

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL ESTADÍSTICO  
DE PROCESOS EN LA PLANTA DE ALIMENTOS DE AVIDESA MAC POLLO S.A.**

**ANDRÉS FELIPE VALERO GELVEZ**

**Código: 2030508**



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICOMECÁNICAS  
ESCUELA DE ESTUDIOS INDUSTRIALES Y EMPRESARIALES  
BUCARAMANGA  
2009**

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL ESTADÍSTICO  
DE PROCESOS EN LA PLANTA DE ALIMENTOS DE AVIDESA MAC POLLO S.A.**

**ANDRÉS FELIPE VALERO GELVEZ**

**Código: 2030508**

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

**Director**

**CARLOS EDUARDO DÍAZ BOHÓRQUEZ**

**Ingeniero Industrial**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICOMECÁNICAS  
ESCUELA DE ESTUDIOS INDUSTRIALES Y EMPRESARIALES  
BUCARAMANGA**

**2009**

## AGRADECIMIENTOS

*En primer lugar le agradezco a Dios por darme la salud, la vida y la oportunidad de estudiar.*

*A mis padres Oswaldo y Gilma por apoyarme incondicionalmente en todo los momentos de mi vida, también a mis hermanos y el resto de mi familia por su gran cariño.*

*A Vianey por hacer parte de mi vida y ofrecerme su gran amor.*

*Al Ing. Carlos Díaz por brindarme sus conocimientos.*

*A todas las personas que hicieron esto posible, profesores, amigos, compañeros de estudio, y al grupo de trabajo de la planta de alimentos de Avídesa Mac pollo S.A.*

## DEDICATORIA

*Dedico este trabajo*

*A Dios, por su gran bondad*

*A mis padres y hermanos, por estar conmigo siempre que los he  
necesitado*

*A vianey, por ser esa gran motivación*

*A mis amigos, por las experiencias vividas*

## TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
<b>1. GENERALIDADES DEL PROYECTO .....</b>	<b>3</b>
1.1. OBJETIVOS.....	3
1.1.1. Objetivo General .....	3
1.1.2. Objetivos Específicos .....	3
1.2. ALCANCE DEL PROYECTO.....	4
1.3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.....	4
<b>2. GENERALIDADES DE LA EMPRESA .....</b>	<b>6</b>
2.1. PERFIL DE LA EMPRESA .....	6
2.2. RESEÑA HISTÓRICA.....	6
2.3. MISIÓN.....	8
2.4. VISIÓN.....	8
2.5. OBJETO SOCIAL .....	9
2.6. ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL .....	9
2.6.1. Descripción general de las áreas funcionales .....	9
2.6.2. Organigrama general .....	10
2.7. PRODUCTOS FABRICADOS.....	12
<b>3. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROCESO PRODUCTIVO.....</b>	<b>15</b>
3.1. PROCESO DE FABRICACIÓN DE ALIMENTO BALANCEADO .....	16
3.1.1. Recepción de materia prima .....	17
3.1.2. Almacenamiento de materia prima.....	17
3.1.3. Formulación del alimento .....	18

3.1.4.	Cocción o inactivado de frijol soya .....	18
3.1.5.	Molienda de granos.....	19
3.1.6.	Mezclado de ingredientes .....	20
3.1.7.	Peletizado .....	20
3.1.8.	Enfriado.....	21
3.1.9.	Engrasado.....	22
3.1.10.	Quebrantado de alimento.....	22
3.2.	PROCESO GENERAL DE AVIDESA MAC POLLO S.A.....	22
3.2.1.	Reproductoras.....	22
3.2.2.	Incubadora .....	22
3.2.3.	Engorde.....	23
3.2.4.	Beneficio .....	23
3.2.5.	Distribución y venta .....	24
<b>4.</b>	<b>ESTADO DEL ARTE.....</b>	<b>25</b>
4.1.	LA CADENA AVÍCOLA EN COLOMBIA .....	25
4.1.1.	Producción y consumo nacional de carne de pollo .....	25
4.1.2.	Alimento balanceado para animales .....	26
4.2.	REFERENCIAS TEÓRICAS .....	27
4.2.1.	Control Estadístico de Procesos .....	28
4.2.2.	Herramientas Fundamentales del Control de Calidad.....	30
4.2.3.	Análisis de criticidad.....	36
4.2.4.	Capacidad del proceso.....	37
4.2.5.	Metodología DMAMC .....	39
<b>5.</b>	<b>DEFINIR .....</b>	<b>43</b>

5.1.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	43
5.2.	ANÁLISIS DE QUEJAS Y RECLAMOS.....	44
5.3.	DEFINICIÓN DE LAS VARIABLES DEL PROCESO.....	48
5.3.1.	Variables del proceso de fabricación de alimento y características físicas del producto terminado.....	48
5.4.	CONDICIONES ÓPTIMAS DEL PROCESO DE FABRICACIÓN DE ALIMENTO.....	50
5.4.1.	Inactivado de frijol soya.....	51
5.4.2.	Molienda.....	51
5.4.3.	Mezclado.....	52
5.4.4.	Peletizado.....	52
5.4.5.	Engrasado.....	53
5.4.6.	Producto terminado.....	54
<b>6.</b>	<b>MEDIR.....</b>	<b>55</b>
6.1.	ANÁLISIS DE CRITICIDAD.....	55
6.1.1.	Criterios de selección y ponderación.....	55
6.2.	RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE CRITICIDAD.....	58
6.2.1.	Variables objeto de estudio.....	59
6.3.	DETERMINACIÓN DE LA FRECUENCIA Y TAMAÑO DE LAS MUESTRAS.....	60
6.4.	IDENTIFICACIÓN DEL TIPO DE GRÁFICO DE CONTROL.....	62
<b>7.</b>	<b>ANALIZAR.....</b>	<b>65</b>
7.1.	TOMA Y ANÁLISIS DE DATOS.....	65
7.1.1.	Comparación de medias.....	66
7.1.2.	Test de normalidad.....	69

7.2. CALCULO DE LOS PARÁMETROS DEL PROCESO Y DETERMINACIÓN DE LOS LÍMITES DE CONTROL.....	70
7.2.1. Gráfico de control para valores individuales.....	70
7.2.2. Prueba de hipótesis para la desviación típica .....	70
7.2.3. Cálculo de los límites de control.....	72
<b>8. MEJORAR Y CONTROLAR.....</b>	<b>74</b>
8.1. TEMPERATURAS EN LOS PLATOS DE LOS COOKER.....	75
8.2. AMPERAJE DE PELETIZADORAS .....	76
8.3. TEMPERATURA DE ACONDICIONAMIENTO.....	76
8.4. TEMPERATURA DE INYECCIÓN DE ACEITE .....	77
8.5. ÍNDICES DE CAPACIDAD DEL PROCESO.....	78
8.6. CÁLCULO E INTERPRETACIÓN DE LOS ÍNDICES DE CAPACIDAD....	80
<b>9. CONCLUSIONES.....</b>	<b>92</b>
<b>10. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>94</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>95</b>

## LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 Histograma .....	30
Figura 2 Hoja de Verificación .....	31
Figura 3 Diagrama Pareto.....	32
Figura 4 Diagrama de Causa y Efecto .....	32
Figura 5 Diagrama de Dispersión .....	33
Figura 6 Gráfico de Control.....	35
Figura 7 Metodología DMAMC.....	42

## LISTA DE TABLAS

Pág.

Tabla 1 Total de empleados .....	11
Tabla 2 Principales productos cárnicos de Avidesa Mac Pollo S.A. ....	13
Tabla 3 Productos fabricados por la planta de alimentos .....	13
Tabla 4. Interpretación Cp de proceso.....	38
Tabla 5. Interpretación Cpk de proceso .....	39
Tabla 6. Sintomatología de las aves en granjas .....	47
Tabla 7. Características del producto en proceso.....	49
Tabla 8. Características del producto terminado.....	49
Tabla 9. Variables del proceso de fabricación de alimento balanceado .....	50
Tabla 10. Temperaturas por recámara de cookers .....	51
Tabla 11. Condiciones óptimas de operación en el proceso de peletizado .....	53
Tabla 12. Características del producto terminado.....	54
Tabla 13. Parámetros del análisis de criticidad.....	57
Tabla 14. Resultados análisis de criticidad a las variables del proceso .....	59
Tabla 15. Variables del proceso de fabricación de alimento objeto de estudio.....	60
Tabla 16. Características del producto terminado.....	60
Tabla 17. Frecuencia de muestreo para las variables críticas .....	61
Tabla 18. Hipótesis para comparación de medias de temperaturas .....	66
Tabla 19. Parámetros y límites de control para las variables.....	72
Tabla 20. Parámetros y límites de especificación para las variables .....	79
Tabla 21. Índices de capacidad de las variables.....	80

## LISTA DE GRÁFICOS

	Pág.
Gráfico 1 Consumo per cápita de carne de pollo.....	26
Gráfico 2 Materias primas para la fabricación de alimento para aves.....	27
Gráfico 3. Frecuencia de reclamos de granjas primer semestre 2009.....	45
Gráfico 4. Reclamos por tipo de alimento primer semestre de 2009 .....	45
Gráfico 5. Síntomas en granjas por alimento "Engorde" .....	46
Gráfico 6. Síntomas en granjas por alimento "Pollito 2" .....	47
Gráfico 7. Capacidad de temperatura en plato 1 .....	81
Gráfico 8. Capacidad de temperatura en plato 2 .....	82
Gráfico 9. Capacidad de temperatura en plato 3 .....	82
Gráfico 10. Capacidad de temperatura en plato 4 .....	83
Gráfico 11. Capacidad de temperatura en plato 5 .....	84
Gráfico 12. Capacidad amperaje peletizadora 1 .....	84
Gráfico 13. Capacidad amperaje peletizadora 2.....	85
Gráfico 14. Capacidad temperatura de acondicionamiento .....	85
Gráfico 15. Capacidad temperatura de aceite .....	86
Gráfico 16. Capacidad granulometría engorde en malla 8.....	87
Gráfico 17. Capacidad granulometría engorde en plato .....	87
Gráfico 18. Capacidad granulometría pollito 2 en malla 8 .....	88
Gráfico 19. Capacidad granulometría pollito 2 en malla 16 .....	89
Gráfico 20. Capacidad granulometría pollito 2 en plato .....	89
Gráfico 21. Capacidad humedad producto terminado.....	90
Gráfico 22. Capacidad PDI en producto terminado.....	91

## LISTA DE ANEXOS

Anexo A: Mapa de Dispersión Funcional .....	98
Anexo B Diagrama Causa Efecto .....	100
Anexo C Encuesta de Evaluación de Criticidad .....	104
Anexo D: Pruebas de Comparación de Medias .....	105
Anexo E: Pruebas de Normalidad de Datos .....	111
Anexo F: Prueba Hipótesis Chi Cuadrado Para La Desviación De La Muestra... 113	
Anexo G: Plan de Capacitación .....	115
Anexo H. Folleto de Capacitación.....	117
Anexo I. Diapositivas Plan de Capacitación.....	118
Anexo J. Registros de Capacitación .....	121
Anexo K. Aplicativo Para Control Estadístico de Procesos.....	123
Anexo L. Gráficos de Control para las Variables .....	124

## RESUMEN

**TITULO:** DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESOS EN LA PLANTA DE ALIMENTOS DE AVIDESA MAC POLLO S.A.\*

**AUTOR:** VALERO GELVEZ, Andrés Felipe\*\*

**PALABRAS CLAVES:** Control Estadístico, Causas asignables, Índices de Capacidad, Proceso, Variables Críticas.

Avidesa Mac Pollo S.A. es una empresa dedicada a la producción y comercialización de carne de pollo, esta cuenta con los diferentes eslabones de la cadena productiva; granjas, incubadora, beneficio y fabricación de alimentos.

La planta de alimentos es la encargada de proveer a las granjas con alimento concentrado balanceado de la mejor calidad para garantizar el mejor porcentaje de conversión del pollo, no obstante existen algunas inconformidades sobre la calidad de estos alimentos, lo que ha conducido a un interés en el control y mejoramiento de sus procesos.

El proyecto tiene como propósito diseñar e implementar un sistema de control estadístico que permita contar con información clara y oportuna que permita detectar en tiempo real anomalías que puedan afectar la calidad del producto final.

Para el desarrollo del proyecto se inicio con el análisis de las quejas provenientes de granjas permitiendo identificar las características más importantes del alimento, se identificaron las variables críticas de operación y a partir de estas se calcularon los parámetros propios del proceso y sus respectivos limites de fluctuación natural, estos permitieron evidenciar la presencia de algunas causas asignables que estaban afectando el proceso, como parte final se calcularon los índices de capacidad que permiten conocer si las variables son capaces de cumplir con las especificaciones establecidas por el departamento de calidad y de producción.

---

\* Proyecto de Grado.

\*\* Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de Estudios Industriales y Empresariales. Programa de Ingeniería Industrial. Dirigido por el Ingeniero Carlos Eduardo Díaz Bohórquez.

## SUMMARY

**TITLE:** DESIGN AND IMPLEMENTATION OF STATISTICAL PROCESS CONTROL SYSTEM IN AVIDESA MAC POLLO S.A. FEED PLANT\*

**AUTHOR:** VALERO GELVEZ, Andrés Felipe\*\*

**KEY WORDS:** Statistical Control, Assignable reasons, Indexes of capacity, Process, Critical variables

Avidesa Mac Pollo S.A. is a company dedicated to the production and marketing of chicken meat, it has the different links of the productive chain; farms, incubator, benefit and feed manufacture.

The feed plant is the provider of the farms with the best quality concentrated balanced feed to guarantee a high percentage of the chicken conversion, nevertheless some dissents exist on the quality feed, it has led an interest in the control and improvement of their processes.

The project has as purpose design and implements of a system of statistical process control that allows possessing clear and oportune information to detect in real time anomalies that could affect the quality of the final product.

To develop the project it was started with the complaints analysis from farms allowing to identify the most important characteristics of the feed, the critical variables of operation were identified and from these their own parameters were calculated and their respective natural fluctuation limits, these allowed to demonstrate the presence of some assignable reasons that were affecting the process, since final part there were calculated the indexes of capacity that allow to know if the variables are capable of expiring with the specifications established by quality and production department.

---

\* Degree Project.

\*\*Faculty of Mechanics & Physics. School of Industrial and Business Studies. Work directed by Eng. Carlos Eduardo Díaz Bohórquez.

## INTRODUCCIÓN

El sector avícola ha logrado un posicionamiento importante en nuestro país y mucho más en el departamento de Santander, el crecimiento de este mercado no solo contribuye a la generación de empleo por su amplio campo de acción, sino que brinda diferentes alternativas de alimentación a las familias colombianas.

La cadena productiva del pollo encierra grandes eslabones como, la fabricación del alimento, incubación y cría de las aves, beneficio, elaboración de embutidos cárnicos y una compleja red de logística para llegar a un gran número de ciudades del país.

La importancia de optimizar los procesos de fabricación de alimento es de vital importancia para la industria avícola, pues el costo del producto terminado esta compuesto en un 70% por el costo del alimento balanceado, cualquier desaprovechamiento que se tenga en este eslabón de la cadena repercute considerablemente en el costo y la calidad del producto del consumidor final.

El control estadístico de procesos (CEP), utiliza una serie de metodologías estadísticas que permite dar un diagnostico de las condiciones iniciales de una empresa para determinar cuales son las características o variables criticas de calidad que serán monitoreadas con la utilización de gráficos de control, estos permiten la identificación de las principales causas asignables de variación, facilitando la realización de esfuerzos en la reducción de las mismas y conseguir el control estadístico de los procesos.

Adicional a esto se utilizan los denominados índices de capacidad los cuales permiten conocer si una variable o procesos cumple o no con las especificaciones propias, ya sean de calidad o especificaciones de operación, de esta manera se pueden realizar ajustes en aquellas variables que no cumplan con esta condición.

CUMPLIMIENTO DE OBJETIVOS	
Objetivo específico 1: Identificar las características más importantes del alimento para las granjas y cuáles son los problemas de calidad presentados actualmente mediante un diagnóstico de los reportes de reclamos.	<b>Capítulo 5 numeral 2:</b> Se determinaron las características más importantes de calidad del alimento, adicional se recopiló información sobre las quejas y reclamos del primer semestre y se lograron determinar los principales problemas en granjas.
Objetivo específico 2: Determinar las características críticas de calidad a controlar a partir de los diagnósticos previos	<b>Capítulo 5 numeral 3 al Capítulo 5 numeral 6:</b> Se documentó el proceso productivo con el cual se elaboró un listado con las variables del proceso de fabricación, finalmente fue depurado y resumido con el análisis de criticidad.
Objetivo específico 3: Seleccionar las herramientas estadísticas requeridas para hacer seguimiento a las variables del producto según las condiciones propias de cada proceso.	<b>Capítulo 6:</b> Se determinó el tipo de gráfico de control adecuado para el seguimiento de las variables y se calcularon los parámetros y los límites de control para cada una de estas.
Objetivo específico 4: Determinar los índices de capacidad de los procesos analizados.	<b>Capítulo 8:</b> Con los parámetros establecidos se calcularon los índices de capacidad del proceso y se realizó su respectiva interpretación.
Objetivo específico 5: Diseñar y desarrollar un programa de capacitación y entrenamiento para los operarios y supervisores de los procesos de los procesos analizados.	<b>Anexos G, H, I, J;</b> Se diseñó un plan de capacitación del personal de la planta de alimentos durante el mes de octubre de 2009

# 1. GENERALIDADES DEL PROYECTO

## 1.1. OBJETIVOS

### 1.1.1. Objetivo General

Diseñar e implementar un sistema de control estadístico de procesos, que le permita a la planta de alimentos de Avidesa Mac pollo S.A. contar con información clara, veraz y oportuna sobre las operaciones para identificar condiciones anormales, eliminar fuentes de variación y conocer el comportamiento real de los procesos para facilitar el proceso de toma de decisiones.

### 1.1.2. Objetivos Específicos

- Identificar las características más importantes del alimento para las granjas y cuáles son los problemas de calidad presentados actualmente mediante un diagnóstico de los reportes de reclamos.
- Determinar las características críticas de calidad a controlar a partir de los diagnósticos previos.
- Seleccionar las herramientas estadísticas requeridas para hacer seguimiento a las variables del producto según las condiciones propias de cada proceso.
- Determinar los índices de capacidad de los procesos analizados.
- Diseñar y desarrollar un programa de capacitación y entrenamiento para los operarios y supervisores de los procesos de los procesos analizados.

## **1.2. ALCANCE DEL PROYECTO**

Por medio de un análisis inicial de los reportes de quejas y reclamos recibidos de las diferentes granjas se determinará cuáles son los productos que presentan mayores problemas de calidad; con base en este análisis se diseñará e implementará un sistema de control estadístico de procesos que permita proporcionar criterios de control confiables para identificar condiciones anormales en los procesos, conocer el estado actual y medir el comportamiento de las operaciones críticas incluyendo la identificación de las variables, el diseño de gráficos de control y herramientas estadísticas que permitan el monitoreo de cada una de éstas.

El proyecto incluye además un análisis de los índices de capacidad del proceso y capacitación del personal en la aplicación de las metodologías y las herramientas utilizadas.

## **1.3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO**

No existe una clara definición de la calidad del alimento terminado ya que puede ser descrito desde varias perspectivas como la calidad nutricional, que se refiere al valor alimenticio para el animal, calidad en bioseguridad que se refiere a la presencia de enfermedades y agentes patógenos que afectan las condiciones de vida de las aves o la calidad técnica que se refiere a las características físicas del alimento.

Es importante el conocer y definir adecuadamente la calidad del alimento terminado para las aves, dado que sus características determinaran la producción animal y por lo tanto la rentabilidad del negocio.

Este proyecto se justifica por la necesidad de tomar decisiones con base en la información confiable y oportuna, que ofrece la aplicación de herramientas estadísticas en el control de calidad (calidad técnica). Además, permite la participación del personal con experiencia en los procesos de mejoramiento continuo.

## 2. GENERALIDADES DE LA EMPRESA

### 2.1. PERFIL DE LA EMPRESA<sup>1</sup>

Razón Social:	Avidesa Mac Pollo S.A.
NIT:	820.201.881-4
Gerente:	María Isabel Montañéz Camargo
Teléfono / fax:	6380144
Dirección:	<b>Sede Administrativa</b> Kilómetro 5 anillo vial Girón – Florida Vereda Río Frío <b>Planta de Alimentos</b> Kilómetro 3 vía Chimitá – Café Madrid
Departamento:	Santander
Página web:	<a href="http://www.macpollo.com">www.macpollo.com</a>
e-mail:	<a href="mailto:servicliente@macpollo.com">servicliente@macpollo.com</a>
Año de Fundación:	1969

### 2.2. RESEÑA HISTÓRICA

Hace cincuenta años la producción avícola en el país era apenas una industria naciente, se consideraba una actividad marginal y complementaria con una escasa o casi nula tecnificación de procesos. La gran parte de la carne de pollo, gallina y los huevos consumidos en el país eran producidos en los solares de las fincas familiares.

---

<sup>1</sup> Fuente: Información Avidesa Mac Pollo S.A. Manual de procedimientos administrativos.

Los orígenes de Mac Pollo se remontan a esa época con una pequeña planta de alimentos que con la llegada de Purina de los Estados Unidos se transformó en Distribuidora Cosandi Ltda., operando como distribuidor en la zona, en donde impulsó la producción de huevo comercial y las primeras producciones de pollo.

En Marzo de 1.969 se constituye la sociedad comercial Avidesa Ltda., siendo Distribuidora Cosandi Ltda. su principal socio, como distribuidora de alimentos concentrados para todo tipo de animales. Algunos años más tarde, Avidesa Ltda. inicia una producción incipiente de pollo de engorde con un proceso artesanal que después se industrializa en una planta de proceso en el año de 1.979 conocida como PROAVESAN.

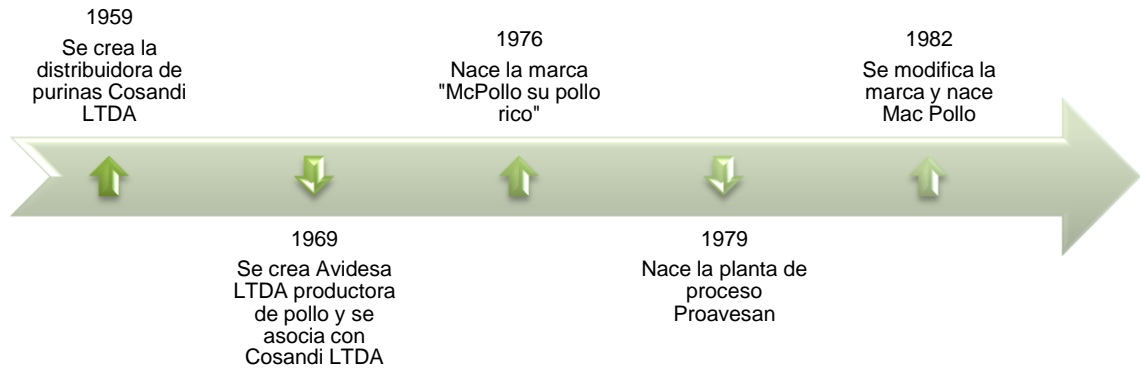
Su marca original "McPollo su pollo rico" se remonta al año de 1.976, a la cual se le han sumado otras como "Mac Pollo" en 1.982, cuando se abandona la distribución de concentrados y se focaliza en la producción, procesamiento y distribución de carne de pollo y cambia la propiedad accionaria a los socios actuales. A partir de entonces, Mac Pollo ha sido actor importantísimo en el salto positivo en la dinámica y desarrollo de la industria avícola y de los cambios tecnológicos con los cuales se optimizó y controló la producción y la calidad y se vienen haciendo las mejoras para un mercado más racional, logrando consolidarse como la primera empresa avícola del país.

En este periodo, pasó de 500 pollos diarios en su inicio a 155.000 hoy, con una estrategia integral donde cada uno de los eslabones de la cadena productiva es minuciosamente controlado<sup>2</sup>.

---

<sup>2</sup> Ibíd., p. 6

### Ilustración 1 Línea de tiempo Avidesa Mac Pollo S.A.



Fuente: Elaborado por el autor.

### 2.3. MISIÓN<sup>3</sup>

“Satisfacer necesidades nutricionales de los consumidores con la mejor calidad, servicio, variedad y precio, de manera eficiente y rentable, comprometidos con el bienestar y el desarrollo de nuestra gente, con responsabilidad con la comunidad y el medio ambiente”

### 2.4. VISIÓN<sup>4</sup>

Estar siempre presentes en la alimentación de la familia colombiana, para lo cual debemos:

- Mantener el crecimiento sostenible de participación en el mercado y presencia internacional.

---

<sup>3</sup> Ibíd., p. 6

<sup>4</sup> Ibíd., p. 6

- Asegurar la lealtad de nuestros clientes a través de la calidad del producto, de la innovación y de la excelencia en el servicio.
- Tener la mejor productividad optimizando costos con parámetros internacionales
- Trabajar por procesos articulados, ágiles, eficientes y flexibles, soportados en un sistema de información confiable y completo.
- Mantener el liderazgo tecnológico.
- Atraer, desarrollar y mantener el mejor talento humano.

## **2.5. OBJETO SOCIAL<sup>5</sup>**

Avidesa Mac Pollo S.A. es una empresa dedicada a la explotación de la industria avícola, llegando hasta la comercialización de todos los productos que se originen de estas actividades.

## **2.6. ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL**

### **2.6.1. Descripción general de las áreas funcionales**

La estructura organizacional de Avidesa Mac Pollo S.A. está encabezada por la asamblea general de accionistas quienes elijen a los miembros de la junta directiva para que en su ejercicio determinen las políticas de la compañía y garanticen su cumplimiento, ésta a su vez postula al gerente general quien

---

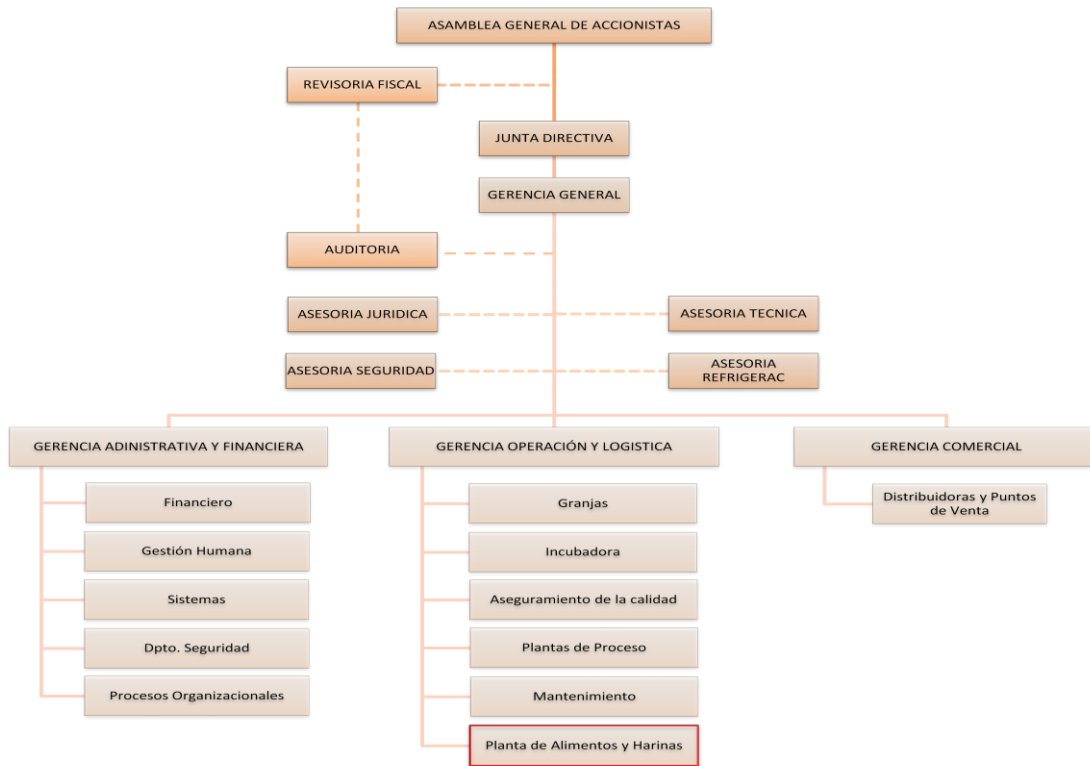
<sup>5</sup> Ibíd., p. 6

se apoya en un grupo de asesores de distintas disciplinas (Jurídica, seguridad, técnica y refrigeración) con el fin de establecer y cumplir la normatividad vigente en cuanto a la elaboración de alimentos, garantizar la seguridad y preservación de cada una de las instalaciones de la compañía y de las personas que laboran en ella, proporcionar el adecuado mantenimiento de la maquinaria y equipos, también ofrecer soporte en el área de refrigeración IQF y así permitir el correcto manejo de la cadena de frío del pollo, de la gerencia general se desprende la gerencia administrativa y financiera, la gerencia de operaciones y logística y la gerencia comercial.

### **2.6.2. Organigrama general**

En la Ilustración 2 se presenta el organigrama general de Avidesa Mac Pollo S.A., donde la planta de alimentos se encuentra bajo la administración de la gerencia de operaciones y logística.

**Ilustración 2: Organigrama general Avidesa Mac Pollo S.A.**



Fuente: Información Avidesa Mac Pollo S.A. Manual de procedimientos administrativos.

Avidesa Mac Pollo S.A. actualmente cuenta con 2.427 trabajadores distribuidos en cada una de sus áreas, dentro de las cuales se encuentra la planta de alimentos con 83 empleados directos, la Tabla 1 muestra detalladamente la distribución de los empleados según su área de trabajo.

**Tabla 1 Total de empleados**

SECCIÓN	TOTAL DE EMPLEADOS
Gerencia general	1
Publicidad y medios	1
Gerencia comercial	4
Departamento de auditoria	8
Departamento jurídico	2
Departamento financiero	27

SECCIÓN	TOTAL DE EMPLEADOS
Bodega general	11
Departamento de gestión humana	28
Procesos organizacionales	6
Seguridad	49
Departamento de sistemas	14
<b>Planta de alimento y harinas</b>	<b>83</b>
Gestión ambiental	5
Laboratorio y control de calidad	5
Incubadora Floridablanca y Girón	71
Administración pollo de engorde	32
Administradores de galpón y galponeros (pollo de engorde)	430
Administración de reproductoras	20
Administradores de galpón y galponeros (levante y producción de reproductoras)	136
Mantenimiento mecánico granjas	8
Planta de beneficio	352
Planta Frigoandes	157
Área comercial	977
<b>TOTAL EMPLEADOS</b>	<b>2427</b>

Fuente: Información Avidesa Mac Pollo S.A. Manual de procedimientos administrativos.

## 2.7. PRODUCTOS FABRICADOS

Actualmente Avidesa Mac Pollo S.A. cuenta con un amplio catálogo de productos que se encuentran disponibles en todos sus puntos de venta a nivel nacional; dentro de los productos vendidos por la compañía se encuentra la línea Delikatessen la cual ofrece carnes frías y embutidos de pollo, también cuenta con la venta de pollo despresado (pechugas, alas, piernas) y pollo entero.

Los principales productos son presentados en la tabla 2:<sup>6</sup>

**Tabla 2 Principales productos cárnicos de Avidesa Mac Pollo S.A.**

<b>LÍNEAS DE PRODUCTOS CÁRNICOS FABRICADOS POR AVIDESA MAC POLLO</b>	
	Línea Delikatessen
	Línea Pechuga
	Línea Alas
	Línea Pierna

Fuente: Elaborado por el autor.

El alimento consumido por las aves en cada una de sus etapas de crecimiento ya sea para reproductoras o para pollo de engorde es fabricado directamente por la planta de alimentos de Avidesa Mac Pollo S.A. quienes cuentan con un equipo interdisciplinario encargado de diseñar, formular y producir el alimento concentrado balanceado para proporcionar la correcta nutrición a las aves, utilizando ingredientes de origen natural como el maíz, soya, sorgo y subproductos de planta de beneficio, aumentando así la tasa de conversión de los animales en granjas; los productos fabricados por la planta de alimentos son presentados en la tabla 3:

**Tabla 3 Productos fabricados por la planta de alimentos**

<b>PRODUCTOS POLLO DE ENGORDE</b>		
	<b>Alimento</b>	<b>Etapas de suministro</b>
	<b>Pre-iniciador</b>	Del día 1 al 9
	<b>Pollito 2</b>	Del día 10 al 21
	<b>Engorde hembra</b>	Del día 22 al 35
	<b>Engorde macho</b>	Del día 22 al 40
	<b>Finalizador</b>	Del día 36 al 42 (Hembras)

<sup>6</sup> Disponible en la página web de Avidesa Mac Pollo <<http://www.macpollo.com/product.htm>>.

		Del día 41 al 45 (Machos)
<b>PRODUCTOS HEMBRA Y MACHO REPRODUCTOR</b>		
	<b>Alimento</b>	<b>Etapa de suministro</b>
	<b>Iniciador pollita</b>	Del día 1 al 42
	<b>Levante</b>	Del día 43 al 105
	<b>Prepostura</b>	Del día 106 al 154
	<b>Pre-pico</b>	Del día 155 al 322
	<b>Fase 1</b>	Del día 323 al 425 (aprox.)
	<b>Iniciador pollito</b>	Del día 1 al 42
	<b>Levante</b>	Del día 43 al 430 (aprox.)

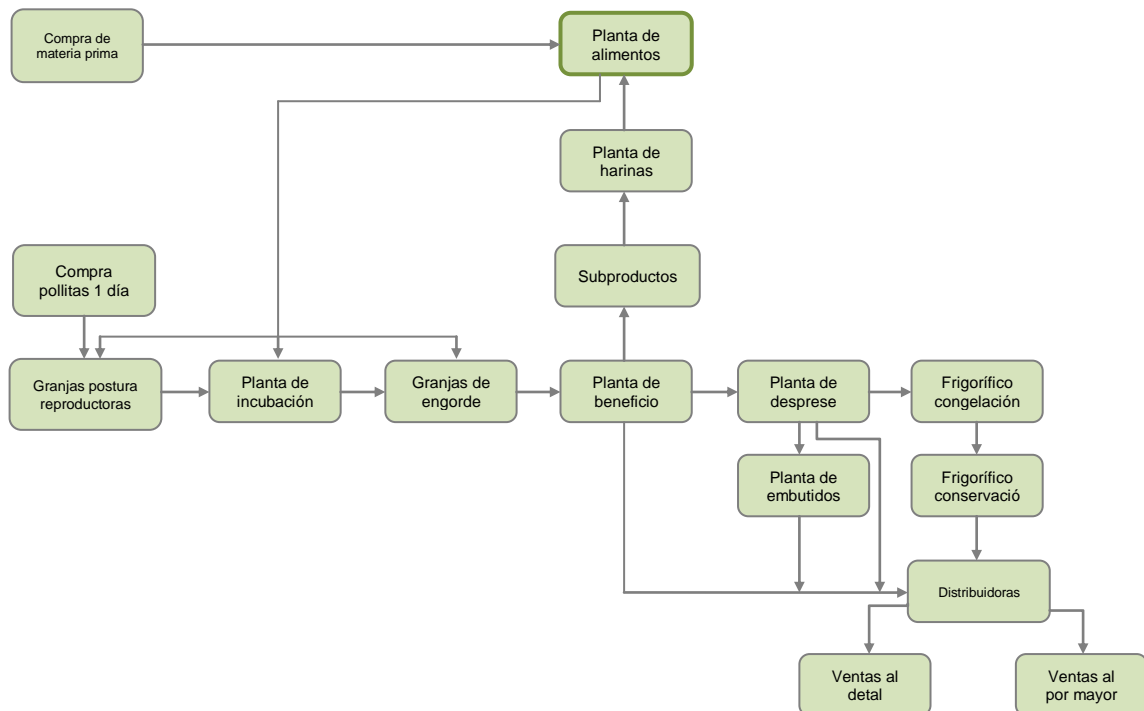
Fuente: Información Avidesa Mac Pollo S.A. Manual de procedimientos de granjas.

### 3. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROCESO PRODUCTIVO

Avidesa Mac Pollo S.A. es una empresa que ha desarrollado a través de los años un proceso de integración vertical, acogiendo los distintos eslabones de la cadena productiva del pollo en Colombia.

Como se muestra en la ilustración 3, hoy en día con la cadena productiva integrada Avidesa opera la reproducción, incubación, engorde, beneficio, comercialización y la fabricación de alimento concentrado para cada etapa del crecimiento de las aves en granjas, llevando así un seguimiento a cada unidad productiva para garantizar aves de la mejor calidad en la mesa de los colombianos.

**Ilustración 3: Proceso productivo general**



Fuente: Información Avidesa Mac Pollo S.A. Manual de procedimientos administrativos.

**Ilustración 4: Cadena productiva**



Fuente: Elaborado por el autor.

### **3.1. PROCESO DE FABRICACIÓN DE ALIMENTO BALANCEADO**

En la industria avícola es común encontrar distintas presentaciones de alimento balanceado, harina o pelet. El alimento en forma de harina tiene como desventajas la segregación de sus ingredientes, el desperdicio natural por acción del viento o derramamiento y la selección que el animal realiza en base a tamaños, formas y colores; lo que se traduce en alteraciones del balance nutricional de la ración y reducción de la eficiencia de conversión en las aves.

La presentación del alimento utilizada por Avidesa es el pelet, pues constituye la forma más eficiente de fabricación. Por medio del mezclado y prensado, el pelet garantiza un balance equilibrado de los ingredientes dentro del volumen total de cada ración, también permite lograr una mejor calidad sanitaria del alimento ya que durante el proceso se incorpora vapor de agua que eleva la temperatura del mismo, eliminando agentes y toxinas perjudiciales para el organismo del pollo. Otras ventajas de la fabricación de alimento en pellets es su fácil manipulación al ser un producto compactado, reduciendo costos de transporte y logística.

### **3.1.1. Recepción de materia prima**

La recepción de las materias primas es el primer paso en el proceso productivo del alimento, allí se reciben materias primas de origen natural utilizadas en su elaboración: maíz, frijol soya, sorgo, gluten, aceite de pollo y palma, entre otras; también se reciben algunos aminoácidos esenciales en la dieta de las aves como la Lisina, Methionina, Treonina, etc. En este proceso de recepción es fundamental conocer las características de las materias primas que llegan a la planta (el contenido de humedad, la presencia de insectos, la cantidad de impurezas, los factores nutricionales y de sanidad) mediante un muestreo y análisis de laboratorio previo, con el fin de asegurar y garantizar que éstas cumplan con los estándares mínimos establecidos por la compañía. En caso de detectar una materia prima no conforme con respecto a estos parámetros, se toma la decisión de rechazo o de aceptación bajo ciertas condiciones de dilución o reformulación según los resultados de laboratorio.

### **3.1.2. Almacenamiento de materia prima**

Las materias primas que cumplen las condiciones necesarias para el ingreso, son almacenadas en distintos lugares según sea su presentación; empacada, granel o líquidos. La materia prima empacada es apilada en las bodegas de la planta, la materia prima a granel es descargada automática o manualmente en tolvas de recibo y por medio de transportadores y elevadores es dirigida a los silos de almacenamiento metálicos numerados de 0 a 4, o de concreto identificados con letras F, G, H, I, J, K, L, M, N; los aceites son almacenados en tanques herméticos numerados de 1 a 8 que evitan la fuga o escape de la materia prima. El tiempo de almacenamiento depende de las cantidades solicitadas para la producción del alimento.

### **3.1.3. Formulación del alimento**

El diseño de las fórmulas para el alimento balanceado es muy importante en el proceso de fabricación, pues allí se definen las necesidades nutricionales del animal, porcentaje de proteínas, minerales, almidones, aminoácidos, etc; además se busca la reducción de los costos del alimento dependiendo de las materias primas disponibles en el mercado.

El objetivo de la alimentación balanceada es conseguir una elevada tasa de conversión con un buen desarrollo de la masa muscular y un grado óptimo de engrasamiento del ave.

### **3.1.4. Cocción o inactivado de fríjol soya**

El fríjol soya por ser una materia prima con altos contenidos de tripsina\* y ureasa\*\* en su estado natural, es perjudicial para el tracto gastrointestinal y urinario de las aves, por esta razón requiere un proceso previo de inactivado o cocido, durante este proceso se aplica vapor de agua a alta temperatura a la materia prima cruda, por tratarse de enzimas termolábiles el calor actúa como agente inhibidor de estas enzimas, reduciendo así el riesgo de enfermedades o problemas intestinales en las aves.

La planta de fríjol soya cuenta con seis hornos cocedores o cookers, los cuales están equipados con 5 recámaras cilíndricas interconectadas entre sí, adecuadas para la cocción del fríjol por medio de inyección de vapor de agua a alta temperatura. Estas recámaras se encuentran numeradas del uno al cinco, donde la recámara número uno es la que se encuentra en la parte más

---

\* Enzima peptidasa que rompe los enlaces de las proteínas mediante hidrólisis para formar péptidos o aminoácidos de menor tamaño.

\*\* Enzima que hidroliza la urea para producir dióxido de carbono y amoníaco.

alta del cooker, la cocción del frijol está controlada por medio de un sistema PLC\*, encargado del funcionamiento automático del proceso de cocción.

El proceso de cocción de frijol soya comienza con la transferencia de esta materia prima por medio de elevadores y transportadores automáticos desde los silos de almacenamiento hasta la tolva de recibo ubicada en la planta de frijol, antes que la materia prima caiga en la tolva esta es cernida con el fin de eliminar impurezas que puedan contaminar el alimento.

Una vez el frijol que ingresa a la recámara 1 cumple su tiempo de cocción, el sistema PLC se encarga de abrir la compuerta que comunica la recámara 1 con la 2 para que el frijol en proceso descienda y continúe con el proceso de inactivado, de igual manera ocurre con las demás recámaras. Vaciada la recámara 5 el sistema dosifica nuevamente una ración al proceso, la cocción de frijol se realiza durante 24 horas diarias.

El frijol que sale de la recámara 5 de cada cooker es volcado en una tolva subterránea, éste es extraído por medio de un juego de transportadores de cadena y es dirigido al enfriador con el fin de bajar su temperatura y humedad; el enfriado se realiza para evitar la proliferación de hongos y descomposición acelerada del frijol soya cocido durante su posterior almacenaje.

### **3.1.5. Molienda de granos**

El maíz y el frijol cocido o inactivado son materias primas que requieren un proceso previo de molienda, pues su naturaleza granulada impide la elaboración del alimento; para iniciar con el proceso de molienda se extrae la

---

\* Programable Logic Controller (PLC), es un equipo electrónico, programable en lenguaje no informático, diseñado para controlar en tiempo real y en ambiente de tipo industrial, procesos secuenciales.

materia prima (maíz o frijol) del silo de almacenamiento respectivo, ésta es acumulada en tolvas transitorias que alimentan la carga de los 4 molinos de martillo utilizados por la planta de alimentos, el material molido evacuado es llevado por un elevador hacia las tolvas de dosificado, no sin antes pasar por un muestreo para verificar su correcta granulometría.

### **3.1.6. Mezclado de ingredientes**

Con las materias primas necesarias para la producción del alimento ubicadas en las tolvas de dosificado (12 tolvas), exceptuando los aminoácidos y microingredientes, se procede con su respectivo mezclado.

El sistema PLC utilizado en la planta de alimentos, pesa las cantidades de cada materia prima a dosificar por formulación y se encarga de conducir las por medio de canales a la báscula de mayores, allí se encuentran todas las cantidades necesarias para la producción de un bache\* de alimento, los aminoácidos y microingredientes son añadidos manualmente pues su dosificación se hace en pequeñas cantidades que dificultan el pesaje automático; una vez la báscula de mayores registra la sumatoria del peso de las materias primas allí contenidas igual a 3000 Kg descarga el bache directamente sobre la mezcladora de cintas la cual se encarga de mezclar los ingredientes en seco, posteriormente se hace la inyección automática de aceite y nuevamente se realiza el mezclado denominado mezcla húmeda.

### **3.1.7. Peletizado**

El producto completamente homogenizado por la mezcladora es transportado por medio de un elevador hacia las tolvas de peletizado, es muy importante

---

\* Un bache es equivalente a 3000 Kg. de alimento

que el producto repose sobre estos depósitos el menor tiempo posible para evitar la segregación de los ingredientes y su consecuente desmezclado.

Estas tolvas abastecen continuamente el acondicionador con el alimento previamente mezclado, el acondicionamiento busca alcanzar un grado correcto de gelatinización de los almidones agregando un jet de vapor continuo a esta mezcla, por medio de una serie de aspas ubicadas en forma helicoidal a través de un eje central giratorio incorpora los ingredientes formando una masa maleable que permite un óptimo peletizado. Este proceso de gelatinización del almidón hace que el alimento sea más digestible, lo que conlleva a una alimentación más eficiente.

El alimento acondicionado baja directamente al dado de la peletizadora donde un par de rodillos giratorios hacen pasar la mezcla por una matriz que determina el diámetro del pelet. El pelet expulsado por el otro lado de la matriz es cortado por un par de cuchillas ubicadas a una distancia ajustable para determinar su longitud; aspectos como dureza, granulometría y grado de compactación de los pelets lo determinan la relación entre el diámetro de las perforaciones de la matriz y la longitud del recorrido que debe realizar el alimento a lo largo de dichas perforaciones.

### **3.1.8. Enfriado**

A la salida del proceso de peletizado el alimento se encuentra con una temperatura aproximada de 80 – 85 °C producto de la fricción y el acondicionamiento, también con un exceso de humedad que debe ser eliminado en el proceso de enfriado, la temperatura final del alimento después del enfriado no debe ser superior a 5 °C sobre la temperatura ambiente, pues si esta temperatura es excedida se puede generar compactación indeseada del alimento a despachar.

### **3.1.9. Engrasado**

El engrase del alimento se realiza para proporcionar una ración extra de aceite de pollo o palma, la cual se hace en un tambor giratorio y se aplica por medio de inyección a través de flautas de aspersion. El aceite agregado debe cumplir con una condición específica de temperatura pues si ésta es muy baja se corre el riesgo de atascar las boquillas de las flautas por la sedimentación generada.

### **3.1.10. Quebrantado de alimento**

Con el alimento a la temperatura adecuada se realiza el proceso de quebrantado, este proceso determina la granulometría final del alimento la cual varía según la edad de las aves a alimentar, es decir a menor edad de las aves mayor porcentaje de granos finos y viceversa.

## **3.2. PROCESO GENERAL DE AVIDESA MAC POLLO S.A.**

### **3.2.1. Reproductoras**

La cría de gallinas reproductoras de huevo fértil es un proceso desarrollado en las granjas de Avidesa Mac Pollo S.A. donde se lleva a cabo el levante de las aves con alimento concentrado balanceado y fecundación de las mismas en su mejor etapa reproductiva, con el fin de ser un excelente proveedor de huevo fértil de la incubadora.

### **3.2.2. Incubadora**

El proceso de incubación, comienza con la adquisición de un lote de huevo fértil puesto por las gallinas reproductoras en granjas, la selección de cada

uno de estos huevos cumple rigurosos procedimientos de bioseguridad, para evitar la contaminación y pérdida de los mismos.

Una vez seleccionados los huevos aptos para la incubación artificial son dispuestos en las cámaras incubadoras bajo estrictos controles de limpieza, desinfección, temperatura y humedad, para lograr pollitos saludables y reducir la tasa de mortalidad en el momento del nacimiento. Allí se seleccionan los mejores pollos, se clasifican según el sexo y son vacunados para fortalecer su sistema inmunológico y prevenir enfermedades que puedan entorpecer la crianza y engorde de los mismos.

### **3.2.3. Engorde**

Las aves seleccionadas cuidadosamente por el personal de incubadora, son transportadas masivamente hacia las granjas, donde se hace el recibimiento y comienza el arduo proceso de levante y engorde, bajo estrictas condiciones de bioseguridad que garantizan la mejor carne de pollo, el alimento de las aves es proporcionado por la planta de alimentos de Avidesa Mac Pollo S.A., donde se elabora y distribuye el alimento balanceado para cada una de las etapas de crecimiento del pollo, proporcionando así todos los requerimientos nutricionales para sacar pollo en pie en el menor tiempo posible.

### **3.2.4. Beneficio**

El pollo en pie apto para consumo es movilizado de las granjas de engorde hacia la planta de beneficio, donde con la última tecnología en el proceso se encarga insensibilizar las aves y hacer el beneficio correspondiente, siguiendo así con un eviscerado del 100% proporcionando un pollo libre de contaminación, la planta de beneficio automatizada se encarga de porcionar anatómicamente las aves para su posterior empaque y distribución; durante todo el proceso de beneficio del pollo se cuenta con un sistema de

enfriamiento IQF (Congelación Rápida Individual) conservando la cadena de frío y evitando la propagación de bacterias y descomposición de las canales.

### **3.2.5. Distribución y venta**

El pollo empacado según su presentación es distribuido sin romper la cadena de frío a todos los puntos de venta local y nacional, asegurando el abastecimiento de alimentos de primera necesidad al pueblo colombiano.

## 4. ESTADO DEL ARTE

### 4.1. LA CADENA AVÍCOLA EN COLOMBIA

#### 4.1.1. Producción y consumo nacional de carne de pollo

En Colombia se encasetan en promedio 30 millones de pollitos al mes, para obtener una producción anual promedio de 600.000 Tm de pollo, para un consumo per cápita de 15 Kg/Hab. La participación regional en la producción de pollo la lidera la zona Central del país (Cundinamarca, Tolima y Huila), con 35% del total, seguida del Valle (19%), Santanderes (18%), Antioquia (11%), Costa Atlántica (10%), Eje Cafetero (3%) y Oriental (1%).<sup>7</sup>

La mayoría de las granjas de reproducción-incubación, de engorde, de ponedoras y las plantas de beneficio existentes en el país, se encuentran en los Departamentos de Cundinamarca y Santander, aunque las industrias con mayor productividad y volúmenes diarios se ubican en este último, con producciones diarias superiores a las 50.000 aves. En Cartagena, Medellín, Pereira, Cali y Bogotá hay empresas con producciones que van desde los 15.000 hasta los 35.000 pollos diarios.

Según la Federación Nacional de Avicultores de Colombia (FENAVI), el consumo per cápita de carne de pollo en Colombia ha mantenido una tendencia al alza durante la última década, alcanzando niveles promedio de

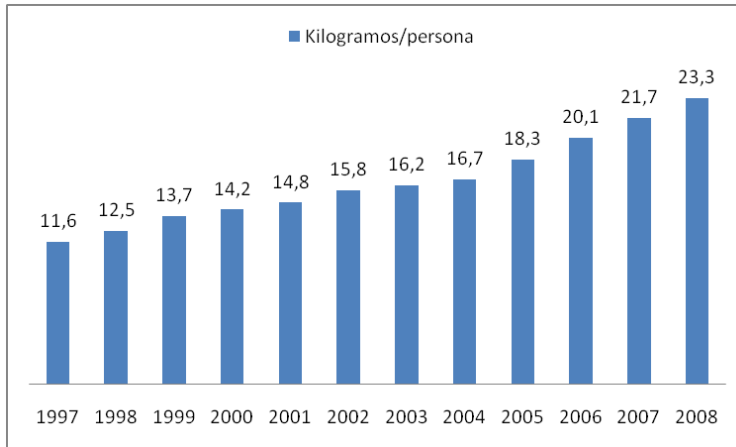
---

<sup>7</sup> MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL, Observatorio Agro cadenas. La cadena de cereales, alimentos balanceados para animales, avicultura y porcicultura en Colombia: una mirada global de su estructura y dinámica. Documentación en línea. N° 87 (2005).

[http://www.agrocadenas.gov.co/balanceados/documentos/caracterizacion\\_cereales.pdf](http://www.agrocadenas.gov.co/balanceados/documentos/caracterizacion_cereales.pdf)

23.3 kg/persona durante el año 2008, en el gráfico 1 se muestra el comportamiento del consumo anual de carne de pollo desde 1997 hasta el 2008.

**Gráfico 1 Consumo per cápita de carne de pollo.**



Fuente: FENAVI

#### **4.1.2. Alimento balanceado para animales**

Una formulación típica para la elaboración de alimentos balanceados para animales está compuesta por diversas materias primas agrícolas y agroindustriales, determinada por la formulación de mínimo costo y que conserve el equilibrio entre fuentes de proteínas y de calorías.

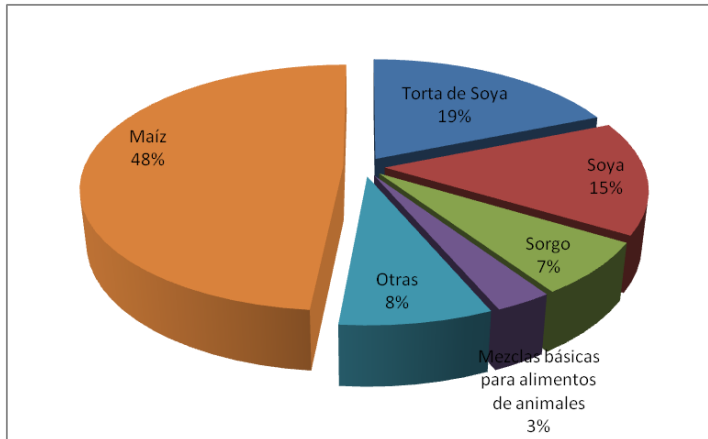
Son cuatro los productos básicos que definen en Colombia la composición de los alimentos balanceados para animales: maíz amarillo duro, soya, sorgo y torta de soya. En conjunto estas cuatro materias primas representan alrededor del 89% del valor de las materias primas de origen agrícola y agroindustrial, y en consecuencia, su comportamiento explica la dinámica y comportamiento de la industria de alimentos balanceados para animales.<sup>8</sup>

---

<sup>8</sup> Ibíd., p. 25

El gráfico 2 representa la participación de las materias primas en la producción de alimento balanceado para aves en Colombia.

**Gráfico 2 Materias primas para la fabricación de alimento para aves.**



Fuente: Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Observatorio Agrocadenas Colombia.

## 4.2. REFERENCIAS TEÓRICAS

La creciente exigencia de un alto nivel de calidad en los productos por parte de los clientes ya sean internos o externos ha generado una revolución en las industrias durante las últimas décadas, haciendo que éstas realicen esfuerzos en mejorar la calidad de sus productos y procesos con el fin de satisfacer sus necesidades y requerimientos, asimismo conseguir mayor participación en el mercado y a su vez mejorar la relación costo beneficio.

Con el fin de mejorar y cumplir con los requisitos de calidad, se opta por el diseño de sistemas de control estadístico de procesos que permitan monitorear las variables críticas que influyen en la calidad del producto final y de esta manera poder tomar decisiones administrativas que contribuyan con el mejoramiento continuo de la empresa.

#### 4.2.1. Control Estadístico de Procesos

Para que un producto cumpla con los requerimientos del cliente generalmente deberá fabricarse con un proceso que sea estable o repetible. Para ser más específicos, es necesario que el proceso opere con poca variabilidad en las dimensiones objetivo o nominales de las características de calidad producto. El **control estadístico de procesos (SPC**, por sus siglas en inglés) es un conjunto poderoso de herramientas para resolver problemas, muy útil para conseguir la estabilidad y mejorar la capacidad del mismo proceso mediante la reducción de la variabilidad.<sup>9</sup>

Según Montgomery en su libro Control estadístico de la calidad; el SPC puede aplicarse a cualquier proceso. Sus siete herramientas principales son:

- El histograma.
- La hoja de verificación.
- El diagrama de Pareto.
- El diagrama de causa y efecto.
- El diagrama de concentración de defectos.
- El diagrama de dispersión.
- El gráfico de control.

Aún cuando estas herramientas son una parte importante del SPC, comprenden tan sólo sus aspectos técnicos. El SPC crea un ambiente en todos los individuos de una organización que desean el mejoramiento continuo de la calidad y la productividad. Una vez que se establecen estas condiciones, la aplicación rutinaria de las siete herramientas se convierte en un aspecto habitual de hacer negocios y la organización se encuentra en una posición para alcanzar sus objetivos de mejoramiento de calidad.

---

<sup>9</sup> MONTGOMERY, Douglas. "Control Estadístico de la Calidad" Tercera Edición. Limusa. Año 2006. p. 154

En cualquier proceso de producción, independientemente de lo adecuado que sea su diseño o de la atención que se preste a su mantenimiento, siempre existirá cierta cantidad de variabilidad inherente o natural. Esta variabilidad natural, o "ruido de fondo" es el efecto acumulado de muchas causas pequeñas y en esencia inevitables. En el contexto del control estadístico de calidad, a esta variabilidad natural se le denomina un "sistema estable de causas fortuitas". Se dice que un proceso que opera únicamente con causas fortuitas de variación está bajo control estadístico. En otras palabras, las causas fortuitas son una parte inherente del proceso.

En ocasiones puede estar presente otra clase de variabilidad en la salida de un proceso. Esta variabilidad en las características clave de la calidad se originan de tres fuentes: máquinas ajustadas o controladas incorrectamente, errores del operador, o materia prima defectuosa. En general, esta variabilidad es grande cuando se le compara con el ruido de fondo y suele representar un nivel inaceptable del desempeño del proceso. A estas fuentes de variabilidad que no son parte del patrón de las causas fortuitas se les llama "causas asignables". Se dice que un proceso que opera en presencia de causas asignables está fuera de control.<sup>10</sup>

Con frecuencia, los procesos de producción operarán en el estado bajo control produciendo productos aceptables durante periodos relativamente prolongados. Con el tiempo, sin embargo, ocurrirán causas asignables, aparentemente al azar, que ocasionarán un estado fuera de control en el que una proporción mayor de la salida del proceso no cumplirá con los requerimientos.

---

<sup>10</sup> *Ibíd.*, p. 28

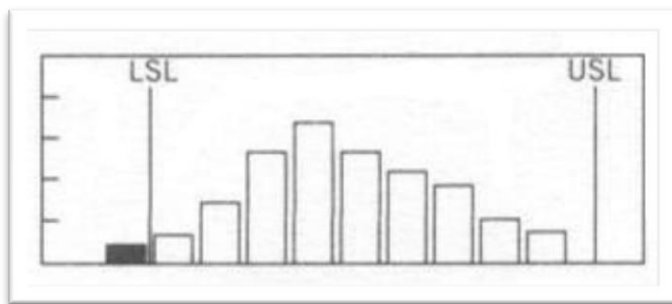
Uno de los objetivos principales del control estadístico de procesos es detectar con rapidez la ocurrencia de causas asignables en el proceso a fin de hacer la investigación pertinente y emprender las acciones correctivas antes de que se fabriquen muchas unidades disconformes.

## 4.2.2. Herramientas Fundamentales del Control de Calidad

### 4.2.2.1. Histograma

Un histograma es un resumen gráfico de los valores producidos por las variaciones de una determinada característica, representando la frecuencia con que se presentan distintas categorías dentro de dicho conjunto.<sup>11</sup>

Figura 1 Histograma



Fuente: MONTGOMERY, Douglas. "Control Estadístico de la Calidad"

### 4.2.2.2. Hoja de verificación

La hoja de verificación es utilizada para reunir y clasificar la información según determinadas categorías, mediante la anotación y registro de sus frecuencias bajo la forma de datos. Una vez que se ha establecido el fenómeno que se requiere estudiar e identificadas las categorías que los

<sup>11</sup> "Herramientas Estadísticas" disponible en: <http://www.fundibeq.org> Fundación Iberoamericana para la Gestión de la Calidad (FUNDIBEQ)

caracterizan, se registran en una hoja identificando la frecuencia de observación.<sup>12</sup>

**Figura 2 Hoja de Verificación**

A	///					
B	////	///				
C	////	////	////	///		
D	////	////	////	////		
E	////	////				
F	////					

Fuente: MONTGOMERY, Douglas. "Control Estadístico de la Calidad"

#### **4.2.2.3. Diagrama Pareto**

El Principio de Pareto afirma que en todo grupo de elementos o factores que contribuyen a un mismo efecto, unos pocos son responsables de la mayor parte de dicho efecto.

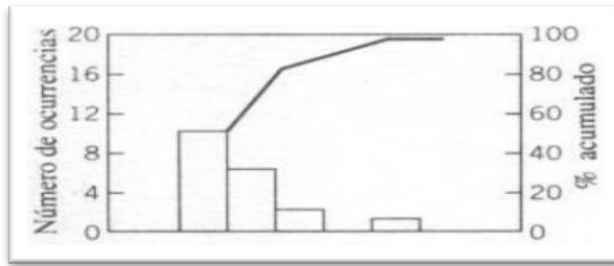
El Análisis de Pareto es una comparación cuantitativa y ordenada de elementos o factores según su contribución a un determinado efecto, el objetivo de esta comparación es clasificar dichos elementos o factores en dos categorías: Las "Pocas Vitales" (los elementos muy importantes en su contribución) y los "Muchos Triviales" (los elementos poco importantes en ella)<sup>13</sup>

---

<sup>12</sup> Ibid., p. 28

<sup>13</sup> Ibid., p. 30

**Figura 3 Diagrama Pareto**



Fuente: MONTGOMERY, Douglas. "Control Estadístico de la Calidad"

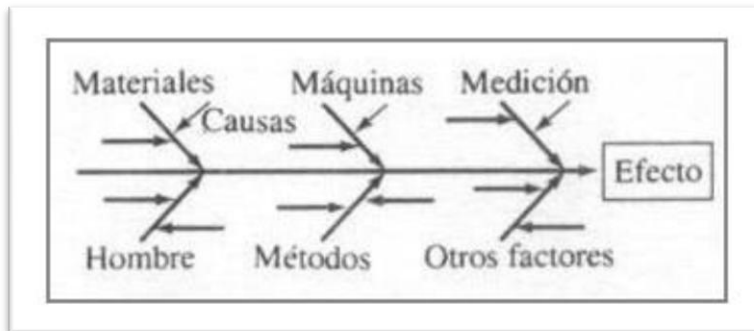
#### **4.2.2.4. Diagrama de causa y efecto**

El Diagrama de causa y Efecto (o Espina de Pescado) es una técnica gráfica ampliamente utilizada, que permite apreciar con claridad las relaciones entre un tema o problema y las posibles causas que pueden estar contribuyendo para que él ocurra, en el se relacionan variables como el tipo de material utilizado, la maquinaria, el sistema de medición, la mano de obra, el método y demás variables que puedan causar un problema en la calidad.

Para la elaboración del diagrama previamente se debe:

- Identificar el problema específico a resolver
- Desarrollar un claro entendimiento del proceso
- Descomponer el problema en sus posibles partes

**Figura 4 Diagrama de Causa y Efecto**

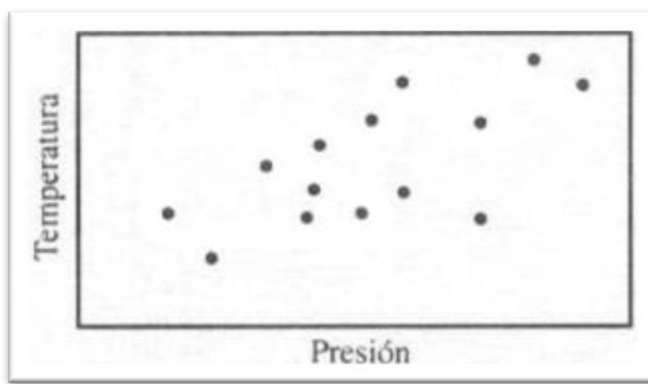


Fuente: MONTGOMERY, Douglas. "Control Estadístico de la Calidad"

#### 4.2.2.5. Diagrama de dispersión

Es la representación gráfica del grado de relación entre dos variables cuantitativas, un diagrama de dispersión muestra la posibilidad de la existencia de correlación entre dos variables.<sup>14</sup>

Figura 5 Diagrama de Dispersión



Fuente: MONTGOMERY, Douglas. "Control Estadístico de la Calidad"

#### 4.2.2.6. Gráfico de control

Un gráfico de control es la representación gráfica de una característica de calidad que se ha medido o calculado a partir de una muestra contra el número de muestra o tiempo. El gráfico contiene una línea central que representa el valor promedio de la característica de la calidad que corresponde al estado bajo control. (Es decir, cuando únicamente están presentes causas fortuitas.)<sup>15</sup>

---

<sup>14</sup> Ibíd., p. 30

<sup>15</sup> Ibíd., p. 28

También se muestran en el gráfico otras dos líneas horizontales, llamadas el límite de control superior (UCL, por sus siglas en inglés) y el límite de control inferior (LCL, por sus siglas en inglés). Estos límites de control se eligen de tal modo que si el proceso está bajo control, casi todos los puntos muestrales se localizarán entre ellos. En tanto los puntos graneados se localicen dentro de los límites de control, se supone que el proceso está bajo control y no es necesaria ninguna acción. Sin embargo, un punto que se localiza fuera de los límites de control se interpreta como evidencia de que el proceso está fuera de control y se requiere investigación y acción correctiva para encontrar y eliminar la causa o causas asignables responsables de este comportamiento.

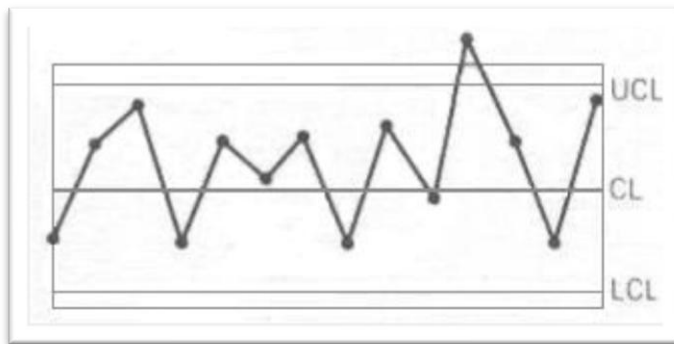
Es posible aplicar métodos para buscar secuencias o patrones no aleatorios en los gráficos de control como ayuda para detectar situaciones fuera de control. En general, la presencia de un patrón no aleatorio particular en un gráfico de control tiene una razón, y si puede identificarse y eliminarse, es posible mejorar el desempeño del proceso.

En la interpretación de los gráficos de control se deben tener en cuenta los siguientes aspectos.

- Uno o varios puntos fuera del límite de control: el hecho de que algún punto caiga fuera de los límites de control indica que el proceso no está bajo control, es decir, existe alguna causa especial de variación.
- 7 puntos sucesivos a un lado u otro de la línea media, sin salirse de los límites: Indica la presencia de una “tendencia” o “racha”. (Un punto en la media no rompe la racha, pero no se cuenta).
- 7 puntos consecutivos en una línea creciente o decreciente a un lado u otro de la línea media

- Más de 2/3 de los puntos se encuentran cerca de la línea media, aproximadamente en el tercio central de los límites: cuando esto ocurre puede ser debido a que los límites de control o puntos del gráfico pueden ser incorrectos, mal calculados o manipulados o bien, que efectivamente, representa una situación controlada, porque el proceso ha reducido considerablemente su variabilidad. En este caso, es importante, investigar la fuente de mejora.
- Mayoría de los puntos se encuentran alejados de la línea media: Puede ser debido a que los límites de control o puntos del gráfico pueden ser incorrectos o mal calculados o que las muestras provengan de dos o más fuentes diferentes, dando lugar a medias diferentes.

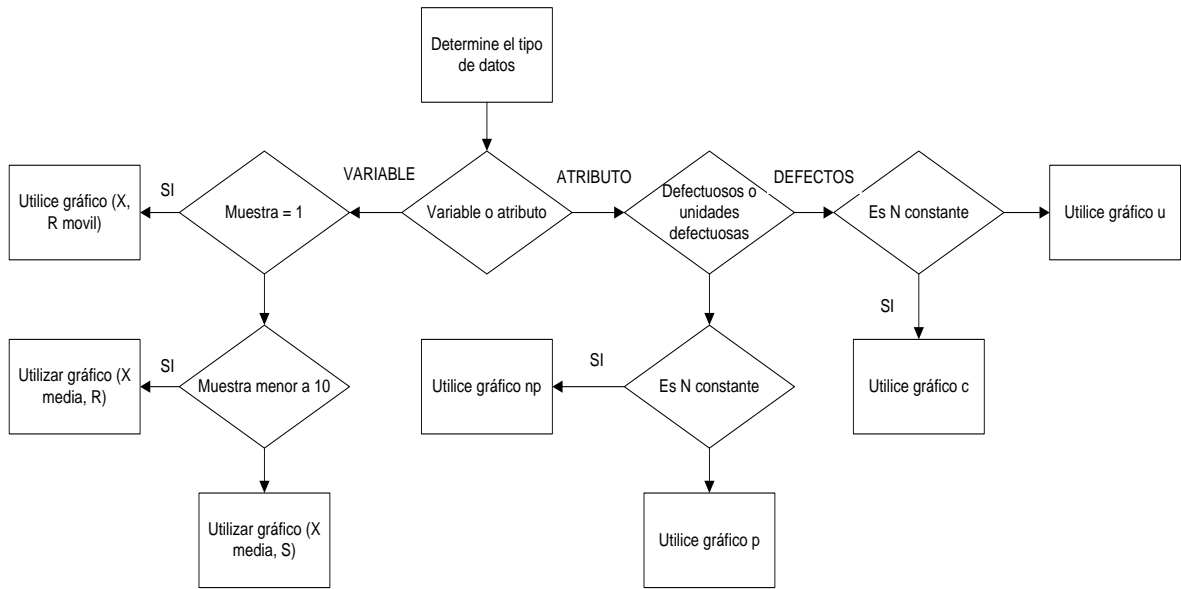
**Figura 6 Gráfico de Control**



Fuente: MONTGOMERY, Douglas. "Control Estadístico de la Calidad"

La selección del tipo de gráfico de control es muy importante para el correcto análisis de los datos, en la siguiente ilustración se presenta una metodología para llevar a cabo el proceso de selección de gráfico de una forma sencilla:

### Ilustración 5: Metodología para la selección de un gráfico de control



Fuente: GÓMEZ FRAILE, Fermín. VILAR, José Francisco. “Seis Sigma”

### 4.2.3. Análisis de criticidad

El análisis de criticidad es una metodología que permite determinar las variables críticas de los procesos, con el fin de facilitar la toma de decisiones, direccionando el esfuerzo y los recursos en áreas donde sea más importante y/o necesario mejorar la confiabilidad operacional, basado en la realidad actual.

El estudio de criticidad facilita y centraliza la implantación de un programa de inspección, dado que la lista jerarquizada indica donde vale la pena realizar inspecciones y ayuda en los criterios de selección de los intervalos tipo de inspección requerida para sistemas de protección y control.

#### **4.2.4. Capacidad del proceso**

En cualquier proceso de fabricación es importante cuantificar la variabilidad natural para poder analizarla y evaluar si es compatible con los requisitos o especificaciones del producto. Este análisis recibe el nombre de Estudio de Capacidad.

Para aplicar el análisis de capacidad del proceso es necesario cumplir con los siguientes requisitos para obtener resultados confiables.

- Para llevar a cabo el estudio es necesario que el proceso esté en estado de control, es decir libre de causas asignables de variabilidad.
- Es necesario que los datos obtenidos provengan de una población normal o aproximadamente normal.

La primera etapa para los estudios de capacidad consiste en definir los parámetros de la producción (media, desviación) y la segunda en estudiar la aptitud del proceso para cumplir con las especificaciones de fabricación.

##### **4.2.4.1. Índices de capacidad**

Para cuantificar la Capacidad de Proceso se utilizan coeficientes que permiten comparar el rango de especificaciones con la fluctuación natural del proceso, estos ayudan a enfatizar la necesidad de mejoras para reducir la variabilidad.<sup>16</sup>

Capacidad Potencial:

---

<sup>16</sup> ESCALANTE VÁZQUEZ, Edgardo J. "Seis Sigma: Metodología y Técnicas" Primera Edición. Limusa. Año 2006. p. 165.

$$Cp = \frac{LSE - LIE}{6\sigma}$$

LSE: Límite superior de especificación.

LIE: Límite inferior de especificación

$\sigma$ : Variabilidad del proceso.

Valores inferiores a 1 indican que el proceso no es capaz de cumplir con las especificaciones; valores ligeramente superiores a 1 indican que si el proceso está perfectamente centrado se producirá un número muy pequeño de unidades defectuosas, que sin embargo aumentará si el proceso se descentra. Lo recomendable es obtener valores superiores a 1.33 como lo indica la tabla 4:

**Tabla 4. Interpretación Cp de proceso**

Cp de proceso	Decisión
Cp > 1.33	Adecuado
1 < Cp < 1.33	Adecuado para el trabajo, pero requiere de un control estricto conforme se acerca el Cp a 1.
0.67 < Cp < 1	No adecuado para el trabajo. Un análisis del proceso es necesario.
Cp < 0.67	No adecuado para el trabajo. Requiere de modificaciones

El índice Cp estima la capacidad potencial del proceso para cumplir con las tolerancias, pero una de sus desventajas es que no toma en cuenta el centrado del proceso, pues para poder aplicarlo el centro de gravedad del rango de especificaciones debe coincidir con la tendencia central de las mediciones del proceso. Puede presentarse el caso de mostrar un Cp alto y no estar cumpliendo con las especificaciones. Entonces el índice de capacidad no es una medida de desempeño que permita obtener conclusiones reales acerca de un proceso productivo.

Se utiliza entonces el índice Cpk, que mide el cociente entre la amplitud permitida y la amplitud natural teniendo en cuenta la media del proceso

respecto al punto medio de ambos límites de especificación. Si el proceso está centrado  $Cpk = Cp$ , en caso contrario  $Cpk < Cp$  y si  $Cpk < 1$  implica que en las condiciones actuales se está produciendo más de un 0.27% de defectos

$$C_{pu} = \frac{LSE - \bar{X}}{3\sigma}$$

Se calcula cuando el proceso sólo tiene límite de especificación superior.

$$C_{pl} = \frac{\bar{X} - LIE}{3\sigma}$$

Se calcula cuando el proceso sólo tiene límite de especificación inferior.

$$C_{pk} = \min \left\{ \frac{\bar{X} - LIE}{3\sigma}; \frac{LSE - \bar{X}}{3\sigma} \right\}$$

**Tabla 5. Interpretación Cpk de proceso**

Cpk de proceso	Decisión
$Cpk = 1$	El proceso es capaz de producir 99.73% dentro de las especificaciones.
$Cpk < 1$	El proceso no es capaz de cumplir las especificaciones, se debe reducir la variación.
$Cpk > 1$	El proceso es capaz de producir cuando menos 99.73% de producto dentro de las especificaciones.

#### 4.2.5. Metodología DMAMC

Esta metodología busca mejorar los procesos a través de la medición y análisis estadístico de los factores que contribuyen a su funcionamiento y rendimiento.

#### **4.2.5.1. Definición**

Consiste en realizar un diagnóstico, identificando cuáles son los elementos que participan en el proceso. Esta metodología considera distintos instrumentos, como por ejemplo, identificar los requisitos de los clientes, las variables resultantes del proceso que son de principal interés y los puntos críticos para la mejora.

#### **4.2.5.2. Medición**

Se deben determinar cuáles son las características críticas que influyen sobre las variables resultantes del proceso y medirlas, al igual que preparar un plan de recolección de datos. Esta fase permite obtener toda la información del proceso y poder desarrollar alguna teoría acerca del funcionamiento del mismo y descubrir cuáles son las causas raíces del problema. Algunas herramientas que permitirán el adecuado desarrollo de ésta etapa son el análisis de criticidad y el análisis modal de fallas y efectos.

#### **4.2.5.3. Análisis**

Se realiza un estudio exhaustivo de toda la información recolectada en la etapa anterior, identificando las causas vitales de variación del proceso. Esta etapa es la de mayor contenido técnico ya que en la comprobación de teorías o hipótesis sobre el funcionamiento del proceso es muy frecuente tener que acudir a herramientas estadísticas avanzadas como el Diseño de Experimentos. En esta fase se deducen las relaciones existentes entre las variables de entrada y salida del proceso.

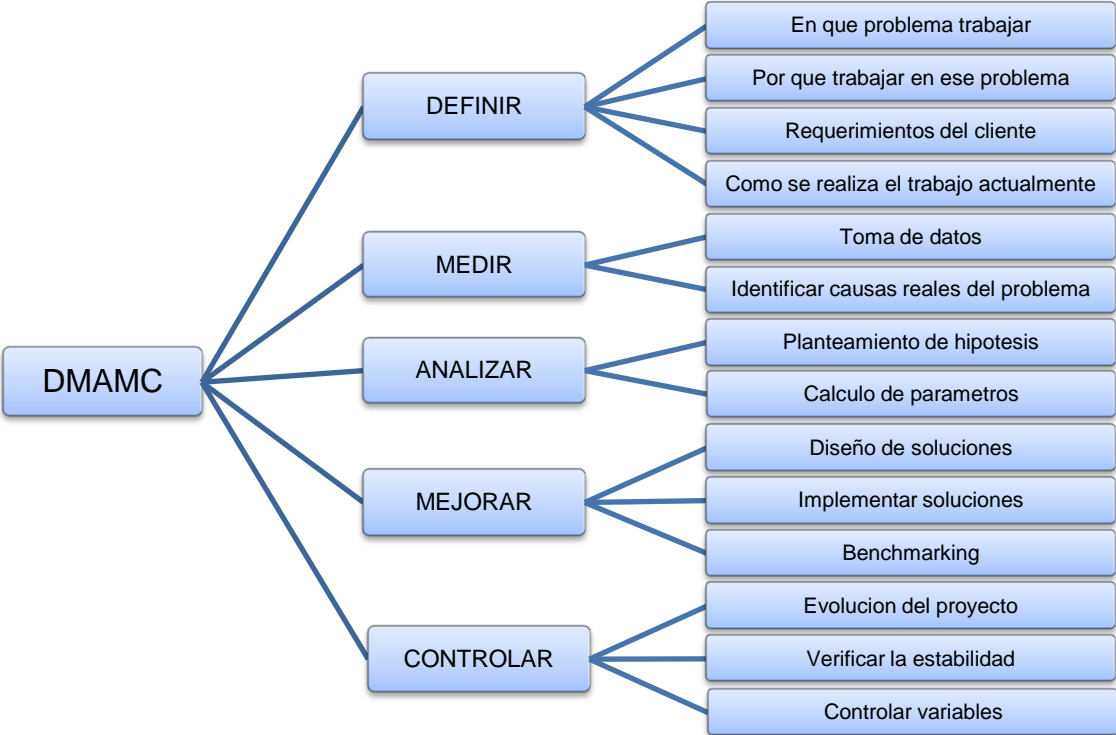
#### **4.2.5.4. Mejorar**

Comienza una vez que se han identificado las citadas causas vitales. Es en esta fase donde se desarrolla un plan de implantación de mejoras que aporte soluciones sólidas para eliminar los defectos en los que incurre el proceso. Además se realiza un análisis costo- beneficio de las citadas soluciones, de forma que puedan ser una ayuda a la toma de decisiones de la gerencia. A veces, antes de ser implantadas las mejoras, es recomendable hacer una prueba piloto de las mismas para determinar su alcance.

#### **4.2.5.5. Control**

Se comprueba la validez de las soluciones propuestas y probadas en escala piloto. Se deben establecer controles, no sólo sobre las salidas del proceso sino también sobre las causas vitales que inciden en su consecución. A veces los procesos, pasado un cierto tiempo, pierden regularidad en su comportamiento. Para evitarlo, la metodología impone controles que monitorean permanentemente los procesos con el fin de mantener las ganancias conseguidas.

Figura 7 Metodología DMAMC



Fuente: Elaborado por el autor.

## **5. DEFINIR**

### **5.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Como es natural en todas las empresas se presentan problemas en las diferentes áreas de su estructura organizacional, dentro de las más comunes se encuentra el área comercial con dificultades para lograr la satisfacción de los clientes lo que a su vez repercute en el área financiera, y el área de operaciones para optimizar y estandarizar los procesos y así mejorar el desempeño del sistema productivo.

El desempeño de las demás áreas de la compañía es directamente proporcional al cumplimiento de las especificaciones de calidad en los alimentos producidos, por este motivo es de vital importancia la realización de esfuerzos en el mejoramiento de la calidad de sus productos.

Actualmente en la planta de alimentos se presentan quejas provenientes de las granjas de engorde y reproductoras abastecidas; frecuentemente estas quejas son originadas por motivos como cama húmeda, tránsito rápido, bajo consumo, entre otros; afectando en gran medida la calidad del pollo de engorde. Algunas variables como la granulometría del producto, grado de cocción del frijol, humedad del alimento ó formulación, pueden ser causantes de dichos problemas presentados en granjas.

Por lo tanto, se evidencia la necesidad de diseñar un sistema de control estadístico de procesos que permita obtener información validada estadísticamente para facilitar la toma de decisiones sobre aquellas variables que influyen en la calidad del alimento.

## 5.2. ANÁLISIS DE QUEJAS Y RECLAMOS

La planta de alimentos de Avides Mac Pollo hoy en día fabrica más de 10 tipos distintos de alimento, cada uno de ellos tiene características de calidad particulares dependiendo a que etapa del pollo sea suministrado. Con el fin de centralizar esfuerzos en la reducción de la variación de los procesos se hace necesario determinar el tipo de alimento que más presenta quejas o inconformidades por parte de los clientes internos (Granjas).

Las características de calidad más importantes que debe cumplir el alimento elaborado en la planta deben ser de orden físico, nutricionales y de bioseguridad, las características físicas mas representativas son: la humedad, la dureza y el tamaño del grano; las características nutricionales están dadas por el balanceo en la dieta de las aves y las de bioseguridad implican el grado de contaminación del producto, los niveles de ureasa, inhibidores de tripsina y agentes patógenos que pueden afectar la calidad de la alimentación de las aves.

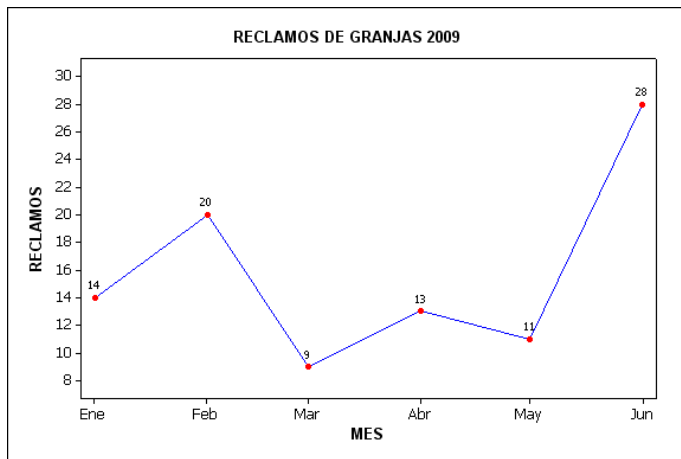
Para determinar el tipo de alimento con mayor número de problemas de aceptación de las aves, fue necesario realizar un análisis de las quejas y reclamos presentadas por los administradores de granjas hacia la planta de alimentos durante el primer semestre del año 2009.

Para la realización de este análisis se hizo una consolidación con los datos de las quejas y reclamos presentados desde el mes de enero hasta el mes de junio de 2009; haciendo uso de MINITAB 15 (Software estadístico) se obtuvieron los resultados mostrados en el gráfico 3.

Como se observa en este gráfico, el mes de junio presenta el mayor número de inconformidades (28) en lo transcurrido del año, representando

aproximadamente el 29% del total de las inconformidades; por otra parte el mes de marzo tiene el menor registro de quejas (tan solo 9) equivalente al 9,5%. Cabe resaltar que el mes de junio presentó 19,5% más reclamos que el mes de marzo, indicando una gran variabilidad de las características de los alimentos fabricados según los síntomas presentados por las aves.

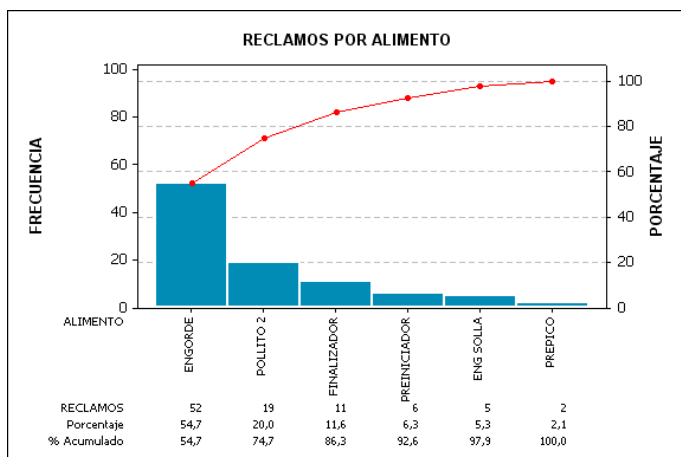
**Gráfico 3. Frecuencia de reclamos de granjas primer semestre 2009**



Fuente: Elaborado por el autor.

Para profundizar se realizó un análisis de Pareto con los diferentes tipos de alimento que registraron inconformidades en este lapso de tiempo (enero a junio de 2009).

**Gráfico 4. Reclamos por tipo de alimento primer semestre de 2009**

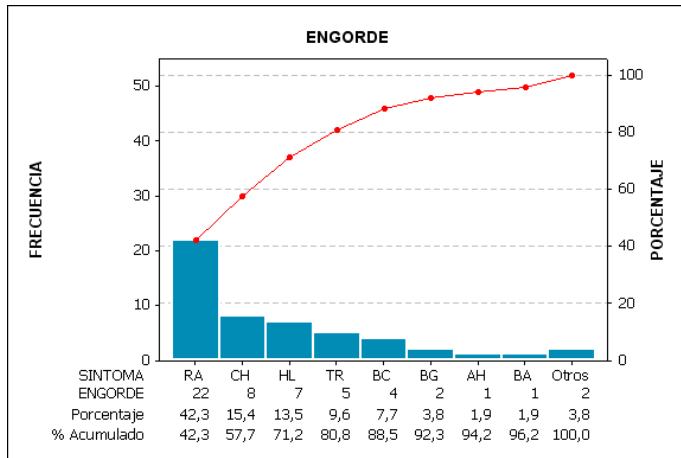


Fuente: Elaborado por el autor.

El gráfico 4 muestra al alimento tipo “Engorde” como el alimento que más reincidencia de inconformidades en granjas presentó (54.7%), a éste le sigue “Pollito 2” con el 20%; con estos resultados el diagrama de Pareto permite afirmar que aproximadamente el 80% de las quejas y reclamos analizados son causadas por estos dos tipos de alimento fabricados en la planta, lo cual sugiere un enfoque especial en cada uno de ellos, pues esto indica que son los alimentos que presentan mayor variabilidad en sus procesos.

Detallando el comportamiento de los dos tipos de alimento considerados como “críticos” Engorde y Pollito 2, por medio de un análisis de Pareto (gráfico 5) se logra determinar que aproximadamente el 80% de las inconformidades reportadas por el alimento “Engorde” están asociadas a síntomas como (RA, CH, HL y TR) rechazo al alimento, cama húmeda, heces líquidas y tránsito rápido, respectivamente.

**Gráfico 5. Síntomas en granjas por alimento "Engorde"**

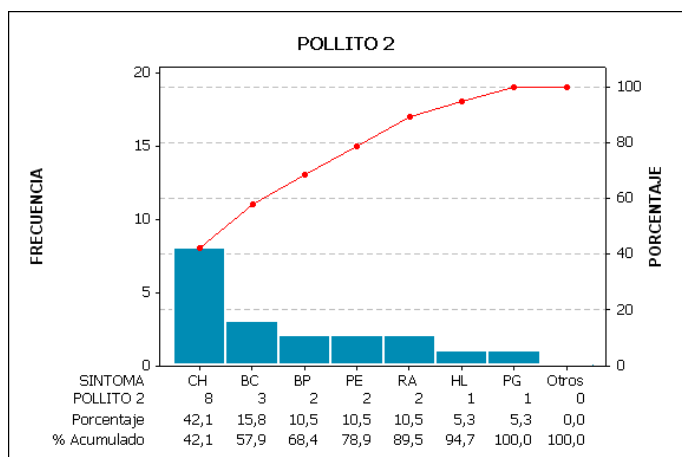


Fuente: Elaborado por el autor.

Con respecto al tipo de alimento “Pollito 2” el 80% de las causas de inconformidad en granjas están relacionadas a síntomas como (CH, BC, BP y

PE) cama húmeda, bajo consumo, bajo peso y pollo erizado respectivamente (ver gráfico 6).

**Gráfico 6. Síntomas en granjas por alimento "Pollito 2"**



Fuente: Elaborado por el autor.

En la tabla 6 se presenta la interpretación de la simbología utilizada para representar los síntomas de las aves.

**Tabla 6. Sintomatología de las aves en granjas**

SINTOMATOLOGÍA DE LAS AVES EN GRANJAS			
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
TR	Transito Rápido	PD	Problemas Digestivos
CH	Cama Húmeda	LD	Lote Disparejo
BC	Bajo Consumo	NT	No hay Transito
RA	Rechazo de Alimento	PR	Peso Regular
BG	Baja Granulometría	ALI-HUM	Alimento Húmedo
AH	Alimento en Heces	PRE	Presentación del Alimento
PLC	Problema Locomotor	BA	Botan Alimento
BP	Bajo Peso	BGC	Baja Ganancia
CN	Consumo Normal	EIH	Epitelio Intestinal en las Heces
CS	Cama Seca	MS	Muerte Súbita
AM	Alta Mortalidad	HL	Heces Liquidas
PG	Pelet Grande	MH	Moco en Heces
ASD	Alimento Sin Digerir	INTOX	Intoxicación

<b>SINTOMATOLOGÍA DE LAS AVES EN GRANJAS</b>			
<b>P</b>	Postración	<b>DP</b>	Desprendimiento de Mucosa
<b>PE</b>	Pollo Erizado	<b>NECRO</b>	Valoración por Necropsia

Fuente: Avides Mac Pollo S.A. Manual de procedimientos de aseguramiento de calidad.

Ahora conociendo que los alimentos críticos fabricados por la planta son “Engorde” seguido por “Pollito 2” se definen las variables que afectan cada una de las etapas de su proceso de fabricación.

### **5.3. DEFINICIÓN DE LAS VARIABLES DEL PROCESO**

#### **5.3.1. Variables del proceso de fabricación de alimento y características físicas del producto terminado**

Para la determinación de las variables del proceso de fabricación se hizo necesario la elaboración de un mapa de dispersión funcional (ver Anexo A), que se utilizó como herramienta para analizar el proceso en cada una de sus etapas; como resultado de un análisis técnico se definen las características de calidad física del producto terminado y del producto en proceso en la planta, en las tablas 7 y 8 se presentan dichas características.

Para la definición de las variables a nivel general en la planta de alimentos se convocó a una reunión de trabajo al personal de producción (Jefe de planta y supervisores) y coordinador de aseguramiento de calidad, con quienes se realizó un análisis de causa efecto que permitió traducir las características del producto en proceso y terminado en las variables de cada una de las etapas del proceso productivo, en el Anexo B se presenta el análisis de causa efecto realizado.

**Tabla 7. Características del producto en proceso**

PROCESO – OPERACIÓN	CARACTERÍSTICAS
INACTIVADO DE FRIJOL SOYA	▪ Actividad de ureasa en frijol cocido
	▪ Humedad de frijol cocido
	▪ Temperatura final frijol
MOLIENDA	▪ Granulometría Maíz después de molienda
	▪ Granulometría Frijol después de molienda
MEZCLADO	▪ Homogeneidad de mezcla (CV <sup>*</sup> )
	▪ Temperatura después de mezclado
	▪ Humedad después de mezclado
PELETIZADO	▪ Humedad a la salida del acondicionador
	▪ Temperatura del alimento a la salida del acondicionador
	▪ Temperatura después de enfriado
	▪ Humedad después de enfriado
	▪ Textura del pelet
QUEBRANTADO	▪ Dureza del pelet (PDI)
	▪ Granulometría producto terminado.

Fuente: Elaborado por el autor.

**Tabla 8. Características del producto terminado**

ALIMENTO	CARACTERÍSTICAS FÍSICAS
ENGORDE POLLITO 2	▪ Granulometría
	▪ Humedad
	▪ PDI <sup>**</sup>

Fuente: Elaborado por el autor.

En la tabla 9 se presentan las variables y atributos relacionados al proceso de fabricación de alimento balanceado utilizado por Avidesa Mac Pollo.

<sup>\*</sup> Coeficiente de Variación.

<sup>\*\*</sup> Pellet Durability Index

**Tabla 9. Variables del proceso de fabricación de alimento balanceado**

PROCESO – OPERACIÓN	VARIABLES
INACTIVADO DE FRIJOL SOYA	▪ Temperatura de recámaras
	▪ Carga de recámaras
	▪ Presión de recámaras
	▪ Tiempo de ciclo de cocción
MEZCLADO	▪ Tiempo mezcla seca
	▪ Tiempo mezcla húmeda
	▪ RPM de la mezcladora
PELETIZADO	▪ Carga
	▪ Amperaje
	▪ Tiempo de retención en el acondicionador
	▪ Temperatura de acondicionamiento
	▪ Presión de vapor inyectado
ENGRASADO	▪ Carga de alimento
	▪ Presión de aspersion
	▪ Temperatura de aceite
QUEBRANTADO*	▪ Distancia entre rodillos

Fuente: Elaborado por el autor.

#### **5.4. CONDICIONES ÓPTIMAS DEL PROCESO DE FABRICACIÓN DE ALIMENTO**

Los procesos de fabricación obtienen sus mejores rendimientos operativos y productivos si sus variables permanecen bajo control y cumplen las condiciones óptimas de operación. Como es claro, en todos los procesos existen estas condiciones óptimas de fabricación, las cuales deben ser establecidas y conocidas para facilitar el análisis de sus procesos.

---

\* El proceso de quebrantado se realiza únicamente para alimentos destinados a pollos de edades tempranas, para este caso “Pollito 2”

El proceso de fabricación del alimento balanceado está dividido en múltiples operaciones las cuales deben cumplir ciertas condiciones para conseguir los rendimientos esperados, estas condiciones óptimas de operación son descritas a continuación.

#### **5.4.1. Inactivado de frijol soya**

El proceso de inactivado de frijol soya debe cumplir con las siguientes condiciones óptimas de operación para lograr con su objetivo de eliminar la ureasa presente en el frijol soya crudo.

**Tabla 10. Temperaturas por recámara de cookers**

<b>TEMPERATURAS EN RECÁMARAS</b>	
RECÁMARA 1	40 – 60 °C
RECÁMARA 2	60 – 100 °C
RECÁMARA 3	100 – 120 °C
RECÁMARA 4	100 – 120 °C
RECÁMARA 5	100 – 120 °C

Fuente: Información Avidesa Mac Pollo S.A. Manual de procedimientos de operacionales.

Además se debe cumplir con un tiempo de ciclo de 965 segundos por cada recámara, una presión de 95 PSI y la carga de cada recámara debe ser de 430 kg; posterior al cocido del grano se debe verificar que la ureasa haya sido eliminada por completo utilizando el soya test, el cual revela por medio de un agente químico la presencia de la misma.

#### **5.4.2. Molienda**

La molienda del maíz y el frijol es un proceso determinante en cuanto a la calidad del alimento; el diámetro de las cribas determina la granulometría de

estas materias primas, este diámetro es fijo y esta preestablecido en 5/32 de pulgada (todas las partículas molidas deben cumplir como máximo este diámetro), la verificación de esta granulometría es realizada con un muestreo por medio de tamices donde se calcula el porcentaje de granos finos, medios y gruesos.

### **5.4.3. Mezclado**

La secuencia de adición de los ingredientes influye en la calidad del alimento, pues una mala secuencia se traduce en una mezcla no homogénea, la secuencia correcta es agregar primero los ingredientes mayores (maíz, soya, gluten, etc.) seguido por ingredientes menores (vitaminas, aminoácidos, etc.) y por último la adición de líquidos que no debe superar el 10% de la mezcla total.

El tiempo de mezclado de los ingredientes es otro de los factores importantes en este proceso, pues un corto o elevado tiempo del producto al interior de la mezcladora afecta la homogeneidad de la mezcla segregando los ingredientes y perjudicando la calidad del alimento, está establecido como tiempo de mezcla seca 120 segundos y como tiempo de mezcla húmeda (Inyección de aceite) 120 segundos, los cuales son controlados por medio del sistema PLC.

El coeficiente de variación (CV) u homogeneidad de la mezcla debe ser menor a 10% para considerar una mezcla homogénea, si este porcentaje es superado se pueden presentar problemas de segregación de los ingredientes.

### **5.4.4. Peletizado**

Durante el peletizado se manejan diferentes variables y condiciones que pueden afectar el producto final, en la tabla 11 se presentan las condiciones óptimas este proceso.

**Tabla 11. Condiciones óptimas de operación en el proceso de peletizado**

PROCESO DE PELETIZADO	
AMPERAJE PELETIZADORA PEQUEÑA	Max 100 Amp
AMPERAJE PELETIZADORA GRANDE	Max 300 Amp
TEMPERATURA ACONDICIONADOR	80 – 90 °C
PRESIÓN DE VAPOR SECO INYECTADO	10 – 20 PSI
TIEMPO DE RETENCIÓN DEL ACONDICIONADOR	39 seg.
HUMEDAD DESPUÉS DE ACONDICIONADO	16 – 18 %
HUMEDAD SALIDA ENFRIADOR	11 – 12 %
TEMPERATURA SALIDA ENFRIADOR	Max. 5 °C sobre T ambiente.

Fuente: Información Avidesa Mac Pollo S.A. Manual de procedimientos de operacionales.

Cabe resaltar que la calidad del vapor inyectado durante el acondicionamiento de la mezcla debe ser un tipo de vapor seco; pues la condensación del agua afecta en gran medida la humedad del alimento acondicionado, lo que se puede controlar con un recolector de condensados lo más cerca posible a la salida de aspersion del vapor.

#### **5.4.5. Engrasado**

Las condiciones óptimas del proceso de engrasado están dadas por la temperatura del aceite inyectado, el aceite que ingresa al sistema de dosificación debe permanecer a una temperatura promedio de 40 °C para garantizar la aspersion homogénea en la carga de alimento dentro del tambor

giratorio, si el aceite supera esta temperatura se convierte en un líquido de baja densidad y no se esparce homogéneamente sobre el alimento, asimismo, si la temperatura está por debajo de los 32 °C el aceite se sedimenta generando obstrucción en las boquillas de las flautas aspersoras.

#### 5.4.6. Producto terminado

Algunas de las condiciones y características óptimas del producto terminado son presentadas en la tabla 12.

**Tabla 12. Características del producto terminado**

<b>AVIDESA MAC POLLO S.A. PLANTA DE ALIMENTOS</b>			
<b>CARACTERÍSTICAS</b>		<b>CONDICIÓN OPTIMA POR TIPO DE ALIMENTO</b>	
		<b>ENGORDE</b>	<b>POLLITO 2</b>
GRANULOMETRÍA	PLATO	Máximo 5%	Máximo 20%
	MALLA 16	No aplica	20 – 25 %
	MALLA 8	88 – 95 %	60 – 65 %
HUMEDAD		10 – 12 %	10 – 12 %
PDI		80 – 90 %	80 – 90 %

Fuente: Información Avidesa Mac Pollo S.A. Manual de procedimientos de operacionales.

## 6. MEDIR

### 6.1. ANÁLISIS DE CRITICIDAD

El análisis de criticidad es una metodología que permite jerarquizar variables en función de su impacto global en un sistema<sup>17</sup>; en términos generales con la participación del Jefe de planta, supervisores, algunos operarios y aseguramiento de calidad, se realizó este análisis a las variables anteriormente descritas con el propósito de establecer su orden de criticidad sobre el proceso en la planta de alimentos de Avidesa. Utilizando diferentes criterios de selección y ponderación se logró clasificar dichas variables en tres escalas de criticidad (Alta, Media, Baja), representando de manera global los aspectos esenciales del proceso.

#### 6.1.1. Criterios de selección y ponderación

Los criterios de selección y ponderación utilizados en la elaboración del análisis de criticidad son los siguientes.

- **Frecuencia de falla:** Hace referencia a la repetición de eventos donde la variable presenta desviaciones desfavorables para el proceso.
- **Tiempo promedio para reparar:** Tiempo que demanda la reparación de los dispositivos o máquinas que intervienen y afectan directamente en el proceso.

---

<sup>17</sup> ALMEIDA, Luis José. "Gestión de proyectos activos industriales". Editorial Politécnica de Valencia. Año 2006. p. 34.

- **Nivel de Producción manejado:** La ocurrencia de una falla afecta la capacidad de producción de la planta de alimentos.
- **Costo de reparación:** Es el valor promedio aproximado de la reparación del dispositivo o máquina que falla y altera el comportamiento de la variable.
- **Impacto en Seguridad:** Posibilidad de ocurrencia de fallos no deseados con daños a personas e infraestructura.
- **Influencia en pérdidas:** Este criterio representa la posible influencia de la falla en el incremento de las pérdidas tanto económicas como del producto.
- **Influencia en la calidad del producto final:** Es la posibilidad de afectar las características del producto final debido a la ocurrencia de una falla.

Partiendo de una experiencia propia en la planta de alimentos y con la participación del personal a cargo de la misma (Jefe de planta, supervisores y aseguramiento de calidad) se logró definir por medio de una lluvia de ideas las variables y atributos del proceso consideradas relevantes en la fabricación de alimento.

#### **6.1.1.1. Encuesta de criticidad**

La encuesta es una herramienta utilizada para facilitar el análisis de criticidad pues permite indagar individualmente y de manera concisa al personal responsable del proceso evitando el sesgo de las respuestas por líderes de grupo, de esta manera se facilita la obtención de datos más homogéneos.

La encuesta obedece a un esquema estándar utilizado para el análisis de criticidad, este puede ser modificado o adaptado según sea la necesidad del estudio pero como información básica debe contener un listado de las variables determinadas (el orden de esta lista no hace referencia a la importancia de las mismas), los criterios de selección o ponderación y una breve descripción del objeto del estudio.

En la tabla 13 se presentan los parámetros utilizados para el análisis de criticidad de las variables definidas en la planta de alimentos:

**Tabla 13. Parámetros del análisis de criticidad**

FRECUENCIA DE FALLA		TIEMPO PROMEDIO PARA REPARAR	
PARÁMETRO	PONDERACIÓN	PARÁMETRO	PONDERACIÓN
No más de 1 por año	1 – 2	Menos de 4 horas	1 – 2
Entre 2 y 15 por año	3 – 4	Entre 4 y 8 horas	3 – 4
Entre 16 y 30 por año	5 – 6	Entre 8 y 24 horas	5 – 6
Entre 31 y 50 por año	7 – 8	Entre 24 y 48 horas	7 – 8
Más de 50 por año	9 – 10	Más de 48 horas	9 – 10

IMPACTO EN LA PRODUCCIÓN		COSTO DE REPARACIÓN	
PARÁMETRO	PONDERACIÓN	PARÁMETRO	PONDERACIÓN
No afecta la producción	1 – 2	Menos de 3 millones	1 – 3
25 % de impacto	3 – 4	Entre 3 y 15 millones	4 – 5
50 % de impacto	5 – 6	Entre 15 y 35 millones	6 – 7
75 % de impacto	7 – 8	Entre 35 y 50 millones	8 – 10
Afecta toda la producción	9 – 10	-	-

IMPACTO EN SALUD Y SEGURIDAD		INFLUENCIA EN PERDIDAS	
PARÁMETRO	PONDERACIÓN	PARÁMETRO	PONDERACIÓN
No origina heridas ni lesiones	1 – 3	No tiene ningún efecto sobre las pérdidas	1 – 3
Lesiones o heridas leves no incapacitantes	4 – 5	Tiene efecto leve sobre las pérdidas	4 – 5
Heridas graves con incapacidad temporal (1 – 30 días)	6 – 7	Tiene un efecto moderado sobre las pérdidas	6 – 7
Lesiones con incapacidad superior a 30 días	8 – 10	Tiene graves consecuencias sobre las pérdidas	8 – 10

INFLUENCIA EN LA CALIDAD DEL PRODUCTO FINAL	
PARÁMETRO	PONDERACIÓN
No tiene efecto sobre el producto final	1 – 3
Tiene un efecto bajo sobre el producto final	4 – 5
Tiene un efecto moderado sobre el producto final	6 – 7
El evento es crítico, afecta las características del producto final	8 – 10

Para el cálculo de la criticidad de las variables se utiliza la siguiente fórmula matemática que permite encontrar una relación general entre los criterios de selección establecidos.

$$\mathbf{Criticidad} = \mathit{Frecuencia\ de\ falla} \times \mathit{Consecuencia}$$

$$\mathbf{Consecuencia} = a + b$$

**a**

= *Costo de reparación*

+ *Impacto en salud y seguridad* +

*Influencia en pérdidas*

+ *Influencia en calidad producto final*

**b**

= *Impacto en producción*

× *Tiempo promedio para reparar*

## 6.2. RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE CRITICIDAD

Siguiendo la metodología del análisis de criticidad planteada, se realizó una encuesta de criticidad en la planta de alimentos con el fin clasificar las variables definidas en un nivel de criticidad propio, el formato utilizado para la

encuesta se muestra en el Anexo C, de este análisis se obtuvieron tres niveles de criticidad representativos: alta, moderada y baja criticidad. En la tabla 14 se presentan los resultados de la ponderación de los factores y el respectivo puesto que cada variable definida obtuvo en el análisis.

**Tabla 14. Resultados análisis de criticidad a las variables del proceso**

PROCESO – OPERACIÓN	VARIABLES	PUNTOS	PUESTO	CRITICIDAD
INACTIVADO DE FRIJOL SOYA	▪ Temperatura de recámaras	263	1	ALTA
	▪ Presión de recámaras	120	14	BAJA
	▪ Carga de recámaras	130	10	MEDIA
	▪ Tiempo de ciclo de cocción	130	11	BAJA
MEZCLADO	▪ Tiempo mezcla seca	126	12	BAJA
	▪ Tiempo mezcla húmeda	126	13	BAJA
PELETIZADO	▪ Carga	185	7	MEDIA
	▪ Amperaje	258	2	ALTA
	▪ Tiempo de retención en el acondicionador	190	6	MEDIA
	▪ Temperatura de acondicionamiento	252	3	ALTA
	▪ Presión de vapor inyectado	135	9	MEDIA
ENGRASADO	▪ Carga de alimento	110	15	BAJA
	▪ Presión de aspersion	184	8	MEDIA
	▪ Temperatura de aceite	245	4	ALTA
QUEBRANTADO	▪ Distancia entre rodillos	230	5	MEDIA

Fuente: Elaborado por el autor.

### 6.2.1. Variables objeto de estudio

Las variables a incluir en el control estadístico del proceso son presentadas en la tabla 15, sin descartar que las variables clasificadas como de mediana o baja criticidad puedan presentar alteraciones que terminen afectando la calidad del producto en proceso y por ende la calidad del producto terminado.

**Tabla 15. Variables del proceso de fabricación de alimento objeto de estudio**

PROCESO	VARIABLE	PUNTOS	PUESTO
COCCIÓN DE FRIJOL SOYA	▪ Temperatura de recámaras	263	1
PELETIZADO	▪ Amperaje	258	2
PELETIZADO	▪ Temperatura de acondicionamiento	252	3
ENGRASADO	▪ Temperatura de aceite	245	4

Fuente: Elaborado por el autor.

Las características del producto final también son consideradas en este estudio con el fin de establecer los parámetros y gráficos de control, estas se presentan en la tabla 16.

**Tabla 16. Características del producto terminado**

ALIMENTO	CARACTERÍSTICAS
ENGORDE POLLITO 2	▪ Granulometría
	▪ Humedad
	▪ PDI

Fuente: Elaborado por el autor.

### **6.3. DETERMINACIÓN DE LA FRECUENCIA Y TAMAÑO DE LAS MUESTRAS**

El conocimiento del tamaño y frecuencia del muestreo es fundamental para el control estadístico del proceso, pues esto nos ayuda a identificar el tipo de gráfico adecuado para controlar la operación de la planta y definir la variación que se desea identificar, cabe resaltar que para llevar a cabo el procedimiento de muestreo se debe evaluar el equilibrio entre la confiabilidad de los resultados y el costo de obtener la información, pues no siempre esta información es de fácil obtención.

Los procedimientos establecidos por el departamento de control de calidad describen la metodología a utilizar para la toma física de muestras en cada una de las diferentes secciones de la planta y etapas del proceso productivo, describiendo el punto exacto, la frecuencia del muestreo, la cantidad y los parámetros de las variables.

En la tabla 17 se presenta la frecuencia de muestreo para las variables críticas determinadas anteriormente.

**Tabla 17. Frecuencia de muestreo para las variables críticas**

VARIABLE	FRECUENCIA DE MEDICIÓN*
Temperatura de recámaras de cookers	1 hora
Amperaje de peletizadoras	1 hora
Temperatura de acondicionado	1 hora
Temperatura de aceite inyectado	1 hora
Granulometría de producto terminado	1 hora
Humedad de producto terminado	1 hora
Índice de durabilidad (PDI)	1 hora

Fuente: Avidesa Mac Pollo S.A. Manual de procedimientos de aseguramiento de calidad.

En la planta de alimentos de Avidesa se toman muestras de tamaño 1 en cada una de las secciones y etapas del proceso; para análisis como la determinación de humedad del producto terminado es necesario enviar la muestra al laboratorio bromatológico para que se realice el análisis respectivo y sea registrada en las hojas de operación del proceso.

Análisis como la granulometría son realizados directamente por el operario encargado de la sección, de igual manera con variables como la temperatura, presión etc, los datos son tomados por el operario observando un instrumento de medición (manómetro, termocupla, amperímetro) instalado en la respectiva máquina o sección del proceso y son registrados en las hojas

---

\* Se trabaja 24 horas al día en tres turnos de operación.

de operación del proceso para su inspección continua por parte del supervisor de producción.

#### **6.4. IDENTIFICACIÓN DEL TIPO DE GRÁFICO DE CONTROL**

La aplicación de técnicas estadísticas en los distintos sectores productivos encuentran particularidades que obligan a revisar el modo concreto de poner en práctica unos principios de validez general, éstos deberán adaptarse a los planteamientos básicos y a los detalles cada proceso.

Se debe seleccionar el tipo de gráfico de control que más se adapte a las condiciones concretas que se presentan en el proceso estudiado. El tratamiento estadístico que se le da a los datos con el fin de obtener los parámetros del proceso y los límites de control debe ser el más representativo para las condiciones dadas.

Para la determinación del gráfico de control que más se acopla a las necesidades del proyecto se tuvieron en cuenta las siguientes consideraciones:

El procedimiento de muestreo establecido por el departamento de control de calidad para las variables del proceso, indica que se toman muestras de tamaño 1 cada hora durante los tres turnos de operación.

En este proceso es posible agrupar los datos por turnos o por días de operación para identificar causas asignables entre ellos utilizando un gráfico de control de medias “Gráfico X” sin embargo se debe tener en cuenta la sensibilidad deseada para el gráfico (capacidad de detección de cambios en el proceso).

Evaluando las características de operación del proceso se define que la variación a identificar será la variación entre cada una de las muestras individuales, ya que el objetivo principal es aplicar una herramienta estadística en la planta de alimentos que permita proporcionar un principio de acción confiable para la toma de decisiones durante el transcurso de la operación diaria.

Si los datos son agrupados por días o por turnos no se podría hacer un control activo, ya que se debe esperar a que termine el turno o el día para investigar si hubo causas asignables de variación, lo cual no es práctico para la toma de decisiones de manera inmediata en el momento que es detectada una condición anormal.

Por las razones anteriores y teniendo presente que la organización de los subgrupos es la parte más importante de la preparación de una gráfica de control ya que determina su efectividad, se ha decidido utilizar el gráfico de valores individuales para determinar los parámetros del proceso y con ellos los límites que sirven para controlar la producción futura.

Cuando se utilizan gráficos de valores individuales se pueden presentar dos tipos de situaciones: La primera ocurre cuando en el proceso existen valores especificados para las variables, la segunda cuando estos valores simplemente no existen.

Según esto, los valores especificados son requisitos mínimos que se deben cumplir como objetivo interno, establecidos con base en un criterio que considera la calidad del producto, servicio y costo de producción. Dado este caso, el valor especificado se toma como valor central y los límites estarán ubicados a  $\pm k\sigma$  dependiendo del nivel de confianza asociado. Generalmente

se toma a 3 desviaciones, pues en este rango se logra agrupar el 99.73% de todos los datos.

En gráficos sin valores específicos se debe definir el valor central y la variación del proceso, como no existen valores especificados anteriormente se tendrá que obtener los parámetros del proceso partiendo de datos preliminares de un periodo que bajo ciertas condiciones de operación será considerado estable.

## **7. ANALIZAR**

### **7.1. TOMA Y ANÁLISIS DE DATOS**

Para construir los gráficos de control por primera vez en la operación, se requiere tomar datos históricos que correspondan a un proceso “sensiblemente estable”, es decir que las fuentes más evidentes de heterogeneidad hayan sido eliminadas, ya que no se puede comprobar de otra manera la estabilidad del proceso por no existir aún el control.

De ésta manera con la información del proceso recopilada se establecerán los límites preliminares de control.

En ésta etapa fue fundamental determinar los criterios de estabilidad para cada una de las variables críticas, para esto se hizo necesario extractar información de los registros de operación del proceso para identificar los datos correspondientes a condiciones anormales.

Para cada una de las variables fueron omitidos los datos que se encuentran fuera de las especificaciones, de igual manera los datos fueron depurados para obviar la información errada por muestreos realizados durante situaciones anormales del proceso y errores en la tabulación de los mismos.

Los datos analizados corresponden a los meses de marzo y mayo del presente año, pues durante este periodo se presentaron condiciones estables de operación en la planta, lo que se ve reflejado en el análisis de quejas y reclamos presentado en el capítulo 5, con estos datos se permite realizar el tratamiento estadístico para esta fase inicial.

### 7.1.1. Comparación de medias

El análisis de varianza (ANOVA) es utilizado para comparar si los valores de un conjunto de datos numéricos son significativamente distintos a los valores de otro o más conjuntos de datos. Típicamente, el análisis de varianza se utiliza para asociar una probabilidad a la conclusión de que la media de un grupo de datos es distinta de la media de otro, los resultados arrojados por el software estadístico SPSS se encuentran en el Anexo D.

#### 7.1.1.1. Temperaturas de recámaras o platos en la planta de frijol

Como se mencionó en el capítulo 3, la planta de frijol soya está compuesta por 6 cooker, los cuales están adecuados con 5 platos o recámaras para la cocción de la materia prima. Con el fin de comprobar que la temperatura media de cada recámara es estadísticamente igual en cada uno de los cooker se hizo necesaria la verificación de la igualdad de cada una de las medias, para lo cual se plantearon las siguientes hipótesis en la tabla 18.

**Tabla 18. Hipótesis para comparación de medias de temperaturas**

	C1*	C2	C3	C4	C5	C6	H <sub>0</sub>	H <sub>1</sub>
T °C PLATO 1	$\mu_1$	$\mu_2$	$\mu_3$	$\mu_4$	$\mu_5$	$\mu_6$	Todas las medias $\mu_i$ son estadísticamente iguales	Las medias son diferentes o al menos una de ellas lo es
T °C PLATO 2	$\mu_1$	$\mu_2$	$\mu_3$	$\mu_4$	$\mu_5$	$\mu_6$	Todas las medias $\mu_i$ son estadísticamente iguales	Las medias son diferentes o al menos una de ellas lo es
T °C PLATO 3	$\mu_1$	$\mu_2$	$\mu_3$	$\mu_4$	$\mu_5$	$\mu_6$	Todas las medias $\mu_i$ son estadísticamente iguales	Las medias son diferentes o al menos una de ellas lo es
T °C PLATO 4	$\mu_1$	$\mu_2$	$\mu_3$	$\mu_4$	$\mu_5$	$\mu_6$	Todas las medias $\mu_i$ son estadísticamente iguales	Las medias son diferentes o al menos una de ellas lo es

\* Ci corresponde al Cooker N° i

T °C PLATO 5	$\mu_1$	$\mu_2$	$\mu_3$	$\mu_4$	$\mu_5$	$\mu_6$	Todas las medias $\mu_i$ son estadísticamente iguales	Las medias son diferentes o al menos una de ellas lo es
-----------------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---	---

Fuente: Elaborado por el autor.

Para aleatorizar la prueba se tomaron 50 datos de la siguiente manera: un dato al día por cada plato de cada uno de los 6 cooker.

Adicional al análisis de varianza se realizó la prueba HSD de Tukey la cual nos permite comprobar la igualdad estadística entre cada una de las medias de estudio comparando una a una las muestras de temperaturas en cada plato.

Puesto que el valor del nivel crítico calculado (Sig) en cada una de las pruebas ANOVA es mayor al valor  $\alpha$  de la prueba (0.05) no existe suficiente evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula, ( $H_0$ ) de igualdad de medias. Entonces concluimos que las poblaciones definidas poseen la misma temperatura media; es decir, el cooker del cual proviene la muestra no afecta los datos tomados para cada plato.

#### **7.1.1.2. Temperaturas de acondicionamiento en el peletizado**

De igual manera se realiza el análisis de varianzas (ANOVA) y la prueba HSD de Tukey a las temperaturas de acondicionamiento de las dos peletizadoras, con el fin de comprobar que las medias en cada uno de estos son estadísticamente iguales; también se comprobará que la temperatura media de acondicionamiento es estadísticamente igual para ambos tipos de alimento (Engorde y Pollito 2)

El objetivo principal de esta prueba es comprobar que no importa de cual acondicionador ni de que tipo de alimento provenga la muestra la temperatura es la misma, esto para poder determinar posteriormente los

limites de control que se ajusten al proceso de acondicionamiento de ambos alimentos.

La hipótesis a comprobar con el (ANOVA) y Tukey es la siguiente:

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4$$

$H_0$  : Al menos una de las medias es diferente.

Donde:

$\mu_1$  Es la media de temperatura de alimento tipo Engorde en el acondicionador 1

$\mu_2$  Es la media de temperatura de alimento tipo Pollito 2 en el acondicionador 1

$\mu_3$  Es la media de temperatura de alimento tipo Engorde en el acondicionador 2

$\mu_4$  Es la media de temperatura de alimento tipo Pollito 2 en el acondicionador 2

Obteniendo que el valor del nivel crítico calculado (Sig) es mayor a 0.05 no hay suficiente evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula  $H_0$  de igualdad de medias por lo tanto se concluye que la temperatura a la cual se acondiciona el engorde y pollito 2 es la misma en ambos acondicionadores.

### **7.1.1.3. Amperaje de peletizado**

Se desea comprobar que el amperaje medio de peletizado es el mismo para el alimento engorde y pollito 2, para esto se aplica el análisis de varianza (ANOVA) a dos muestras aleatorias tomadas de las dos peletizadoras para cada alimento. El amperaje entre las dos peletizadoras se considera diferente

pues las especificaciones técnicas de los motores de cada una de ellas manejan rangos de operación distintos.

Las hipótesis planteadas son las siguientes:

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2$$

Las medias del amperaje cuando se produce alimento engorde y pollito 2 en la peletizadora 1 son estadísticamente iguales.

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2$$

Las medias del amperaje cuando se produce alimento engorde y pollito 2 en la peletizadora 2 son estadísticamente iguales.

Observando los resultados de la prueba, no existe suficiente evidencia para rechazar hipótesis de igualdad de medias, por lo tanto se puede concluir que el promedio del amperaje utilizado cuando se fabrica alimento de engorde es el mismo que cuando se fabrica pollito 2.

### **7.1.2. Test de normalidad**

En el control estadístico de procesos es importante conocer la naturaleza estadística de los datos, por esta razón es necesario hacer el test de normalidad a cada una de las variables de estudio con el cual es posible verificar que éstos siguen una distribución aproximadamente normal, para la aplicación del test se plantean las siguientes hipótesis:

**H<sub>0</sub>** : Los datos provienen de una población normal.

**H<sub>1</sub>** : Los datos provienen de una población diferente a la normal.

Con el software estadístico SPSS se realiza la prueba de normalidad (Kolmogorov-Smirnov) con un nivel de significancia de 5%, los resultados obtenidos son presentados en el Anexo E.

Dado que el valor crítico calculado (Sig) en cada una de las variables es mayor que 0.05, no existe suficiente evidencia para rechazar la hipótesis nula y por lo tanto se concluye que los datos provienen de una población normal.

## **7.2. CALCULO DE LOS PARÁMETROS DEL PROCESO Y DETERMINACIÓN DE LOS LÍMITES DE CONTROL**

### **7.2.1. Gráfico de control para valores individuales**

Para las variables de estudio utilizó el gráfico de valores individuales, el control de los datos se realiza a través de la propia media obtenida en cada toma, pero para el caso de la dispersión no se puede calcular solo con base en esta única medida, para esto se consideró la variabilidad entre diferentes tomas consecutivas en distintos periodos (enero, marzo, abril y mayo) del presente año.

### **7.2.2. Prueba de hipótesis para la desviación típica**

Antes de elaborar los gráficos de control es necesario conocer los parámetros del proceso como la media y alguna medida de dispersión como la desviación típica para las variables.

Para el cálculo de la desviación típica de cada variable fue necesario analizar diferentes periodos de operación donde se observó estabilidad (enero, marzo, abril y mayo) y sus respectivas variaciones, para luego hacer su

comparación utilizando la prueba Chi Cuadrado mediante la cual se logra determinar si éstas muestras son estadísticamente iguales, obteniendo así una estimación más confiable de la desviación estándar de la población ( $\sigma$ ).

Mediante una prueba de hipótesis se desea comparar el promedio de las desviaciones muestrales ( $S$ ) de cada variable con la desviación promedio de los periodos observados y de esta manera poder concluir que son estadísticamente iguales; el procedimiento utilizado para la realización de la prueba de hipótesis es el siguiente:

Se plantea la hipótesis nula que la desviación ( $S$ ) de la muestra (proveniente de una población Normal) es igual a un valor específico (valor promedio de las desviaciones muestrales ( $\bar{\sigma}$ ), siendo  $X_1, X_2, X_3, \dots, X_{n-1}, X_n$  una muestra aleatoria de  $n$  observaciones tomadas de cada variable durante los periodos estables.

$$H_0 : S = \bar{\sigma}$$

$$H_1 : S \neq \bar{\sigma}$$

El estadístico de prueba está dado de la siguiente manera:

$$X_0^2 = \frac{(n - 1)S}{\bar{\sigma}}$$

Por consiguiente se calcula el valor del estadístico de prueba dado por las tablas Chi cuadrado con  $(n - 1)$  grados de libertad y  $\alpha$  de 0.05; la hipótesis nula  $H_0$  se debe rechazar si:

$$X_0^2 > X_{\alpha;n-1}^2$$

En el anexo F, se muestran los resultados de la prueba de hipótesis para cada una de las variables del proceso.

Como resultado obtenido de la prueba de hipótesis para la desviación típica para cada una de las variables analizadas el estadístico de prueba es menor al punto crítico con  $(n - 1)$  grados de libertad y  $\alpha$  de 0.05, por lo tanto no existe evidencia para rechazar la hipótesis nula y se decide aceptar que las desviaciones muestrales son estadísticamente iguales al promedio de las desviaciones.

### 7.2.3. Cálculo de los límites de control

Como se mencionó anteriormente, los límites para los gráficos de control de valores individuales se sitúan a  $\pm k\sigma$ , donde  $\sigma$  es el promedio de las desviaciones muestrales para cada variable ( $\bar{\sigma}$ ) y  $k$  equivale a 3. En la tabla 19 se muestran los límites de control calculados para las variables.

**Tabla 19. Parámetros y límites de control para las variables.**

VARIABLE	MEDIA	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	LIC	LSC
TEMPERATURA PLATO 1	48,40	5,2633	32,61	64,19
TEMPERATURA PLATO 2	83,40	8,7218	57,23	109,57
TEMPERATURA PLATO 3	104,50	2,5189	96,94	112,06
TEMPERATURA PLATO 4	106,00	2,8137	97,56	114,44
TEMPERATURA PLATO 5	107,40	2,3995	100,20	114,60
AMPERAJE PELETIZADORA 1	260,70	4,4665	247,30	274,10
AMPERAJE PELETIZADORA 2	51,40	3,1705	41,89	60,91
TEMPERATURA DE ACONDICIONAMIENTO	81,30	1,0937	78,02	84,58
TEMPERATURA DE INYECCIÓN DE ACEITE	40,50	2,7062	32,38	48,62
GRANULOMETRÍA ENGORDE MALLA 8	91,70	2,2642	84,91	98,49
GRANULOMETRÍA ENGORDE PLATO	3,50	1,0794	0,26	6,74
GRANULOMETRÍA POLLITO 2 MALLA 8	63,40	6,1289	45,01	81,79
GRANULOMETRÍA POLLITO 2 MALLA 16	24,10	2,4985	16,60	31,60
GRANULOMETRÍA POLLITO 2 PLATO	12,10	1,9545	6,24	17,96

HUMEDAD PRODUCTO TERMINADO	11,22	0,6479	9,28	13,16
PDI PRODUCTO TERMINADO	85,50	2,1059	79,18	91,82

Fuente: Elaborado por el autor.

## 8. MEJORAR Y CONTROLAR

Ya establecidos los parámetros preliminares de las variables críticas como la media, desviación y los límites de control del proceso, se da inicio a la etapa de implementación del control o monitoreo de las variables.

Las nuevas observaciones que van surgiendo del proceso se representan en los gráficos y se controlan verificando que no sobrepasen los límites establecidos, es decir que el proceso se mantenga bajo control estadístico con un 99,73% de las observaciones dentro del rango de  $6\sigma$ , adicional a esto se comprueba que no se generen patrones no aleatorios o irregulares en las observaciones.

Para dar inicio con la etapa de control del proceso de fabricación de alimento, se comenzó capacitando al personal de la planta: Jefe de planta, Supervisores, y control de calidad, a los cuales se les ofreció una charla técnica sobre los principios del control estadístico, sus herramientas de apoyo y aplicaciones al interior de la empresa. En los Anexos G, H, I, J se encuentra el plan de capacitación al personal, el material utilizado y el listado de asistentes.

Adicional a esto se diseñó un aplicativo en Excel que permite la alimentación continua de datos para poder hacer un control en tiempo real de las variaciones de los procesos estudiados, mostrando como señales de alerta el color naranja cuando existen puntos fuera de control y color verde cuando estos están dentro de los límites, este aplicativo se muestra en el anexo K.

A continuación se describen las principales observaciones encontradas en los gráficos de control (ver Anexo L) durante el periodo de seguimiento (octubre de 2009) para cada una de las variables críticas.

## **8.1. TEMPERATURAS EN LOS PLATOS DE LOS COOKER**

Estas variables son medidas para garantizar el grado correcto de cocción de frijol soya, pues como se mencionó anteriormente, un grado bajo de cocción repercute con la presencia de ureasa en la semilla perjudicando la calidad del alimento; de la misma manera la sobre cocción incurre en el quemado de las proteínas de la soya.

Además de la variación natural del proceso, se logró identificar puntos fuera de los límites de control, se realizó la respectiva investigación para determinar la causa de este hallazgo; encontrando que los puntos sobre el límite superior de control son debidos a los instantes que la recámara permanece desocupada después de haber descargado la materia prima en el plato siguiente, de esta manera no se afecta el proceso pues una vez se recibe la nueva carga la temperatura se regula rápidamente.

Las observaciones que se encuentran debajo del límite de control inferior, ocurren cuando la recámara recibe materia prima a una temperatura mas baja, la materia prima que cae absorbe rápidamente el calor haciendo descender la temperatura notablemente, de igual manera este tipo de causas no influye sobre el proceso.

No obstante se le sugiere al departamento de mantenimiento y de sistemas una breve reprogramación del sistema PLC, con el fin de reducir el tiempo que debe esperar cada recámara para recibir la siguiente carga de materia prima.

## **8.2. AMPERAJE DE PELETIZADORAS**

El amperaje es la medida de corriente que recibe cada motor de las peletizadoras, esta variable no influye directamente sobre la calidad del producto pero si sobre el rendimiento del proceso, durante el periodo de monitoreo se descubrieron algunos puntos fuera de control, la razón principal por la cual se presentaron estas variaciones es la manipulación inadecuada de los dispositivos eléctricos por parte de un operario en periodo de prueba, debido a esta evidencia se le solicitó expresamente al jefe de planta una charla técnica directamente con el operario sobre la manipulación de la maquinaria de trabajo.

## **8.3. TEMPERATURA DE ACONDICIONAMIENTO**

La temperatura de acondicionamiento determina el nivel de cocción final del alimento, por esta razón es de vital importancia su control estadístico, pues fluctuaciones sobre el límite superior de control causarían una pérdida importante del nivel proteico del alimento, de manera inversa un comportamiento por debajo del límite inferior no permite la eliminación de agentes patógenos provenientes de las materias primas de origen vegetal y animal.

Durante el seguimiento realizado a esta variable del proceso se encontraron diferentes puntos sobre el límite de control superior, en conjunto con el personal de producción y mantenimiento se examinó detalladamente el comportamiento de esta variable y las posibles causas por las cuales se presentó esta conducta, finalmente fueron atribuidas a un comportamiento

anormal de la línea de vapor, es decir una des calibración en las trampas de condensados.

Con el departamento de mantenimiento se programó la revisión de la línea de vapor y todos sus componentes, para garantizar mejores resultados de temperatura de acondicionamiento del alimento.

#### **8.4. TEMPERATURA DE INYECCIÓN DE ACEITE**

La temperatura a la cual es inyectado el aceite es fundamental para un correcto engrasado del alimento, si este es inyectado a temperatura ambiente o menor no fluirá adecuadamente por las tuberías y por las boquillas de aspersion, ocasionando taponamiento y obstrucción de las mismas y por ende no se podrá realizar el proceso de inyección al alimento.

Las temperaturas elevadas del aceite mejoran su fluidez pero si no son controladas puede llegar a ser contraproducente pues el aceite a altas temperaturas pierde su viscosidad y no se adhiere correctamente al alimento.

En el gráfico se observan algunos puntos fuera de control, los puntos por debajo del limite son asociados a fallas técnicas en el sistema de resistencias que calientan el aceite en los tanques, los puntos sobre el limite de control están asociados a temperaturas ambiente sobre los 35 °C, de igual manera la hora del día influye en el aumento de esta temperatura.

Es importante mencionar que los gráficos de control generados no indican la presencia de tendencias, ciclos o rachas como se explico en el capítulo 4.

## **8.5. ÍNDICES DE CAPACIDAD DEL PROCESO**

Antes de dar inicio al estudio de amplitud del proceso o índices de capacidad para las variables críticas, es necesario plantear algunas hipótesis sobre las cuales se debe realizar el análisis.

En primer lugar las variables de estudio deben ser continuas y obedecer a una distribución normal o aproximadamente normal, lo cual se verificó con el test de normalidad realizado en el capítulo 6; como segunda hipótesis se considera que el proceso se encuentra bajo control estadístico, es decir que la variabilidad se debe únicamente a un sistema constante de causas aleatorias y no intervienen causas asignables.

Al realizar el monitoreo de las variables en la etapa de medición y muestreo, se encontró que los valores fluctúan alrededor de un valor central, esto es lo que se conoce como la fluctuación natural y esperable de un proceso, dichas variaciones se deben a un conjunto innumerable de causas que lo provocan cuyo efecto individual es pequeño y actúa de manera aleatoria.

La variación natural del proceso es inherente al mismo y no puede eliminarse, solo puede ser reducida haciendo ajustes y modificaciones al mismo, esta variación natural puede cuantificarse a través de la desviación estándar con la cual podemos calcular los límites de tolerancia natural, se debe tener claro el concepto y no confundir los límites de tolerancia natural o límites de control con los límites de especificación, pues estos últimos son fijados a criterio de las necesidades de los clientes, control de calidad, normas establecidas o cualquier otro factor que lo exija.

La capacidad de un proceso es la amplitud para generar un producto que cumpla con determinadas especificaciones, en el mejor de los casos los

límites de tolerancia natural se encuentran dentro de los límites de especificación fijados, de esta manera se asegura que toda la producción cumplirá las especificaciones.

La implementación de los gráficos de control en el proceso exige que este se encuentre bajo control estadístico pues de no estarlo el análisis de capacidad arrojaría resultados no confiables. En consecuencia a esto si el proceso se encuentra bajo control se puede utilizar la desviación estándar utilizada para el cálculo de los límites de tolerancia natural como parámetro para el cálculo de los coeficientes de capacidad del proceso  $C_p$  y  $C_{pk}$ .

Para hacer el cálculo de los índices de capacidad de las variables críticas del proceso de fabricación de alimento y las características del producto final, se verificaron los anteriores supuestos, para esto se analizó el periodo de estabilidad elegido para cada variable pues se tiene la certeza que dichos datos omiten valores de causas asignables y tabulaciones incorrectas asegurando que durante este periodo de tiempo las variables se encuentran bajo control estadístico.

En la tabla 20 se muestran las variables con sus respectivos parámetros (media y desviación) y los límites de especificación que fueron mostrados en el capítulo 5 numeral 4.

**Tabla 20. Parámetros y límites de especificación para las variables**

VARIABLE	MEDIA	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	LEI	LES
TEMPERATURA PLATO 1	48,40	5,2633	40	60
TEMPERATURA PLATO 2	83,40	8,7218	60	100
TEMPERATURA PLATO 3	104,50	2,5189	100	120
TEMPERATURA PLATO 4	106,00	2,8137	100	120
TEMPERATURA PLATO 5	107,40	2,3995	100	120
AMPERAJE PELETIZADORA 1	260,70	4,4665		300
AMPERAJE PELETIZADORA 2	51,40	3,1705		100

VARIABLE	MEDIA	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	LEI	LES
TEMPERATURA DE ACONDICIONAMIENTO	81,30	1,0937	80	90
TEMPERATURA DE INYECCIÓN DE ACEITE	40,50	2,7062	32	47
GRANULOMETRÍA ENGORDE MALLA 8	91,70	2,2642	88	95
GRANULOMETRÍA ENGORDE PLATO	3,50	1,0794		5
GRANULOMETRÍA POLLITO 2 MALLA 8	63,40	6,1289	60	65
GRANULOMETRÍA POLLITO 2 MALLA 16	24,10	2,4985	20	25
GRANULOMETRÍA POLLITO 2 PLATO	12,10	1,9545		20
HUMEDAD PRODUCTO TERMINADO	11,22	0,6479	10	12
PDI PRODUCTO TERMINADO	85,50	2,1059	80	90

Fuente: Elaborado por el autor.

## 8.6. CÁLCULO E INTERPRETACIÓN DE LOS ÍNDICES DE CAPACIDAD

En la siguiente tabla se muestran los índices de capacidad calculados con base en los parámetros mostrados anteriormente.

Tabla 21. Índices de capacidad de las variables

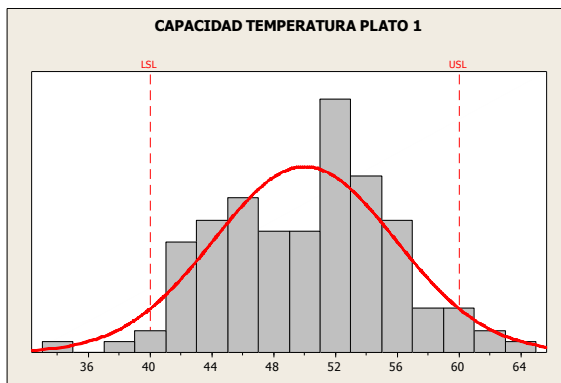
VARIABLE	$C_{pl}$	$C_{pu}$	$C_p$	$C_{pk}$
TEMPERATURA PLATO 1	0,53	0,73	0,63	0,53
TEMPERATURA PLATO 2	0,89	0,63	0,76	0,63
TEMPERATURA PLATO 3	0,60	2,05	1,32	0,60
TEMPERATURA PLATO 4	0,71	1,66	1,18	0,71
TEMPERATURA PLATO 5	1,03	1,75	1,39	1,03
AMPERAJE PELETIZADORA 1		2,93		2,93
AMPERAJE PELETIZADORA 2		5,11		5,11
TEMPERATURA DE ACONDICIONAMIENTO	0,40	2,65	1,52	0,40
TEMPERATURA DE INYECCIÓN DE ACEITE	1,05	0,80	0,92	0,80
GRANULOMETRÍA ENGORDE MALLA 8	0,54	0,49	0,52	0,49
GRANULOMETRÍA ENGORDE PLATO		0,46		0,46
GRANULOMETRÍA POLLITO 2 MALLA 8	0,18	0,09	0,14	0,09
GRANULOMETRÍA POLLITO 2 MALLA 16	0,55	0,12	0,33	0,12
GRANULOMETRÍA POLLITO 2 PLATO		1,35		1,35

HUMEDAD PRODUCTO TERMINADO	0,63	0,40	0,51	0,40
PDI PRODUCTO TERMINADO	0,87	0,71	0,79	0,71

Fuente: Elaborado por el autor.

Se tomaron los datos para realizar un histograma de cada una de las variables y así observar como se encuentra el proceso de acuerdo a las especificaciones.

**Gráfico 7. Capacidad de temperatura en plato 1**

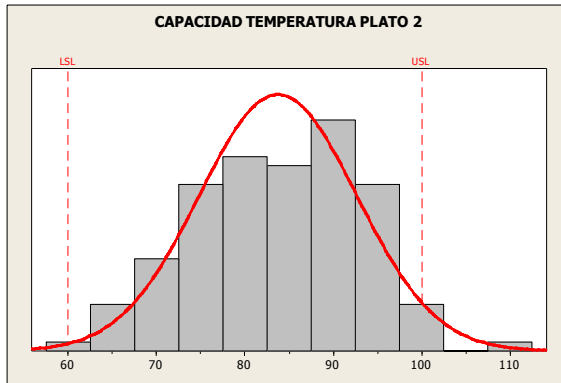


Fuente: Elaborado por el autor.

Como se puede observar en el histograma los datos corresponden a una distribución aproximadamente normal, los índices de capacidad calculados  $C_p = 0,63$  y  $C_{pk} = 0,53$  indican que el proceso no cumple con el requisito de capacidad pues ninguno de estos indicadores supera el valor mínimo de 1,33 y 1,0 respectivamente para afirmar lo contrario.

Según este análisis, los datos observados no se encuentran centrados dentro del límite de especificación pues  $C_p \neq C_{pk}$ , por lo tanto se concluye que en algunas ocasiones se registrarán valores de temperatura mayores que 60 °C y menores que 40 °C.

**Gráfico 8. Capacidad de temperatura en plato 2**

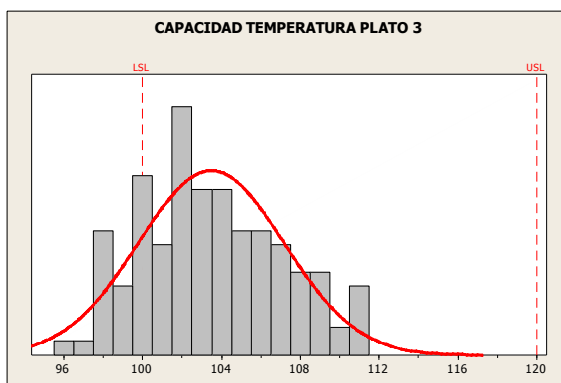


Fuente: Elaborado por el autor.

Observando el histograma se puede detectar una desviación de la media de los valores hacia la derecha del valor nominal, presentando algunas observaciones por encima del límite superior de especificación.

En la variable de temperatura del plato 2, se obtuvieron valores de  $C_p = 0,63$  y  $C_{pk} = 0,76$  lo cual confirma que el proceso no es capaz, adicional a esto se comprueba que los datos no se encuentran centrados y que el proceso no cumplirá con una parte de las especificaciones, presentando ocasionalmente valores superiores a 100 °C y menores a 60 °C.

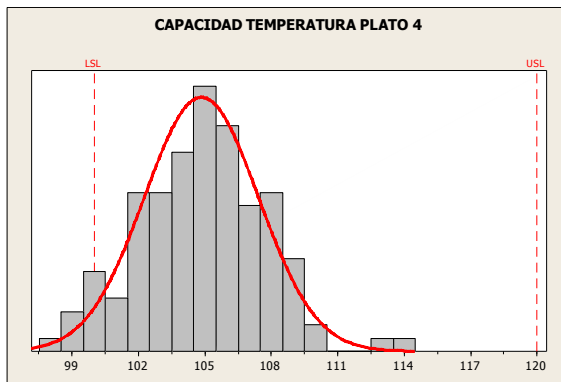
**Gráfico 9. Capacidad de temperatura en plato 3**



Fuente: Elaborado por el autor.

Notablemente la media del proceso presenta un valor inferior al valor nominal esperado, además la cola izquierda del histograma se encuentra por debajo del límite inferior de especificación, el valor de  $C_p = 1,32$  nos indica aparentemente que el proceso es capaz pero el  $C_{pk} = 0,60$  nos confirma que el proceso está descentrado y no cumplirá con una parte de las especificaciones presentando algunos valores por debajo de  $100\text{ }^\circ\text{C}$ .

**Gráfico 10. Capacidad de temperatura en plato 4**

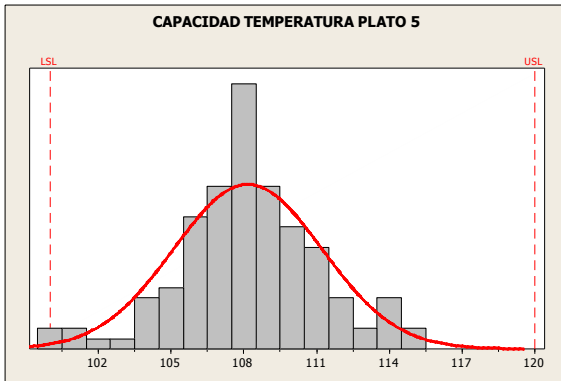


Fuente: Elaborado por el autor.

Según lo observado en el histograma se puede asegurar que los datos siguen una distribución aproximadamente normal, del gráfico se puede inferir que la media está por debajo del valor nominal esperado, además la cola izquierda del mismo se encuentra por debajo del límite inferior de especificación.

El índice  $C_p = 1,18$  hace referencia a que el proceso está cercano a ser capaz pero el  $C_{pk} = 0,71$  confirma que este se encuentra descentrado y que no es capaz de cumplir con las especificaciones presentando valores menores que  $100\text{ }^\circ\text{C}$  en algunas ocasiones.

**Gráfico 11. Capacidad de temperatura en plato 5**

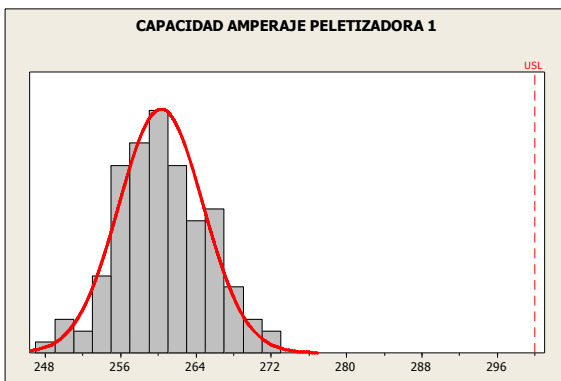


Fuente: Elaborado por el autor.

La media observada se encuentra levemente por debajo del valor nominal esperado, analizando el índice de capacidad potencial  $C_p = 1,39$  se asume que el proceso es capaz de cumplir con las especificaciones, el  $C_{pk} = 1,03$  nos confirma que efectivamente el proceso es capaz pero al ser un valor muy cercano a 1 indica que este se puede salir de las especificaciones fácilmente.

Al tener valores de  $C_p$  y  $C_{pk}$  diferentes se confirma que el proceso se encuentra descentrado es decir que la media de los datos no coincide con el valor nominal esperado.

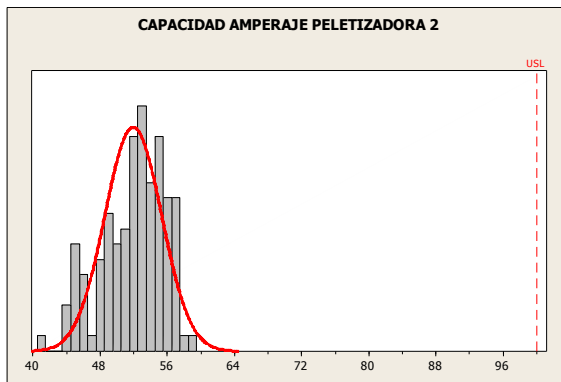
**Gráfico 12. Capacidad amperaje peletizadora 1**



Fuente: Elaborado por el autor.

Los datos del amperaje siguen una distribución normal tal como lo muestra el histograma, al tratarse de una variable que solo tiene un límite de especificación no se puede calcular el índice  $C_p$ , pero el índice calculado  $C_{pk} = 2,93$  se asocia a un proceso capaz de cumplir con las especificaciones de operación lo cual nos dice que si el proceso continua bajo control estadístico no se presentaran datos fuera la especificación.

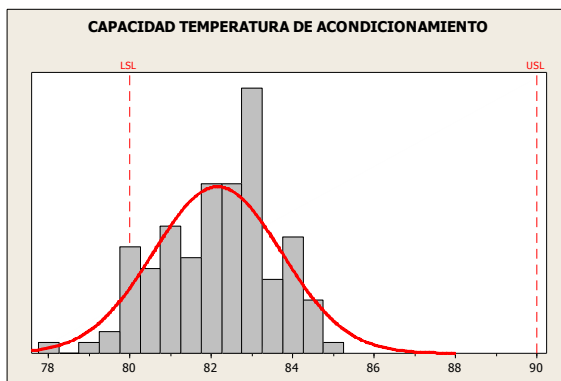
**Gráfico 13. Capacidad amperaje peletizadora 2**



Fuente: Elaborado por el autor.

Al igual que la variable anterior solo se cuenta con un límite superior de especificación por lo cual se calcula directamente el índice  $C_{pk} = 5,11$  confirmando que es un proceso altamente capaz de cumplir con las especificaciones el cual no presentara observaciones fuera de este límite.

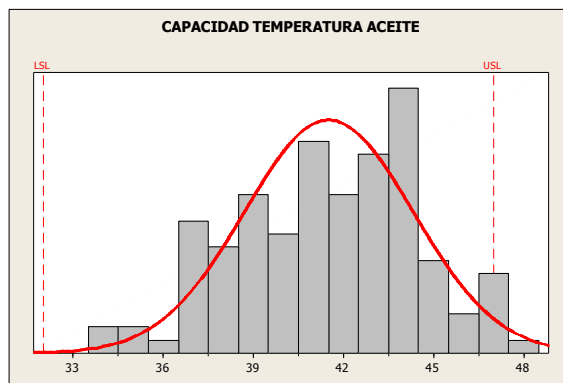
**Gráfico 14. Capacidad temperatura de acondicionamiento**



Fuente: Elaborado por el autor.

Observando el histograma se verifica la asociación de los datos a una distribución aproximadamente normal, además se puede ver que la media se encuentra por debajo del valor nominal esperado y que algunas observaciones se encontraran fuera de la especificación inferior 80 °C, esto se verifica con los índices de capacidad  $C_p = 1,52$  que supone un proceso capaz pero el  $C_{pk} = 0,52$  ratifica la observación del gráfico, este se encuentra descentrado y no se considera en capacidad de cumplir con el limite de especificación inferior.

**Gráfico 15. Capacidad temperatura de aceite**

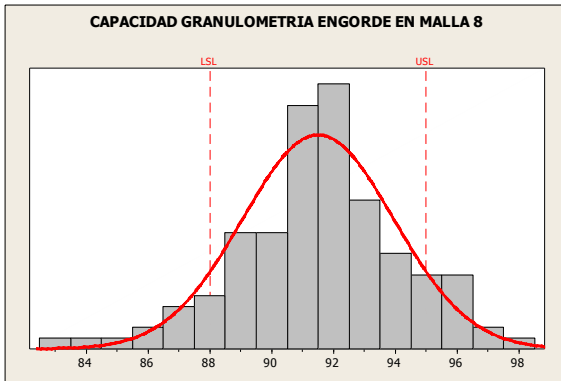


Fuente: Elaborado por el autor.

La media de los datos representada en el histograma supera notablemente el valor objetivo de 40 °C, además se observa que ciertos datos caerán fuera del límite de especificación superior.

Analizando los índices de capacidad  $C_p = 0,92$  y  $C_{pk} = 0,80$  se puede concluir que el proceso no es capaz de cumplir con las especificaciones y además que este se encuentra descentrado hacia el limite superior, presentando ocasionalmente valores superiores a los 47 °C.

**Gráfico 16. Capacidad granulometría engorde en malla 8**

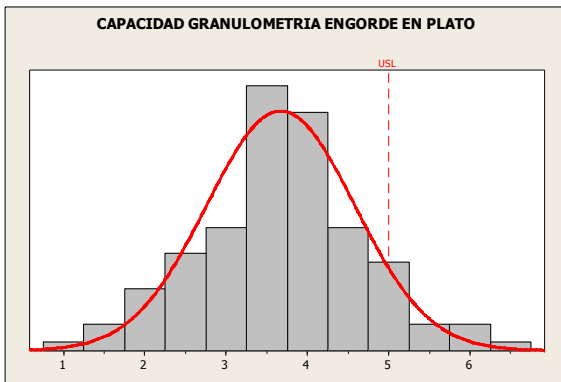


Fuente: Elaborado por el autor.

El porcentaje de granulometría para el alimento tipo engorde en la malla # 8 presenta una distribución normal en sus datos, su media esta aproximadamente centrada con el valor nominal esperado, pero sus dos colas exceden notablemente los limites de especificación superior e inferior.

Los índices de capacidad  $C_p = 0,52$  y  $C_{pk} = 0,49$  hacen referencia a lo anteriormente mencionado pues el proceso esta aproximadamente centrado pero su desviación es alta y por esto no es capaz de cumplir con las especificaciones, presentando una cantidad considerable de observaciones por encima de 95% y por debajo de 88% de retenidos en la malla 8.

**Gráfico 17. Capacidad granulometría engorde en plato**

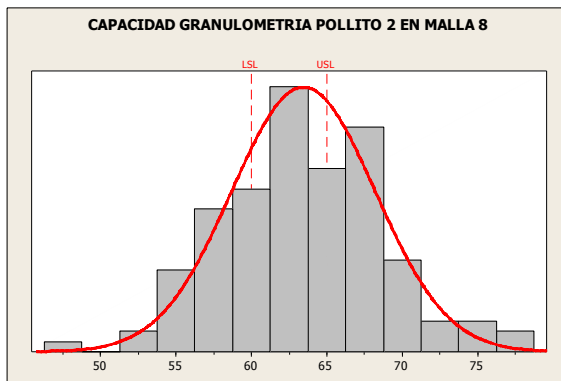


Fuente: Elaborado por el autor.

Los datos representados en el histograma cumplen con la condición de una distribución normal, adicional a esto se observa que la cola derecha sobrepasa considerablemente el limite de especificación superior.

Con el índice de capacidad  $C_{pk} = 0,46$  se puede confirmar que el proceso no es capaz de cumplir con las especificaciones y que algunos datos superan el 5% de retenidos en el plato.

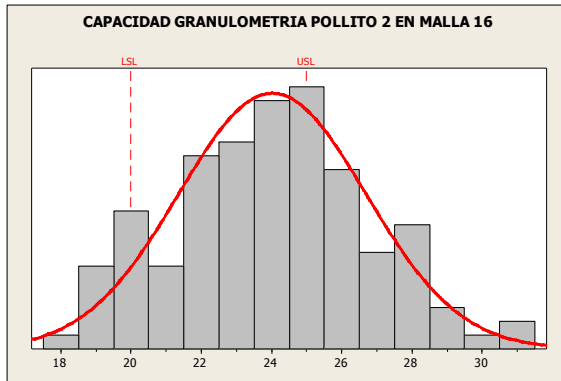
**Gráfico 18. Capacidad granulometría pollito 2 en malla 8**



Fuente: Elaborado por el autor.

Los límites de especificación para esta variable son demasiado estrechos para la variabilidad natural presentada por el proceso, los índices de capacidad  $C_p = 0,14$  y  $C_{pk} = 0,09$  lo confirman, de lo cual se puede concluir que el proceso no es capaz y gran parte de sus observaciones presentaran valores superiores a 65 % y menores a 60 % de retenidos en la malla 8.

**Gráfico 19. Capacidad granulometría pollito 2 en malla 16**

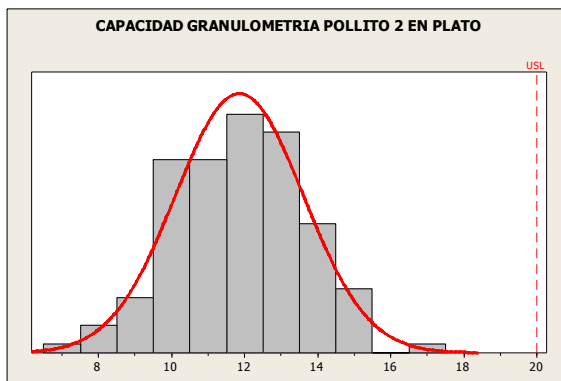


Fuente: Elaborado por el autor.

La media de este gráfico está notablemente desplazada hacia la derecha, haciendo que gran parte de los datos sobrepasen el límite superior de especificación, de igual manera ocurre con el límite inferior el cual es sobrepasado por la cola derecha del gráfico.

Los índices de capacidad  $C_p = 0,33$  y  $C_{pk} = 0,12$  confirman la observación del gráfico, pues según estos dos índices el proceso no es capaz de cumplir con las especificaciones del proceso, presentando gran parte de sus valores por encima de 25 % y debajo de 20 % de retenidos en malla 16.

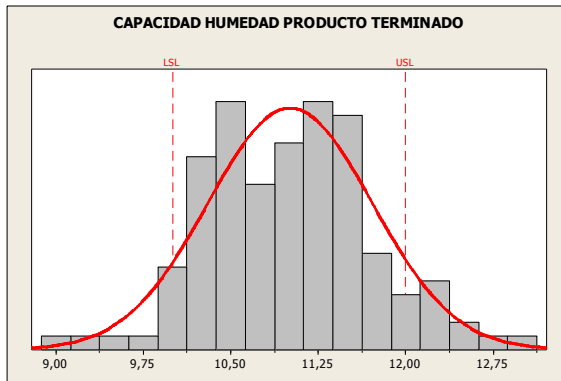
**Gráfico 20. Capacidad granulometría pollito 2 en plato**



Fuente: Elaborado por el autor.

Por ser una variable con un solo límite de especificación solo se calcula el índice Cpk, el cual da como resultado 1,35 permitiendo concluir que el proceso cumple con las especificaciones y que si permanece bajo control estadístico no presentara valores superiores a 20 % de retenidos en plato.

**Gráfico 21. Capacidad humedad producto terminado**

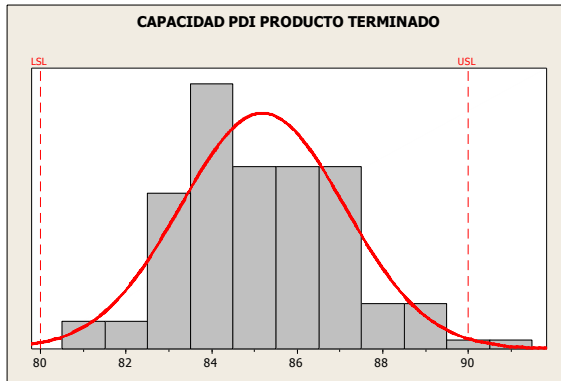


Fuente: Elaborado por el autor.

Los datos de la humedad del producto terminado presentan un comportamiento normal como se observa en el histograma, sin embargo las dos colas de la distribución de datos se encuentran fuera de los límites de especificación.

El índice  $C_p = 0,51$  y  $C_{pk} = 0,40$  afirman la hipótesis que el proceso no es capaz pues sus valores no son mayores a 1,33 y 1,0 respectivamente, presentando valores superiores a 12% y menores a 10% en algunas ocasiones.

**Gráfico 22. Capacidad PDI en producto terminado**



Fuente: Elaborado por el autor.

Según la interpretación de histograma se puede decir que la distribución de los datos es aproximadamente normal y que su media está ligeramente desplazada hacia la derecha del valor nominal esperado.

Para las variables que tienen un índice de capacidad mayor a 1, se puede decir que están en un estado ideal esperado, para este caso se deben aplicar los gráficos de control y demás herramientas estadísticas básicas para prevenir la ocurrencia de causas asignables que puedan afectar el comportamiento del proceso.

Las variables que no obtuvieron un índice superior a uno indican que el proceso no es capaz de cumplir las especificaciones, dado este caso se debe hacer uso de las herramientas estadísticas para identificar y diagnosticar patrones o comportamientos anormales sobre los cuales se deben hacer esfuerzos de mejora y así poder cumplir con las especificaciones del proceso. El no cumplimiento de las especificaciones para las variables del producto terminado como la granulometría, humedad y PDI hace más crítico el problema, pues esto indica que el cliente final (granjas) está recibiendo una parte del producto terminado fuera de las especificaciones, afectando de alguna manera la calidad de vida de las aves.

## 9. CONCLUSIONES

- Se determinó mediante el uso del análisis de Pareto el tipo de alimento que más criticidad presenta en cuanto a la satisfacción de los clientes (granjas).
- Se logró identificar de las variables críticas para el proceso de fabricación de alimento; con un nivel de criticidad clasificado en bajo, medio y alto que indica hacia donde se deben dirigir los esfuerzos en el control de la operación de la planta.
- Utilizando herramientas de tipo estadístico como los gráficos de control se calcularon los parámetros de operación para cada una de las variables, tales como promedio, desviación y los límites de fluctuación natural que presenta cada proceso, estos límites se utilizarán como límites de control para la producción futura.
- Durante el periodo de control de las variables críticas se logró identificar las causas asignables de variación que afectan la operación, para lo cual se investigó detenidamente con el personal de producción y mantenimiento cada una de ellas y se logró eliminarlas para poner los procesos bajo control estadístico.
- Se pudo monitorear el comportamiento de las variables después de realizar algunos ajustes y eliminación de las causas asignables y así comprobar la efectividad de algunas medidas correctivas puestas en marcha.
- Se determinó el índice de capacidad para las variables críticas analizadas y las características del producto terminado, de las cuales solo cuatro de

ellas son capaces de cumplir con las especificaciones establecidas; para las otras se debe hacer un ajuste de la operación para tratar de disminuir la variación presente.

- Se logró motivar a una parte del personal de la planta en el aprendizaje y la aplicación de técnicas estadísticas que contribuyen al mejoramiento continuo de la calidad.
  
- El uso de las herramientas estadísticas, no soluciona los problemas de la planta de alimentos, sólo actúan como alarmas que indican la ocurrencia de eventos anormales en el proceso, las personas responsables son las encargadas de investigar las causas y ejecutar las acciones correctivas apropiadas partiendo de la información recopilada con las herramientas. Por lo tanto la efectividad de la aplicación de las técnicas dependen del compromiso del personal y de la habilidad de tomar decisiones inmediatas y realizar los ajustes necesarios.

## 10. RECOMENDACIONES

Ampliar paulatinamente la aplicación de los gráficos de control y el análisis de capacidad a todas las variables del proceso pues el hecho que no sean clasificadas como variables críticas no quiere decir que no necesiten del monitoreo que ofrece el control estadístico de procesos.

Realizar ajustes a los procesos que se encuentran en condición de “no capaz” pues de esta manera se puede reducir la variabilidad en las características del producto final (alimento) y reducir el volumen de quejas y reclamos provenientes de las granjas de Avidesa.

Se recomienda la capacitación del personal operativo de la planta sobre el uso correcto de la maquinaria específica para la fabricación de alimento (peletizadoras, molinos, cookers, etc.) sus especificaciones técnicas, sus condiciones óptimas de operación, señales de alerta, etc.

Realizar calibración y mantenimiento a los dispositivos de lectura y toma de datos como las termocuplas, amperímetros, manómetros, maquina de PDI.

## BIBLIOGRAFÍA

ALMEIDA, Luis José. “Gestión de proyectos activos industriales”. Editorial Politecnica de Valencia. Año 2006.

DUARTE GONZALES, Sergio. “Mejoramiento de los Procesos de Forja, Mecanizado y Ensamble de Tubos para Ejes Diferenciales Mediante los Lineamientos de la Herramienta Seis Sigma en Forcol LTDA”. Bucaramanga, 2008. Proyecto de Grado de Ingeniería Industrial – Universidad Industrial de Santander.

ESCALANTE VÁZQUEZ, Edgardo J. “Seis Sigma: Metodología y Técnicas” Primera Edición. Limusa. Año 2006.

GOMEZ FRAILE, Fermín. VILAR, José Francisco. “Seis Sigma” Segunda Edición. FC Editorial. Año 2003.

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL, Observatorio Agrocadenas. La cadena de cereales, alimentos balanceados para animales, avicultura y porcicultura en Colombia: una mirada global de su estructura y dinámica. Documentación en línea. N° 87 (2005). [http://www.agrocadenas.gov.co/balanceados/documentos/caracterizacion\\_cereales.pdf](http://www.agrocadenas.gov.co/balanceados/documentos/caracterizacion_cereales.pdf)

MONTGOMERY, Douglas. “Control Estadístico de la Calidad” Tercera Edición. Limusa. Año 2006.

Sitio web: Fundación Iberoamericana para la Gestión de la Calidad (FUNDIBEQ).

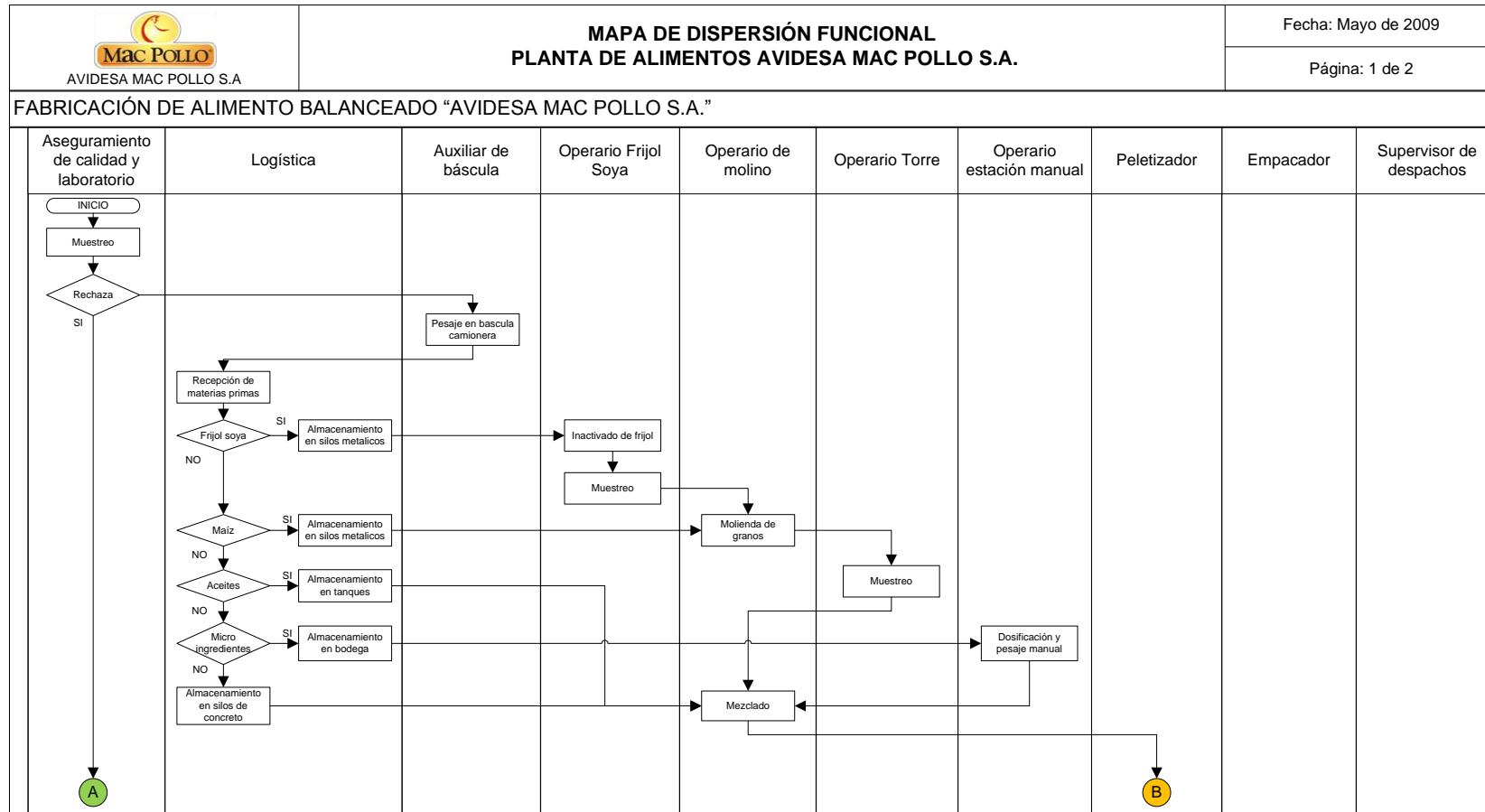
<http://www.fundibeq.org>

Sitio web: Avidesa Mac Pollo S.A.

<http://www.macpollo.com>

# ANEXOS

## ANEXO A: MAPA DE DISPERSIÓN FUNCIONAL





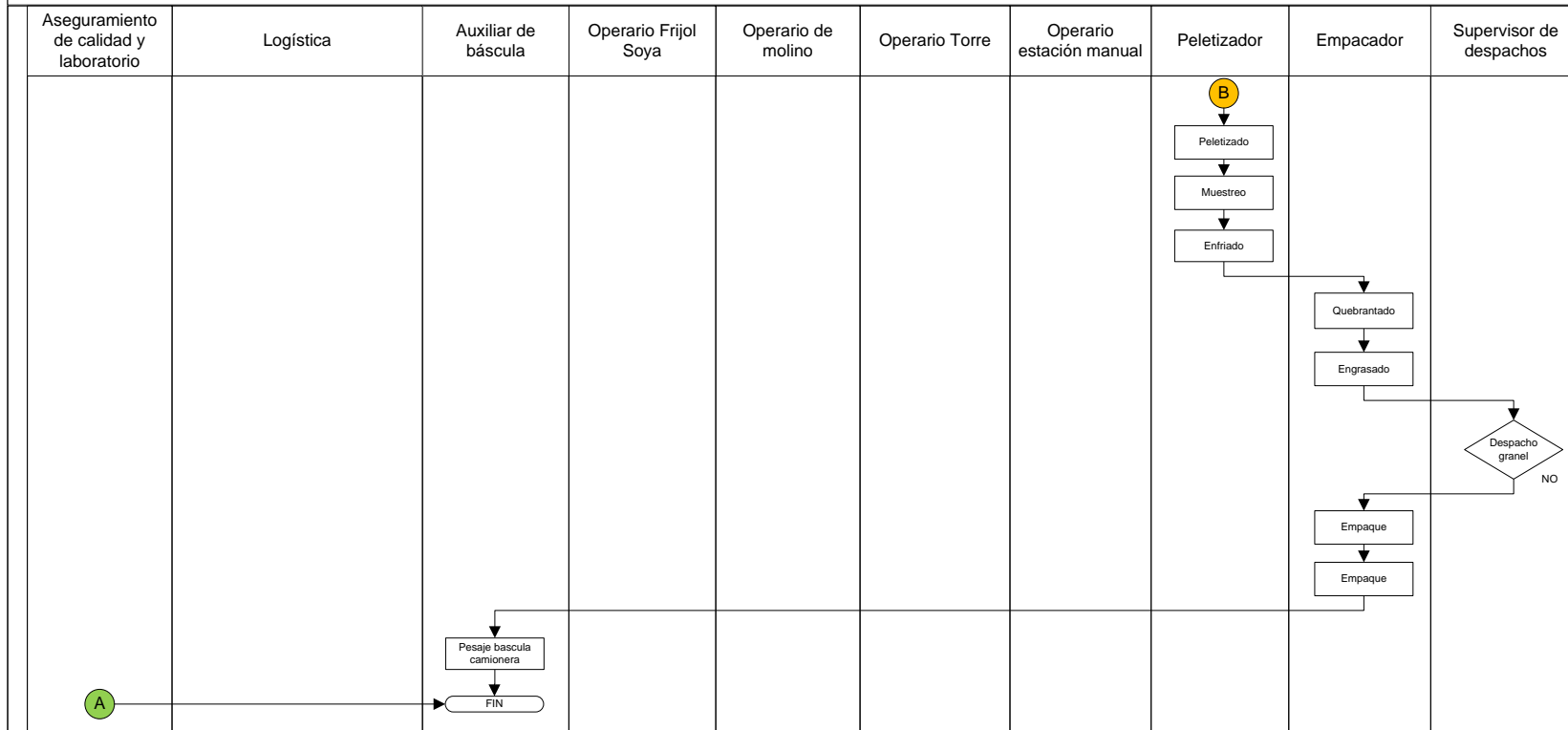
AVIDESA MAC POLLO S.A

**MAPA DE DISPERSIÓN FUNCIONAL  
PLANTA DE ALIMENTOS AVIDESA MAC POLLO S.A.**

Fecha: Mayo de 2009

Página: 2 de 2

**FABRICACIÓN DE ALIMENTO BALANCEADO "AVIDESA MAC POLLO S.A."**



## ANEXO B DIAGRAMA CAUSA EFECTO

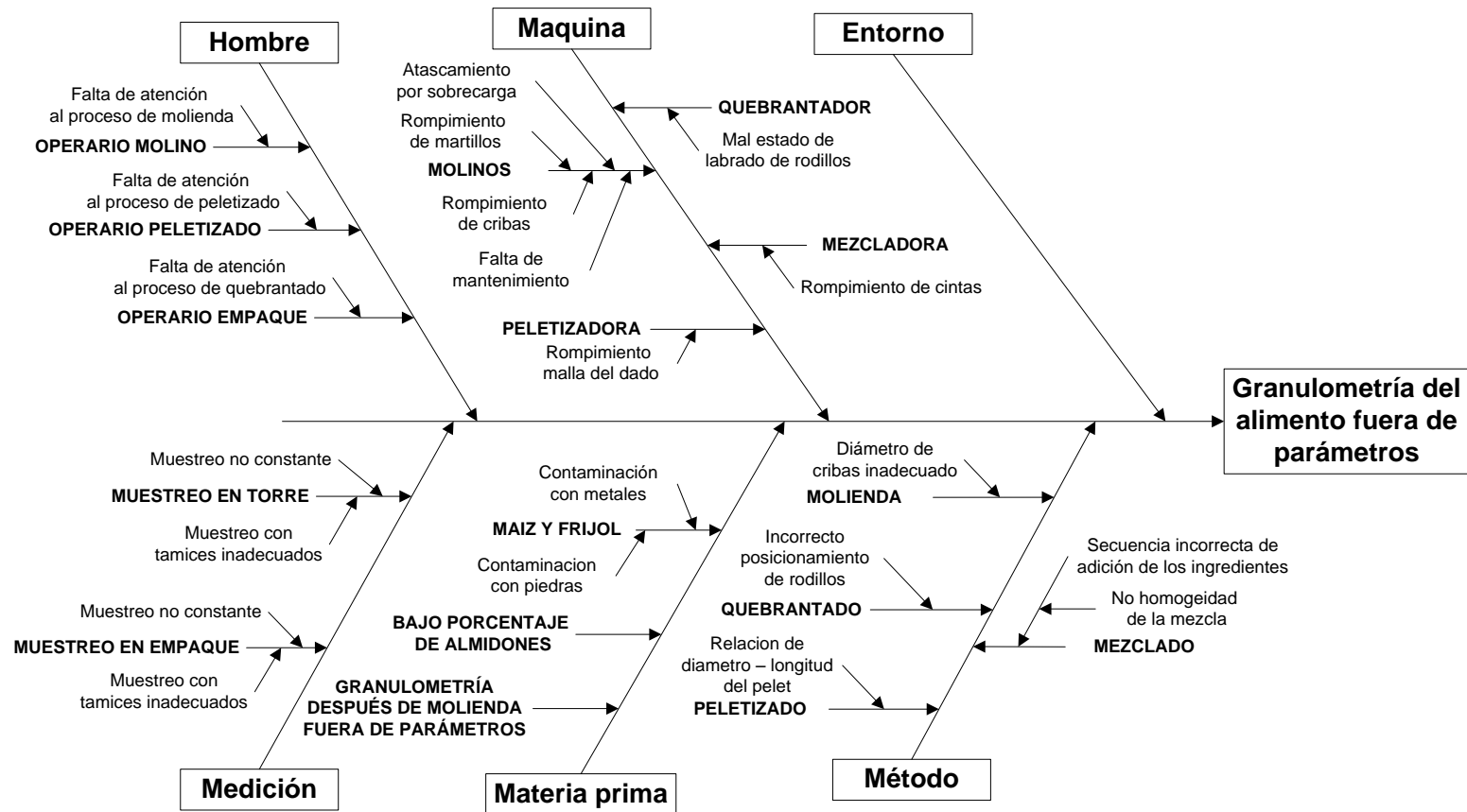


AVIDESÁ MAC POLLO S.A

### DIAGRAMA DE CAUSA EFECTO PROCESO DE FABRICACIÓN DE ALIMENTO PLANTA DE ALIMENTOS

Fecha: Mayo de 2009

Página: 1 de 4



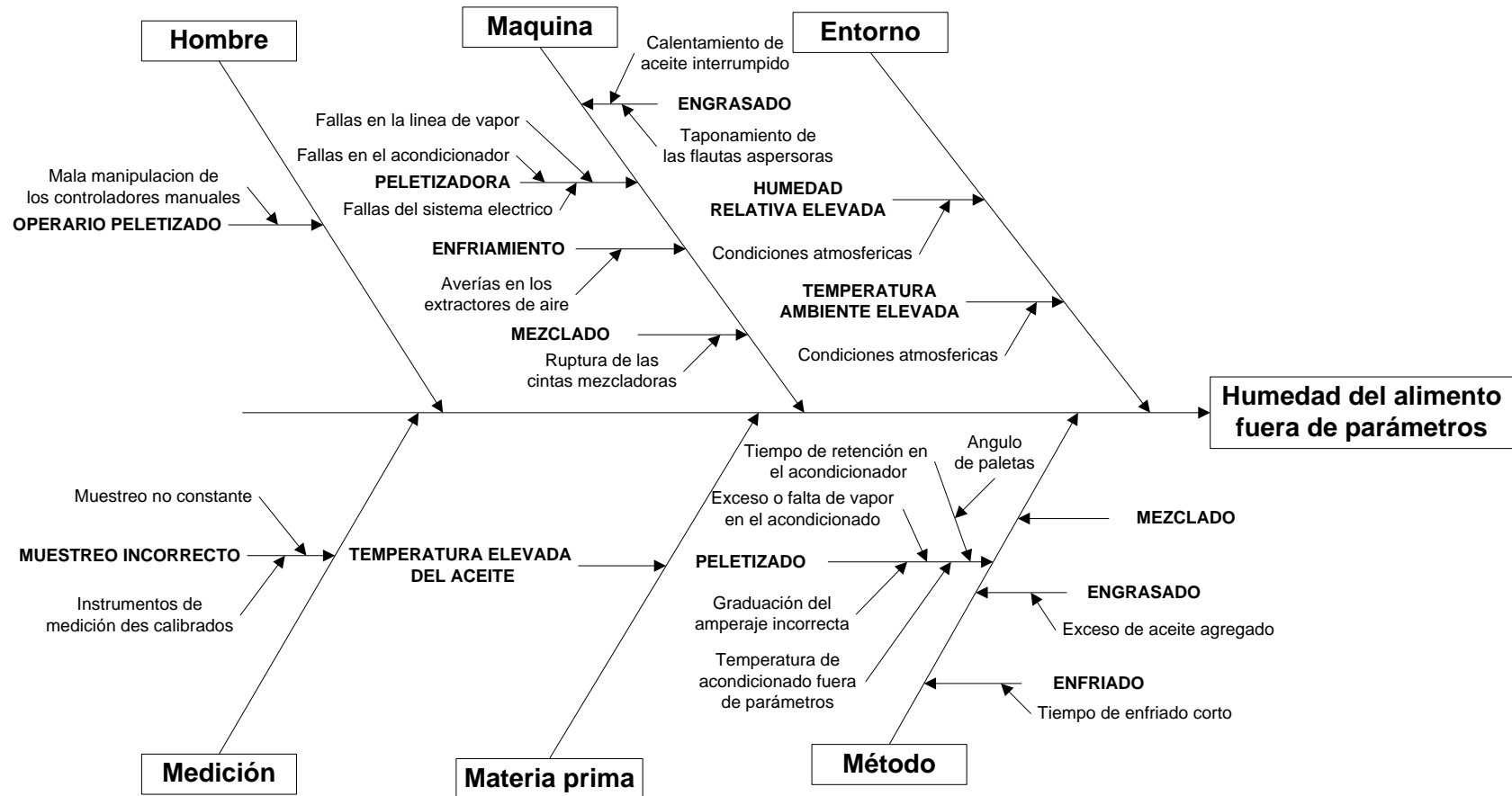


AVIDESAS MAC POLLO S.A

### DIAGRAMA DE CAUSA EFECTO PROCESO DE FABRICACIÓN DE ALIMENTO PLANTA DE ALIMENTOS

Fecha: Mayo de 2009

Página: 2 de 4



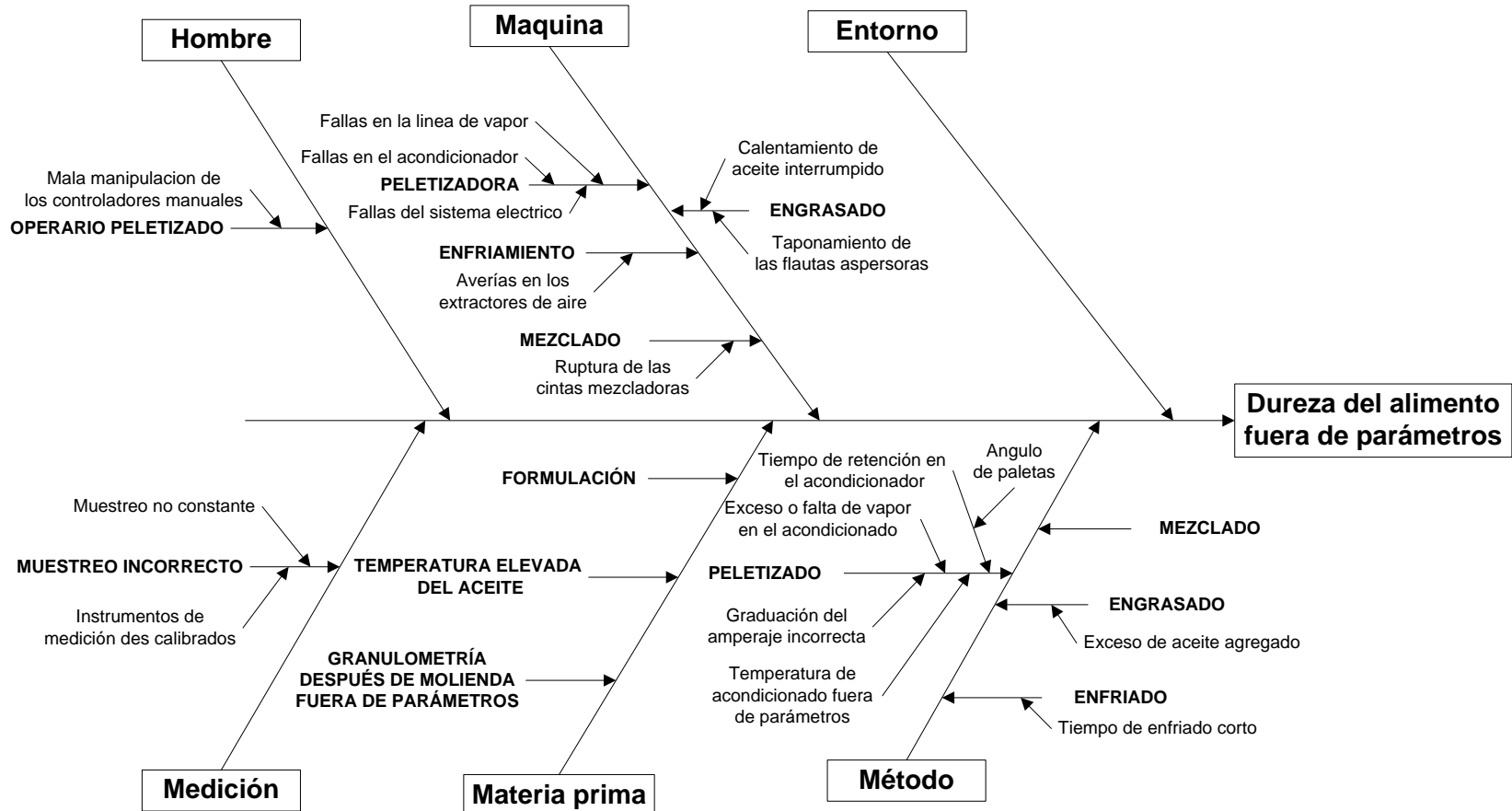


AVIDESAS MAC POLLO S.A

### DIAGRAMA DE CAUSA EFECTO PROCESO DE FABRICACIÓN DE ALIMENTO PLANTA DE ALIMENTOS

Fecha: Mayo de 2009

Página: 3 de 4



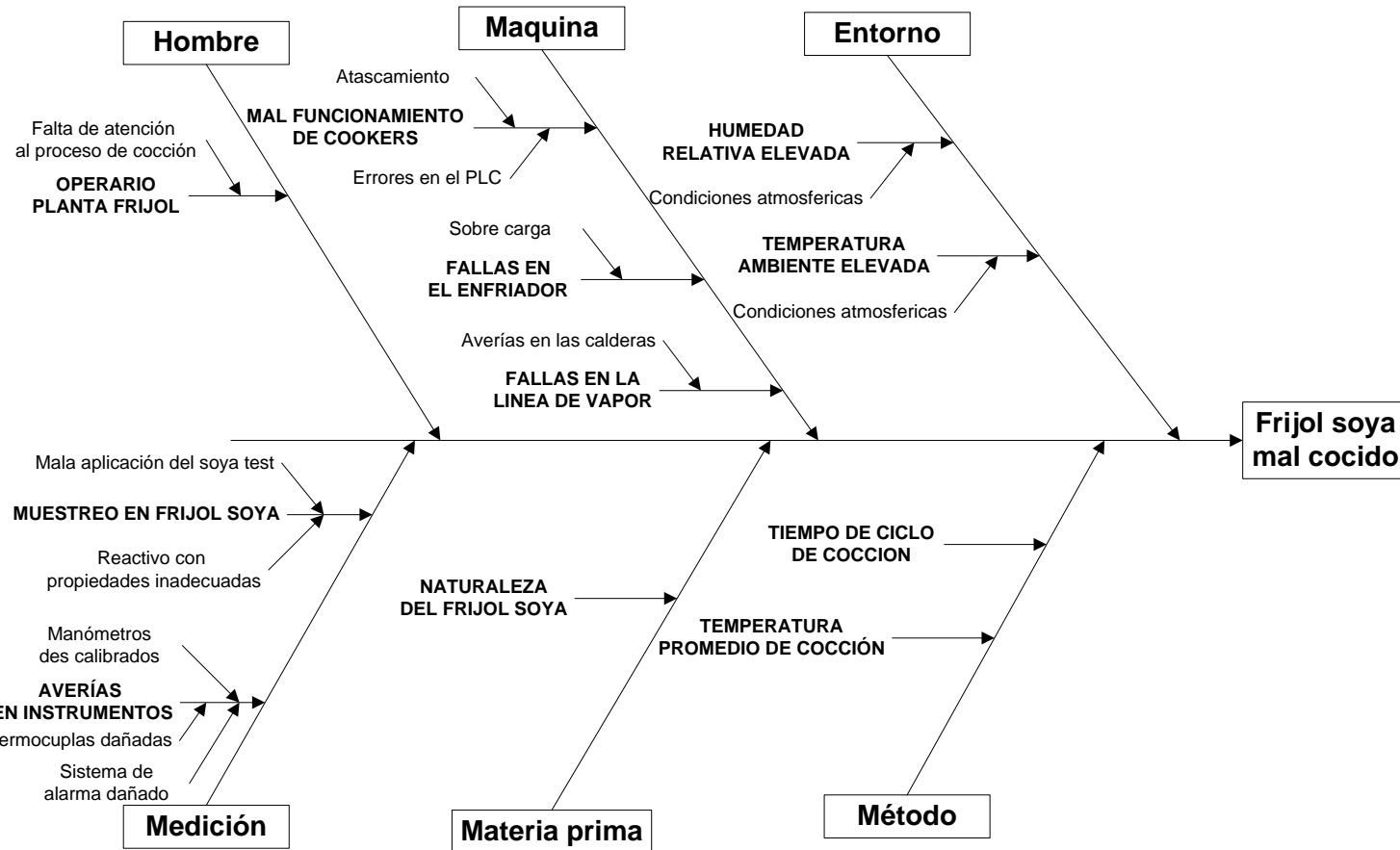


AVIDESAS MAC POLLO S.A

### DIAGRAMA DE CAUSA EFECTO PROCESO DE FABRICACIÓN DE ALIMENTO PLANTA DE ALIMENTOS

Fecha: Mayo de 2009

Página: 4 de 4



## ANEXO C ENCUESTA DE EVALUACIÓN DE CRITICIDAD

PERSONA ENTREVISTADA \_\_\_\_\_

FECHA \_\_\_\_\_

ELABORADO POR \_\_\_\_\_

**PROPÓSITO:** El estudio de criticidad es una metodología que ayuda a identificar las variables críticas del proceso, para enfocar esfuerzos y facilitar la toma de decisiones

VARIABLES		Frecuencia de falla (F)	Tiempo promedio para reparar	Impacto en la producción	Costo de reparación	Impacto en salud y seguridad	Influencia en pérdidas	Influencia en calidad producto final
INACTIVADO DE FRIJOL SOYA	Temperatura de recámaras							
	Carga de recámaras							
	Presión de recámaras							
	Tiempo de ciclo de cocción							
MEZCLADO	Tiempo mezcla seca							
	Tiempo mezcla húmeda							
PELETIZADO	Carga							
	Amperaje							
	Tiempo de retención en el acondicionador							
	Temperatura de acondicionamiento							
	Presión de vapor inyectado							
ENGRASADO	Carga de alimento							
	Presión de aspersion							
	Temperatura de aceite							
QUEBRANTADO	Distancia entre rodillos							

CRITICIDAD = FRECUENCIA DE FALLA X CONSECUENCIA

CONSECUENCIA = a + b

a = Costo reparación+ Impacto seguridad personal + Impacto calidad P.T+ Influencia en pérdidas

b = Impacto en la producción × Tiempo promedio para reparar.

## ANEXO D: PRUEBAS DE COMPARACIÓN DE MEDIAS

### ANOVA

TEMPERATURA PLATO 1

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	101.870	5	20.374	.863	.506
Intra-grupos	6940.380	294	23.607		
Total	7042.250	299			

### Comparaciones múltiples

TEMPERATURA PLATO 1

HSD de Tukey

# de Cooker (I)	# de Cooker (J)	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
1	2	.82000	.97174	.959	-1.9675	3.6075
	3	-.64000	.97174	.986	-3.4275	2.1475
	4	.50000	.97174	.996	-2.2875	3.2875
	5	-.54000	.97174	.994	-3.3275	2.2475
	6	-.68000	.97174	.982	-3.4675	2.1075
2	1	-.82000	.97174	.959	-3.6075	1.9675
	3	-1.46000	.97174	.663	-4.2475	1.3275
	4	-.32000	.97174	.999	-3.1075	2.4675
	5	-1.36000	.97174	.727	-4.1475	1.4275
	6	-1.50000	.97174	.636	-4.2875	1.2875
3	1	.64000	.97174	.986	-2.1475	3.4275
	2	1.46000	.97174	.663	-1.3275	4.2475
	4	1.14000	.97174	.849	-1.6475	3.9275
	5	.10000	.97174	1.000	-2.6875	2.8875
	6	-.04000	.97174	1.000	-2.8275	2.7475
4	1	-.50000	.97174	.996	-3.2875	2.2875
	2	.32000	.97174	.999	-2.4675	3.1075
	3	-1.14000	.97174	.849	-3.9275	1.6475
	5	-1.04000	.97174	.893	-3.8275	1.7475
	6	-1.18000	.97174	.830	-3.9675	1.6075
5	1	.54000	.97174	.994	-2.2475	3.3275
	2	1.36000	.97174	.727	-1.4275	4.1475
	3	-.10000	.97174	1.000	-2.8875	2.6875
	4	1.04000	.97174	.893	-1.7475	3.8275
	6	-.14000	.97174	1.000	-2.9275	2.6475
6	1	.68000	.97174	.982	-2.1075	3.4675
	2	1.50000	.97174	.636	-1.2875	4.2875
	3	.04000	.97174	1.000	-2.7475	2.8275
	4	1.18000	.97174	.830	-1.6075	3.9675
	5	.14000	.97174	1.000	-2.6475	2.9275

**ANOVA**

TEMPERATURA PLATO 2

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	161.200	4	40.300	.630	.642
Intra-grupos	15672.400	245	63.969		
Total	15833.600	249			

**Comparaciones múltiples**

TEMPERATURA PLATO 2

HSD de Tukey

# de Cooker (I)	# de Cooker (J)	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
1	3	.48000	1.59961	.998	-3.9161	4.8761
	4	1.86000	1.59961	.773	-2.5361	6.2561
	5	2.12000	1.59961	.676	-2.2761	6.5161
	6	1.24000	1.59961	.938	-3.1561	5.6361
3	1	-.48000	1.59961	.998	-4.8761	3.9161
	4	1.38000	1.59961	.910	-3.0161	5.7761
	5	1.64000	1.59961	.844	-2.7561	6.0361
	6	.76000	1.59961	.990	-3.6361	5.1561
4	1	-1.86000	1.59961	.773	-6.2561	2.5361
	3	-1.38000	1.59961	.910	-5.7761	3.0161
	5	.26000	1.59961	1.000	-4.1361	4.6561
	6	-.62000	1.59961	.995	-5.0161	3.7761
5	1	-2.12000	1.59961	.676	-6.5161	2.2761
	3	-1.64000	1.59961	.844	-6.0361	2.7561
	4	-.26000	1.59961	1.000	-4.6561	4.1361
	6	-.88000	1.59961	.982	-5.2761	3.5161
6	1	-1.24000	1.59961	.938	-5.6361	3.1561
	3	-.76000	1.59961	.990	-5.1561	3.6361
	4	.62000	1.59961	.995	-3.7761	5.0161
	5	.88000	1.59961	.982	-3.5161	5.2761

**ANOVA**

TEMPERATURA PLATO 3

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	13.000	3	4.333	.862	.462
Intra-grupos	985.080	196	5.026		
Total	998.080	199			

### Comparaciones múltiples

TEMPERATURA PLATO 3  
HSD de Tukey

# de Cooker (I)	# de Cooker (J)	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
1	2	.04000	.44837	1.000	-1.1218	1.2018
	5	-.02000	.44837	1.000	-1.1818	1.1418
	6	-.58000	.44837	.568	-1.7418	.5818
2	1	-.04000	.44837	1.000	-1.2018	1.1218
	5	-.06000	.44837	.999	-1.2218	1.1018
	6	-.62000	.44837	.512	-1.7818	.5418
5	1	.02000	.44837	1.000	-1.1418	1.1818
	2	.06000	.44837	.999	-1.1018	1.2218
	6	-.56000	.44837	.597	-1.7218	.6018
6	1	.58000	.44837	.568	-.5818	1.7418
	2	.62000	.44837	.512	-.5418	1.7818
	5	.56000	.44837	.597	-.6018	1.7218

### ANOVA

TEMPERATURA PLATO 4

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	45.110	5	9.022	1.880	.098
Intra-grupos	1411.140	294	4.800		
Total	1456.250	299			

### Comparaciones múltiples

TEMPERATURA PLATO 4  
HSD de Tukey

# de Cooker (I)	# de Cooker (J)	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
1	2	-.76000	.43817	.510	-2.0169	.4969
	3	-.60000	.43817	.745	-1.8569	.6569
	4	-1.16000	.43817	.089	-2.4169	.0969
	5	-1.12000	.43817	.112	-2.3769	.1369
	6	-.86000	.43817	.366	-2.1169	.3969
2	1	.76000	.43817	.510	-.4969	2.0169
	3	.16000	.43817	.999	-1.0969	1.4169
	4	-.40000	.43817	.943	-1.6569	.8569
	5	-.36000	.43817	.963	-1.6169	.8969
	6	-.10000	.43817	1.000	-1.3569	1.1569
3	1	.60000	.43817	.745	-.6569	1.8569

	2	-.16000	.43817	.999	-1.4169	1.0969
	4	-.56000	.43817	.797	-1.8169	.6969
	5	-.52000	.43817	.843	-1.7769	.7369
	6	-.26000	.43817	.991	-1.5169	.9969
4	1	1.16000	.43817	.089	-.0969	2.4169
	2	.40000	.43817	.943	-.8569	1.6569
	3	.56000	.43817	.797	-.6969	1.8169
	5	.04000	.43817	1.000	-1.2169	1.2969
	6	.30000	.43817	.984	-.9569	1.5569
5	1	1.12000	.43817	.112	-.1369	2.3769
	2	.36000	.43817	.963	-.8969	1.6169
	3	.52000	.43817	.843	-.7369	1.7769
	4	-.04000	.43817	1.000	-1.2969	1.2169
	6	.26000	.43817	.991	-.9969	1.5169
6	1	.86000	.43817	.366	-.3969	2.1169
	2	.10000	.43817	1.000	-1.1569	1.3569
	3	.26000	.43817	.991	-.9969	1.5169
	4	-.30000	.43817	.984	-1.5569	.9569
	5	-.26000	.43817	.991	-1.5169	.9969

### ANOVA

#### TEMPERATURA PLATO 5

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	60.430	5	12.086	2.122	.063
Intra-grupos	1674.300	294	5.695		
Total	1734.730	299			

### Comparaciones múltiples

#### TEMPERATURA PLATO 5

HSD de Tukey

# de Cooker (I)	# de Cooker (J)	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
1	2	.18000	.47728	.999	-1.1891	1.5491
	3	-1.06000	.47728	.231	-2.4291	.3091
	4	-.84000	.47728	.493	-2.2091	.5291
	5	-.74000	.47728	.632	-2.1091	.6291
	6	-.60000	.47728	.808	-1.9691	.7691
2	1	-.18000	.47728	.999	-1.5491	1.1891
	3	-1.24000	.47728	.101	-2.6091	.1291
	4	-1.02000	.47728	.271	-2.3891	.3491
	5	-.92000	.47728	.387	-2.2891	.4491
	6	-.78000	.47728	.577	-2.1491	.5891
3	1	1.06000	.47728	.231	-.3091	2.4291
	2	1.24000	.47728	.101	-.1291	2.6091

	4	.22000	.47728	.997	-1.1491	1.5891
	5	.32000	.47728	.985	-1.0491	1.6891
	6	.46000	.47728	.929	-.9091	1.8291
4	1	.84000	.47728	.493	-.5291	2.2091
	2	1.02000	.47728	.271	-.3491	2.3891
	3	-.22000	.47728	.997	-1.5891	1.1491
	5	.10000	.47728	1.000	-1.2691	1.4691
	6	.24000	.47728	.996	-1.1291	1.6091
5	1	.74000	.47728	.632	-.6291	2.1091
	2	.92000	.47728	.387	-.4491	2.2891
	3	-.32000	.47728	.985	-1.6891	1.0491
	4	-.10000	.47728	1.000	-1.4691	1.2691
	6	.14000	.47728	1.000	-1.2291	1.5091
6	1	.60000	.47728	.808	-.7691	1.9691
	2	.78000	.47728	.577	-.5891	2.1491
	3	-.46000	.47728	.929	-1.8291	.9091
	4	-.24000	.47728	.996	-1.6091	1.1291
	5	-.14000	.47728	1.000	-1.5091	1.2291

#### ANOVA

AMPERAJE\_P1

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	86.490	1	86.490	.526	.470
Intra-grupos	16123.300	98	164.523		
Total	16209.790	99			

#### ANOVA

AMPERAJE\_P2

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	30.250	1	30.250	3.299	.072
Intra-grupos	898.500	98	9.168		
Total	928.750	99			

#### ANOVA

TEMPERATURAS DE ACONDICIONADO

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	.917	3	.306	.352	.787
Intra-grupos	170.096	196	.868		
Total	171.014	199			

**Comparaciones múltiples**

TEMPERATURAS DE ACONDICIONADO  
HSD de Tukey

(I)	(J)	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
Engorde P1	Pollito P1	.09000	.18632	.963	-.3928	.5728
	Engorde P2	.07400	.18632	.979	-.4088	.5568
	Pollito P2	.19000	.18632	.738	-.2928	.6728
Pollito P1	Engorde P1	-.09000	.18632	.963	-.5728	.3928
	Engorde P2	-.01600	.18632	1.000	-.4988	.4668
	Pollito P2	.10000	.18632	.950	-.3828	.5828
Engorde P2	Engorde P1	-.07400	.18632	.979	-.5568	.4088
	Pollito P1	.01600	.18632	1.000	-.4668	.4988
	Pollito P2	.11600	.18632	.925	-.3668	.5988
Pollito P2	Engorde P1	-.19000	.18632	.738	-.6728	.2928
	Pollito P1	-.10000	.18632	.950	-.5828	.3828
	Engorde P2	-.11600	.18632	.925	-.5988	.3668

## ANEXO E: PRUEBAS DE NORMALIDAD DE DATOS

**Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra**

		T.PLATO1	T.PLATO2	T.PLATO3	T.PLATO4	T.PLATO5
N		50	50	50	50	50
Parámetros normales <sup>a.,b</sup>	Media	48.06	84.58	104.22	105.10	108.02
	Desviación típica	5.751	4.563	2.384	2.234	1.647
Diferencias más extremas	Absoluta	.143	.103	.177	.151	.195
	Positiva	.143	.103	.177	.118	.136
	Negativa	-.080	-.083	-.143	-.151	-.195
Z de Kolmogorov-Smirnov		1.009	.731	1.250	1.069	1.380
Sig. asintót. (bilateral)		.261	.660	.088	.203	.054

a. La distribución de contraste es la Normal.

b. Se han calculado a partir de los datos.

**Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra**

		T.ACONDIC	APM.1	APM.2	T.ACEITE
N		50	50	50	50
Parámetros normales <sup>a.,b</sup>	Media	81.68	260.2600	51.8000	41.54
	Desviación típica	1.019	4.56164	3.03046	2.557
Diferencias más extremas	Absoluta	.188	.117	.086	.128
	Positiva	.188	.054	.074	.128
	Negativa	-.183	-.117	-.086	-.077
Z de Kolmogorov-Smirnov		1.327	.829	.610	.906
Sig. asintót. (bilateral)		.059	.497	.850	.384

a. La distribución de contraste es la Normal.

b. Se han calculado a partir de los datos.

**Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra**

		ENG. MALLA 8	ENG. PLATO	POLLITO. MALLA 8	POLLITO. MALLA 16	POLLITO. PLATO
N		50	50	49	49	49
Parámetros normales <sup>a.,b</sup>	Media	91.0214	3.8250	64.46	24.71	12.16
	Desviación típica	2.40856	.96923	6.544	2.451	1.937
Diferencias más extremas	Absoluta	.126	.172	.191	.094	.092
	Positiva	.126	.083	.191	.085	.092
	Negativa	-.052	-.172	-.172	-.094	-.066
Z de Kolmogorov-Smirnov		.888	1.214	1.339	.658	.647
Sig. asintót. (bilateral)		.409	.105	.055	.779	.797

a. La distribución de contraste es la Normal.

b. Se han calculado a partir de los datos.

**Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra**

		HUMEDAD	PDI
N		50	50
Parámetros normales <sup>a, b</sup>	Media	11.42	85.72
	Desviación típica	.753	1.865
Diferencias más extremas	Absoluta	.120	.054
	Positiva	.072	.054
	Negativa	-.120	-.054
Z de Kolmogorov-Smirnov		.850	.382
Sig. asintót. (bilateral)		.466	.999

a. La distribución de contraste es la Normal.

b. Se han calculado a partir de los datos.

**ANEXO F: PRUEBA DE HIPÓTESIS CHI CUADRADO PARA LA DESVIACIÓN DE LA MUESTRA**

VARIABLE	PERIODO	N	S	ESTADÍSTICO DE PRUEBA	PUNTO CRITICO	DECISIÓN ESTADÍSTICA
TEMPERATURA PLATO 1 $\bar{\sigma} = 5,2633$	ENERO	100	5,0337	94,680	123,22	ACEPTA
	MARZO	100	5,5804	104,965	123,22	ACEPTA
	ABRIL	100	5,8081	109,247	123,22	ACEPTA
	MAYO	100	4,6311	87,108	123,22	ACEPTA
TEMPERATURA PLATO 2 $\bar{\sigma} = 8,7218$	ENERO	100	8,6648	98,353	123,22	ACEPTA
	MARZO	100	8,4838	96,298	123,22	ACEPTA
	ABRIL	100	9,3710	106,369	123,22	ACEPTA
	MAYO	100	8,3676	94,979	123,22	ACEPTA
TEMPERATURA PLATO 3 $\bar{\sigma} = 2,5189$	ENERO	100	2,3676	93,052	123,22	ACEPTA
	MARZO	100	2,4910	97,905	123,22	ACEPTA
	ABRIL	100	2,5547	100,408	123,22	ACEPTA
	MAYO	100	2,6622	104,634	123,22	ACEPTA
TEMPERATURA PLATO 4 $\bar{\sigma} = 2,8137$	ENERO	100	2,7863	98,035	123,22	ACEPTA
	MARZO	100	2,8455	100,119	123,22	ACEPTA
	ABRIL	100	2,7788	97,771	123,22	ACEPTA
	MAYO	100	2,8442	100,074	123,22	ACEPTA
TEMPERATURA PLATO 5 $\bar{\sigma} = 2,3995$	ENERO	100	2,4966	103,005	123,22	ACEPTA
	MARZO	100	2,2374	92,312	123,22	ACEPTA
	ABRIL	100	2,5760	106,281	123,22	ACEPTA
	MAYO	100	2,2881	94,401	123,22	ACEPTA
AMPERAJE PELETIZADORA 1 $\bar{\sigma} = 4,4665$	ENERO	100	4,5710	101,315	123,22	ACEPTA
	MARZO	100	4,2780	94,821	123,22	ACEPTA
	ABRIL	100	4,4651	98,968	123,22	ACEPTA
	MAYO	100	4,5521	100,896	123,22	ACEPTA
AMPERAJE PELETIZADORA 1 $\bar{\sigma} = 3,1705$	ENERO	100	2,8920	90,305	123,22	ACEPTA
	MARZO	100	3,3200	103,668	123,22	ACEPTA
	ABRIL	100	3,3175	103,589	123,22	ACEPTA
	MAYO	100	3,1525	98,438	123,22	ACEPTA
TEMPERATURA DE ACONDICIONAMIENTO $\bar{\sigma} = 1,0937$	ENERO	100	1,0365	93,822	123,22	ACEPTA
	MARZO	100	1,0060	91,062	123,22	ACEPTA
	ABRIL	100	1,0829	98,016	123,22	ACEPTA
	MAYO	100	1,2495	113,100	123,22	ACEPTA
TEMPERATURA DE ACEITE	ENERO	100	2,4741	88,776	123,22	ACEPTA
	MARZO	100	2,5300	90,782	123,22	ACEPTA

VARIABLE	PERIODO	N	S	ESTADÍSTICO DE PRUEBA	PUNTO CRITICO	DECISIÓN ESTADÍSTICA
$\bar{\sigma} = 2,7590$	ABRIL	100	2,8978	103,980	123,22	ACEPTA
	MAYO	100	3,1342	112,462	123,22	ACEPTA
GRANULOMETRÍA ENGORDE MALLA 8 $\bar{\sigma} = 2,2642$	ENERO	100	2,6162	114,394	123,22	ACEPTA
	MARZO	100	2,0187	88,266	123,22	ACEPTA
	ABRIL	100	1,9858	86,828	123,22	ACEPTA
	MAYO	100	2,4360	106,512	123,22	ACEPTA
GRANULOMETRÍA ENGORDE PLATO $\bar{\sigma} = 1,0794$	ENERO	100	1,2506	114,7040	123,22	ACEPTA
	MARZO	100	0,8168	74,9102	123,22	ACEPTA
	ABRIL	100	1,2760	117,0345	123,22	ACEPTA
	MAYO	100	0,9742	89,3513	123,22	ACEPTA
GRANULOMETRÍA POLLITO 2 MALLA 8 $\bar{\sigma} = 6,1289$	ENERO	100	6,7325	108,7503	123,22	ACEPTA
	MARZO	100	5,6579	91,3914	123,22	ACEPTA
	ABRIL	100	5,9182	95,5963	123,22	ACEPTA
	MAYO	100	6,2070	100,2620	123,22	ACEPTA
GRANULOMETRÍA POLLITO 2 MALLA 16 $\bar{\sigma} = 2,4985$	ENERO	100	2,4050	95,2933	123,22	ACEPTA
	MARZO	100	2,4884	98,5980	123,22	ACEPTA
	ABRIL	100	2,5530	101,1596	123,22	ACEPTA
	MAYO	100	2,5477	100,9492	123,22	ACEPTA
GRANULOMETRÍA POLLITO 2 PLATO $\bar{\sigma} = 1,9545$	ENERO	100	2,1452	108,6568	123,22	ACEPTA
	MARZO	100	1,6331	82,7193	123,22	ACEPTA
	ABRIL	100	2,0742	105,0613	123,22	ACEPTA
	MAYO	100	1,9656	99,5626	123,22	ACEPTA
HUMEDAD PRODUCTO TERMINADO $\bar{\sigma} = 0,6479$	ENERO	100	0,7263	110,9729	123,22	ACEPTA
	MARZO	100	0,4786	73,1310	123,22	ACEPTA
	ABRIL	100	0,7368	112,5845	123,22	ACEPTA
	MAYO	100	0,6500	99,3116	123,22	ACEPTA
PDI PRODUCTO TERMINADO $\bar{\sigma} = 2,1059$	ENERO	100	2,3971	112,6923	123,22	ACEPTA
	MARZO	100	1,9324	90,8431	123,22	ACEPTA
	ABRIL	100	1,8423	86,6091	123,22	ACEPTA
	MAYO	100	2,2517	105,8555	123,22	ACEPTA

## **ANEXO G: PLAN DE CAPACITACIÓN**

### **FUNDAMENTOS DEL CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESOS GRÁFICOS DE CONTROL**

#### **OBJETIVOS:**

- Dar a conocer los fundamentos del control estadístico de procesos (base teórica).
- Evidenciar la aplicabilidad de los gráficos de control en los procesos industriales.
- Concientizar al personal de la importancia de mantener los procesos bajo control estadístico.

#### **DIRIGIDO A:**

- Jefe de Planta
- Supervisores de producción
- Personal de calidad
- Personal operativo

#### **CONTENIDO**

##### **1. Introducción**

##### **2. Conceptos estadísticos**

- 2.1. ¿Qué es control estadístico de procesos?
- 2.2. ¿Cuales son los parámetros de un proceso?
  - 2.2.1. Media
  - 2.2.2. Desviación estándar
  - 2.2.3. Variabilidad

##### **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. Gráficos de Control

##### **4. Gráficos de Control**

- 4.1. Tipos de Gráficos de Control

- 4.1.1. ¿Cómo y por que elegir un gráfico de control?
- 4.1.2. ¿Qué son los limites de control y los limites de especificación?

#### 4.2. Interpretación de Gráficos de Control

### **5. Capacidad del Proceso**

- 5.1. Condiciones para el análisis de capacidad
- 5.2. Calculo de los índices de capacidad
- 5.3. Interpretación de los índices

## ANEXO H. FOLLETO DE CAPACITACIÓN

### CAPACITACIÓN CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESOS

#### OBJETIVOS:

- Dar a conocer los fundamentos del control estadístico de procesos (base teórica).
- Evidenciar la aplicabilidad de los gráficos de control en los procesos industriales.
- Concientizar al personal de la importancia de mantener los procesos bajo control estadístico.

#### ¿Qué es el control estadístico de procesos?

Es un conjunto de herramientas estadísticas que permiten recopilar, estudiar y analizar la información de procesos repetitivos para poder tomar decisiones encaminadas a la mejora de los mismos, es aplicable tanto a procesos productivos como de servicios.

#### Población (N):

Es el conjunto de elementos de referencia sobre el que se realizan las observaciones.

#### Muestra (n):

Es un subconjunto de casos o individuos de una población estadística.

#### Media ( $\bar{X}$ ):

Igual a la suma de todos sus valores dividida entre el número de sumandos.

#### Desviación estándar ( $\sigma$ ):

Es una medida de centralización o dispersión para variables.

### HERRAMIENTAS ESTADÍSTICAS

#### Histograma:

Un histograma es un resumen gráfico de los valores producidos por las variaciones de una determinada característica representando la frecuencia con que se presentan distintas categorías dentro de dicho conjunto.

#### Hoja de verificación:

Es utilizada para reunir y clasificar la información según determinadas categorías, mediante la anotación y registro de sus frecuencias bajo la forma de datos.

#### Diagrama de Pareto:

Es una comparación cuantitativa y ordenada de elementos o factores según su contribución a un determinado efecto.

#### Diagrama de causa efecto:

Permite apreciar con claridad las relaciones entre un tema o problema y las posibles causas que pueden estar contribuyendo para que él ocurra.

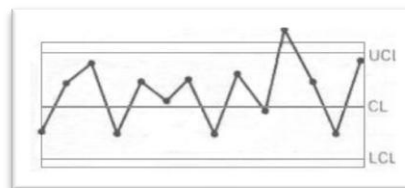
#### Diagrama de dispersión:

Es la representación gráfica del grado de relación entre dos variables cuantitativas, un diagrama de dispersión muestra la posibilidad de la existencia de correlación entre dos variables.

#### Gráfico de control:

Es la representación gráfica de una característica de calidad que se ha medido o calculado a partir de una muestra contra el número de muestra o tiempo.

### GRÁFICOS DE CONTROL



#### Gráficos de control por variables:

Es específico para aquellos procesos que, por razones de necesidades de información y de sus características propias, deben ser controlados a través de la medición de variables o parámetros de los mismos.

#### Gráficos de control por atributos:

Es específico para aquellos procesos que:

- Por ser la característica de calidad relevante una variable no medible.
- Por razones de simplicidad en la toma de datos o en la realización de los cálculos, deben ser controlados en base a decisiones de conformidad o no respecto a una característica definida o atributo

#### Límites de variación natural o límites de control:

Rango de valores donde puede fluctuar un proceso en condiciones normales de operación, estos no pueden ser fijados a voluntad y son calculados teniendo en cuenta la media y la desviación del proceso.

#### Límites de especificación:

Rango de valores permitido para la fluctuación de un proceso, estos pueden ser fijados por el cliente, control de calidad, normas, o cualquier factor que así lo exija.

#### Interpretación de los gráficos de control:

- Si los valores registrados en el gráfico de control exceden los límites de fluctuación natural se considera que el proceso no está bajo control estadístico.
- Si se presentan rachas, tendencias, ciclos o cualquier otro comportamiento irregular el proceso no se encuentra bajo control estadístico de procesos

### ÍNDICES DE CAPACIDAD

Se utilizan para conocer si un proceso es capaz de cumplir con las especificaciones, lo ideal es que los límites de variación natural se encuentren situados dentro de los límites de especificación, con esto se asegura que toda la producción cumplirá con los requisitos.

Cp: Es el índice de capacidad potencial de un proceso, este debe ser superior a 1,33 para que el proceso cumpla

Cpk: Es el índice de capacidad real de un proceso, este debe ser superior a 1,0 para que un proceso cumpla.

# ANEXO I. DIAPOSITIVAS PLAN DE CAPACITACIÓN



## CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESOS

PLANTA DE ALIMENTOS DE AVIDESMA MAC POLLO S.A.

### ¿QUÉ ES EL CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESOS?

- Es un conjunto de herramientas estadísticas que permiten recopilar, estudiar y analizar la información de procesos repetitivos para poder tomar decisiones encaminadas a la mejora de los mismos, es aplicable tanto a procesos productivos como de servicios.




### CONCEPTOS CLAVES



### HERRAMIENTAS ESTADÍSTICAS

- Hoja de verificación:**  
Es utilizada para reunir y clasificar la información según determinadas categorías, mediante la anotación y registro de sus frecuencias bajo la forma de datos.

A					
B					
C					
D					
E					
F					

### OBJETIVOS

- Dar a conocer los fundamentos del control estadístico de procesos (base teórica).
- Evidenciar la aplicabilidad de los gráficos de control en los procesos industriales.
- Concientizar al personal de la importancia de mantener los procesos bajo control estadístico.

### CONCEPTOS CLAVES

- Población (N):**  
Es el conjunto de elementos de referencia sobre el que se realizan las observaciones.
- Muestra (n):**  
Es un subconjunto de casos o individuos de una población estadística.
- Media (X):**  
Igual a la suma de todos sus valores dividida entre el número de sumandos.
- Desviación estándar (σ):**  
Es una medida de centralización o dispersión para variables.

### HERRAMIENTAS ESTADÍSTICAS

- Histograma:**  
Un histograma es un resumen gráfico de los valores producidos por las variaciones de una determinada característica representando la frecuencia con que se presentan distintas categorías dentro de dicho conjunto.



### HERRAMIENTAS ESTADÍSTICAS

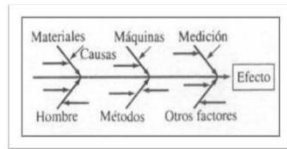
- Diagrama de Pareto:**  
Es una comparación cuantitativa y ordenada de elementos o factores según su contribución a un determinado efecto.



## HERRAMIENTAS ESTADÍSTICAS

### ◦ Diagrama de causa efecto:

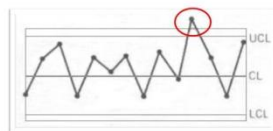
Permite apreciar con claridad las relaciones entre un tema o problema y las posibles causas que pueden estar contribuyendo para que él ocurra.



## HERRAMIENTAS ESTADÍSTICAS

### ◦ Grafico de control:

Es la representación gráfica de una característica de calidad que se ha medido o calculado a partir de una muestra contra el número de muestra o tiempo.



## GRÁFICOS DE CONTROL

### ◦ Gráficos de control por atributos:

Es específico para aquellos procesos que:

- Por ser la característica de calidad relevante una variable no medible.
- Por razones de simplicidad en la toma de datos o en la realización de los cálculos, deben ser controlados en base a decisiones de conformidad o no respecto a una característica definida o atributo

## GRÁFICOS DE CONTROL

### ◦ Límites de especificación:

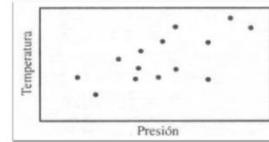
Rango de valores permitido para la fluctuación de un proceso, estos pueden ser fijados por el cliente, control de calidad, normas, o cualquier factor que así lo exija.

LES y LEI

## HERRAMIENTAS ESTADÍSTICAS

### ◦ Diagrama de dispersión:

Es la representación gráfica del grado de relación entre dos variables cuantitativas, un diagrama de dispersión muestra la posibilidad de la existencia de correlación entre dos variables.



## GRÁFICOS DE CONTROL

### ◦ Gráficos de control por variables:

Es específico para aquellos procesos que, por razones de necesidades de información y de sus características propias, deben ser controlados a través de la medición de variables o parámetros de los mismos.

## GRÁFICOS DE CONTROL

### ◦ Límites de variación natural o límites de control:

Rango de valores donde puede fluctuar un proceso en condiciones normales de operación, estos no pueden ser fijados a voluntad y son calculados teniendo en cuenta la media y la desviación del proceso.

Media +/- 3 sigma

LSC y LIC


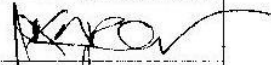
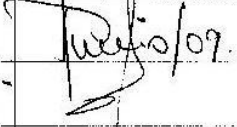
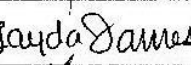
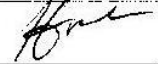
## GRÁFICOS DE CONTROL

### ◦ Interpretación de los gráficos de control:

- Si los valores registrados en el gráfico de control exceden los límites de fluctuación natural se considera que el proceso no está bajo control estadístico.
- Si se presentan rachas, tendencias, ciclos o cualquier otro comportamiento irregular el proceso no se encuentra bajo control estadístico de procesos



## ANEXO J. REGISTROS DE CAPACITACIÓN


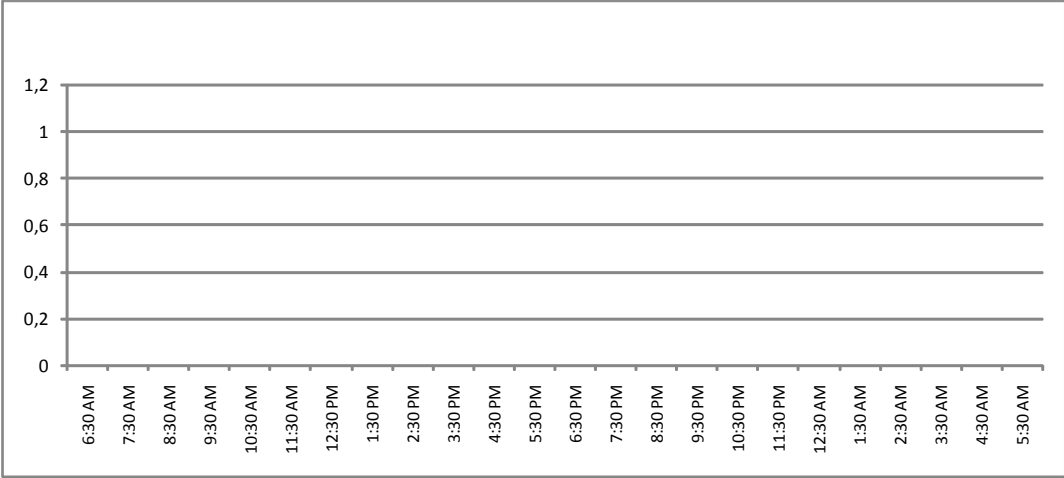
			
<b>CONTROL ESTADISTICO DE PROCESOS</b> <b>MES: OCTUBRE DE 2009</b>			
Nombre Asistente	Cédula de Ciudadanía	Cargo	Firma
Carol Vanessa Vargas R.	37.721.651	Jefe Acq. e Inv.	
FABIOTARAZONA.	13.510.125.	Jefe de P.D.	
Luis Pinto J.	91.153.063.	Coord Almacenes	
JAYDA JAIMES ANAYA	63292962	JEFE CONTROL C	Jayda James A.
Hector Alvarino	1098.620.478	Analista	



**CONTROL ESTADISTICO DE PROCESOS  
PERSONAL DE PRODUCCIÓN  
MES: OCTUBRE DE 2009**

<b>Apellido y Nombre</b>	<b>Recibió</b>	<b>Apellido y Nombre</b>	<b>Recibió</b>
Agustín Rincón	<i>José Benítez</i>	Jesus Larrota	<i>José</i>
Amado Gonzalo		Lozada Edgar	
Ardila Robinson		Lozada Olinto	
Angela Merchan		Martínez Gerardo	<i>Gerardo</i>
Boavita Edwin	<i>Edwin Boavita</i>	Juan Garavito	<i>Juan Garavito</i>
Basto Nelson	<i>Nelson Basto</i>	Monsalve Juan C	
Bastos Pablo	<i>Pablo Bastos</i>	Muñoz oscar	<i>Oscar Muñoz</i>
Becerra José	<i>José Becerra</i>	Muñoz Heriberto	
Contreras Wilman	<i>WILLMAN C.</i>	Nossa Víctor	<i>Victor Nossa</i>
Carvajal Alvaro	<i>Alvaro Carvajal</i>	Nier javier	
Cesar Garcia	<i>Cesar Garcia</i>	Orduz Benjamin	
Correa Gregorio	<i>GREGORIO CORREA</i>	Padilla Julio	<i>Julio Padilla</i>
Delgado German	<i>German Delgado</i>	Emerson Espinosa	<i>Emerson</i>
Estupiñán Luis	<i>Luis Estupiñán</i>	Prada Josué	<i>José</i>
Ferreira Sergio	<i>Sergio D. Ferreira J.</i>	Rojas Alex	
Guarín Oscar	<i>Oscar Guarín</i>	Rueda Francisco	<i>FRANCISCO RUEDA</i>
Guevara Felipe		Solano Julio	
Gonzales Sergio		Valbuena Julio	<i>Julio Valbuena</i>
Herrera Euclides	<i>Euclides Herrera</i>	Vargas Erwin	<i>ERWIN VARGAS H</i>
Javier Rojas	<i>JAVIER ROJAS A.</i>	Vargas Ricardo	
Jhon saavedra		Vega Virgilio	<i>Virgilio</i>

## ANEXO K. APLICATIVO PARA CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESOS

	<b>CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESOS</b> <b>PLANTA DE ALIMENTOS</b> <b>AVIDESA MAC POLLO S.A.</b>	OCTUBRE DE 2009																																																		
FECHA <input style="width: 80px;" type="text"/>	VARIABLE <input style="width: 150px;" type="text"/>																																																			
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><th colspan="2">ESPECIFICACIONES ACTUALES</th></tr> <tr><td>LSE</td><td><input style="width: 60px;" type="text"/></td></tr> <tr><td>VALOR NOMINAL</td><td><input style="width: 60px;" type="text"/></td></tr> <tr><td>LIE</td><td><input style="width: 60px;" type="text"/></td></tr> </table>	ESPECIFICACIONES ACTUALES		LSE	<input style="width: 60px;" type="text"/>	VALOR NOMINAL	<input style="width: 60px;" type="text"/>	LIE	<input style="width: 60px;" type="text"/>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><th colspan="2">PARAMETROS DE CONTROL</th></tr> <tr><td><math>\bar{X}</math></td><td><input style="width: 60px;" type="text"/></td></tr> <tr><td><math>\sigma</math></td><td><input style="width: 60px;" type="text"/></td></tr> <tr><td>LSC</td><td><input style="width: 60px;" type="text"/></td></tr> <tr><td>LIC</td><td><input style="width: 60px;" type="text"/></td></tr> </table>	PARAMETROS DE CONTROL		$\bar{X}$	<input style="width: 60px;" type="text"/>	$\sigma$	<input style="width: 60px;" type="text"/>	LSC	<input style="width: 60px;" type="text"/>	LIC	<input style="width: 60px;" type="text"/>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><th colspan="2">INDICES DE CAPACIDAD</th></tr> <tr><td>Cpu</td><td><input style="width: 60px;" type="text"/></td></tr> <tr><td>Cpl</td><td><input style="width: 60px;" type="text"/></td></tr> <tr><td>Cp</td><td><input style="width: 60px;" type="text"/></td></tr> <tr><td>Cpk</td><td><input style="width: 60px;" type="text"/></td></tr> <tr><td>POTENCIALMENTE CAPAZ</td><td style="background-color: #92d050;"><input style="width: 60px;" type="text"/></td></tr> <tr><td>REALMENTE CAPAZ</td><td style="background-color: #92d050;"><input style="width: 60px;" type="text"/></td></tr> <tr><td>CENTRADO</td><td style="background-color: #92d050;"><input style="width: 60px;" type="text"/></td></tr> </table>	INDICES DE CAPACIDAD		Cpu	<input style="width: 60px;" type="text"/>	Cpl	<input style="width: 60px;" type="text"/>	Cp	<input style="width: 60px;" type="text"/>	Cpk	<input style="width: 60px;" type="text"/>	POTENCIALMENTE CAPAZ	<input style="width: 60px;" type="text"/>	REALMENTE CAPAZ	<input style="width: 60px;" type="text"/>	CENTRADO	<input style="width: 60px;" type="text"/>																
ESPECIFICACIONES ACTUALES																																																				
LSE	<input style="width: 60px;" type="text"/>																																																			
VALOR NOMINAL	<input style="width: 60px;" type="text"/>																																																			
LIE	<input style="width: 60px;" type="text"/>																																																			
PARAMETROS DE CONTROL																																																				
$\bar{X}$	<input style="width: 60px;" type="text"/>																																																			
$\sigma$	<input style="width: 60px;" type="text"/>																																																			
LSC	<input style="width: 60px;" type="text"/>																																																			
LIC	<input style="width: 60px;" type="text"/>																																																			
INDICES DE CAPACIDAD																																																				
Cpu	<input style="width: 60px;" type="text"/>																																																			
Cpl	<input style="width: 60px;" type="text"/>																																																			
Cp	<input style="width: 60px;" type="text"/>																																																			
Cpk	<input style="width: 60px;" type="text"/>																																																			
POTENCIALMENTE CAPAZ	<input style="width: 60px;" type="text"/>																																																			
REALMENTE CAPAZ	<input style="width: 60px;" type="text"/>																																																			
CENTRADO	<input style="width: 60px;" type="text"/>																																																			
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr><th>HORA</th><th>DATO</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>6:30 AM</td><td style="background-color: #92d050;"><input style="width: 20px;" type="text"/></td></tr> <tr><td>7:30 AM</td><td style="background-color: #92d050;"><input style="width: 20px;" type="text"/></td></tr> <tr><td>8:30 AM</td><td style="background-color: #92d050;"><input style="width: 20px;" type="text"/></td></tr> <tr><td>9:30 AM</td><td style="background-color: #92d050;"><input style="width: 20px;" type="text"/></td></tr> <tr><td>10:30 AM</td><td style="background-color: #92d050;"><input style="width: 20px;" type="text"/></td></tr> <tr><td>11:30 AM</td><td style="background-color: #92d050;"><input style="width: 20px;" type="text"/></td></tr> <tr><td>12:30 PM</td><td style="background-color: #92d050;"><input style="width: 20px;" type="text"/></td></tr> <tr><td>1:30 PM</td><td style="background-color: #92d050;"><input style="width: 20px;" type="text"/></td></tr> <tr><td>2:30 PM</td><td style="background-color: #92d050;"><input style="width: 20px;" type="text"/></td></tr> <tr><td>3:30 PM</td><td style="background-color: #92d050;"><input style="width: 20px;" type="text"/></td></tr> <tr><td>4:30 PM</td><td style="background-color: #92d050;"><input style="width: 20px;" type="text"/></td></tr> <tr><td>5:30 PM</td><td style="background-color: #92d050;"><input style="width: 20px;" type="text"/></td></tr> <tr><td>6:30 PM</td><td style="background-color: #92d050;"><input style="width: 20px;" type="text"/></td></tr> <tr><td>7:30 PM</td><td style="background-color: #92d050;"><input style="width: 20px;" type="text"/></td></tr> <tr><td>8:30 PM</td><td style="background-color: #92d050;"><input style="width: 20px;" type="text"/></td></tr> <tr><td>9:30 PM</td><td style="background-color: #92d050;"><input style="width: 20px;" type="text"/></td></tr> <tr><td>10:30 PM</td><td style="background-color: #92d050;"><input style="width: 20px;" type="text"/></td></tr> <tr><td>11:30 PM</td><td style="background-color: #92d050;"><input style="width: 20px;" type="text"/></td></tr> <tr><td>12:30 AM</td><td style="background-color: #92d050;"><input style="width: 20px;" type="text"/></td></tr> <tr><td>1:30 AM</td><td style="background-color: #92d050;"><input style="width: 20px;" type="text"/></td></tr> <tr><td>2:30 AM</td><td style="background-color: #92d050;"><input style="width: 20px;" type="text"/></td></tr> <tr><td>3:30 AM</td><td style="background-color: #92d050;"><input style="width: 20px;" type="text"/></td></tr> <tr><td>4:30 AM</td><td style="background-color: #92d050;"><input style="width: 20px;" type="text"/></td></tr> <tr><td>5:30 AM</td><td style="background-color: #92d050;"><input style="width: 20px;" type="text"/></td></tr> </tbody> </table>	HORA	DATO	6:30 AM	<input style="width: 20px;" type="text"/>	7:30 AM	<input style="width: 20px;" type="text"/>	8:30 AM	<input style="width: 20px;" type="text"/>	9:30 AM	<input style="width: 20px;" type="text"/>	10:30 AM	<input style="width: 20px;" type="text"/>	11:30 AM	<input style="width: 20px;" type="text"/>	12:30 PM	<input style="width: 20px;" type="text"/>	1:30 PM	<input style="width: 20px;" type="text"/>	2:30 PM	<input style="width: 20px;" type="text"/>	3:30 PM	<input style="width: 20px;" type="text"/>	4:30 PM	<input style="width: 20px;" type="text"/>	5:30 PM	<input style="width: 20px;" type="text"/>	6:30 PM	<input style="width: 20px;" type="text"/>	7:30 PM	<input style="width: 20px;" type="text"/>	8:30 PM	<input style="width: 20px;" type="text"/>	9:30 PM	<input style="width: 20px;" type="text"/>	10:30 PM	<input style="width: 20px;" type="text"/>	11:30 PM	<input style="width: 20px;" type="text"/>	12:30 AM	<input style="width: 20px;" type="text"/>	1:30 AM	<input style="width: 20px;" type="text"/>	2:30 AM	<input style="width: 20px;" type="text"/>	3:30 AM	<input style="width: 20px;" type="text"/>	4:30 AM	<input style="width: 20px;" type="text"/>	5:30 AM	<input style="width: 20px;" type="text"/>	<div style="display: flex; justify-content: center; gap: 10px;"> <div style="width: 15px; height: 15px; background-color: #92d050; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></div> DATOS BAJO CONTROL ESTADISTICO                 </div> <div style="display: flex; justify-content: center; gap: 10px;"> <div style="width: 15px; height: 15px; background-color: #ff8c00; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></div> DATOS FUERA DE CONTROL                 </div>	
HORA	DATO																																																			
6:30 AM	<input style="width: 20px;" type="text"/>																																																			
7:30 AM	<input style="width: 20px;" type="text"/>																																																			
8:30 AM	<input style="width: 20px;" type="text"/>																																																			
9:30 AM	<input style="width: 20px;" type="text"/>																																																			
10:30 AM	<input style="width: 20px;" type="text"/>																																																			
11:30 AM	<input style="width: 20px;" type="text"/>																																																			
12:30 PM	<input style="width: 20px;" type="text"/>																																																			
1:30 PM	<input style="width: 20px;" type="text"/>																																																			
2:30 PM	<input style="width: 20px;" type="text"/>																																																			
3:30 PM	<input style="width: 20px;" type="text"/>																																																			
4:30 PM	<input style="width: 20px;" type="text"/>																																																			
5:30 PM	<input style="width: 20px;" type="text"/>																																																			
6:30 PM	<input style="width: 20px;" type="text"/>																																																			
7:30 PM	<input style="width: 20px;" type="text"/>																																																			
8:30 PM	<input style="width: 20px;" type="text"/>																																																			
9:30 PM	<input style="width: 20px;" type="text"/>																																																			
10:30 PM	<input style="width: 20px;" type="text"/>																																																			
11:30 PM	<input style="width: 20px;" type="text"/>																																																			
12:30 AM	<input style="width: 20px;" type="text"/>																																																			
1:30 AM	<input style="width: 20px;" type="text"/>																																																			
2:30 AM	<input style="width: 20px;" type="text"/>																																																			
3:30 AM	<input style="width: 20px;" type="text"/>																																																			
4:30 AM	<input style="width: 20px;" type="text"/>																																																			
5:30 AM	<input style="width: 20px;" type="text"/>																																																			

## ANEXO L. GRÁFICOS DE CONTROL PARA LAS VARIABLES

