{\text{Total}} = 5,85$$

$$\bar{R} = 0,66$$

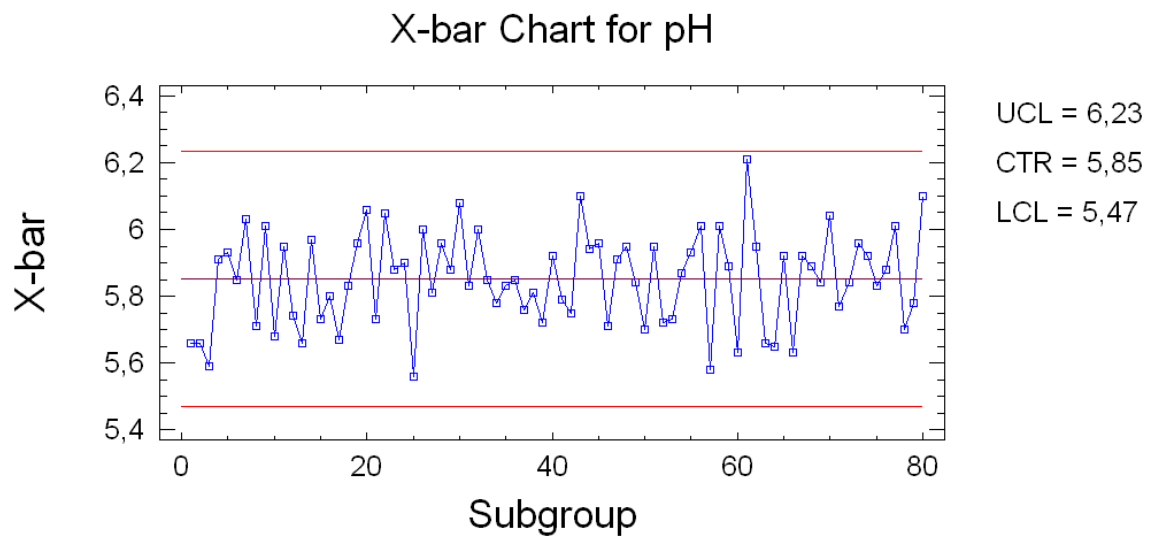
Los valores en las tablas para $n=5$ son: $A_2 = 0,577$, $D_4 = 2,115$ y $D_3 = 0$

Quedando los límites para los gráficos con los siguientes valores:

Gráfico \bar{X}	Límite superior	6,23082
	Límite central	5,85
	Límite inferior	5,46918

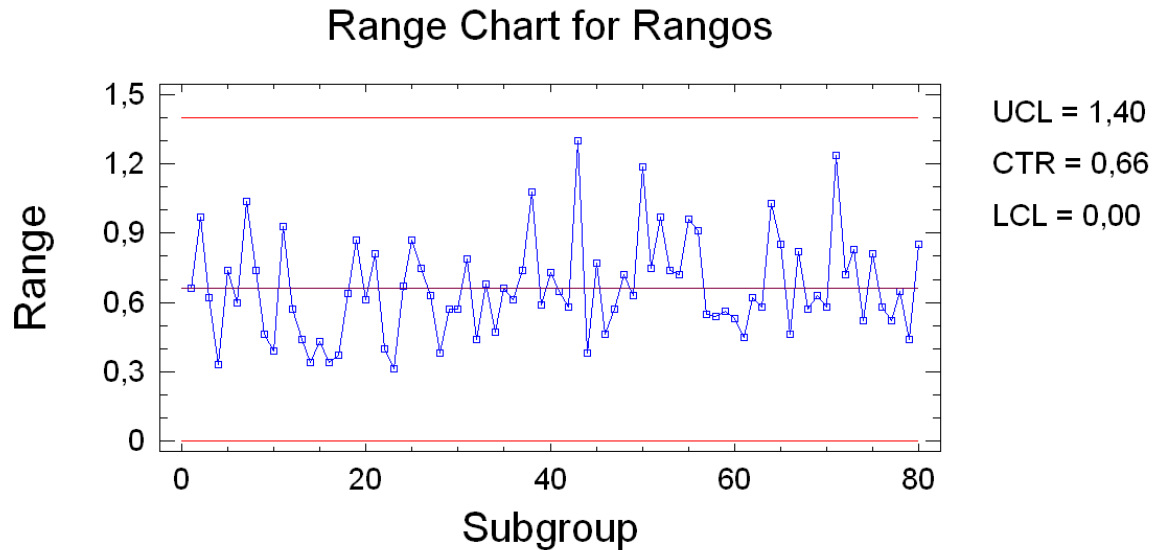
Gráfico R	Límite superior	1,3959
	Límite central	0,66
	Límite inferior	0

Figura 6. Grafico de control \bar{X} para pH procesado en STATGRAPHICS



Fuente. El autor

Figura 7. Grafico de control R para pH procesado en STATGRAPHICS





Fuente. El autor

5.9.3 Límites de control para Temperatura. Para la temperatura los límites de control se calcularon igual que para el pH, los valores producto del muestreo se adjuntan en el anexo F. También se tomaron 80 muestras de tamaño 5 ya que las mediciones de pH y Temperatura se realizaron paralelamente por la facilidad del equipo de medición para arrojar estos dos valores.

En la tabla 8 se presenta un resumen de los valores de \bar{X} y R para la temperatura de canales refrigeradas.

Tabla 8. Valores \bar{X} y R para Temperatura de canales refrigeradas

 RESUMEN DEL LOS VALORES DE MEDIAS Y RANGOS PARA LA TEMPERATURA 											
Nº	\bar{X}	R	Nº	\bar{X}	R	Nº	\bar{X}	R	Nº	\bar{X}	R
1	4,8	0,9	21	3,8	1,0	41	3,6	1,6	61	4,2	0,7
2	4,4	1,8	22	4,7	1,7	42	4,5	1,0	62	3,7	0,5
3	3,8	0,5	23	4,6	0,9	43	4,7	1,6	63	4,3	0,9
4	4,2	1,5	24	4,2	1,9	44	3,8	0,8	64	4,6	1,4
5	4,8	0,6	25	5,0	0,9	45	4,0	0,9	65	3,8	0,6
6	3,9	1,3	26	3,9	0,8	46	4,1	1,5	66	3,9	1,7
7	4,4	1,5	27	4,0	1,1	47	5,1	0,8	67	4,2	0,4
8	3,9	0,7	28	4,6	1,5	48	3,7	1,7	68	4,7	1,0
9	5,0	1,0	29	3,9	0,9	49	4,5	0,9	69	3,9	0,7
10	3,7	0,7	30	4,8	1,1	50	4,1	0,8	70	4,5	1,6
11	4,2	1,1	31	4,5	1,3	51	3,9	1,8	71	3,9	1,6
12	3,9	1,2	32	4,0	0,9	52	4,1	0,9	72	3,8	1,3
13	4,4	1,6	33	4,7	1,4	53	4,4	0,8	73	5,1	0,8
14	3,6	0,7	34	3,7	0,7	54	4,1	1,7	74	4,0	1,2
15	4,7	1,8	35	4,5	1,5	55	3,6	0,8	75	3,9	0,7
16	4,1	1,1	36	4,1	0,8	56	4,4	1,6	76	4,6	1,7
17	4,0	0,7	37	3,7	1,4	57	4,0	1,8	77	4,0	0,9
18	4,8	1,2	38	4,1	1,6	58	3,9	1,0	78	4,5	1,4
19	3,7	1,3	39	4,7	0,8	59	4,1	0,7	79	3,7	0,6
20	4,2	1,5	40	4,6	1,2	60	5,0	1,0	80	4,4	1,0

Fuente. El autor

Con los valores de la tabla 8 se calculó el promedio de las medias y el promedio de los rangos obteniendo los siguientes valores:

$$\bar{X}_{\text{Total}} = 4,22$$

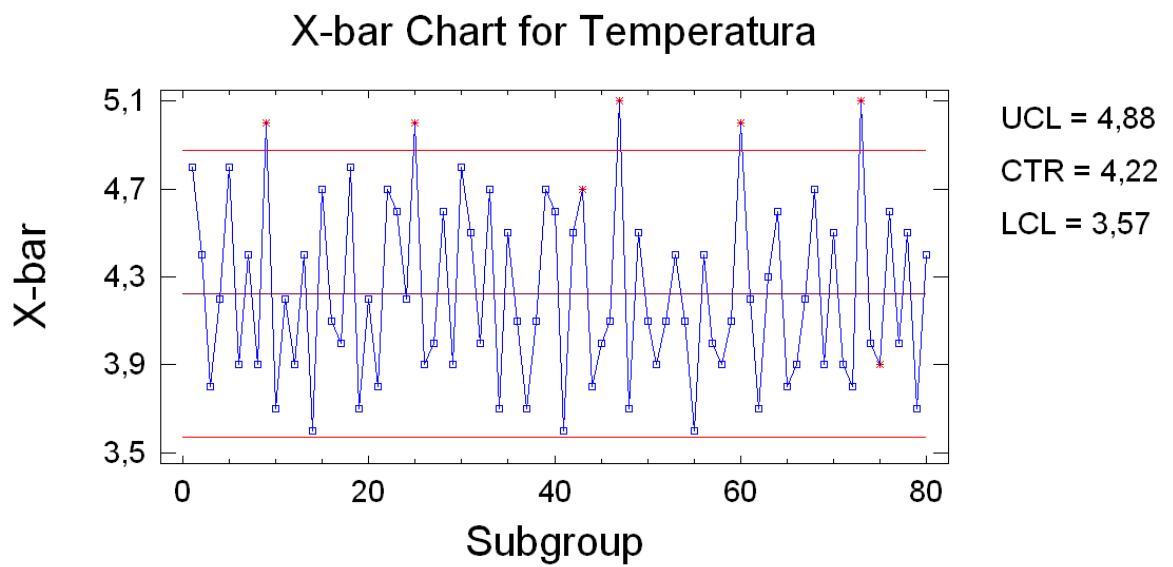
$$\bar{R} = 1,13$$

Los valores en las tablas para $n=5$ son: $A_2 = 0,577$; $D_4 = 2,115$ y $D_3 = 0$

Quedando los límites para los gráficos de control de Temperatura de canal refrigerada con los siguientes valores:

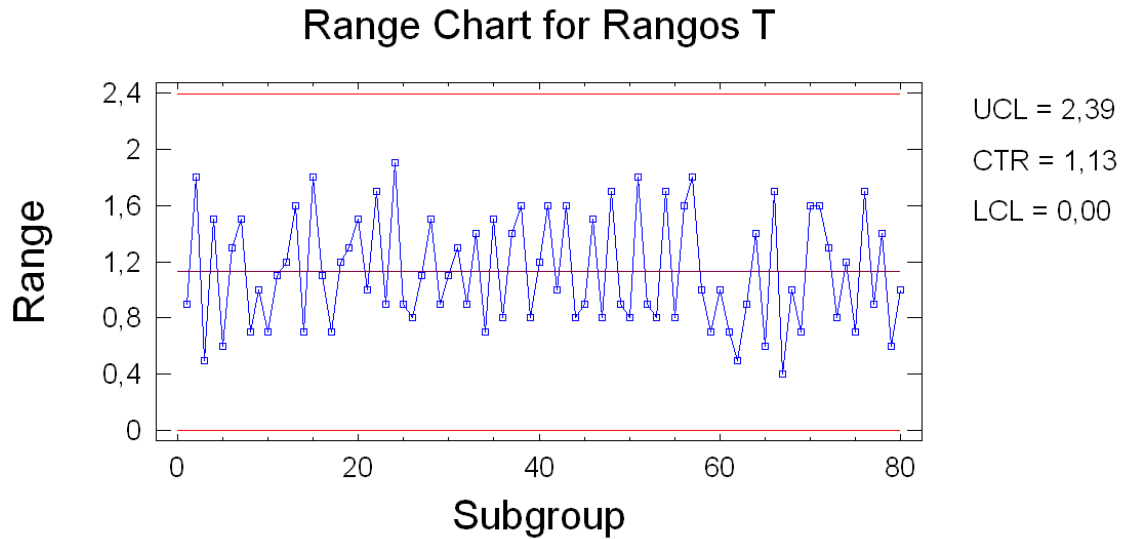
Gráfico \bar{X}	Límite superior	4,8720
	Límite central	4,22
	Límite inferior	3,5680
Gráfico R	Límite superior	2,354
	Límite central	1,13
	Límite inferior	0

Figura 8. Grafico de control \bar{X} para Temperatura de canal refrigerada, procesado en STATGRAPHICS



Fuente. El autor

Figura 9. Grafico de control R para Temperatura de canal refrigerada, procesado en STATGRAPHICS



Fuente. El autor

Para la temperatura se observan 5 puntos fuera de control con valores mayores al límite superior de control, analizando el muestreo se observó que los valores altos de temperatura corresponden a las muestras tomadas en las canales cercanas a las puertas de ingreso a las cavas, en este punto al abrir y cerrar la puerta entra calor externo permanentemente y hace que las canales cercanas tiendan a aumentar la temperatura respecto a las demás, por esta razón se deben eliminar estas muestras del estudio ya que están sujetas a factores externos que interfieren en el proceso.

Luego de eliminar esta variación por causas asignables que se lograron identificar, se calculan nuevamente los límites de control para la temperatura de las canales que reflejan su comportamiento real.

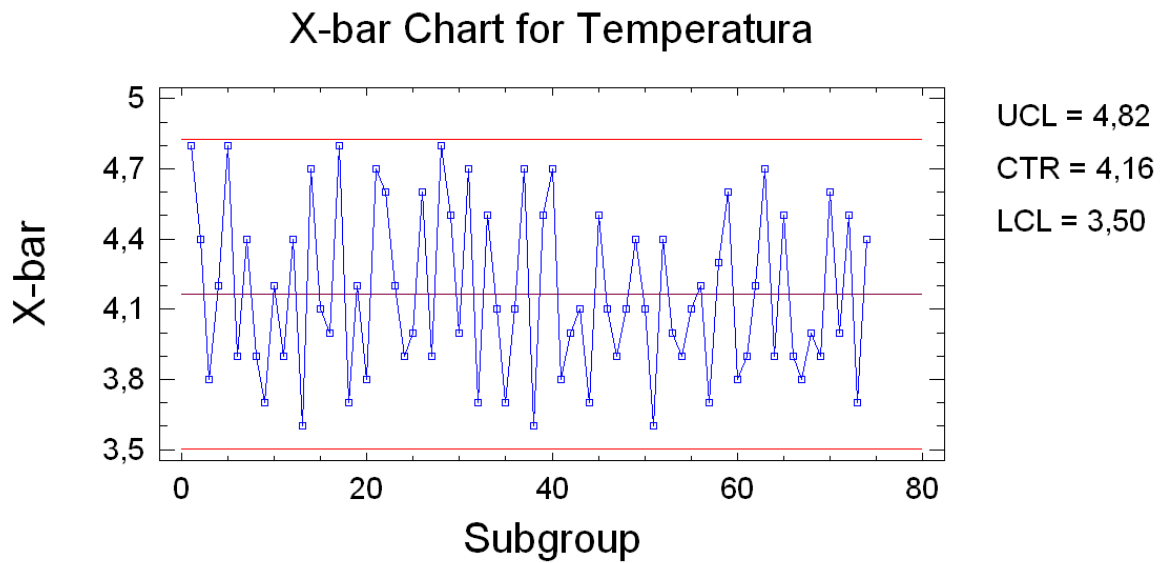
$$X_{\text{Total}} = 4,17$$

$$\bar{R} = 1,15$$

Gráfico \bar{X}	Límite superior	4,8336
	Límite central	4,17
	Límite inferior	3,5065
Gráfico R	Límite superior	2,4323
	Límite central	1,15
	Límite inferior	0

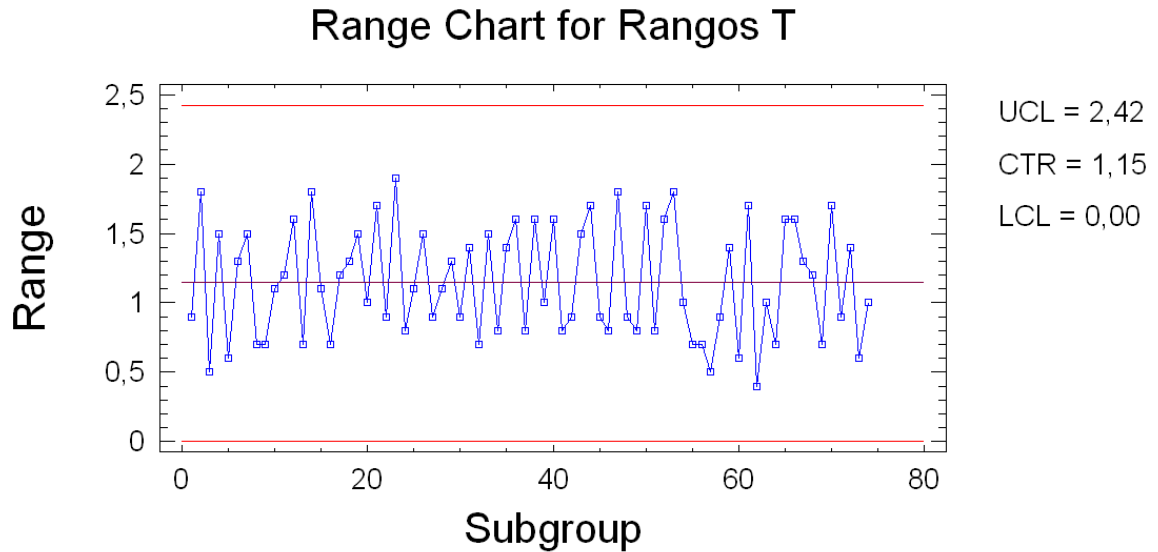
De esta manera los gráficos de control para la Temperatura de las canales tomada en el centro del morrillo quedarían como se presentan en las figuras 10 y 11:

Figura 10. Grafico de control \bar{X} final para Temperatura de canal refrigerada, procesado en STATGRAPHICS



Fuente. El autor



Figura 11. Grafico de control R final para Temperatura de canal refrigerada, procesado en STATGRAPHICS



Fuente. El autor

En la tabla 9 de presentan un resumen de los límites control para las variables críticas del producto.

Tabla 9. Límites de control para las variables críticas del producto

 LIMITES DE CONTROL PARA LAS VARIABLES CRITICAS 		LCI	LCS	LC	$\bar{\sigma}$
VARIABLE					
TOLERANCIA CERO		0	0,27	0,13	0,048
pH		5,47	6,23	5,85	0,294
TEMPERATURA		3,50	4,82	4,16	0,493

Fuente. El autor

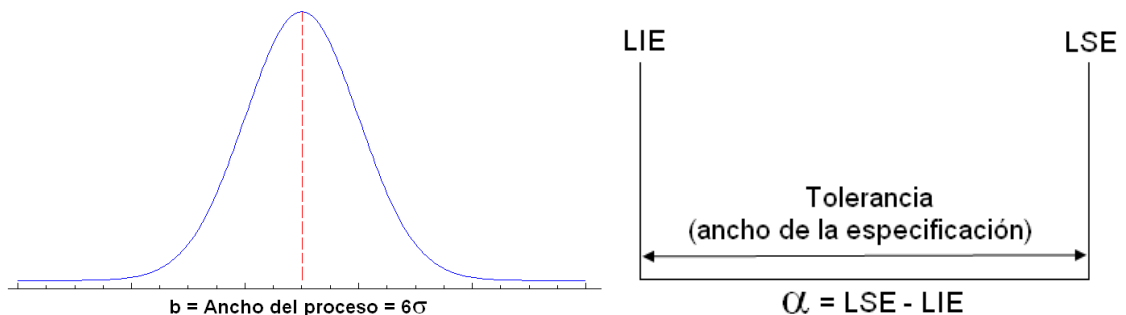
6. CAPACIDAD DEL PROCESO PARA PRODUCIR SEGÚN LAS ESPECIFICACIONES

El análisis de capacidad tiene como finalidad estudiar cómo se pueden utilizar los diagramas de control y otras técnicas estadísticas para determinar si el proceso funciona conforme a las especificaciones del producto.

El estudio de capacidad es una forma de comparación entre la variabilidad permitida que en este caso se establece según los requisitos del cliente, los entes reguladores y las características propias del producto según su ciclo de vida comparada con la variabilidad real del proceso luego de que el mismo se encuentre bajo control.

Una manera de evaluar la capacidad del proceso para producir dentro de especificaciones, es comparar la diferencia entre el límite superior de especificación (LSE) menos el límite inferior de especificación (LIE) con la amplitud del proceso.

Figura 12. Representación de un proceso y de la especificación



Siempre que sea válida la aceptación de la distribución normal de probabilidades, el 99,73% de las medidas de las características de probabilidad del producto se hallarán dentro del intervalo $\mu \pm 3\sigma$, cuya amplitud es 6σ . Los límites del intervalo $\mu \pm 3\sigma$ son los límites de tolerancia natural. Este intervalo de variación natural de la característica de calidad indica entre otras cosas que la fracción de la producción que caiga fuera de él será considerada como defectuosa.

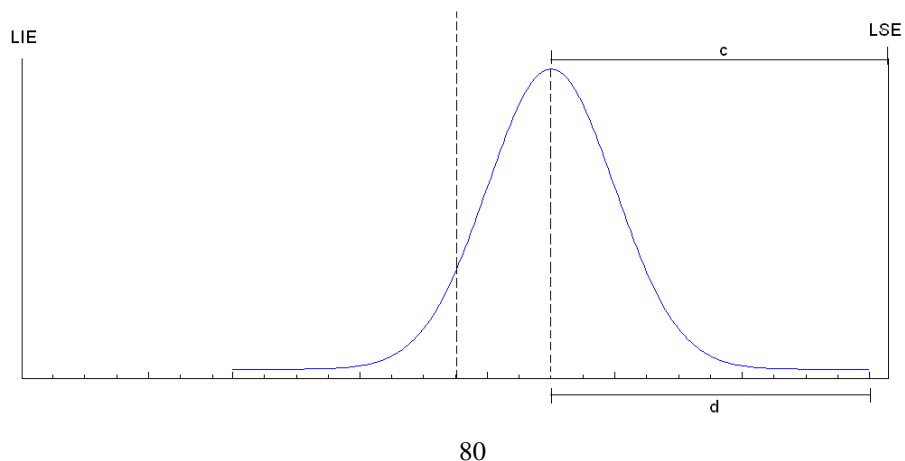
El índice de capacidad potencial representa una comparación de amplitudes, sin tomar en cuenta la ubicación del proceso. Indica el número de veces que el proceso “cabe” dentro de la especificación.

El índice de capacidad potencial se define como:

$$C_p = a/b = \frac{\text{LSE} - \text{LIE}}{6\sigma}$$

Como C_p no toma en cuenta la ubicación (centrado) del proceso, es necesario definir el índice de capacidad real C_{pk} , que refleja el centrado del proceso en relación con la mitad de la variación del mismo.

Figura 13. Definición del índice de capacidad real



El índice de capacidad real queda definido como:

$$C_{pk} = \frac{|LE - \bar{X}|}{3s} \quad \text{si } LIE \leq \bar{X} \leq LSE$$

$$C_{pk} = - \frac{|LE - \bar{X}|}{3s} \quad \text{si } \bar{X} > LSE \text{ o } \bar{X} < LIE$$

Siendo LE el límite de especificación más cercano a la media del proceso.

Teniendo en cuenta lo anterior, se determinó la capacidad del proceso para producir carne en canal dentro de las especificaciones para cada una de las variables críticas en estudio.

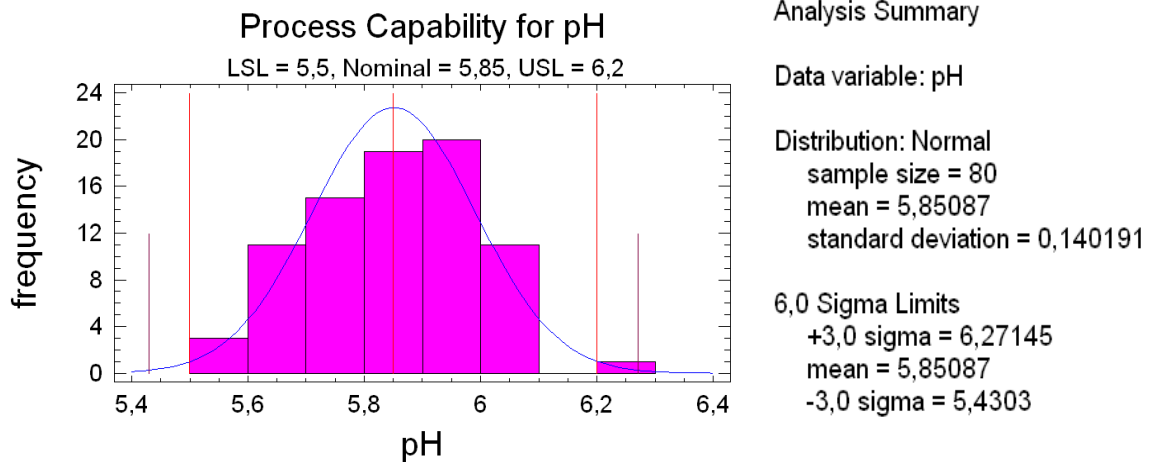
Vale la pena resaltar que los límites de especificación son algo externo al proceso, que ya vienen dados, establecidos en este caso por los resultados de los análisis de laboratorio y por los entes reguladores como el INVIMA y la Secretaría de Salud.

6.1 CAPACIDAD DEL PROCESO PARA pH

Luego de tener el proceso sin la influencia de causas asignables de variación se evaluó su capacidad de producir carne en canal bajo las especificaciones dadas, en este caso valores de pH entre 5,5 y 6,2 para carne refrigerada.

En la figura 14 se muestra el gráfico de la capacidad del proceso para pH, desarrollado y evaluado con la herramienta STATGRAPHICS.

Figura 14. Representación gráfica de la capacidad del proceso para pH mediante la herramienta STATGRAPHICS.



Fuente. El autor

Teniendo en cuenta que el pH mide el grado de acidez o basicidad de la carne y que según validaciones de laboratorio para que el producto se conserve en buenas condiciones de sanidad e inocuidad se estableció que el valor de pH debe oscilar entre 5,5 y 6,2; valores por encima o por debajo de estos límites hacen que producto procesado en la línea de beneficio cambie sus características físicas, químicas y organolépticas.

Observando la gráfica se analizó que los valores de pH tienen una distribución normal y el cálculo de los índices arrojan los siguientes resultados:

$$C_p = 0,397$$

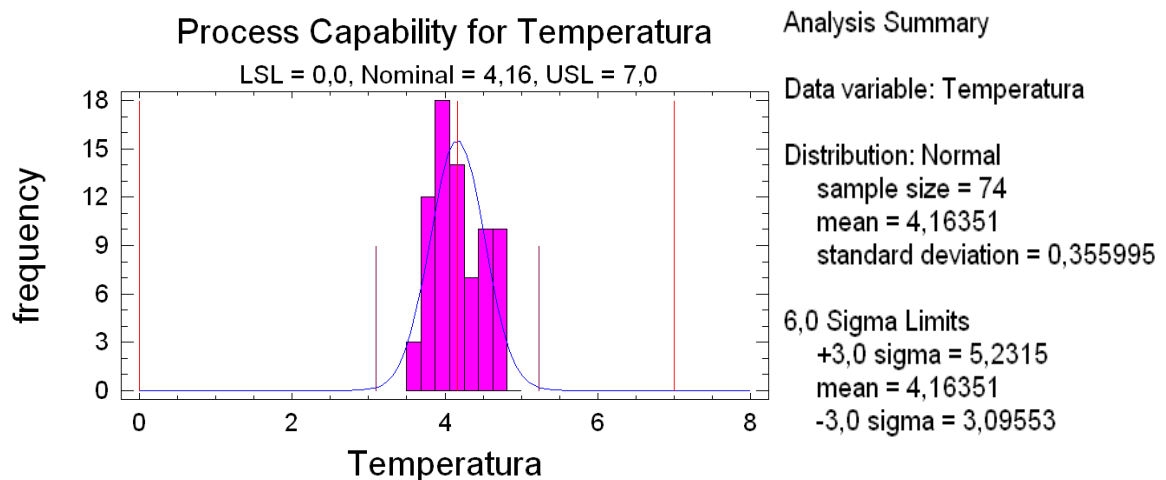
$$C_{pk} = 0,397$$

Se concluyó que el proceso se encuentra frente a una situación crítica con el pH porque los límites de tolerancia del proceso se encuentran dentro de los límites de especificación del producto, esto quiere decir que el proceso está muy sensible a

la producción y hay riesgo de que se genere un gran número de canales no conformes. Se debe trabajar en la disminución de la variabilidad en los valores de pH, es decir, en reducir el valor σ . Por otra parte se observa que $C_p = C_{pk}$, es decir que el proceso es centrado y simétrico, la media del proceso coincide con el punto medio de las especificaciones (valor nominal), solamente con la disminución de σ se puede mantener el proceso bajo control cumpliendo además con los requisitos de producción.

6.2 CAPACIDAD DEL PROCESO PARA TEMPERATURA

Figura 15. Representación gráfica de la capacidad del proceso para temperatura mediante la herramienta STATGRAPHICS.



Fuente. El autor

Según lo establecido por los entes reguladores la temperatura que se determinó para la carne refrigerada debe oscilar entre 0°C y 7°C, si los valores se encuentran por debajo del límite inferior el producto inicia el cambio de estado, de refrigerado a congelado, si supera los valores del límite superior se inicia el ciclo de descomposición por la proliferación de microorganismos que se desarrollan con el aumento de la temperatura. Lo ideal es que se mantenga en este rango.

Observando el comportamiento de esta variable mediante la gráfica se refleja que el proceso es capaz de producir bajo las especificaciones y que además de encontrarse centrado el valor σ relativamente pequeño refleja poca variación, por estas razones se afirma que el proceso genera valores para la variable temperatura de canal refrigerada estables y que cumplen con los requisitos establecidos. El proceso es capaz de producir bajo las especificaciones.

Los valores calculados para los índices de capacidad son los siguientes:

$$C_p = 2,37$$

$$C_{pk} = 1,92$$

El valor de $C_p > 1$ confirma que el proceso está trabajando dentro de su capacidad y no deben producirse canales no conformes por temperatura.

Es recomendable trabajar en el traslado de la media del proceso hacia la izquierda, es decir, que el promedio de temperatura en las canales refrigeradas tenga valores cercanos a cero.

7. CONTROL DEL PROCESO Y ANALISIS DE RESULTADOS

Ya establecidos los límites de control de las variables y atributos del producto en estudio, se implementa el control del proceso como tal, en el proceso de beneficio de bovinos el control inicia con la capacitación a todo el personal involucrado en el proceso, especialmente aquellos que tienen bajo su responsabilidad el direccionamiento y operatividad del proceso: Jefe de producción, Supervisores de línea, Jefe de Calidad, Jefe de mantenimiento, Jefe de sanidad, Ingenieros del proceso y bacteriólogos.

Se organizó un grupo de trabajo conformado por 14 personas con las que se desarrolló durante 1 hora diaria por 1 semana el plan de capacitación que se puede observar en el anexo G y que brinda las herramientas estadísticas y los conceptos teóricos principales para implementar el CEP en la línea de beneficio.

Es fundamental que las personas involucradas en el proceso manejen herramientas estadísticas básicas y se sensibilicen sobre la necesidad de utilizarlas para mantener el proceso bajo control. Logrando lo anterior, se genera un ambiente de trabajo en equipo donde todos apuntan al mismo objetivo comprometidos con la mejora continua del sistema productivo.

Terminada la capacitación, se inició con el monitoreo de las variables críticas que se identificaron analizando las eventualidades presentadas y registrando los datos correspondientes para la elaboración de los gráficos de control, en casos donde se encontraron valores fuera de los límites de control, se investigaron las causas que originaron la salida de los límites y se clasificaron como aleatorias o asignables, tomando las acciones correctivas pertinentes para evitar una posterior ocurrencia del evento no deseado.

El periodo de seguimiento se realizó en el mes de octubre de 2008, en este lapso de tiempo se observaron las variables críticas del producto terminado, gracias a los valores límites establecidos y al estudio preliminar que se desarrollo fue más fácil el reconocimiento de los datos.

7.1 ANALISIS PARA TOLERANCIA CERO

El punto ideal para el proceso es que el porcentaje de canales contaminadas sea cero, generándole al consumidor la confianza de que recibe un producto en óptimas condiciones de calidad e inocuidad, esto implica que cumpla con la condición de “tolerancia cero”, es decir, que la carne no tenga presencia de pelos, piel, rumen, materia fecal, sangre coagulada, secreción lactosa y otros agentes contaminantes que contribuyen a la proliferación bacteriana y aceleran el proceso de descomposición. Esta característica es fundamental en un producto de consumo humano.



Durante el estudio de este atributo se encontraron valores fuera de control, se analizaron las causas de estas fluctuaciones y se concluyó que la principal razón de contaminación de las canales es la velocidad de la línea, si su valor aumenta significa que las labores en cada puesto de trabajo se están realizando de manera acelerada y puede generar consecuencias como operaciones incompletas, canales mal procesadas, accidentes de trabajo, daño en el producto, entre otras, que no son favorables para la empresa.

Se trabajó en mantener la velocidad de la línea a 95 bovinos por hora, este es el promedio evaluado para el cual las operaciones en cada puesto de trabajo se realizan completas y eficaces.

Luego de observar el proceso con las mejoras realizadas se obtuvo el gráfico de control de la figura 16 obtenido con el resumen de los valores del monitoreo de la

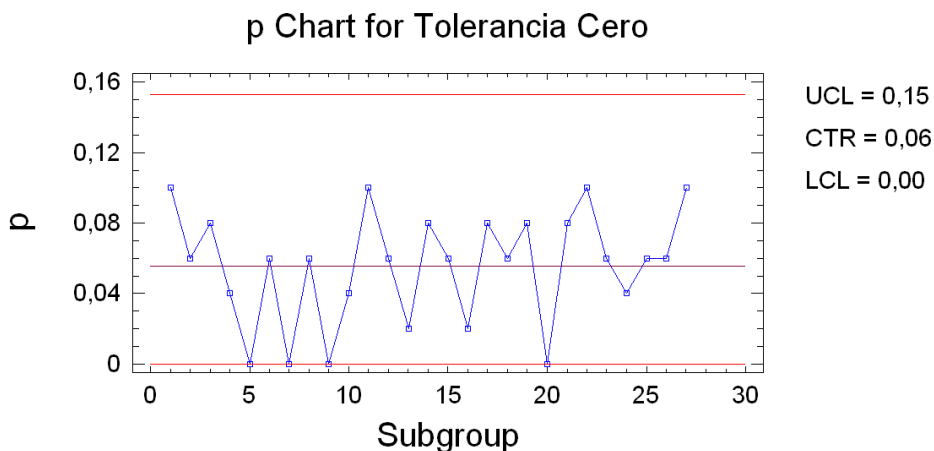
variable que se presentan en la tabla 10. Los datos tomados de proceso para este atributo fueron registrados en el anexo H.

Tabla 10. Proporciones de tolerancia cero para octubre del 2008.

		RESUMEN DE Pi TOLERANCIA CERO			
Nº MUESTRA	FECHA	CANALES CONTAMINADAS	PROPORCION DEFECTUOSA		
1	oct-01	5	10%		
2	oct-02	3	6%		
3	oct-03	4	8%		
4	oct-04	2	4%		
5	oct-06	0	0%		
6	oct-07	3	6%		
7	oct-08	0	0%		
8	oct-09	3	6%		
9	oct-10	0	0%		
10	oct-11	2	4%		
11	oct-13	5	10%		
12	oct-14	3	6%		
13	oct-15	1	2%		
14	oct-16	4	8%		
15	oct-17	3	6%		
16	oct-18	1	2%		
17	oct-20	4	8%		
18	oct-21	3	6%		
19	oct-22	4	8%		
20	oct-23	0	0%		
21	oct-24	4	8%		
22	oct-25	5	10%		
23	oct-27	3	6%		
24	oct-28	2	4%		
25	oct-29	3	6%		
26	oct-30	3	6%		
27	oct-31	5	10%		
TOTAL DE CANALES CONTAMINADAS = 75					

Fuente. El autor

Figura 16. Gráfico de control para tolerancia cero monitoreando octubre del 2008 procesado en STATGRAPHICS



Fuente. El autor

Se observa que el proceso mejoró significativamente para este atributo, el valor P disminuyó de 13% a 6%, es decir, que la proporción de canales contaminadas que se procesaron disminuyó, siempre se enfocará el proceso a hacer que esta proporción sea lo más cercana a cero posible y que luego de lograr esta disminución no se aumente el porcentaje de defectuosos debido a causas asignables.

7.2 ANALISIS PARA pH

Según el análisis preliminar, la amplitud del proceso debe disminuir para los valores de pH, es decir, la variabilidad entre los valores de esta variable debe ser menor para que el proceso sea capaz de producir bajo las especificaciones dadas.

Durante el mes de octubre se trabajó en la mejora del proceso frente a esta variable, el pH es un factor difícil de controlar dentro del proceso ya que viene ligado al metabolismo de cada bovino y cuesta trabajo identificar para cada uno de ellos en que etapa del proceso se alteraron sus niveles.

Afortunadamente en el proceso se cuenta con una herramienta para contrarrestar los efectos causantes que alteran el pH y es la aplicación de ácido láctico a las canales ya procesadas y listas para refrigerar.

El ácido láctico dosificado al 2% a lado y lado de la canal, aplicándose en forma de zig zag de arriba hacia abajo con un atomizador, contribuye a la correcta maduración de la carne disminuyendo notoriamente la presencia de microorganismos patógenos y desacelerando la proliferación bacteriana.

Durante el periodo de monitoreo se verificó la correcta aplicación de ácido láctico a todas las canales como medida para mejorar el proceso frente a esta variable y se obtuvieron los resultados registrados en el anexo I. En la tabla 11 se presenta un resumen con las medias y rangos promedio para el periodo de observación.

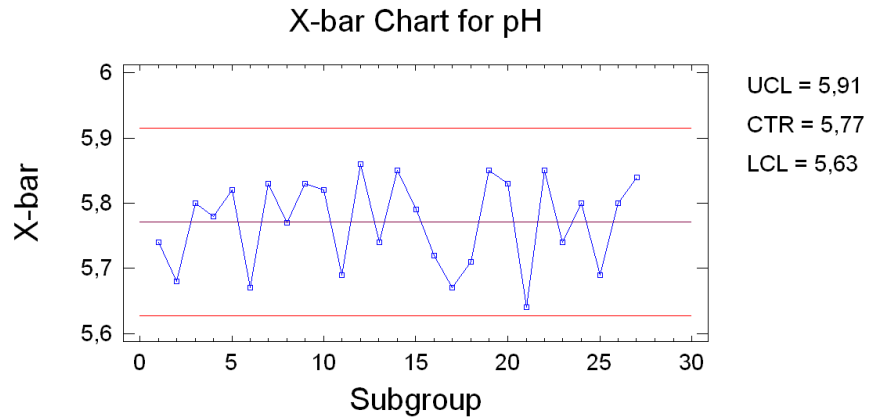
Tabla 11. Medias y rangos promedio para pH en octubre del 2008

		MEDIAS Y RANGOS PROMEDIO PARA pH EN OCTUBRE DEL 2008						
Nº	\bar{X}	R	Nº	\bar{X}	R	Nº	\bar{X}	R
1	5,74	0,32	11	5,69	0,39	21	5,64	0,12
2	5,68	0,15	12	5,86	0,21	22	5,85	0,43
3	5,80	0,32	13	5,74	0,19	23	5,74	0,18
4	5,78	0,35	14	5,85	0,30	24	5,80	0,34
5	5,82	0,15	15	5,79	0,12	25	5,69	0,35
6	5,67	0,14	16	5,72	0,31	26	5,80	0,34
7	5,83	0,10	17	5,67	0,37	27	5,84	0,16
8	5,77	0,23	18	5,71	0,39			
9	5,83	0,21	19	5,85	0,30			
10	5,82	0,15	20	5,83	0,12			

Fuente. El autor

Con los valores obtenidos durante este periodo luego de implementar las mejoras, se establecieron nuevamente los límites de control para la variable pH.

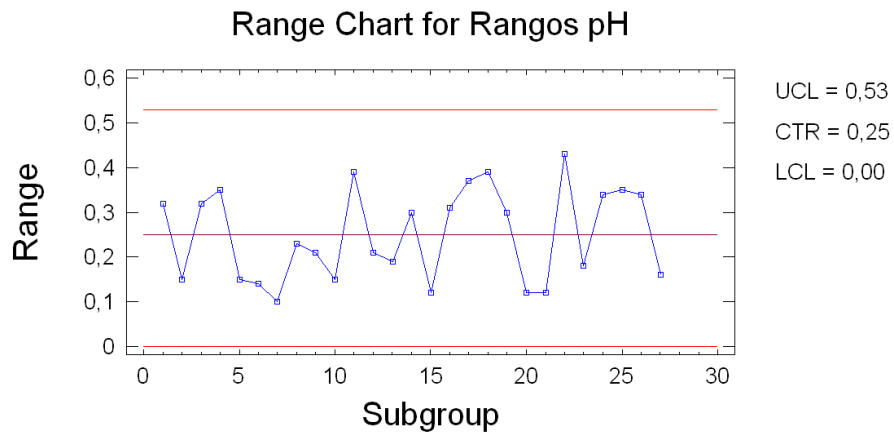
Figura 17. Gráfico de control \bar{X} mejorado para pH procesado en STATGRAPHICS



Fuente. El autor

Gráfico \bar{X}	Límite superior	5,91
	Límite central	5,77
	Límite inferior	5,63

Figura 18. Gráfico de control R mejorado para pH procesado en STATGRAPHICS

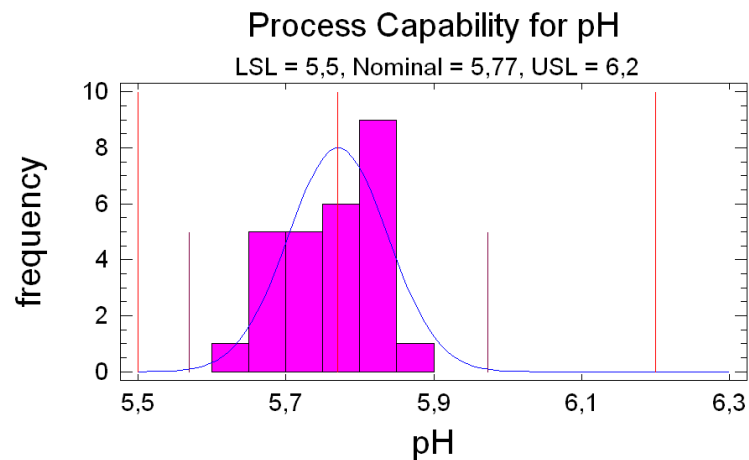


Fuente. El autor

Gráfico R	Límite superior	0,53
	Límite central	0,25
	Límite inferior	0

Se evaluó nuevamente la capacidad del proceso para verificar la eficiencia de las mejoras y se obtuvieron los siguientes resultados:

Figura 19. Gráfico de la nueva capacidad del proceso para pH procesado en STATGRAPHICS



Fuente. El autor

La gráfica demuestra que el proceso durante el mes de octubre estaba produciendo bajo las especificaciones, los límites de especificación del producto se encuentran dentro de los límites de control establecidos por el proceso, la variación disminuyó significativamente de 0.294 a 0.107, lo que quiere decir que mejoró el proceso y por ende disminuyó el número de canales procesadas no conformes respecto al pH.

Se calcularon nuevamente los índices de capacidad del proceso para la variable pH y se obtuvieron los siguientes resultados:

$$C_p = 1,09$$

$$C_{pk} = 0,84$$

Se confirma que el proceso no se encuentra centrado pero es capaz de producir bajo las especificaciones.

7.3 ANALISIS PARA TEMPERATURA

Monitoreando el registro de de la temperatura de refrigeración en las cavas de almacenamiento de canales procesadas se puede concluir que esta variable no presenta ocurrencia de sucesos anormales que afecten el proceso, las temperaturas que se observaron durante el periodo de seguimiento se encuentran dentro de los límites establecidos como superior e inferior, garantizando una buena refrigeración del producto y por consiguiente buenas condiciones de sanidad.

En esta etapa se logro identificar un evento que afecta la temperatura de refrigeración y es el mezclar canales calientes recién salidas de línea de beneficio con canales que llevan un tiempo de refrigeración en cavas de almacenamiento. El choque térmico al que se somete la carne rompe la cadena de frio del producto y genera que en la superficie de inicie el proceso de descomposición. Lo anterior ocurría como una causa asignable de variación que fue eliminada del proceso.



La principal causa de este suceso es la poca capacidad de almacenamiento de las cavas teniendo en cuenta la demanda actual del producto, para ello ya existe un proyecto de ampliación de la planta y construcción de nuevas cavas de refrigeración que se ejecutara en el corto plazo.

Este tema se evaluó con los jefes del proceso y se tomaron los correctivos temporales necesarios para que no se rompa la cadena de frio de canales que hasta el momento han pasado por un proceso óptimo y se encuentran en excelentes condiciones para el consumo.

8. CALCULO DE LOS NIVELES SIGMA

Los niveles sigma son otra medida útil para el proceso en los cuales se basarán las decisiones sobre donde se deben enfocar los esfuerzos para el mejoramiento de la producción y la disminución del producto no conforme. Estos se determinan luego de calcular los índices de capacidad y se presentan en la tabla 12.

Tabla 12. Nivel sigma para las variables críticas

		NIVELES SIGMA PARA LAS VARIABLES CRITICAS				
Variable	Cp	Cpk	% de producto fuera de tolerancia	Nivel Sigma		
Temperatura	2,37	1,92	0,000079	6		
pH	1,09	0,84	0,836	3,9		

Fuente. El autor

Los niveles sigma se calcularon haciendo uso de las tablas adjuntas en el anexo J, el porcentaje de producto no conforme se obtuvo de la primera tabla en función de Cp y (Cp – Cpk), con este porcentaje se determinó el nivel sigma de la segunda tabla que permite localizar el nivel sigma respecto al número de no conformidades del proceso por cien o por millón de oportunidades de no conformidad.

Con la determinación de los niveles sigma se logra otra medida útil para tomar decisiones y enfocar esfuerzos de mejora en la disminución de las no conformidades de producción.

Para la variable Temperatura un nivel de 6σ o más, representa que ocurren 3,4 defectos por millón de oportunidades, es decir, que el proceso está funcionando muy por debajo de las especificaciones, de esta manera la producción defectuosa

para temperatura no va a ser representativa porque es prácticamente nula en el proceso.

Con la variable pH no ocurre lo mismo, un nivel $3.9 \cong 4$ sigma quiere decir que de un millón de canales procesadas 6210 pueden salir defectuosas o con el valor de pH fuera del rango permitido. Comparada con el total de la producción esto equivale al solo el 0,62%, podríamos decir que no es significativo este porcentaje pero haciendo un análisis más amplio son 6210 canales que en promedio pueden ser 1.242.000 kilos de carne que pueden consumir aproximadamente 10 millones de personas en 3 años teniendo en cuenta la producción actual de la planta. Por esta razón es tan importante evaluar el proceso y trabajar en la disminución de la variación.

Tanto los índices de capacidad como los niveles sigma permiten hacernos una idea del proceso pero hay que tener en cuenta que esto es cierto siempre y cuando se cumplan una serie de supuestos:

- a) Los valores individuales de las características analizadas se distribuyen de acuerdo a una distribución normal
- b) El proceso está en estado de control, es decir, sobre él solo actúan causas aleatorias y, en consecuencia, la variabilidad del proceso está acotada.
- c) La tendencia central del proceso medida por su media μ se mantiene en un valor estable.

Teniendo en cuenta que estos supuestos no se cumplen siempre hay que evaluar constantemente el proceso y en caso de que las condiciones cambien se debe desarrollar nuevamente el análisis y establecer los nuevos valores.

9. PLAN DE ACCIÓN

Para que el trabajo realizado tenga efectos en el largo plazo debe realizarse un monitoreo permanente y un análisis consecutivo del proceso implementando la metodología utilizada como un procedimiento rutinario donde se genere una cultura de análisis de situaciones anormales que alteran el proceso, identificando causas asignables y ejecutando acciones correctivas para eliminar las dichas causas. De esta manera se focalizan esfuerzos y se toman decisiones correctas basadas en hechos reales sobre las verdaderas causas de fallo en la producción.

La idoneidad en la implementación de la metodología depende del compromiso del personal desde operarios hasta jefes de proceso y del seguimiento que se dé a las situaciones.

El plan de acción es una guía sencilla para que las personas encargadas sigan con el desarrollo de la metodología y darle continuidad al proceso de mejora teniendo en cuenta los cambios y las nuevas necesidades de la producción.

El comité de control del proceso lo liderará el departamento de calidad que es de donde ha surgido de idea de la implementación de la metodología y quien ha apoyado y hecho seguimiento a todo el trabajo desarrollado.

Los integrantes del comité son:

- Jefe de Calidad
- Jefe de Producción
- Jefe de Sanidad
- Jefe de Mantenimiento
- Supervisores de Línea

- Bacteriólogos
- Asistente de Calidad
- Asistente de producción

Se debe partir del principio de que ya todos están capacitados en el manejo de las herramientas estadísticas básicas y en caso de que ocurran cambios de personal se debe brindar nuevamente la capacitación que quedará como recurso para empresa.

Basados en la metodología Seis Sigma utilizada durante el desarrollo de este trabajo se programaran reuniones por 1 hora semanal para intercambiar ideas sobre el comportamiento del proceso en este periodo de tiempo y los resultados del monitoreo a las variables analizadas.

A continuación se describe brevemente cómo se aplicó la metodología Seis Sigma en la planta de beneficio de bovinos de Frigorífico Vijagual durante el desarrollo del proyecto.

Teniendo en cuenta las fases de Seis Sigma se desarrollo la metodología con base en lo que se conoce como DMAMC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar) de la siguiente manera:

- **Definir:** En esta etapa se hizo reconocimiento de proceso evaluando las características del producto y las no conformidades presentadas por el mismo. Aplicando el AMFE se identificaron las variables críticas que fueron el objeto de estudio.
- **Medir:** Se recopiló la información necesaria tanto datos históricos como mediciones en el proceso para establecer los parámetros preliminares, teniendo

en cuenta los estudios anteriores se utilizó la información suministrada por los jefes del proceso para realizar las mediciones. Se determinaron las herramientas estadísticas a utilizar y los diferentes gráficos de control según el tipo de variable a estudiar.

- **Analizar:** Utilizando los gráficos de control obtenidos del proceso se evaluó el comportamiento de las variables en estudio identificando los puntos fuera de los límites de control con las causas que generaron este evento. Se analizó la capacidad del proceso para producir bajo las especificaciones dadas y se concluyó para cada variable teóricamente como podría mejorar las condiciones del producto.
- **Mejorar:** Con los jefes del proceso se desarrollaron estrategias de mejora y se implementaron en el proceso buscando eliminar las causas asignables de los eventos fuera de control para las variables en estudio. Se evaluó nuevamente el proceso y se comparó con la producción anterior notando la mejora en el producto y la disminución de la cantidad de canales defectuosas por alguna característica de las que se definieron.
- **Controlar:** Teniendo en cuenta que el personal estuvo capacitado en el manejo de las herramientas estadísticas se planteó la metodología como modelo permanente a seguir y el uso de los gráficos de control para determinar futuras variaciones.

El departamento de calidad será el encargado de distribuir las funciones a quien corresponda para la toma de los registros y la elaboración de los gráficos de control posteriores.

CONCLUSIONES

De la implementación del Control Estadístico del Proceso bajo la metodología Seis Sigma aplicado al proceso de beneficio de bovinos de Frigorífico Vijagual S.A. se puede concluir:

- Se reconoció el proceso de beneficio de bovinos describiendo en cada puesto de trabajo las operaciones que se desarrollan y la forma adecuada de ejecutarlas para que el producto terminado cumpla con los requisitos reglamentarios y los exigidos por el cliente.
- Luego de identificado el proceso se logró determinar cuáles son las variables críticas a controlar, estableciendo rangos y límites de medición para cada una de ellas y monitoreando su comportamiento el cual arrojó bases reales para tomar decisiones frente situaciones no deseadas dentro del proceso.
- Para el atributo del producto Tolerancia cero se pudo evidenciar la principal causa de generación de canales defectuosas que es la velocidad de la línea, se trabajó en la disminución de dicho porcentaje mediante acciones que posteriormente fueron eficaces ya que la proporción defectuosa disminuyó de 13% a 6%.
- Para la variable pH se logró reducir la amplitud de la variación de sus valores, es decir, mediante acciones correctivas principalmente la verificación de la correcta aplicación de ácido láctico a todas las canales, se disminuyó la proporción no conforme de canales producidas frente a esta característica. Sin embargo es importante mantener en observación constante esta variable y trabajar en la búsqueda de más opciones para minimizar el nivel sigma porque

con un nivel $3,9 \sigma$ se espera que existan una cantidad considerable de canales procesadas fuera de los límites de control.

- Para la variable temperatura de canal refrigerada el nivel 6 sigma encontrado durante el periodo de seguimiento, indica que el proceso puede cumplir ampliamente con las especificaciones establecidas.
- Se comprobó que una de las herramientas más efectivas en el mejoramiento del proceso fue el Control Estadístico de Procesos (CEP) pero este no funciona por sí solo y con una interpretación errada puede llevar a tomar acciones infructuosas. Las técnicas estadísticas se deben asumir como alarmas de situaciones anormales pero solo el personal responsable es el encargado de investigar las causas y ejecutar acciones correctivas apropiadas, por tal razón el éxito en los resultados dependen del compromiso del personal y de la veracidad en las decisiones que se tomen.
- Se logró relacionar al personal con la aplicación de la metodología Seis Sigma y capacitarlos en el uso de las herramientas estadísticas básicas para el control del proceso, comprometiéndolos con el trabajo direccionado hacia la mejora continua y motivándolos a que sí es posible aumentar el nivel de satisfacción respecto al producto.

RECOMENDACIONES

- Realizar el monitoreo continuo al proceso a través de la metodología establecida para identificar situaciones anormales que requieran modificación de los parámetros existentes para el control de las variables críticas en el proceso de beneficio de bovinos.
- Revisar los índices de capacidad y los niveles sigma para garantizar la habilidad de cumplir con las condiciones requeridas para el buen funcionamiento del proceso y con las especificaciones del cliente.
- Se debe trabajar en la búsqueda e implementación de acciones de mejora para el atributo tolerancia cero de tal manera que la proporción defectuosa sea igual o muy cercana a cero.
- Replicar el modelo aplicado con las demás variables del proceso que pese a que no fueron determinadas como críticas también influyen en las condiciones del producto final y en las especificaciones de los clientes, esto conllevará a un control total del proceso en cuanto a características de calidad del producto
- Continuar con motivación de todo el personal para que participe en la mejora del proceso y aplique eficientemente las acciones correctivas que se generen, exponiéndoles periódicamente los resultados obtenidos con el uso de las nuevas técnicas y resaltando el papel fundamental que asume el buen desempeño de ellos en la organización.

BIBLIOGRAFIA

ESCALANTE VASQUEZ, Edgardo J. Seis Sigma Metodología y Técnicas. México DF. Limusa. 2003. 435 p.

GÓMEZ FRAILE, Fermín. Seis Sigma. Segunda Edición. España. FC Editorial. 2003. 391 p.

KUME, Hitoshi. Herramientas Estadísticas Básicas para el Mejoramiento de la Calidad. Bogotá. Editorial Norma. 2002. 232 p.

MONTGOMERY, Douglas C. Control Estadístico de la Calidad. Tercera Edición. México DF. 2004. 350 p.

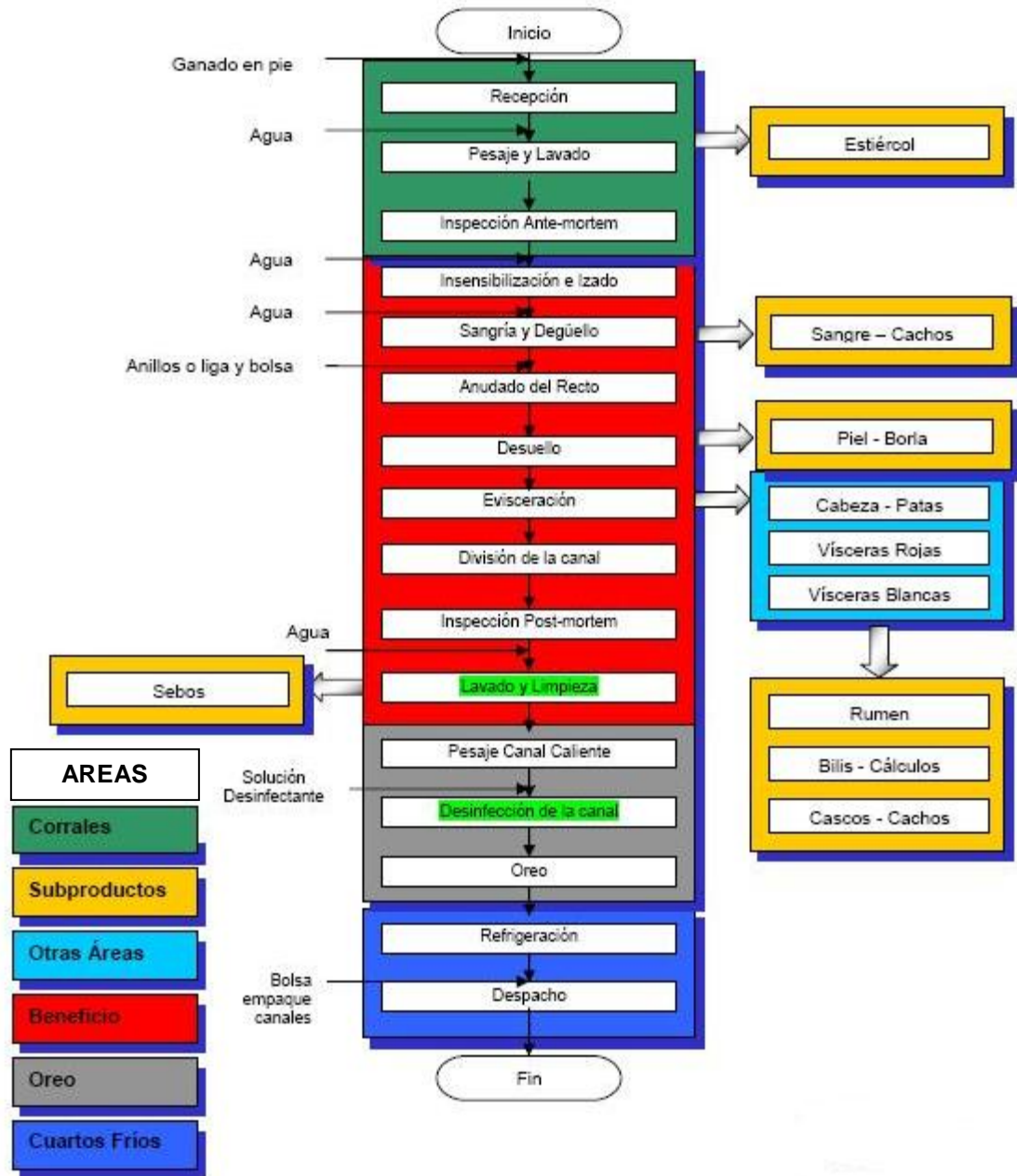
MONTGOMERY, Douglas. RUNGER, George. Probabilidad y Estadística Aplicadas a la Ingeniería. México DF. Mc Graw Hill. 1998. 985 p.

PEREZ, César. Control Estadístico de la Calidad. Teoría, práctica y aplicaciones informáticas SAS, STATGRAPHICS, MINITAB, SPSS. México DF. Alfaomega Grupo Editor. 698 p.



PRAT BARTÉS, Albert. Métodos estadísticos. Control y mejora de la calidad. México DF. Alfaomega grupo editor. 1999. 300 p.



ANEXOS



ANEXO A. DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE BENEFICIO DE BOVINOS







ANEXO B. FORMATOS DE ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS PARA LAS VARIABLES DEL PRODUCTO



	FRIGORIFICO VIJAGUAL S.A.	
ANALISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS		
PRODUCTO: Carne en canal	FECHA: Mayo 23 / 2008	HOJA: 1 de 1
VARIABLE: pH	OPERACIÓN: Refrigeración	VALOR NPR: 80
FALLA: Valor del pH por debajo de 5.5 o por encima de 6.2 para canal refrigerada		
VALOR S: 4	VALOR O: 2	VALOR D: 10
CAUSAS DE LA FALLA:		
<ul style="list-style-type: none"> • Inadecuado tratamiento térmico durante el proceso • Falta de aplicación de ácido láctico o mala dosificación del mismo para disminuir la carga bacteriana • Maltrato a los bovinos antes de ingresar a la línea de beneficio produciéndoles estrés • Condiciones del animal antes del sacrificio como lesiones y enfermedades 		
EFFECTOS DE LA FALLA:		
<ul style="list-style-type: none"> • Disminución del valor proteico de la carne, deteriorándola totalmente y causando olores desagradables. • Alteración de las propiedades físicas y organolépticas del producto • Disminución de la vida útil de la carne • Perdidas por daños en el producto final 		
CONTROLES ACTUALES: Mediante el electrodo medidor de pH o pH-metro se realizan mediciones a 10 canales diarias registrando los datos en el formato de control de proceso de beneficio que el departamento de calidad analiza para tomar los correctivos necesarios.		
ACCIONES CORRECTIVAS:		
<ul style="list-style-type: none"> • Revisar la dosificación al 2% de ácido láctico que se aplica a las canales • Controlar que el ácido láctico se esté aplicando correctamente al 100% de las canales según el procedimiento establecido • Mejorar las condiciones de los animales antes de su ingreso a la línea de beneficio 		
RESPONSABLE: Jefe de Calidad, Jefe de Producción, Jefe de Corrales		
<small>Elaboró:</small> Aura Paola Gómez García	<small>Cargo:</small> Asistente de Calidad	<small>Revisó:</small> Ing. Ana Milena Páez Camacho
		<small>Cargo:</small> Jefe de Calidad



	FRIGORIFICO VIJAGUAL S.A.		
	ANALISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS		
PRODUCTO: Carne en canal	FECHA: Mayo 23 / 2008		HOJA: 1 de 1
VARIABLE: Temperatura	OPERACIÓN: Refrigeración		VALOR NPR: 72
FALLA: Temperatura de canales refrigeradas mayor a 7°C			
VALOR S: 4	VALOR O: 2	VALOR D: 9	
CAUSAS DE LA FALLA:			
<ul style="list-style-type: none"> • Daños en el sistema de refrigeración • Fallas energéticas • Mezcla de canales calientes con canales refrigeradas • Cavas con exceso de canales almacenadas que obstaculiza la circulación del aire • Tiempo insuficiente para lograr la refrigeración 			
EFFECTOS DE LA FALLA:			
<ul style="list-style-type: none"> • Disminución del tiempo de consumo del producto debido al aumento de la reproducción microbiológica que acelera su descomposición • Pérdidas de producto terminado • Amenaza contra el bienestar del consumidor por alterar las condiciones de inocuidad del producto • Alteración de las características de calidad de la carne. 			
CONTROLES ACTUALES: Muestreo de canales en las cavas de refrigeración y registros para seguimiento del comportamiento de la temperatura en las canales.			
ACCIONES CORRECTIVAS: Elaborar un plan de control de temperatura de las cavas y entregarlo al departamento de seguridad para que los guardas cumplan estrictamente con la frecuencia establecida para la toma de temperatura y se elabore un procedimiento para que ellos ejecuten en caso de que se presente alguna eventualidad.			
RESPONSABLES: Jefe de Calidad, Jefe de Seguridad			
Elaboró: Aura Paola Gómez García	Cargo: Asistente de Calidad	Revisó: Ing. Ana Milena Páez Camacho	Cargo: Jefe de Calidad

	FRIGORIFICO VIJAGUAL S.A.		
	ANALISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS		
PRODUCTO: Carne en canal	FECHA: Mayo 23 / 2008	HOJA: 1 de 1	
VARIABLE: Tolerancia cero	OPERACIÓN: Lavado y limpieza	VALOR NPR: 175	
FALLA: Presencia de canales con residuos contaminantes (rumen, materia fecal, piel, pelos, secreción lactosa)			
VALOR S: 7	VALOR O: 5	VALOR D: 5	
CAUSAS DE LA FALLA:			
<ul style="list-style-type: none"> • Operaciones de lavado y limpieza mal ejecutadas • Operarios no cumplen con BPM • Falta de capacitación del personal en el desarrollo de las operaciones • Carencia de un sistema de lavado efectivo • Corto tiempo para ejecutar operaciones de lavado y limpieza • Contaminación cruzada dentro de la línea de beneficio • Ausencia de personal en operaciones de lavado y limpieza 			
EFFECTOS DE LA FALLA:			
<ul style="list-style-type: none"> • Celeridad en el ciclo descomposición • Alteración de las características físicas y organolépticas de la carne • Proliferación de bacterias y microorganismos patógenos • Amenaza contra la salud y bienestar del consumidor 			
CONTROLES ACTUALES: Inspección visual y registro de canales contaminadas tomando acciones correctivas inmediatas a las no conformes encontradas.			
ACCIONES CORRECTIVAS:			
<ul style="list-style-type: none"> • Aumento en el numero de operarios que desarrollan esta actividad • Permanencia fija de personal en operaciones lavado y limpieza 			
RESPONSABLE: Jefe de Calidad, Jefe de Producción			
Elaboró: Aura Paola Gómez García	Cargo: Asistente de Calidad	Revisó: Ing. Ana Milena Páez Camacho	Cargo: Jefe de Calidad

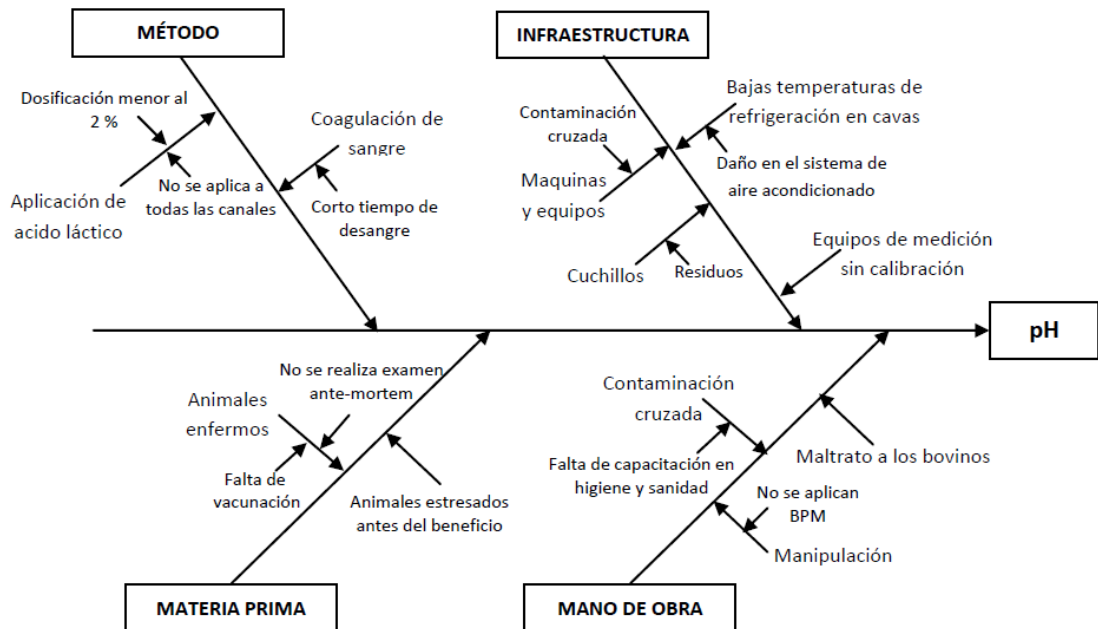
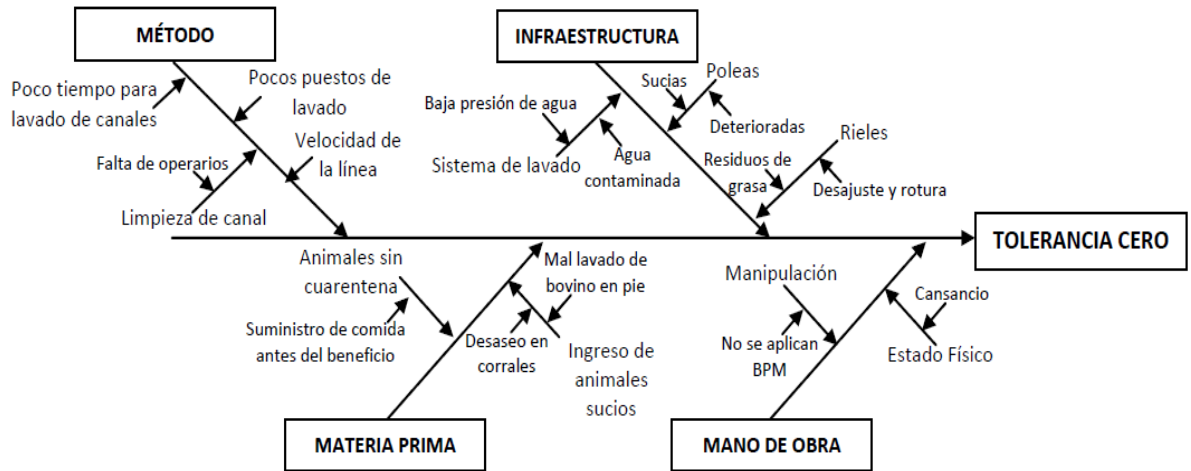
	FRIGORIFICO VIJAGUAL S.A.		
	ANALISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS		
PRODUCTO: Carne en canal	FECHA: Mayo. 23 / 2008	HOJA: 1 de 1	
VARIABLE: Cortes rotos	OPERACIÓN: Oreo	VALOR NPR: 36	
FALLA: Daño en los diferentes cortes por desgarres o incisiones en los músculos.			
VALOR S: 3	VALOR O: 3	VALOR D: 4	
CAUSAS DE LA FALLA:			
<ul style="list-style-type: none"> • Deficiente desempeño del operario • Poco tiempo para realizar los cortes con precisión • Cuchillos mal afilados 			
EFECTOS DE LA FALLA:			
<ul style="list-style-type: none"> • Producto con mala presentación • Pérdidas económicas por bajas de precio en cortes rotos • Desperdicio de producto • Rechazo del producto por el cliente 			
CONTROLES ACTUALES: Revisión de canales en las áreas de oreo y desposte. Arreglo y clasificación de cortes.			
ACCIONES CORRECTIVAS:			
<ul style="list-style-type: none"> • Realizar un programa completo de capacitación del personal y prácticas en cada puesto de trabajo para evaluar el desempeño. • Controlar la velocidad de la línea para que el tiempo en las operaciones de faenado sea suficiente para realizar la tarea correctamente • Alistamiento previo eficiente de las herramientas de trabajo 			
RESPONSABLE: Jefe de Calidad, Jefe de Producción, Supervisores de línea, Jefe de Mantenimiento			
Elaboró: Aura Paola Gómez García	Cargo: Asistente de Calidad	Revisó: Ing. Ana Milena Páez Camacho	Cargo: Jefe de Calidad

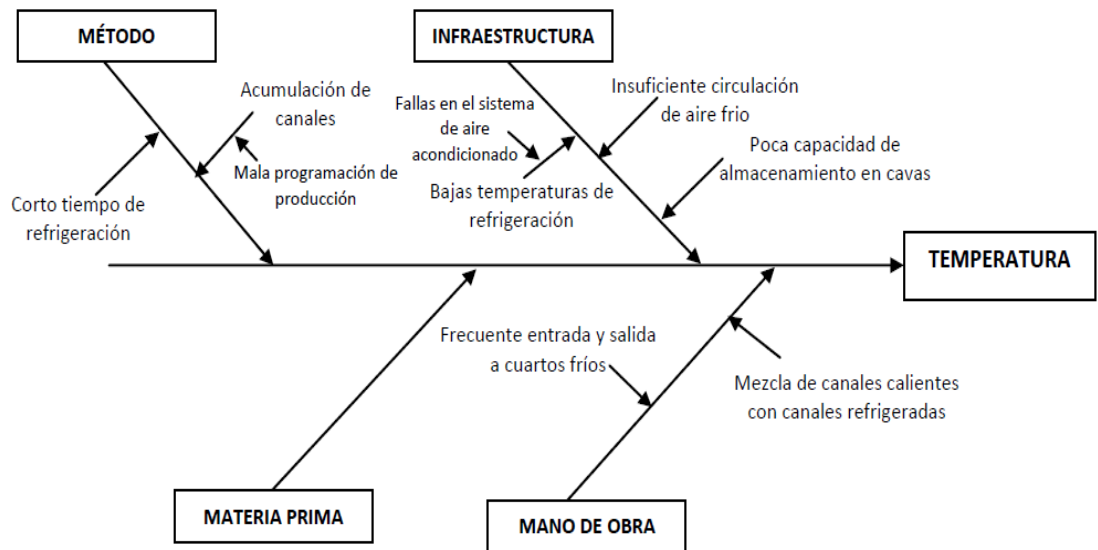
	FRIGORIFICO VIJAGUAL S.A.		
	ANALISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS		
PRODUCTO: Carne en canal	FECHA: Mayo 23 / 2008	HOJA: 1 de 1	
VARIABLE: Canales con sebos	OPERACIÓN: Oreo	VALOR NPR: 6	
FALLA: Presencia excesiva de sebos adheridos a las canales refrigeradas			
VALOR S: 3	VALOR O: 2	VALOR D: 1	
CAUSAS DE LA FALLA:			
<ul style="list-style-type: none"> • Corto tiempo para el desarrollo de las operaciones de limpieza de canales • Mal desempeño de los operarios • Ausencia del personal de limpieza de canales en sus puestos de trabajo 			
EFECTOS DE LA FALLA:			
<ul style="list-style-type: none"> • Canales con mala presentación • Deficiencias en el pesaje de la carne en canal porque el sebo aumenta el peso real • Subutilización del sebo para el fin destinado por la empresa • Reprocesos de canales y pérdidas de tiempo para realizar nuevamente la operación de limpieza 			
CONTROLES ACTUALES: Monitoreo ocasional por parte de los supervisores de línea y asistente de calidad. Inspecciones visuales.			
ACCIONES CORRECTIVAS:			
<ul style="list-style-type: none"> • Responsabilizar a los operarios de limpieza de canales de la buena presentación de las mismas • Separar de las canales listas para entregar de las que presenten sebos y realizar nuevamente limpieza de los mismos. • El jefe de cargue debe revisar el 100% de canales antes de su entrega para verificar que tenga la presentación adecuada y el peso correspondiente 			
RESPONSABLE: Jefe de Producción, Supervisores de línea, Jefe de Calidad			
Elaboró: Aura Paola Gómez García	Cargo: Asistente de Calidad	Revisó: Ing. Ana Milena Páez Camacho	Cargo: Jefe de Calidad

	FRIGORIFICO VIJAGUAL S.A.		
	ANALISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS		
PRODUCTO: Carne en canal		FECHA: Mayo 23 / 2008	HOJA: 1 de 1
VARIABLE: Recuento de microorganismos	de	OPERACIÓN: Lavado y limpieza	VALOR NPR: 20
FALLA: Valores positivos en pruebas de laboratorio para recuento de microorganismos presentes en las canales refrigeradas			
VALOR S: 1	VALOR O: 2	VALOR D: 10	
CAUSAS DE LA FALLA:			
<ul style="list-style-type: none"> • La no aplicación de BPM por parte de los operarios. • Contaminación cruzada por inadecuada esterilización de cuchillos y sierras de un bovino a otro • Proliferación bacteriana por contacto entre la carne y restos de rumen, materia fecal y contenido ruminal provenientes de las herramientas de corte, operarios y ambiente 			
EFFECTOS DE LA FALLA:			
<ul style="list-style-type: none"> • Producto en malas condiciones para el consumo por presencia de agentes patógenos perjudiciales para la salud • Disminución de la vida útil de la carne • Perdidas de producto por descomposición 			
CONTROLES ACTUALES: Muestreo 3 veces a la semana por los bacteriólogos del laboratorio de sanidad para determinar si hay presencia de microorganismos patógenos en la producción.			
ACCIONES CORRECTIVAS:			
<ul style="list-style-type: none"> • Revisar en que parte del proceso se está presentado la falla o donde se encuentran los focos de contaminación • Verificar la aplicación de BPM por parte de los operarios • Reforzar el programa de limpieza y desinfección en la línea de beneficio para evitar ambientes y superficies contaminadas 			
RESPONSABLE: Jefe de Sanidad, Jefe de Calidad			
Elaboró: Aura Paola Gómez García	Cargo: Asistente de Calidad	Revisó: Ing. Ana Milena Páez Camacho	Cargo: Jefe de Calidad

	FRIGORIFICO VIJAGUAL S.A.		
	ANALISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS		
PRODUCTO: Carne en canal	FECHA: Mayo 23 / 2008	HOJA: 1 de 1	
VARIABLE: Código de trazabilidad	OPERACIÓN: Pesaje	VALOR NPR: 4	
FALLA: Canales sin código de identificación de origen y destino			
VALOR S: 2	VALOR O: 2	VALOR D: 1	
CAUSAS DE LA FALLA:			
<ul style="list-style-type: none"> • Números ilegibles de identificación • Desvanecimiento de la tinta en la canal durante el proceso de lavado • Velocidad de la línea acelerada no da tiempo suficiente para la identificación y marcación de la canal 			
EFFECTOS DE LA FALLA:			
<ul style="list-style-type: none"> • Perdida de la trazabilidad del producto • Entrega de producto a clientes equivocados • En caso de presentar síntomas de enfermedad en la canal o sus órganos, no se puede determinar la procedencia 			
CONTROLES ACTUALES: Revisión en el puesto de pesaje del código de trazabilidad con el origen destino de la canal.			
ACCIONES CORRECTIVAS:			
<ul style="list-style-type: none"> • Si el numero es ilegible en la canal o se borro la tinta con el lavado, se puede verificar con el código que llevaba la piel antes de salir del proceso • Realizar nuevamente la marcación de la canal con el código de identificación luego de verificar en las planillas si es el correspondiente 			
RESPONSABLE: Jefe de Producción, Supervisores de línea, Auxiliar de báscula			
Elaboró: Aura Paola Gómez García	Cargo: Asistente de Calidad	Revisó: Ing. Ana Milena Páez Camacho	Cargo: Jefe de Calidad

ANEXO C. DIAGRAMAS CAUSA – EFECTO PARA LAS VARIABLES CRÍTICAS EN EL PRODUCTO FINAL





**ANEXO D. VALORES DE TOLERANCIA CERO REGISTRADOS PARA LOS
GRAFICOS DE CONTROL DE JUNIO A SEPTIEMBRE DEL 2008**

JUNIO				JULIO				AGOSTO				SEPTIEMBRE															
DIA	T1	T2	\bar{X}_n	DIA	T1	T2	\bar{X}_n	DIA	T1	T2	\bar{X}_n	DIA	T1	T2	\bar{X}_n												
2-jun	1	0	10%	1-jul	0	0	14%	4-ago	0	0	14%	1-sep	0	0	12%												
	0	1			1	0			0	0			0														
	0	0			0	0			1	0			1	0													
	0	0			0	1			0	0			1	0													
	0	0			0	0			0	1			0	0													
3-jun	0	0		10%	2-jul	1		0	14%	5-ago		0	0	14%		2-sep	0	1	12%								
	0	0				1		0				0	0				1	0									
	1	1				0		0				1	1				0	1									
	0	0				0		0				0	0				0	0									
	0	0				0		0				1	0				0	0									
4-jun	0	0			10%	3-jul		0		0		14%	6-ago			0	0	14%		3-sep	0	0	12%				
	0	0						0		0						0	0				0	0					
	0	0						0		0						0	0				0	0					
	0	0						0		0						0	0				1	0					
	0	0						0		0						0	0				0	0					
5-jun	0	0				10%		4-jul		0			0			14%	7-ago			0	0	14%		4-sep	0	0	12%
	0	0								0			0							0	0				0	0	
	0	0								0			0							0	0				0	0	
	0	1								0			0							0	0				0	0	
	0	0								0			0							0	0				0	0	
6-jun	0	0	10%				5-jul	0		0	14%		8-ago		0		0			14%	5-sep			0	1	12%	
	0	0						0		0					0		0							0	0		
	0	0						1		0					0		1							0	0		
	0	0						1		0					0		0							0	0		
	0	0						0		0					0		0							0	0		
9-jun	0	0		10%			7-jul	0	0	14%			11-ago	0	0		14%		8-sep		0			0	12%		
	0	0						0	0					0	0						0			0			
	1	0						0	0					0	0						0			0			
	0	0						0	0					1	0						0			0			
	0	0						0	0					0	0						0			0			
10-jun	0	0			10%		8-jul	0	0			14%	12-ago	0	0			14%	9-sep		0		0	12%			

20-jun	0	0		18-jul	0	0		22-ago	0	0		19-sep	0	1	
	0	0			1	1			0	0			0	0	
	0	0			0	0			0	0			0	0	
	0	0			0	0			0	0			0	0	
	0	0			0	0			0	0			0	0	
	4	4	16%		2	2	8%		4	6	20%		2	4	12%
23-jun	0	1		21-jul	0	0		25-ago	0	0		22-sep	0	0	
	0	0			0	0			0	1			0	0	
	0	0			0	0			0	0			0	0	
	0	0			0	0			0	0			1	1	
	0	0			0	0			0	0			0	0	
24-jun	1	0		22-jul	0	0		26-ago	0	0		23-sep	0	1	
	0	0			0	1			0	0			0	1	
	0	0			0	0			0	0			1	0	
	0	0			0	0			0	0			0	0	
	0	0			0	0			1	0			0	0	
25-jun	0	0		23-jul	0	0		27-ago	0	0		24-sep	0	0	
	0	0			1	1			0	0			0	0	
	1	0			1	0			1	0			0	0	
	0	1			0	0			0	0			0	0	
	0	0			0	0			0	0			0	0	
26-jun	0	0		24-jul	0	0		28-ago	0	1		25-sep	0	0	
	1	0			0	0			0	0			0	0	
	0	0			0	0			0	0			1	0	
	1	0			1	0			1	0			1	0	
	0	0			0	1			0	0			0	0	
27-jun	0	0		25-jul	0	0		29-ago	1	0		26-sep	0	0	
	1	0			0	0			0	0			0	0	
	1	0			1	0			0	0			1	0	
	0	1			0	0			0	0			0	1	
	0	0			0	0			0	0			0	0	
	6	3	18%		4	3	14%		4	2	12%		5	4	18%

ANEXO E. VALORES DE pH REGISTRADOS PARA LOS GRAFICOS DE CONTROL DE JUNIO A SEPTIEMBRE DEL 2008

JUNIO							
DIA	pH	DIA	pH	DIA	pH	DIA	pH
2-jun	5,56	9-jun	5,91	16-jun	5,31	23-jun	5,71
	5,43		5,74		6,09		5,58
	5,81		5,52		6,14		5,92
	6,09		5,96		6,24		5,91
	5,43		6,12		5,96		5,89
$\bar{X} 1$	5,66	$\bar{X} 6$	5,85	$\bar{X} 11$	5,95	$\bar{X} 16$	5,80
3-jun	6,16	10-jun	6,39	17-jun	5,72	24-jun	5,52
	5,54		5,92		5,81		5,67
	5,37		6,55		5,54		5,62
	6,06		5,51		5,52		5,67
	5,19		5,78		6,09		5,89
$\bar{X} 2$	5,66	$\bar{X} 7$	6,03	$\bar{X} 12$	5,74	$\bar{X} 17$	5,67
4-jun	5,13	11-jun	5,59	18-jun	5,53	25-jun	5,53
	5,76		5,34		5,65		5,87
	5,58		5,65		5,61		5,92
	5,21		5,91		5,53		5,53
	5,59		6,08		5,97		5,70
$\bar{X} 3$	5,45	$\bar{X} 8$	5,71	$\bar{X} 13$	5,66	$\bar{X} 18$	5,71
5-jun	5,83	12-jun	6,19	19-jun	6,12	26-jun	5,91
	5,91		5,73		6,15		5,76
	5,76		5,91		5,83		5,93
	5,97		6,12		5,94		6,09
	6,09		6,09		5,81		6,43
$\bar{X} 4$	5,91	$\bar{X} 9$	6,01	$\bar{X} 14$	5,97	$\bar{X} 19$	6,01
6-jun	6,25	13-jun	5,53	20-jun	5,51	27-jun	5,83
	6,17		5,57		5,94		5,55
	5,94		5,71		5,72		6,18
	5,78		5,66		5,92		6,17
	5,51		5,92		5,56		6,90
$\bar{X} 5$	5,93	$\bar{X} 10$	5,68	$\bar{X} 15$	5,73	$\bar{X} 20$	6,13

JULIO							
DIA	pH	DIA	pH	DIA	pH	DIA	pH
1-jul	5,52	7-jul	6,16	14-jul	6,32	21-jul	5,55
	6,03		5,79		5,76		6,06
	5,57		6,18		5,99		6,14
	6,16		6,31		5,53		6,15
	5,35		5,56		5,56		5,54
$\bar{X} 1$	5,73	$\bar{X} 26$	6,00	$\bar{X} 31$	5,83	$\bar{X} 36$	5,85
2-jul	5,93	8-jul	5,83	15-jul	6,23	22-jul	5,92
	5,81		5,44		5,84		5,54
	6,14		5,79		6,17		5,72
	6,21		5,92		5,95		5,44
	6,17		6,07		5,79		6,18
$\bar{X} 2$	6,05	$\bar{X} 27$	5,81	$\bar{X} 32$	6,00	$\bar{X} 37$	5,76
3-jul	5,93	9-jul	6,11	16-jul	6,12	23-jul	5,83
	6,04		5,74		6,17		5,82
	5,81		5,97		5,49		5,96
	5,87		6,12		5,51		6,72
	5,73		5,87		5,94		5,64
$\bar{X} 3$	5,88	$\bar{X} 28$	5,96	$\bar{X} 33$	5,85	$\bar{X} 38$	5,81
4-jul	6,15	10-jul	5,96	17-jul	5,52	24-jul	5,54
	5,84		5,57		5,65		5,66
	5,78		5,72		5,99		5,52
	5,52		6,01		5,74		5,79
	6,19		6,14		5,98		6,11
$\bar{X} 4$	5,90	$\bar{X} 29$	5,88	$\bar{X} 34$	5,78	$\bar{X} 39$	5,72
5-jul	5,18	11-jul	6,21	18-jul	5,78	25-jul	6,23
	5,82		6,25		5,92		5,50
	5,22		6,35		6,17		5,73
	6,05		5,78		5,51		5,68
	5,53		5,83		5,78		5,82
$\bar{X} 5$	5,56	$\bar{X} 30$	6,08	$\bar{X} 35$	5,83	$\bar{X} 40$	5,79

AGOSTO							
DIA	pH	DIA	pH	DIA	pH	DIA	pH
4-ago	5,35	11-ago	5,53	18-ago	5,91	25-ago	5,98
	5,71		5,62		5,52		5,67
	5,94		5,89		6,07		5,64
	6,00		5,99		6,27		6,23
	5,97		5,53		5,99		6,75
\bar{X} 41	5,79	\bar{X} 46	5,71	\bar{X} 51	5,95	\bar{X} 56	6,16
5-ago	5,48	12-ago	6,03	19-ago	5,76	26-ago	5,58
	5,59		6,00		5,54		5,90
	6,05		5,74		5,87		5,73
	6,06		5,86		5,24		5,51
	5,56		6,31		6,51		5,99
\bar{X} 42	5,75	\bar{X} 47	5,91	\bar{X} 52	5,78	\bar{X} 57	5,74
6-ago	5,31	13-ago	6,41	20-ago	6,42	27-ago	6,13
	5,93		5,69		5,73		5,96
	6,54		5,86		5,71		6,09
	6,61		5,92		5,69		6,28
	5,50		5,89		5,38		5,50
\bar{X} 43	6,10	\bar{X} 48	5,95	\bar{X} 53	5,79	\bar{X} 58	5,99
7-ago	5,98	14-ago	5,54	21-ago	6,02	28-ago	5,78
	5,86		6,17		5,52		5,91
	5,79		6,06		6,54		5,83
	5,90		5,89		5,58		5,69
	6,17		5,54		5,99		6,25
\bar{X} 44	5,94	\bar{X} 49	5,84	\bar{X} 54	5,93	\bar{X} 59	5,89
8-ago	6,30	15-ago	5,31	22-ago	5,49	29-ago	5,59
	6,21		6,39		5,76		5,47
	5,99		5,62		5,96		5,61
	5,53		5,98		6,01		5,50
	5,78		5,20		6,45		6,00
\bar{X} 45	5,96	\bar{X} 50	5,70	\bar{X} 55	5,93	\bar{X} 60	5,63

SEPTIEMBRE							
DIA	pH	DIA	pH	DIA	pH	DIA	pH
1-sep	6,36	8-sep	5,78	15-sep	5,69	22-sep	6,17
	6,02		5,53		6,03		6,07
	5,98		5,89		5,48		5,63
	6,27		5,50		5,21		5,59
	6,50		5,43		6,45		5,92
\bar{X} 61	6,23	\bar{X} 66	5,63	\bar{X} 71	5,77	\bar{X} 76	5,88
2-sep	5,97	9-sep	6,26	16-sep	5,82	23-sep	6,21
	6,12		5,72		5,57		5,93
	6,21		5,50		5,63		5,69
	5,87		6,32		5,91		6,04
	5,59		5,78		6,29		6,18
\bar{X} 62	5,95	\bar{X} 67	5,92	\bar{X} 72	5,84	\bar{X} 77	6,01
3-sep	5,69	10-sep	5,57	17-sep	5,76	24-sep	5,67
	5,32		5,91		5,90		5,48
	5,61		5,83		5,89		5,35
	5,90		5,99		5,71		5,99
	5,78		6,14		6,54		6,00
\bar{X} 63	5,66	\bar{X} 68	5,89	\bar{X} 73	5,96	\bar{X} 78	5,70
4-sep	5,16	11-sep	5,84	18-sep	6,00	25-sep	5,56
	5,58		6,03		6,15		5,82
	5,38		5,53		5,98		5,98
	5,96		5,64		5,63		5,99
	6,19		6,16		5,86		5,55
\bar{X} 64	5,65	\bar{X} 69	5,84	\bar{X} 74	5,92	\bar{X} 79	5,78
5-sep	5,80	12-sep	6,39	19-sep	5,59	26-sep	6,14
	5,64		5,81		5,53		6,52
	5,52		5,82		5,72		6,19
	6,29		6,14		5,99		5,96
	6,37		6,03		6,34		5,67
\bar{X} 65	5,92	\bar{X} 70	6,04	\bar{X} 75	5,83	\bar{X} 80	6,10

**ANEXO F. VALORES DE TEMPERATURA REGISTRADOS PARA LOS
GRAFICOS DE CONTROL DE JUNIO A SEPTIEMBRE DEL 2008**



JUNIO							
DIA	T	DIA	T	DIA	T	DIA	T
2-jun	4,3	9-jun	4,0	16-jun	4,5	23-jun	4,2
	5,0		3,8		3,7		4,7
	4,9		4,4		4,6		3,6
	4,5		3,1		4,6		3,9
	5,2		4,4		3,5		4,1
$\bar{X} 1$	4,8	$\bar{X} 6$	3,9	$\bar{X} 11$	4,2	$\bar{X} 16$	4,1
3-jun	4,4	10-jun	4,0	17-jun	4,2	24-jun	4,0
	4,3		4,7		4,3		4,5
	3,5		4,4		4,0		3,8
	5,3		3,7		3,1		4,0
	4,7		5,2		3,7		3,9
$\bar{X} 2$	4,4	$\bar{X} 7$	4,4	$\bar{X} 12$	3,9	$\bar{X} 17$	4,0
4-jun	3,5	11-jun	3,7	18-jun	3,4	25-jun	4,6
	4,0		4,2		4,8		4,5
	3,7		3,6		4,6		4,6
	3,9		3,8		4,0		5,7
	3,8		4,3		5,0		4,5
$\bar{X} 3$	3,8	$\bar{X} 8$	3,9	$\bar{X} 13$	4,4	$\bar{X} 18$	4,8
5-jun	4,8	12-jun	4,5	19-jun	3,9	26-jun	3,7
	4,7		5,0		3,6		3,4
	3,3		5,5		3,2		4,5
	3,7		5,3		3,7		3,8
	4,5		4,9		3,8		3,2
$\bar{X} 4$	4,2	$\bar{X} 9$	5,0	$\bar{X} 14$	3,6	$\bar{X} 19$	3,7
6-jun	5,1	13-jun	3,5	20-jun	4,6	27-jun	4,2
	5,0		3,8		3,5		4,5
	4,5		4,1		5,3		3,1
	4,5		3,6		5,0		4,4
	4,9		3,4		4,9		4,6
$\bar{X} 5$	4,8	$\bar{X} 10$	3,7	$\bar{X} 15$	4,7	$\bar{X} 20$	4,2

JULIO							
DIA	T	DIA	T	DIA	T	DIA	T
1-jul	4,5	7-jul	3,5	14-jul	4,2	21-jul	3,8
	3,5		3,7		5,2		4,4
	3,5		3,9		3,5		4,5
	3,6		4,2		4,3		3,9
	3,8		4,3		5,5		3,7
\bar{X} 21	3,8	\bar{X} 26	3,9	\bar{X} 31	4,5	\bar{X} 36	4,1
2-jul	4,7	8-jul	4,6	15-jul	4,0	22-jul	3,8
	3,8		4,0		4,5		3,4
	5,5		3,5		3,8		3,0
	5,1		4,1		4,3		4,4
	4,3		3,8		3,6		4,0
\bar{X} 22	4,7	\bar{X} 27	4,0	\bar{X} 32	4,0	\bar{X} 37	3,7
3-jul	4,0	9-jul	4,8	16-jul	4,7	23-jul	5,0
	4,6		4,0		4,2		3,5
	4,8		5,5		4,1		4,7
	4,5		4,3		5,5		4,0
	4,9		4,5		5,2		3,4
\bar{X} 23	4,6	\bar{X} 28	4,6	\bar{X} 33	4,7	\bar{X} 38	4,1
4-jul	3,8	10-jul	3,7	17-jul	3,8	24-jul	4,3
	4,0		4,0		3,3		4,5
	3,3		3,8		3,7		5,0
	5,2		3,5		4,0		5,1
	4,7		4,4		3,9		4,7
\bar{X} 24	4,2	\bar{X} 29	3,9	\bar{X} 34	3,7	\bar{X} 39	4,7
5-jul	5,2	11-jul	4,2	18-jul	3,7	25-jul	4,3
	5,5		4,7		4,5		4,5
	4,9		4,9		5,2		4,3
	5,1		5,3		4,7		5,5
	4,6		5,1		4,9		4,6
\bar{X} 25	5,0	\bar{X} 30	4,8	\bar{X} 35	4,5	\bar{X} 40	4,6

AGOSTO							
DIA	T	DIA	T	DIA	T	DIA	T
4-ago	4,7	11-ago	4,3	18-ago	3,7	25-ago	4,0
	3,2		3,9		3,2		4,7
	3,0		3,3		4,0		4,7
	3,9		4,2		3,6		5,0
	3,1		4,8		5,0		3,4
\bar{X} 41	3,6	\bar{X} 46	4,1	\bar{X} 51	3,9	\bar{X} 56	4,4
5-ago	4,3	12-ago	4,9	19-ago	3,5	26-ago	3,7
	4,0		5,5		4,0		3,2
	4,4		5,0		4,1		4,0
	4,6		5,2		4,3		3,9
	5,0		4,7		4,4		5,0
\bar{X} 42	4,5	\bar{X} 47	5,1	\bar{X} 52	4,1	\bar{X} 57	4,0
6-ago	4,9	13-ago	3,0	20-ago	4,2	27-ago	3,6
	5,2		3,4		4,7		4,0
	4,8		4,7		4,5		4,6
	3,6		3,6		4,5		3,9
	5,1		3,8		3,9		3,6
\bar{X} 43	4,7	\bar{X} 48	3,7	\bar{X} 53	4,4	\bar{X} 58	3,9
7-ago	3,7	14-ago	4,3	21-ago	5,0	28-ago	3,7
	3,5		4,4		3,9		4,0
	4,5		4,5		4,4		4,4
	3,2		5,2		3,3		4,3
	4,0		4,3		4,0		3,9
\bar{X} 44	3,8	\bar{X} 49	4,5	\bar{X} 54	4,1	\bar{X} 59	4,1
8-ago	3,9	15-ago	4,1	22-ago	3,6	29-ago	4,7
	4,5		4,5		3,8		4,9
	3,6		4,5		4,0		5,5
	4,0		3,7		3,2		4,5
	3,8		3,9		3,5		5,3
\bar{X} 45	4,0	\bar{X} 50	4,1	\bar{X} 55	3,6	\bar{X} 60	5,0

SEPTIEMBRE							
DIA	T	DIA	T	DIA	T	DIA	T
1-sep	4,0	8-sep	4,7	15-sep	3,4	22-sep	5,6
	3,9		3,5		3,8		4,0
	4,1		3,3		5,0		4,9
	4,6		4,9		3,7		3,9
	4,2		3,2		3,6		4,4
\bar{X} 61	4,2	\bar{X} 66	3,9	\bar{X} 71	3,9	\bar{X} 76	4,6
2-sep	3,8	9-sep	4,3	16-sep	3,4	23-sep	4,4
	3,5		4,4		4,6		4,0
	3,6		4,0		3,3		4,4
	4,0		4,2		4,0		3,8
	3,8		4,0		3,5		3,5
\bar{X} 62	3,7	\bar{X} 67	4,2	\bar{X} 72	3,8	\bar{X} 77	4,0
3-sep	4,6	10-sep	5,3	17-sep	4,7	24-sep	4,6
	4,5		5,0		4,9		4,0
	4,7		4,0		5,3		3,9
	4,0		4,5		5,0		5,3
	3,8		4,7		5,5		4,7
\bar{X} 63	4,3	\bar{X} 68	4,7	\bar{X} 73	5,1	\bar{X} 78	4,5
4-sep	3,9	11-sep	3,9	18-sep	3,5	25-sep	3,5
	5,3		3,7		4,0		3,4
	4,4		4,2		3,6		3,7
	4,6		3,5		4,7		3,9
	4,7		4,0		3,5		4,0
\bar{X} 64	4,6	\bar{X} 69	3,9	\bar{X} 74	4,0	\bar{X} 79	3,7
5-sep	3,7	12-sep	3,7	19-sep	4,2	26-sep	4,0
	3,8		4,9		4,2		4,1
	3,5		4,0		4,0		4,8
	4,0		4,7		3,7		4,3
	4,1		5,3		3,5		5,0
\bar{X} 65	3,8	\bar{X} 70	4,5	\bar{X} 75	3,9	\bar{X} 80	4,4

ANEXO G. PLAN DE CAPACITACIÓN

	FUNDAMENTOS PARA EL CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESOS	
---	--	---

DURACION: 1 Hora diaria por 6 días.

OBJETIVOS

- Conocer los métodos estadísticos para el control de procesos industriales
- Construir e interpretar los gráficos de control de procesos
- Relacionar los resultados de aplicación del control estadístico de procesos con la capacidad de proceso.

DIRIGIDO A:

Jefe de Planta
Supervisores de línea
Jefe de Calidad
Jefe de Sanidad
Jefe de Mantenimiento
Bacteriólogos
Ingenieros de proceso

CONTENIDO

1. Introducción

2. Conceptos Estadísticos
 - 2.1. Estadística
 - 2.2. Media – Mediana
 - 2.3. Varianza
 - 2.4. Variabilidad
 - 2.5. Índices de Capacidad
 - 2.6. Seis Sigma

3. Herramientas Estadísticas
 - 3.1. Hoja de Verificación
 - 3.2. Histograma
 - 3.3. Diagrama de Pareto
 - 3.4. Diagrama Causa – Efecto
 - 3.5. Diagrama de Dispersión
 - 3.6. Estratificación
 - 3.7. Gráficos de Control

4. Gráficos de Control
 - 4.1. Tipos de Grafico de Control
 - 4.2. Gráficos de Control por Variables
 - 4.3. Interpretación de Gráficos de Control

5. Capacidad del Proceso
 - 5.1. Cálculo de los Valores de Capacidad
 - 5.2. Evaluación de la Capacidad del Proceso
 - 5.3. Determinación del Nivel Sigma

**ANEXO H. VALORES OBTENIDOS DURANTE EL MONITOREO DE LA
TOLERANCIA CERO PARA OCTUBRE DEL 2008**

REGISTROS DE TOLERANCIA CERO A OCTUBRE DEL 2008										
DIA	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10
1-oct	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2-oct	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3-oct	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4-oct	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6-oct	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7-oct	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
8-oct	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9-oct	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0

	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10-oct	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11-oct	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13-oct	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0
	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14-oct	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
15-oct	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16-oct	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17-oct	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18-oct	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

20-oct	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21-oct	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
22-oct	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0
	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23-oct	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24-oct	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
25-oct	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27-oct	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28-oct	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29-oct	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0

	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30-oct	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
31-oct	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0

**ANEXO I. VALORES OBTENIDOS DURANTE EL MONITOREO DEL pH PARA
OCTUBRE DEL 2008**

OCTUBRE											
DIA	pH	DIA	pH	DIA	pH	DIA	pH	DIA	pH	DIA	pH
1-oct	5,58	7-oct	5,59	13-oct	5,67	18-oct	5,70	24-oct	5,59	30-oct	5,71
	5,84		5,65		5,95		5,92		5,58		
	5,90		5,70		5,70		5,61		5,65		5,92
	5,70		5,73		5,56		5,73		5,70		5,91
	5,67		5,68		5,58		5,65		5,68		5,89
\bar{X} 1	5,74	\bar{X} 6	5,67	\bar{X} 11	5,69	\bar{X} 16	5,72	\bar{X} 21	5,64	\bar{X} 26	5,80
2-oct	5,77	8-oct	5,88	14-oct	5,95	20-oct	5,52	25-oct	5,94	31-oct	5,91
	5,68		5,81		5,85		5,67		5,93		5,88
	5,71		5,78		5,74		5,62		5,95		5,79
	5,64		5,80		5,88		5,67		5,52		5,75
	5,62		5,87		5,86		5,89		5,93		5,86
\bar{X} 2	5,68	\bar{X} 7	5,83	\bar{X} 12	5,86	\bar{X} 17	5,67	\bar{X} 22	5,85	\bar{X} 27	5,84
3-oct	5,90	9-oct	5,70	15-oct	5,76	21-oct	5,53	27-oct	5,80		
	5,61		5,76		5,69		5,87		5,64		
	5,68		5,65		5,84		5,92		5,77		
	5,93		5,84		5,77		5,53		5,82		
	5,89		5,88		5,65		5,70		5,68		
\bar{X} 3	5,80	\bar{X} 8	5,77	\bar{X} 13	5,74	\bar{X} 18	5,71	\bar{X} 23	5,74		
4-oct	5,90	10-oct	5,75	16-oct	5,89	22-oct	5,89	28-oct	5,71		
	5,88		5,90		5,91		5,65		5,58		
	5,92		5,87		5,63		5,85		5,92		
	5,57		5,92		5,93		5,91		5,91		
	5,63		5,71		5,90		5,95		5,89		
\bar{X} 4	5,78	\bar{X} 9	5,83	\bar{X} 14	5,85	\bar{X} 19	5,85	\bar{X} 24	5,80		
6-oct	5,85	11-oct	5,86	17-oct	5,86	23-oct	5,79	29-oct	5,83		
	5,90		5,74		5,74		5,76		5,55		
	5,81		5,81		5,78		5,85		5,58		
	5,79		5,89		5,75		5,88		5,57		
	5,75		5,80		5,80		5,86		5,90		
\bar{X} 5	5,82	\bar{X} 10	5,82	\bar{X} 15	5,79	\bar{X} 20	5,83	\bar{X} 25	5,69		

**ANEXO J. TABLAS PARA CALCULAR EL % DE PRODUCTO NO CONFORME
DEL PROCESO Y EL NIVEL SIGMA**

Cp	C _p -C _{pk}				
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
0,5	15,10	20,19	28,24	38,55	50,13
0,6	8,47	12,33	18,75	27,56	38,26
0,7	4,41	7,03	11,64	18,45	27,44
0,8	2,13	3,73	6,73	11,52	18,41
0,9	0,955	1,83	3,61	6,68	11,51
1,0	0,395	0,836	1,79	3,59	6,68
1,1	0,151	0,352	0,821	1,79	3,59
1,2	0,053	0,136	0,347	0,819	1,79
1,3	0,017	0,049	0,135	0,347	0,819
1,4	0,005	0,016	0,048	0,135	0,347
1,5	0,0014	0,0048	0,0159	0,048	0,135
1,6	0,00036	0,0013	0,0048	0,0159	0,0483
1,7	0,000083	0,00034	0,0013	0,0048	0,0159
1,8	0,0000176	0,000079	0,00034	0,0013	0,0048
1,9	0,00000344	0,000017	0,000079	0,00034	0,0013
2,0	0,00000061	0,0000033	0,000017	0,000079	0,00034

% de Producto No Conforme en Función de Cp y (Cp – Cpk).

Nivel σ k	p.p.m (1)	(2)	Nivel σ k	p.p.m (1)	(2)	Nivel σ k	p.p.m (1)	(2)
6,0	3,4	0,00034	4,6	967,7	0,09677	3,2	44565,3	4,45653
5,9	5,4	0,00054	4,5	1350,0	0,13500	3,1	54799,1	5,47991
5,8	8,5	0,00085	4,4	1865,9	0,18659	3,0	66807,0	6,68070
5,7	13,4	0,00134	4,3	2555,2	0,25552	2,9	80756,4	8,07564
5,6	20,7	0,00207	4,2	3467,0	0,34670	2,8	96800,2	9,68002
5,5	31,7	0,00317	4,1	4661,2	0,46612	2,7	115069,3	11,50693
5,4	48,1	0,00481	4,0	6209,7	0,62097	2,6	135665,5	13,56655
5,3	72,4	0,00724	3,9	8197,5	0,81975	2,5	158654,6	15,86546
5,2	107,8	0,01078	3,8	10724,1	1,07241	2,4	184059,3	18,40593
5,1	159,1	0,01591	3,7	13903,4	1,39034	2,3	211854,4	21,18544
5,0	232,7	0,02327	3,6	17864,3	1,78643	2,2	241962,4	24,19624
4,9	337,0	0,03370	3,5	22750,0	2,27500	2,1	274251,7	27,42517
4,8	483,5	0,04835	3,4	28716,4	2,87164	2,0	308536,0	30,85360
4,7	687,2	0,06872	3,3	35930,1	3,59301			

(1) no conformidades por millón

(2) no conformidades por 100

Seis Sigma (6s) (tolerancias unilaterales).