

UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR
FACULTAD DE INGENIERÍA
LICENCIATURA EN INGENIERÍA EN INDUSTRIA DE ALIMENTOS

**"ESTANDARIZACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CALIDAD PARA EL PROCESAMIENTO DE
UNA LÍNEA DE PRODUCTOS CÁRNICOS EMBUTIDOS"**

TESIS DE GRADO

ANA YOLANDA ROMPICHE HERRERA

CARNET 10457-13

GUATEMALA DE LA ASUNCIÓN, JUNIO DE 2018
CAMPUS CENTRAL

UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR
FACULTAD DE INGENIERÍA
LICENCIATURA EN INGENIERÍA EN INDUSTRIA DE ALIMENTOS

**"ESTANDARIZACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CALIDAD PARA EL PROCESAMIENTO DE
UNA LÍNEA DE PRODUCTOS CÁRNICOS EMBUTIDOS"**

TESIS DE GRADO

TRABAJO PRESENTADO AL CONSEJO DE LA FACULTAD DE
INGENIERÍA

POR
ANA YOLANDA ROMPICHE HERRERA

PREVIO A CONFERÍRSELE

EL TÍTULO DE INGENIERA EN INDUSTRIA DE ALIMENTOS EN EL GRADO ACADÉMICO DE LICENCIADA

GUATEMALA DE LA ASUNCIÓN, JUNIO DE 2018
CAMPUS CENTRAL

AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR

RECTOR: P. MARCO TULIO MARTINEZ SALAZAR, S. J.

VICERRECTORA ACADÉMICA: DRA. MARTA LUCRECIA MÉNDEZ GONZÁLEZ DE PENEDO

VICERRECTOR DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN: ING. JOSÉ JUVENTINO GÁLVEZ RUANO

VICERRECTOR DE INTEGRACIÓN UNIVERSITARIA: P. JULIO ENRIQUE MOREIRA CHAVARRÍA, S. J.

VICERRECTOR ADMINISTRATIVO: LIC. ARIEL RIVERA IRÍAS

SECRETARIA GENERAL: LIC. FABIOLA DE LA LUZ PADILLA BELTRANENA DE LORENZANA

AUTORIDADES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA

DECANA: MGTR. KAREN GABRIELA MORALES HERRERA DE ZUNIGA

VICEDECANO: MGTR. OSMAN CARRILLO SOTO

SECRETARIA: MGTR. MARYA ALEJANDRA ORTIZ PATZAN

DIRECTOR DE CARRERA: DR. MARIO RENE SANTIZO CALDERON

NOMBRE DEL ASESOR DE TRABAJO DE GRADUACIÓN
ING. HEADY CAROLINA DE LA CRUZ MÉNDEZ DE VILLAGRÁN

TERNA QUE PRACTICÓ LA EVALUACIÓN
MGTR. ANA GUILLERMINA IMERI VELARDE
MGTR. ISIS ARACELY LÓPEZ CIFUENTES DE GALVEZ
ING. WILFREDO ANTONIO FERNÁNDEZ VERA



Orden de Impresión

De acuerdo a la aprobación de la Evaluación del Trabajo de Graduación en la variante Tesis de Grado de la estudiante ANA YOLANDA ROMPICHE HERRERA, Carnet 10457-13 en la carrera LICENCIATURA EN INGENIERÍA EN INDUSTRIA DE ALIMENTOS, del Campus Central, que consta en el Acta No. 0295-2018 de fecha 12 de junio de 2018, se autoriza la impresión digital del trabajo titulado:

"ESTANDARIZACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CALIDAD PARA EL PROCESAMIENTO DE UNA LÍNEA DE PRODUCTOS CÁRNICOS EMBUTIDOS"

Previo a conferírsele el título de INGENIERA EN INDUSTRIA DE ALIMENTOS en el grado académico de LICENCIADA.

Dado en la ciudad de Guatemala de la Asunción, a los 15 días del mes de junio del año 2018.

MGTR. MARYA ALEJANDRA ORTIZ PATZAN, SECRETARIA
INGENIERÍA
Universidad Rafael Landívar



Guatemala, 13 de febrero de 2018

Magister
Alejandra Ortiz
Secretaria de Facultad
Facultad de Ingeniería

Estimada Mgtr. Ortiz:

Le informo que he revisado el informe final del Trabajo de Graduación titulado: **“ESTANDARIZACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CALIDAD PARA EL PROCESAMIENTO DE UNA LÍNEA DE PRODUCTOS CÁRNICOS EMBUTIDOS”**. De la estudiante **Ana Yolanda Rompiche Herrera** quien se identifica con número de carnet **1045713**. Después de haber revisado el informe final y de acuerdo con los requerimientos establecidos por la Facultad de Ingeniería de la Universidad Rafael Landívar doy como aprobado dicho trabajo.

Sin otro particular, me suscribo de usted,

Atentamente,


Ing. Heady De la Cruz Méndez
Col. IQ 1,001
Asesor

AGRADECIMIENTOS

Jesús Cristo

Gracias.

Empresa de cárnicos

Gracias por permitirme realizar este proyecto de investigación con ustedes. En especial a todas las personas que brindaron de su tiempo para responder mis preguntas.

Asesora y evaluadores

Gracias por su valiosa orientación profesional.

Fundación Juan Bautista Gutiérrez

Gracias por brindarme su enorme apoyo para mi formación como profesional universitaria.

Familia y amigos

Gracias por animarme a realizar esta tesis y por su apoyo de siempre.

DEDICATORIA

A Jesús Cristo.

A mis abuelos Jorge Herrera y Anita Porras.

A mi mamá y hermanos.

RESUMEN EJECUTIVO

Con el crecimiento de la industria de manufactura de productos cárnicos también ha surgido la necesidad de mejorar la calidad organoléptica de los productos embutidos, la cual es un criterio importante de elección del consumidor. Por ello, el objeto principal de esta investigación fue estandarizar los parámetros de calidad para el procesamiento de una línea de productos cárnicos embutidos, específicamente de salchichas, en una empresa de manufactura de productos cárnicos.

Con el fin de producir salchichas más uniformes, se plantearon cinco objetivos específicos para los cuales se estableció una metodología basada en las herramientas de Seis Sigma para reducir la variabilidad. El modo llevar a cabo la investigación fue determinando y priorizando los incumplimientos con especificaciones de las salchichas y sus causas, con el propósito de recomendar herramientas y acciones para la mejora continua de los parámetros de calidad organolépticos de la línea de salchichas.

Con los registros electrónicos que fueron generados de enero 2012 a septiembre de 2017, se determinaron las inconformidades más importantes y sus causas. Las no conformidades más importantes de las salchichas de la línea de procesamiento, en orden de importancia fueron: 1) color, 2) textura y 3) apariencia general. Las causas de inconformidades fueron clasificadas en los siguientes 11 tipos: 1) error en adición de nitrito o eritorbato, 2) error en adición de ingredientes, 3) error en pesaje de ingredientes, 4) falta de homogeneización de colorante, 5) bajo peso, 6) fallo de equipo, 7) materia prima fuera de especificación, 8) condiciones de mezclado inadecuado, 9) almacenamiento inadecuado, 10) corrimiento de grasa y 11) falta o exceso de sal.

Para establecer las principales no conformidades y sus causas, se utilizaron las herramientas de calidad de frecuencias, diagramas de Pareto, la tabla de Despliegue de Función de Calidad (DFC) y el Número para la Priorización de Riesgos (NPR) del Análisis de Modos y Efectos de las Fallas (AMEF). De acuerdo al análisis efectuado, se encontró que las no conformidades prioritarias fueron color y textura. Las principales causas de las no conformidades prioritarias, clasificadas en orden descendente de acuerdo al Número de Prioridad de Riesgo (NPR), fueron: error en adición de ingredientes (NPR 126), materia prima fuera de especificación (NPR 96), bajo peso (NPR 84), error de pesaje de ingredientes (NPR 48) y corrimiento de grasa (NPR 20). Se dieron varias recomendaciones de acciones específicas para establecer procedimientos de mejora y control de las principales causas establecidas.

Finalmente se establecieron las especificaciones de las características sensoriales más importantes, para un tipo de salchicha de tipo *Pollo I*. Los límites de color obtenidos fueron (29,38 – 35,52; 24,91 – 30,81; 20,51 – 26,34), datos que representan los valores tricromáticos (X, Y, Z) respectivamente. Y los límites determinados para la textura fueron (0,367N – 0,659N), que indican la dureza en la dimensional de fuerza newton(N).

Descriptor: *parámetros de calidad, procesamiento de salchichas, estandarización de parámetros.*

ÍNDICE

I. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Lo escrito sobre el tema	2
1.2. Marco Teórico	5
1.2.1. Calidad.....	5
1.2.2. Niveles de implantación de un programa de calidad.....	6
1.2.3. Seis Sigma.....	7
1.2.4. Diagrama de flujo de Procesos	9
1.2.5. Hoja de recogida de datos	10
1.2.6. Histograma.....	10
1.2.7. Diagrama de Pareto.....	11
1.2.8. Diagrama de causa-efecto	12
1.2.9. Metodología para la elaboración del diagrama causa-efecto.....	12
1.2.10. Despliegue de la función de calidad (DFC).....	13
1.2.11. Elaboración de una matriz para el despliegue de la función (DFC)	14
1.2.12. Análisis de modos y efectos de las fallas (AMEF)	15
1.2.13. Metodología para realizar una AMEF orientada al proceso	16
1.2.14. Herramientas estadísticas	19
1.2.15. Salchicha	20
1.2.16. Calidad de salchichas	20
1.2.17. Defectos de calidad en salchichas cocidas.....	22
1.2.18. Embutidos	24
1.2.19. Embutidos escaldados.....	25
1.2.20. Operaciones y equipo para la elaboración de salchichas	26
1.2.21. Ingredientes comunes de salchichas	35
1.2.22. Factores que afectan las emulsiones cárnicas	49

1.2.23. Mecanismos de desestabilización de la emulsión.....	49
II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	52
2.1. Objetivos	53
2.1.1. Objetivo general.....	53
2.1.2. Objetivos específicos	53
2.2. Variables	53
2.2.1. Variables independientes.....	53
2.2.2. Variables dependientes	54
2.3. Definición de variables	54
2.3.1. Variables independientes.....	54
2.3.2. Variables dependientes	56
2.4. Alcances y límites.....	57
2.4.1. Alcances	57
2.4.2. Límites	58
2.5. Aporte.....	58
III. MÉTODO.....	59
3.1. Sujetos	59
3.2. Unidades de análisis	59
3.3. Instrumentos.....	60
3.3.1. Herramientas de calidad	60
3.3.2. Instrumentos	60
3.3.3. Herramientas estadísticas	62
3.4. Procedimiento	62
3.4.1. Metodología para elaboración de salchichas escaldadas.....	62
3.4.2. Metodología general para estandarización de parámetros de calidad de salchichas	67

3.4.3.	Relación del procedimiento general con las herramientas/ instrumentos ..	68
3.4.4.	Metodología para clasificar y priorizar no conformidades de salchichas ...	69
3.4.5.	Metodología para clasificar y priorizar las causas de no conformidades de salchichas	70
3.4.6.	Metodología para identificar las operaciones del proceso influyentes	71
3.4.7.	Metodología para elaborar herramientas para la mejora continua.....	72
3.4.8.	Metodología para establecer parámetros sensoriales de la salchicha <i>Pollo I.</i>	73
IV.	DISEÑO Y METODOLOGÍA ESTADÍSTICA	74
4.1.	Diseño experimental:.....	74
4.1.1.	Fases experimentales.....	74
4.1.2.	Repeticiones en los experimentos	75
4.2.	Descripción de las unidades experimentales	75
4.3.	Variable Respuesta	76
4.4.	Metodología de análisis.....	78
4.4.1.	Establecimiento de frecuencias	78
4.4.2.	Priorización con diagramas de Pareto	78
4.4.3.	Análisis de importancia relativa de las etapas del proceso.....	79
4.4.4.	Análisis de prioridad de riesgo	80
4.4.5.	Análisis de parámetros	80
V.	PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS	83
5.1.	Clasificación y priorización de no conformidades de salchichas	83
5.1.1.	Observación y conocimiento del proceso de fabricación de salchichas.....	83
5.1.2.	Clasificación de no conformidades más comunes	85
5.2.	Clasificación y priorización de las causa de no conformidades.....	88
5.2.1.	Clasificación de causas de no conformidades	88

5.2.2.	Estratificación de diagramas de Pareto	92
5.3.	Identificación de las operaciones del proceso influyentes	96
5.4.	Elaboración de herramientas para la mejora continua	98
5.4.1.	Aplicación del análisis de Modos de Fallas y Efectos (AMEF).....	98
5.4.2.	Resumen de los números de prioridad de riesgo (NPR) obtenidos	103
5.5.	Establecimiento de parámetros sensoriales de la salchicha	103
5.5.1.	Medición de color.....	104
5.5.2.	Medición de textura.....	105
5.5.3.	Parámetros sensoriales de color y textura para la salchicha tipo <i>Pollo I</i> .	106
VI.	DISCUSIÓN	107
VII.	CONCLUSIONES	121
VIII.	RECOMENDACIONES	123
IX.	REFERENCIAS.....	126
X.	ANEXOS	132
10.1.	Abreviaturas	132
10.2.	Glosario	132
10.3.	Datos sobre los incumplimientos de salchichas desde enero 2012 hasta septiembre de 2017	134
10.4.	Imágenes de mediciones de textura y color de las salchichas	151
10.5.	Especificación de las características sensoriales para salchichas	152
10.5.1.	Especificación de textura: Dureza (N).....	152
10.5.2.	Especificación de Color: valores (X)	154
10.5.3.	Especificación de Color: valores (Y)	156
10.5.4.	Especificación de Color: valores (Z)	159
10.6.	Diagramas de Pareto Estratificados	161
10.6.1.	Pareto: causas de todos los incumplimientos de especificaciones del 2017	161

10.6.2. Pareto: causas de incumplimientos en salchicha tipo <i>Pollo I.</i>	162
10.6.3. Pareto: causas de incumplimientos de color.....	162
10.6.4. Pareto: causas de incumplimiento de color del 2017.....	163
10.6.5. Pareto: causas de incumplimientos de color en salchicha tipo <i>Pollo I.</i>	163
10.6.6. Pareto: causas de incumplimientos de textura.....	164
10.6.7. Pareto: causas de incumplimientos de textura del 2017.....	164
10.6.8. Pareto: causas de incumplimientos de textura de salchicha tipo <i>Pollo I.</i> .	165
10.7. Criterios y puntuaciones para AMEF	166
10.8. Norma Guatemalteca para salchichas a granel (COGUANOR 34-131).....	168
10.9. Diagramas de causa-efecto para identificación de causas potenciales de falla de la metodología AMEF	171
10.9.1. Diagrama de causa-efecto: error en adición de ingredientes usando 6M	171
10.9.2. Diagrama de causa-efecto: error en pesaje de Ingredientes usando 6M.	172
10.9.3. Diagrama causa-efecto: bajo peso	173
10.9.4. Diagrama causa-efecto: corrimiento de grasa	174
10.9.5. Diagrama causa-efecto: materias primas inadecuadas	175

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración No. 1: Modelo DMAIC	8
Ilustración No. 2: Ejemplo de una Hoja de recogida de datos	10
Ilustración No. 3: Histograma	11
Ilustración No. 4: Diagrama de Pareto.....	11
Ilustración No. 5: Diagrama causa-efecto.....	12
Ilustración No. 6: Ejemplo de un diagrama DFC en forma de matriz.....	15
Ilustración No. 7: Formato para AMEF	18
Ilustración No. 8 Simbología de operaciones del proceso.....	64

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla No. 1 Definición de variables independientes.....	54
Tabla No. 2 Definición de variables dependientes.....	56
Tabla No. 3: Relación de la metodología con herramientas/ instrumentos.....	68
Tabla No. 4 Diseño experimental	77
Tabla No. 5: No conformidades por tipo de salchicha	85
Tabla No. 6 Clasificación de no conformidades por tipo.....	87
Tabla No. 7 Clasificación de no conformidades por año	88
Tabla No. 8: Clasificación de causas de no conformidades de salchichas.....	89
Tabla No. 9: Causas de no conformidad por año	91
Tabla No. 10: Tabla Despliegue de función de calidad (DFC).....	96
Tabla No. 11: Etapas del proceso de mayor importancia	97
Tabla No. 12: Aplicación de AMEF para determinar el NPR	99
Tabla No. 13: Resumen de NPR	103
Tabla No. 14: Mediciones de color de salchichas tipo <i>Pollo I</i>	104
Tabla No. 15: Mediciones de dureza de salchichas tipo <i>Pollo I</i>	105
Tabla No. 16: Resumen de parámetros de color de salchicha de Tipo <i>Pollo I</i>	106
Tabla No. 17: Resumen de parámetros de dureza de salchicha de Tipo <i>Pollo I</i>	106
Tabla No. 18: Clasificación de registros de no conformidades.....	134
Tabla No. 19: Criterios y puntuaciones para AMEF.....	166

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico No. 1: Las 6M de un problema.....	13
Gráfico No. 2: Pareto tipos de salchichas.....	86
Gráfico No. 3: Pareto tipo de incumplimiento	87
Gráfico No. 4: Pareto sobre las causas de incumplimientos con especificaciones.....	90
Gráfico No. 5: Prueba de normalidad para valor de dureza en (N).....	152
Gráfico No. 6: Histograma de valores de dureza.....	153
Gráfico No. 7: Intervalos de Tolerancia para dureza (N)	153

Gráfico No. 8: Prueba de normalidad valor X	154
Gráfico No. 9: Histograma de valores X	155
Gráfico No. 10: Intervalos de tolerancia para X	155
Gráfico No. 11: Prueba de normalidad para valores (Y).....	156
Gráfico No. 12: Histograma de valores Y	157
Gráfico No. 13: Tolerancias de valores Y	158
Gráfico No. 14: Prueba de normalidad para valores Z	159
Gráfico No. 15: Histograma para valores de Z	160
Gráfico No. 16 Intervalos de tolerancia para Z	160
Gráfico No. 17: Pareto causas de incumplimientos del año 2017	161
Gráfico No. 18: causas de incumplimientos en salchichas tipo <i>Pollo I.</i>	162
Gráfico No. 19: causas de incumplimientos con especificaciones de color	162
Gráfico No. 20: causas de incumplimientos de color del 2017	163
Gráfico No. 21: causas de incumplimientos de color en salchicha tipo <i>Pollo I.</i>	163
Gráfico No. 22: causas de incumplimientos de textura.....	164
Gráfico No. 23: causas de incumplimientos de textura del 2017	164
Gráfico No. 24: causas de incumplimientos de textura de salchichas tipo <i>Pollo I.</i>	165

ÍNDICE DE DIAGRAMAS

Diagrama No. 1: Procedimiento para realizar un AMEF para procesos	16
Diagrama No. 2: Proceso de producción de salchichas semi-continuo	65
Diagrama No. 3: Proceso de producción de salchichas por lotes.....	66
Diagrama No. 4: Metodología para la estandarización de parámetros de calidad.....	67
Diagrama No. 5: Metodología para clasificar y priorizar no conformidades.....	69
Diagrama No. 6: Metodología para priorizar las causas de no conformidades.....	70
Diagrama No. 7: Metodología para identificar las etapas del proceso más influyentes .	71
Diagrama No. 8: Metodología para elaborar herramientas para la mejora continua	72
Diagrama No. 9: Metodología para especificar parámetros de salchicha tipo <i>Pollo I.</i> ...	73
Diagrama No. 10 Parte 1 causas de una salchicha no uniforme	83
Diagrama No. 11 Parte 2 Causas de una salchicha no uniforme	84

Diagrama No. 12 Estratificación de Diagramas de Pareto.....	92
Diagrama No. 13: Resumen de resultados en Diagramas de Pareto	95
Diagrama No. 14: error en adición de ingredientes	171
Diagrama No. 15: error en pesaje de ingredientes	172
Diagrama No. 16: Bajo peso.....	173
Diagrama No. 17: corrimiento de grasa	174
Diagrama No. 18: Materias primas fuera de especificación	175

ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen No. 1: INSTRON 3342	60
Imagen No. 2: Colorímetro CR-400	61
Imagen No. 3: Medición de textura en INSTRON®	151
Imagen No. 4: Medición del color con KONICA MINOLTA ®	151
Imagen No. 5 Página 1 de COGUANOR 34-131.....	168
Imagen No. 6 Página 2 de COGUANOR 34-131.....	169
Imagen No. 7 Página 3 COGUANOR 34-131	170

I. INTRODUCCIÓN

La categoría de embutidos consiste en carnes picadas que van desde emulsiones gruesas molidas a finas, pueden ser ahumados o procesados térmicamente. Las clases de embutidos generalmente incluyen: embutidos frescos crudos y ahumados; cocidos y ahumados; cocidos; secos, semi-secos o fermentados; y especialidades de carnes cocinadas. Cada categoría tiene su propio método de procesamiento con complejidades y tradiciones centenarias. (Young, 2008)

Una forma de clasificarlos por tipo de proceso térmico es en: embutidos crudos, embutidos escaldados y embutidos cocidos. Las salchichas se denominan embutidos escaldados, que a su vez son aquellos cuya pasta es incorporada cruda, sufriendo el tratamiento térmico y ahumado opcional luego de ser embutido. (Siegried, Müller y Ardoíno, 2006).

En Guatemala el término salchicha se define por la Comisión Guatemalteca de Normas (COGUANOR) en la norma 34 131 como: “el producto elaborado en base a una mezcla de carne de res o carne de cerdo o una mezcla de ambas, grasa de cerdo, condimentos, especias y aditivos alimentarios, completamente molidos y uniformemente mezclados, con agregado o no de sustancias aglutinantes y/o agua helada o hielo, introducida en tripas naturales o fundas artificiales, sometida al proceso de cocción y a los procesos tecnológicos de curado y/o ahumado”.

Este producto cárnico embutido y emulsionado es popular en Guatemala y Centroamérica. El diario Central América Data (2017) indicó que la comercialización de embutidos centroamericanos creció un 6% con respecto al año anterior y Guatemala fue el principal vendedor de embutidos de la región durante el año 2017.

Con la mayor disponibilidad y consumo de embutidos, han incrementado de igual forma las exigencias de calidad por parte de los consumidores, siendo cada vez más

relevantes las características organolépticas de estos productos. Por ello, para las industrias manufactureras, la búsqueda de la calidad se convierte en una de sus metas fundamentales, puesto que calidad y precio influyen en la competitividad de una empresa.

Mondino y Ferratto (2006) indican que las exigencias del consumidor latinoamericano actual se orientan a los aspectos cualitativos, y estos prefieren que tengan ciertas características sensoriales que lo satisfagan o lo que es lo mismo, que tenga calidad. Puesto que, cuando la seguridad e higiene de un alimento están garantizadas, la satisfacción de propiedades organolépticas del producto pasa a ser el criterio más importante, el que determina la elección y fidelidad del consumidor hacia la marca.

La calidad de una salchicha, la evidencia el consumidor inmediatamente por sus características organolépticas de color, textura y apariencia general. Sin embargo el manufacturero debe establecer el proceso y materias primas que permitan obtener un producto con las especificaciones correctas, y con la menor variabilidad.

Esto conlleva a controlar el procesamiento mediante procedimientos específicos, que se deben adaptar a las necesidades específicas de la empresa. Por lo tanto, en esta investigación se pretende estandarizar los parámetros de calidad para el procesamiento de una línea de salchichas, en una empresa de manufactura de productos cárnicos, utilizando una metodología basada en Seis Sigma.

1.1. Lo escrito sobre el tema

Castro (2007) realizó una evaluación de cómo influye la temperatura de picado en el color final de las salchichas empleando un colorímetro. En esta tesis el autor hace referencia a Thomas, Pragati y Gadecar (2006) quienes evaluaron el efecto de la temperatura de picado con la calidad final y vida de anaquel en productos emulsificados de carne, en el que se determinó un descenso de la fuerza de cizalla (la fuerza paralela al esfuerzo cortante) con respecto a la temperatura de picado. Estableció una relación

directa entre la temperatura y el valor (L^*) que indica luminosidad, al aumento en la claridad se da como resultado del aumento de las partículas de grasa en la emulsión, las cuales son liberadas al reducirse la capacidad de la proteína para retener mayor cantidad de grasa por efecto del aumento de las temperaturas.

En los resultados de Castro (2007), se obtuvo que la temperatura de picado presentó una correlación alta en cuanto a los valores de luminosidad (L^*) e intensidad de color amarillo (b^*). El ascenso de los valores de (b^*) de coloración amarilla, concuerda y establece que los incrementos son el resultado de grasa cada vez más dispersa en la emulsión siendo más susceptible a la oxidación por el aumento de la temperatura. Además se obtuvo resultados sobre coloración verde (a^* negativa), el valor negativo aumentó a medida que aumentó la temperatura. Esto concuerda con lo indicado por Thomas et al. (2006), quienes establecen una formación de meta mioglobina a elevadas temperaturas y altas concentraciones de oxígeno durante el picado.

En esta tesis también es de interés que no hubo rotura de la emulsión durante el proceso de cocción, y esto se atribuyó al porcentaje de grasa presente en la formulación (25%) que fue inferior al máximo que las proteínas cárnicas pueden emulsificar, esto permitió que la emulsión se mantuviera estable a las distintas temperaturas evaluadas.

En el trabajo de tesis de Guzmán (2010) titulado “Estandarización y caracterización de procesos en alimentos FRIKO S.A.”, se buscó estandarizar los procesos de producción en las etapas de embutido, cocción, empaque y marinación de productos cárnicos, por lo que se revisaron los parámetros y estándares para hacer más estricto el proceso y facilitar la trazabilidad del mismo, controlar y revisar los procesos de producción y empaque para mejorar la calidad.

La metodología de Guzmán (2010) fue mediante observación para identificar los defectos durante el procesamiento de embutidos, para lo cual evaluó, actualizó y ordenó las fichas de los proveedores conforme los tipos de ingredientes a fin de controlar las materias primas y separando los ingredientes en el almacenamiento.

La variación de peso y longitud de embutidos fueron los defectos identificados por observación. Para evitar tener producto expuesto, se aumentó la torsión de un tipo de salchicha y en la zona de hornos, se recomendó contar con una mejor programación de producción para evitar paro y retrasos que acumulan productos al ingreso de los hornos.

Por otra parte, se adjudicó la variabilidad del peso a tres causas: el ajuste inadecuado de máquinas, errores de operarios y materia prima defectuosa. Sin embargo, existen variaciones que se afirman como parte inherente del proceso e imposibles de controlar sin una metodología estadística rigurosa, por variaciones de la embutidora automática y/o material de embutido, que se reflejan en el peso y tamaño del embutido.

El producto, muestreado aleatoriamente, fue pesado en varias fases del proceso para medir la merma, y se clasificaron por tipo de producto y horno tomando en cuenta algunas observaciones que pudieron incidir en el resultado final. De esta forma se concluyó que las mermas varían según la materia prima, formulación, el diámetro tubular, el tratamiento térmico, y el mantenimiento de equipos.

En el artículo de Cartín, Villareal y Morena (2014) titulado “Implementación del análisis de riesgo en la industria alimentaria mediante la metodología AMEF: enfoque práctico y conceptual”, se realizó análisis de riesgos para determinar los puntos críticos a controlar y las acciones a tomar en los puntos determinados.

La empresa en la que se realizó el estudio, se dedica a la maquilación y elaboración de materias primas avícolas (pavo), que posteriormente son utilizadas en otras plantas de proceso para elaborar productos de exportación. Dicha investigación integró el análisis de riesgos mediante el Análisis Modal de Efectos y Fallas (AMEF), en conjunto con el Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control (HACCP) para establecer dicha evaluación de riesgos, dada la importancia de establecer medidas preventivas en las etapas del proceso más vulnerables.

Como parte de la metodología AMEF, se calculó el Índice de Criticidad (IC) por medio de la significancia del riesgo, su ocurrencia y probabilidad de identificación. El IC indicó la importancia de establecer medidas preventivas en las etapas de proceso más vulnerables. Debido a que, en el artículo de Cartín et al., se buscaba establecer parámetros de inocuidad, por ello se utilizó el sistema HACCP. Los puntos críticos de control se establecieron con la metodología del árbol de decisiones, que se enfocó en aquellas etapas que mostraron tener los valores más altos relativos al Índice de Criticidad. Y luego las principales posibles causas que generan los puntos críticos fueron analizadas utilizando un diagrama causa-efecto o Ishikawa.

Se identificaron las etapas de almacenamiento y descongelación como los principales segmentos con tendencia a mostrar altos valores de criticidad. De esta forma se generaron propuestas de procedimientos de mejora continua al departamento de calidad de la empresa evaluada, para optimizar oportuna y satisfactoriamente el rendimiento operativo del proceso y la calidad del muslo de pavo procesado.

De lo anterior se evidencia que la estandarización de parámetros de calidad para productos embutidos como salchichas no está delimitado a una metodología específica. Algunos autores lo realizan como análisis de inocuidad, otros para análisis de situaciones específicas cuando ya conocen la parte del proceso de importancia, como la variación de mermas, o la evaluación de la influencia de un parámetro del procesamiento en la calidad final del producto.

1.2. Marco Teórico

1.2.1. Calidad

La Organización Internacional de Normalización en la norma ISO 9000:2015 sobre *Sistemas de gestión de calidad*, define calidad como: “grado en el que un conjunto de características inherentes de un objeto cumple con los requisitos”. No obstante, algunos autores como Camisón, Cruz y Gonzales (2006) en su libro *Gestión de Calidad*:

Conceptos, enfoques, modelos y sistemas afirman que “no hay una definición universal, parsimoniosa y comúnmente de calidad y que esta varía con el enfoque” a la excelencia, conformidad con especificaciones, estadístico, aptitud de uso, satisfacción del cliente, o calidad total de la cual su acento diferencial es la gestión.

1.2.2. Niveles de implantación de un programa de calidad

- *Control de calidad*

Control de calidad según ISO (9000:2015) se define como “la parte de la gestión de la calidad orientada al cumplimiento de los requisitos de la calidad”. Y para lograrlo es preciso llevar el control de materias primas, procesos de producción, productos terminados, para cumplir las normas exigidas. Se conoce también como la actividad reguladora de obligatorio cumplimiento realizado por las autoridades nacionales o locales para proteger al consumidor y garantizar un alimento inocuo y de calidad, durante toda su producción y almacenamiento, conforme a las disposiciones de ley. (Todolí, 2008)

- *Aseguramiento de la Calidad*

El aseguramiento de la calidad es “la parte de la gestión de calidad orientada a proporcionar confianza en que se cumplirán los requisitos de calidad.” (ISO 9000:2015). Este nivel de calidad se basa en la prevención, cuyo propósito es proporcionar seguridad sobre la eficacia del programa para el control de calidad. Su función es la de reducir los errores a niveles aceptables y garantizar una elevada probabilidad de los datos obtenidos. (Todolí, 2008)

- *Gestión de Calidad*

La gestión de la calidad según ISO (9000:2015) “es un conjunto de actividades para dirigir y controlar una organización, con respecto a la calidad”. La gestión de la calidad implica que esta se aplique a todas las actividades de la empresa no solo al producto final y que todos los trabajadores estén implicados. (Todolí, 2008)

1.2.3. Seis Sigma

Seis Sigma es una estrategia de mejora continua que busca encontrar y eliminar las causas de los errores, retrasos y defectos en los procesos, enfocándose en los que son críticos para el cliente. La estrategia 6 Sigma se apoya en una metodología altamente sistemática y cuantitativa orientada a la mejora de los resultados en tres áreas prioritarias: satisfacción del cliente, reducción del tiempo del ciclo y disminución de los defectos. La meta de 6 Sigma, es lograr que los procesos generen como máximo 3,4 defectos por millón de oportunidades de error. Esta meta se alcanza mediante un programa vigoroso de mejora impulsado por la alta dirección de una organización. (Gutiérrez y de la Vara, R, 2013)

También se ha definido a Seis Sigma como una metodología de calidad aplicada para ofrecer un mejor producto, a menor costo, más rápido, centrando su foco en la eliminación de defectos y la satisfacción del cliente. La sigma es una letra del alfabeto griego, utilizado por los estadísticos para medir variación; cuando se aplica a un proceso una calificación sigma indica una unidad o valor de eficiencia, cuanto mayor sea el valor de sigma habrán menos defectos. (Alderete, Colombo, Stéfano y Wade, 2003)

La metodología Seis Sigma se basa en la curva de distribución normal para conocer el nivel de variación de una determinada variable, en cualquier actividad. Generalmente los procesos siguen una distribución normal, que sigue una distribución de frecuencias con la forma de la campana de Gauss, y con una probabilidad de que algunos valores salgan de los límites inferior y superior; esta probabilidad es lo que se entiende como “probabilidad de defecto”. (Alderete et al., 2003)

La capacidad del proceso medida por el índice Z, el cual consisten en calcular la distancia entre especificaciones y la media del proceso en unidades de desviación estándar. $Z=6$, indica un proceso con prácticamente cero defectos con 3,4 ppm fuera de especificaciones. Así se espera que un proceso sea confiable cuando más centrada respecto a sus límites, y cuanto más estrecha y alta sea la campana. (Gutiérrez y de la Vara, 2013)

En la práctica Seis Sigma se ha convertido en una metodología y técnica para reducir costos, erradicar desperdicios y errores habituales de operaciones. Ataca las causas del problema, mide y analiza detenidamente a fin de determinar con exactitud por qué se producen los defectos, priorizando en las decisiones, para escoger soluciones viables. (Alderete et al., 2003) (Caicedo, 2011).

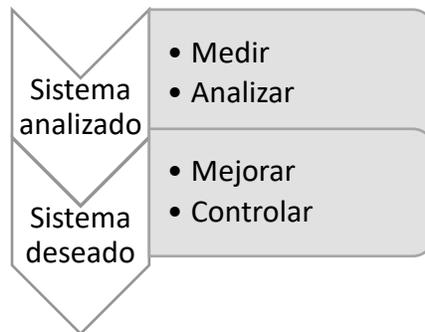
En el sistema se definen dos niveles: operacional y gerencial.

- a. En el primero se utilizan herramientas estadísticas para elaborar la medición de las variables de los procesos industriales con el fin de detectar los defectos.
- b. En el segundo se analizan los procesos utilizados por los empleados para aumentar la calidad de los productos, procesos y servicios.

- *Herramientas utilizadas por Seis Sigma*

Las herramientas utilizadas por Seis Sigma se desarrollan en el marco del modelo conocido como DMAIC (siglas en inglés de definir, medir, analizar, mejorar y controlar), este modelo puede resumirse en cuatro fases básicas, debido a que la primera de las mencionadas consiste en la etapa diagnóstica, no es específica del modelo, por lo que es necesaria implantarla en cualquier sistema. (Alderete et al., 2003)

Ilustración No. 1: Modelo DMAIC



Fuente: Alderete, Colombo, Stéfano y Wade (2003)

Estas fases del proceso de Seis Sigma se centran en reducir la variación más que en probar o inspeccionar los productos o servicios una vez terminados. Las características básicas de las etapas son:

- a. Medir el sistema existente: esta etapa consiste en identificar los procesos internos que influyen en las características para la calidad que han sido definidas por los clientes, y medir los defectos generados relativos a estas características. Utiliza herramientas como: diagramas de flujo en procesos, histogramas, diagramas de tendencias. (Alderete et al., 2003)
- b. Analizar: el sistema con el fin de eliminar la brecha entre el desempeño actual y el objetivo deseado. Con herramientas como diagrama de Pareto, diagrama de causa-efecto, diagrama de dispersión. (Alderete et al., 2003)
- c. Mejorar: el objetivo de esta fase es confirmar las variables clave y luego cuantificar el efecto que tendrán sobre las características de calidad, identificar los márgenes de variación máximos aceptables de las variables clave, asegurarse que los sistemas de medición pueden medir la variación de dichas variables y modificar el proceso para permanecer dentro de los márgenes de variación aceptables. Generalmente, se utilizan herramientas de gestión de procesos y métodos estadísticos para convalidar las mejoras. (Alderete et al., 2003)
- d. Controlar: el objetivo de esta fase es garantizar que el proceso modificado permita ahora a las variables clave permanecer dentro de los márgenes de variación máximos aceptables utilizando herramientas como gráficas de control que se aplican para mantener el proceso de acuerdo a un valor medio y límites superior e inferior, identificando causas principales que afectan la variación. (Alderete et al., 2003)

1.2.4. Diagrama de flujo de Procesos

El diagrama de flujo de un proceso es de utilidad para comprenderlo y describir el mismo. Representa de forma gráfica la secuencia de actividades y pasos en un proceso. Por medio de este diagrama es posible ver como se relacionan las diferentes actividades del proceso, además de cómo es posible su mejora. Para su construcción es recomendable establecer un objetivo claro a lograr y delimitar el proceso conforme a este. (Gutiérrez y de la Vara, 2013)

1.2.5. Hoja de recogida de datos

La hoja de recogida de datos, es fundamental para recoger información que posteriormente será interpretada. Su principal utilidad proviene del empleo de datos objetivos a la hora de examinar un fenómeno determinado. (Gutiérrez y de la Vara, 2013)

Ilustración No. 2: Ejemplo de una Hoja de recogida de datos

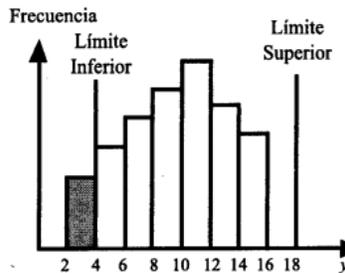
Producto:		No. de piezas de inspección:	
Fecha:		No. de lote	
Operario:		Notas:	
Fecha	Producto	No conformidad	Descripción
		Total	

Fuente: propia (2018)

1.2.6. Histograma

El histograma permite visualizar la tendencia central y dispersión de un conjunto de datos, y además muestra la forma en que los datos se distribuyen dentro de su rango de variación. Es la representación gráfica, en forma de barras, de la distribución de un conjunto de datos o de una variable; donde los datos se clasifican por magnitud en cierto número de clases y cada clase se representa por una barra cuya longitud es proporcional a la frecuencia de los valores representados. Permite visualizar la tendencia central, la dispersión y la forma de la distribución. (Camisón, Cruz y Gonzales, 2006)

Ilustración No. 3: Histograma



Fuente: Alderete et al., (2003)

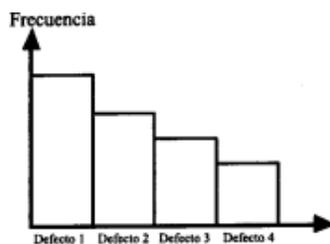
1.2.7. Diagrama de Pareto

El diagrama de Pareto es una herramienta de representación gráfica que identifica los problemas más importantes en función de su frecuencia de ocurrencia o coste, y permite establecer prioridades de intervención. “Es un tipo de distribución de frecuencias que se basa en el *principio de Pareto*, denominado como la regla 80/20, el cual indica que el 80% de los problemas son originados por un 20% de las causas”. (Camisón, Cruz y Gonzáles, 2006)

- *Estratificación de Pareto*

El análisis debe orientarse exclusivamente hacia la búsqueda de las causas del problema de mayor impacto, por lo que se recomienda hacer un Pareto de causas o de segundo nivel, para obtener una pista de dónde está la causa principal y donde se deben centrar los esfuerzos de mejora. Después de un Pareto de segundo nivel, puede analizarse la posibilidad de aplicar uno de tercer nivel. (Gutiérrez y de la Vara, 2013)

Ilustración No. 4: Diagrama de Pareto



Fuente: Alderete et al., (2003)

1.2.8. Diagrama de causa-efecto

El diagrama de causa-efecto es un método gráfico que relaciona un problema o efecto con los factores o causas que posiblemente lo generan. Este busca diferentes causas que afectan al problema bajo análisis y, de esta forma se busca diferentes causas del problema y evita buscar una solución sin cuestionar las verdaderas causas. (Gutiérrez y de la Vara, 2013)

Ilustración No. 5: Diagrama causa-efecto



Fuente: Alderete et al., (2003)

1.2.9. Metodología para la elaboración del diagrama causa-efecto

Existen tres métodos para la realización de diagramas de causa-efecto, el método de tipo flujo del proceso, el método de las 6 M y el método de estratificación o enumeración de causas. El primer paso para la construcción del diagrama de Ishikawa por los tres métodos es definir claramente el problema a analizar. A continuación se describen los tres métodos:

- *Método de flujo de proceso*

Es el método donde su línea principal sigue el flujo del proceso y en ese orden se agregan las causas. Los factores que pueden afectar las características de calidad se agregan en el orden que corresponde al proceso. Para añadir las causas potenciales, surgen las siguientes interrogantes ¿Qué situación o factor de este paso del proceso puede tener un efecto sobre el problema o fallo? (Gutiérrez y de la Vara, 2013)

- *Método de las 6M*

Es el método donde se agrupan las causas potenciales de acuerdo con las 6M o ramas principales, que pueden tener un efecto sobre el problema o fallo:

Gráfico No. 1: Las 6M de un problema



Fuente: propia (2018)

Estos seis elementos definen de manera global todo proceso y cada uno aporta parte de la variabilidad del producto final, por lo que es natural esperar que las causas de un problema estén relacionadas con alguna de las 6M. La interrogante básica para este tipo de método es ¿qué aspecto de la M se refleja o tiene un efecto en el problema bajo análisis? (Gutiérrez y de la Vara, 2013)

- *Método de estratificación o enumeración de causas*

El método de estratificación va directamente a las causas potenciales, pero sin agrupar de acuerdo a las 6M. La selección se hace a través de una sesión de lluvia de ideas, para obtener un espacio de búsqueda más reducido y orientarse directamente a las causas potenciales del problema. (Gutiérrez y de la Vara, 2013)

1.2.10. Despliegue de la función de calidad (DFC)

El DFC es una herramienta de planeación que introduce la voz del cliente en el desarrollo y diseño del producto o el proyecto. Para implementar el DFC se utilizan matrices que permiten de forma sistemática la asignación de responsabilidades para trasladar los

requerimientos del cliente en parámetros de diseño y fabricación (o en actividades específicas). Así el papel de esta herramienta es entender las necesidades del cliente y transformarlas en acciones específicas, e identificar las áreas que requieren atención y mejoramiento. (Gutiérrez y de la Vara, 2013)

1.2.11. Elaboración de una matriz para el despliegue de la función (DFC)

El DFC empieza con una lista de objetivos o *qués*, generalmente en el contexto de desarrollo de un nuevo producto. Se trata de una lista de requerimientos para el producto o prioridades de primer nivel, que son requeridas por el cliente. Estos *qués* se refinan a un siguiente nivel de detalle listando los *cómos repitiendo* el refinamiento hasta concretar el requerimiento de producción o cierta indicación al trabajador. Este proceso se complica por el hecho de que en cada nivel de refinamiento algunos de los *cómos* afectan o se relacionan con más de un *qué*. Esta complicación se resuelve con un diagrama de matriz. (Gutiérrez y de la Vara, 2013)

A continuación se describen los pasos para obtener una matriz DFC:

- a. Hacer una lista de objetivos o *qués* del proyecto, y asignar su prioridad. En esta lista se incluyen las principales variables o características del producto final, junto con algunas variables críticas para la calidad y productividad. A esta lista de requerimientos se les asigna su prioridad con una escala de 1 al 5, donde es 5 la más alta. Por lo general esta prioridad se obtiene a partir de la situación actual de cada *qué* y de los objetivos que se persiguen en el proyecto.
- b. Hacer una lista de los *cómos* y anotarlos en la parte vertical de la matriz. Son las diferentes formas inmediatas con las cuáles la empresa puede atender los *qués*, pueden corresponder a los subprocesos o etapas principales del proceso de elaboración.
- c. Cuantificar la intensidad de la relación entre cada *qué* frente a cada *cómo*. Con una escala de 0 a 5, se asigna 5 en el caso de una relación muy fuerte, 3 para una relación fuerte, 1 para una relación débil y 0 para ninguna relación.

- d. Análisis competitivo. En esta etapa se realiza una evaluación comparativa de cada uno de los *qués* con respecto a los principales competidores.
- e. Matriz de correlación. En ocasiones los *cómos* son antagónicos, de tal forma que tienen efectos que se contraponen a los *qués*. En ese caso se deben indicar en la parte correspondiente y considerarse en las acciones que se emprendan.
- f. Establecer prioridades para requerimientos técnicos (*cómos*). Se realiza multiplicando la prioridad de cada *qué* por la intensidad de la relación y sumando los resultados de cada columna. Luego para mejorar la perspectiva de los *cómos*, se calcula la importancia relativa de cada uno. Para ello se toma la importancia más alta y se le asigna una importancia relativa de 10, y a partir de ahí por medio de una regla de tres se calcula la importancia relativa de los otros *cómos*.

Ilustración No. 6: Ejemplo de un diagrama DFC en forma de matriz

	Prioridad	¿Cómo?	¿Cómo?	¿Cómo?
¿Qué?	4	5	0	3
¿Qué	2	0	3	0
	Importancia	$= (5 \times 4) + (2 \times 0)$ $= 20$	6	12
	Importancia relativa	10	$= (6 \times 10) / 20 =$ 3	6

Fuente: propia (2018)

1.2.12. Análisis de modos y efectos de las fallas (AMEF)

La metodología del análisis de modo y efecto de fallas también conocido como análisis modal de fallos y efectos permite identificar las fallas potenciales de un producto o un proceso y, a partir de un análisis de probabilidad de ocurrencia, formas de detección y el efecto que provocan. Se jerarquizan las fallas y para que aquellas que vulneran más la confiabilidad del producto o el proceso es necesario generar acciones para eliminarlas o reducir el riesgo asociado con las mismas. Esta metodología tiene dos enfoques, una

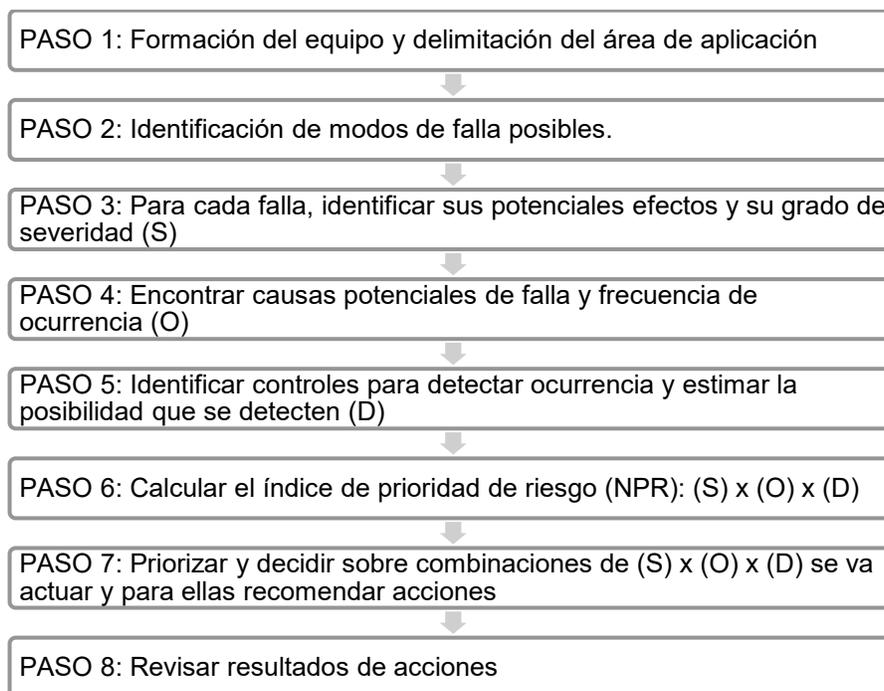
hacia el diseño y otra hacia el proceso. En este proyecto se utilizó la orientada hacia el proceso. (Gutiérrez y de la Vara, 2013)

Uno de los factores críticos para la implementación efectiva del AMEF es el tiempo, en el sentido de que la acción se dé antes de la falla, y no después. De tal forma al utilizar el AMEF cobra más valor en las etapas de diseño del producto y el proceso. En productos y procesos ya operando se debe aplicar ya sea por primera vez o actualizando los análisis hechos para identificar el tipo de fallas potenciales y establecer prioridades para actuar sobre estas fallas. (Gutiérrez y de la Vara, 2013)

1.2.13. Metodología para realizar una AMEF orientada al proceso

El procedimiento para realizar un AMEF para procesos es el siguiente:

Diagrama No. 1: Procedimiento para realizar un AMEF para procesos



Fuente: Propia (2018)

Los resultados y la documentación mínima de una AMEF deben ser plasmados en un formato con cada uno de los siguientes elementos:

- a. Etapa/función del proceso/Requerimientos: registra la identificación de la etapa del proceso u operación que está siendo analizado. En cuanto a la función del proceso se debe dar una breve descripción de la función de cada etapa u operación, se recomienda que solo incluya etapas que agregan valor al proceso.
- b. Modo potencial de falla: es la manera en la que el proceso (sistema, componente) puede fallar en el cumplimiento de los requerimientos.
- c. Efectos potenciales de falla: son las consecuencias negativas que se dan cuando falla un proceso, por lo que se debe buscar las causas.
- d. Severidad: la severidad de los efectos de las fallas potenciales se evalúan en una escala de 1 a 10 y representa la gravedad de la falla para el cliente o para la operación posterior, una vez que esta falla ha ocurrido.
- e. Clasificación: esta columna puede ser utilizada para identificar o clasificar modos de falla.
- f. Causas potenciales del modo de falla: hacer una lista de todas las posibles causas para cada modo de falla.
- g. Ocurrencia: estima la posibilidad con la que se espera ocurra cada una de las causas potenciales de falla listadas antes. Se estima en escala de 1 a 10, siendo 10 el valor máximo. Si hay registros estadísticos adecuados, estos deben utilizarse para asignar el número a la frecuencia de ocurrencia de falla.
- h. Controles actuales del proceso: en controles actuales se describen controles que están dirigidos ya sea a prevenir que la causa de la falla ocurra o bien a detectar que la falla ocurrió. Así pueden ser preventivos o de detección.
- i. Detección: se trata de valorar la posibilidad de que los mejores controles detecten el modo de falla o su causa. Se expresa en una escala inversa de 1 a 10, de manera que los más preventivos tienen un valor más bajo.
- j. Evaluación de riesgo/ Número de prioridad de riesgo (NPR): es un procedimiento que ha sido usado para ayudar a priorizar el riesgo. Se calcula de la siguiente forma:

$$\text{NPR} = \text{Severidad (S)} \times \text{Ocurrencia (O)} \times \text{Detección (D)}$$

El valor NPR puede tomar valores de 1 a 1000, y se calcula para cada una de las líneas del formato. Pero según Gutiérrez y de la Vara (2013) en la cuarta edición

del AMEF (2008) se resalta el uso de un umbral o cota para NPR, partir del cual decidir la necesidad de acciones no es una práctica recomendada porque aplicar este criterio supone que los NPR son una medida relativa de riesgo, cosa que resulta no ser todo el tiempo.

- k. Acciones recomendadas: en general cualquier acción recomendada, se orienta a reducir las evaluaciones de los riesgos utilizando la prioridad en el siguiente orden: severidad, ocurrencia y detección. (Gutiérrez y de la Vara, 2013)

El cuerpo del formato AMEF se forja en el siguiente formato presentado a continuación:

Ilustración No. 7: Formato para AMEF

Etapa/ función del proce- so/ Reque- rimien- tos	Mo- do po- ten- cial de falla	Efec- tos po- ten- cia- les de falla	Severidad	Clasificación	Cau- sas poten- ciales de falla	Proceso actual				Accio- nes reco- menda- das	Respon- sabili- dad y fecha prometi- da	Resultados de acciones						
						Con- troles pre- venti- vos	Ocu- rrencia	Con- trol de de- tecci- ón	Detección			NPR	Accio- nes toma- das y fecha de finali- zación	Severidad	Ocu- rrencia	Dirección	NPR	

Fuente: Gutiérrez y de la Vara (2013)

1.2.14. Herramientas estadísticas

- *Gráfica de probabilidad para verificar la normalidad*

La gráfica de probabilidad es un procedimiento que permite determinar en forma visual si los datos muestrales se ajustan a una distribución específica. La gráfica de probabilidad es una gráfica de tipo x-y cuyas escalas son determinadas por la distribución elegida.

Los datos se ordenan de menor a mayor, en seguida estos se grafican frente a la frecuencia acumulada observada $(j-0.5)/n$ (distribución empírica). (Gutiérrez y de la Vara, 2013). Si la distribución propuesta describe de manera adecuada los datos, los puntos en la gráfica tendrán a ubicarse a lo largo de una línea recta; pero si los puntos se desvían de manera significativa de una línea recta, entonces será evidente que no siguen la distribución normal. (Gutiérrez y de la Vara, 2013)

- *Prueba de Anderson-Darling (AD)*

El estadístico de Anderson-Darling (AD) mide qué tan bien siguen los datos una distribución en particular (generalmente la normal). Por lo general, mientras mejor se ajuste la distribución a los datos, menor será el estadístico AD. El estadístico AD se utiliza para calcular el valor p para la prueba de bondad de ajuste, que ayuda a determinar qué distribución se ajusta mejor a los datos. (Minitab, 2017)

Las hipótesis para la prueba de Anderson-Darling son:

H0: Los datos siguen una distribución normal.

H1: Los datos no siguen una distribución normal.

Si el valor p para la prueba de Anderson-Darling es menor que el nivel de significancia seleccionado (por lo general 0.05 o 0.10), se concluye que los datos no siguen la distribución especificada. (Minitab, 2017)

- *Diseño de Tolerancias*

Es la conversión de las peculiaridades de un producto, o sus características dimensionales químicas, físicas, etc., a un valor típico o normal que el diseñador especifique. Para cada característica tipo valor nominal el diseñador debe especificar: El promedio deseado (valor nominal N); y los límites de especificación (o límites de tolerancia, superior e inferior). (Gutiérrez y de la Vara, 2013)

- *Intervalos de tolerancia*

Los intervalos de tolerancia son utilizados para calcular un rango de valores para una característica de un producto que probablemente abarque una proporción especificada de los productos fabricados en el futuro. Un intervalo de tolerancia define los bordes superior y/o inferior dentro de los cuales se encuentra un determinado porcentaje de la salida del proceso con una confianza especificada. (Minitab, 2017)

Para generar intervalos de tolerancia en Minitab (2017), se necesita un porcentaje mínimo de la población y un nivel de confianza. Tradicionalmente, ambos valores están cerca de 100. El porcentaje es la proporción mínima de la población que se desea que el intervalo abarque. El nivel de confianza es la probabilidad de que un intervalo realmente abarque el porcentaje mínimo. Minitab calcula los intervalos de tolerancia tanto paramétricos como no paramétricos. Los cálculos para los intervalos de tolerancia paramétricos presuponen que la distribución original de la muestra está distribuida normalmente. Los cálculos para los intervalos de tolerancia no paramétricos solo presuponen que la distribución original es continua.

1.2.15. Salchicha

Salchicha, según la norma COGUANOR 34 131, es el producto elaborado en base a una mezcla de carne de res o carne de cerdo, o una mezcla de ambas, grasa de cerdo, condimentos, especias y aditivos alimentarios completamente molidos y uniformemente mezclados, con agregado o no de sustancias aglutinantes y/o agua helada o hielo, introducida en tripas naturales o fundas artificiales, sometida al proceso de cocción y a los procesos tecnológicos de curado y/o ahumado.

1.2.16. Calidad de salchichas

Se puede conocer qué es una salchicha de calidad, cuando el consumidor puede decir inmediatamente si está satisfecho o no. Es la satisfacción la que define la expectativa de calidad de un cliente y viceversa. Dado que esta expectativa puede variar enormemente

de una persona a otra dependiendo de su posición en la cadena de producción y consumo, se hace más difícil definir la calidad que explicarla. (Essien, 2003)

- *Parámetros específicos de calidad para salchichas cocidas*

En base a las propiedades organolépticas, se puede considerar los siguientes parámetros de calidad para salchichas, orientados a las expectativas del cliente:

- a. Textura: las expectativas de los clientes respecto a la textura son numerosas y variadas, e incluyen: una textura gruesa uniforme con un relleno interior ligeramente resistente. Una buena textura requerirá un producto desprovisto de tenacidad, rigidez, hueso, fragmentos óseos, piel, cartílago u otro tejido conectivo. (Essien, 2003)
- b. Sabor: en la especificación del sabor, los clientes de salchicha de cerdo, por ejemplo, esperarán el sabor característico de carne fresca de salchicha de cerdo fresca de buena calidad, con hierba suave y uniformemente distribuida (si se usa en la receta). Buen sabor debe estar desprovisto de acidez, enmohecimiento, el deterioro, la rancidez, sabores extraños o manchas. (Essien, 2003)
- c. Color: el estándar para salchichas cocidas en general requiere que el color sea dorado. Para el propósito de presentación y apariencia, algunos clientes que utilizan salchichas como componente de la harina requerirán que los detalles de color específicos sean indicados como pálido, medio o marrón oscuro. Las salchichas de color pálido se asocian con una cocción insuficiente mientras que el marrón oscuro se considera a menudo demasiado cocido.

La apariencia visual de las salchichas es una propiedad sensorial esencial por la cual los consumidores evalúan la calidad.

- *Características organolépticas finales según COGUANOR 34 131 para salchichas a granel:*

- a. Sabor y olor: las salchichas deberán presentar sabor y olor característico y estarán exentas de cualquier sabor y olor anormal.
- b. Color: las salchichas deberán presentar color característico uniforme, estarán libres de manchas, coloración verduzca y decoloraciones anormales.

- c. Aspecto exterior: las salchichas presentarán la envoltura completamente adherida, su superficie no estará húmeda ni pegajosa. No exudará líquidos ni presentará enmohecimiento. Las salchichas no presentarán deformación por acción mecánica y serán razonablemente uniformes en forma y tamaño.
- d. Aspecto interior: las salchichas presentarán el aspecto de una pasta uniformemente emulsionada, libre de huesos y poros. La salchicha longaniza constituye una excepción y su aspecto interior mostrará una distribución característica de trocitos de carne y grasa.

1.2.17. Defectos de calidad en salchichas cocidas

- *Extrusión*

Una máquina de dosificación normalmente dejaría los extremos de una salchicha con una torsión razonable permitiendo una adhesión entre la carne y la piel. La extrusión, es que el producto sobresalga en los extremos de llenado, puede ocurrir si la torsión no es adecuada. Otra razón para la extrusión podría ser una receta incorrecta, ya que una buena receta minimizaría la pérdida de grasa excesiva, que puede crear un lubricante entre la carne de salchicha y la piel que pueda causar la extrusión. (Essien, 2003)

- *División de la piel*

La división de la piel es uno de los principales defectos de calidad en la cocina. En casos extremos la carcasa se divide longitudinalmente y se cae completamente. Hay una serie de causas de este defecto. Las pérdidas excesivas de grasa y agua debido a la baja proporción de carne magra en la receta es una de las principales causas de la división. Es el caso en salchichas que llevan un proceso de fritura, si no se sumergen por completo en aceite puede ocurrir la división. (Essien, 2003)

- *Pérdidas de cocción*

El porcentaje de pérdida de cocción debe ser establecido durante el desarrollo del producto utilizando el sistema de cocción que es agradable para el cliente, ya que tales pérdidas podrían variar enormemente con cada sistema. Las tolerancias también deben ser acordadas como otros parámetros de calidad importantes con el cliente en la

especificación con el propósito de monitoreo. En los productos funcionales, en los que las dimensiones y el peso del producto son críticos, la incapacidad para controlar las pérdidas de cocción podría arruinar la enorme perspectiva comercial del producto. Las altas pérdidas de cocción pueden afectar la apariencia debido a un alto nivel de contracción del producto. (Essien, 2003)

Las pérdidas de cocción pueden ser causadas por:

- a. Receta incorrecta: una buena proporción de carne magra en la receta dará un producto de buena calidad y bajas pérdidas de cocción. El tipo de grasa usada podría ser otra razón. La grasa de la carne de vaca se considera menos variable mientras que la grasa de cerdo se clasifica en suave, término medio, y dura. En condiciones no congeladas / descongeladas, la grasa blanda daría menos pérdidas de cocción.
- b. Temperatura en la trituration: durante la trituration la temperatura podría aumentar rápidamente. Si esto ocurre más allá de cierto nivel sin control, la estabilidad térmica del producto se vería afectada, dando lugar a altas pérdidas de cocción.
- c. Sistema de cocción: considerando la pérdida por evaporación antes de la congelación o refrigeración, la pérdida porcentual de cocción en un sistema de congelación por lotes puede variar enormemente de la del ambiente de congelación continua.
- d. Tiempo de cocción: este es probablemente el factor más importante que afecta el porcentaje de pérdida de cocción. El procedimiento de cocción debe especificar cuidadosamente el tiempo de cocción en relación con el tamaño y el tipo de producto, ya que la cocción excesiva no sólo afecta la pérdida de cocción, sino también la calidad de la comida. (Essien, 2003)

- *Color medio rosado*

Aparte de la contaminación con nitrito, la cocción insuficiente es la causa principal de medio rosado (aparición sin cocer en salchichas). El tamaño del producto debe determinar el tiempo de cocción en el que se consigue la temperatura del núcleo, o centro geométrico. (Essien, 2003)

- *Piel crujiente oscura*

Suponiendo que la calidad del material de la piel es buena, el defecto de piel crujiente oscuro podría ser causado por la cocción excesiva. La calidad de la comida sería igualmente defectuosa. La cocción excesiva puede evitarse controlando el tiempo y la temperatura de cocción. (Essien, 2003)

1.2.18. Embutidos

Los embutidos forman parte de las emulsiones cárnicas, sin embargo algunos autores afirman que no son emulsiones sino pastas cárnicas. Estructuralmente, esta emulsión consiste en una matriz de músculo y fibras del tejido conectivo suspendido en un medio acuoso que contiene proteínas solubles y partículas de grasa, actuando como agentes emulsificantes las proteínas solubles que son las sarcoplásmicas y las miofibrilares. (Amerling, 2001, citando a Forrest, et. al., 1975).

- *Clasificación de embutidos*

Una forma de clasificar embutidos según Siegried et. al., (2006), en este sentido se clasifica en embutidos crudos, embutidos escaldados y embutidos cocidos.

- a. Los embutidos crudos: son aquellos elaborados con carnes y grasa crudos, sometidos a ahumado o maduración. Por ejemplo: chorizos, salchicha desayuno, salames.
- b. Los embutidos escaldados: son aquellos cuya pasta es incorporada cruda, sufriendo el tratamiento térmico (cocción) y ahumado opcional, luego de ser embutidos. Por ejemplo: mortadelas, salchichas tipo Frankfurt, jamón cocido, etc. La temperatura externa del agua o de los hornos de cocimiento no debe pasar de 75-80°C, según estos autores. Y de los productos elaborados con fécula se sacan con una temperatura interior de 72-75°C y sin fécula 70-72°C.
- c. Los embutidos cocidos: son a los que se somete la totalidad de la pasta o parte de ella a cocimiento antes de incorporarla a la masa. Por ejemplo: morcillas, paté, queso de cerdo, etc. La temperatura externa del agua o vapor debe estar entre 80 y 90°C, sacando el producto a una temperatura interior de 80-83°C. (Siegried et al., 2006)

1.2.19. Embutidos escaldados

Los escaldados se preparan a partir de carne fresca, no completamente madurada y se someten a un proceso de escaldado antes de su comercialización con el fin de disminuir la población microbiana, favorecer la conservación y coagular la proteína. El escaldado consiste en un tratamiento con agua caliente a 75°C durante un tiempo que depende del tamaño del embutido. (Amerling, 2001; citando a Manual para educación agropecuaria, 1986). El proceso general de fabricación de esta clasificación de embutidos consiste en el troceado y curado preliminar, molido y picado, mezclado, embutido, atado, escaldado, cocido y ahumado, enfriado y empacado. (Amerling, 2001)

- *Defectos en embutidos escaldados*

La incorrecta utilización de la cortadora, mal mezclado y errores de escaldado causan la aparición de defectos. Estos defectos se evidencian en color, apariencia, consistencia, entre otros.

- a. El color verde puede aparecer por presencia de lactobacilos, debido a malas temperaturas de ahumado y escaldado.
- b. La coloración gris de la masa se debe a la adición insuficiente de curado, se produce la falta de enrojecimiento o color rosado característico.
- c. En apariencia por otra parte puede provocarse embutidos rotos por tiempo de ahumado demasiado largo o altas temperaturas de escaldado.
- d. Los embutidos demasiado duros y secos se deben a los ambientes de almacenamiento demasiado secos.
- e. Exudado de grasa aparece por temperaturas de ahumado y escaldado demasiado elevadas.
- f. La escasa consistencia de los embutidos y apariencia granulosa de la superficie de corte, son provocados por una aglutinación insuficiente.
- g. También puede presentar acidificación del embutido debido a presencia de bacterias productoras de ácido. (Amerling, 2001)

1.2.20. Operaciones y equipo para la elaboración de salchichas

Las operaciones y el equipo, dependen de las posibilidades de la empresa y el tipo de salchicha que se está realizando, que por ser diferente puede llevar distintas operaciones como ahumado por ejemplo. A continuación se presentan las operaciones básicas de elaboración de salchichas.

- *Hojuelado*

Esta operación es específicamente para carne congelada, se obtiene como resultado hojuelas de carne congelada adecuada para poder moler. La materia prima cárnica congelada tiene mayor tiempo de almacenamiento, sin embargo tiene una menor funcionalidad si se compara con la materia fresca. La cantidad de exudado obtenido durante el descongelamiento, disminuye la capacidad de retención de agua, debido a que aumenta la interacción de la proteína-agua por medio de cierto grado de desnaturalización. Esto puede ser reducido al utilizar una formulación que permita la optimización de la concentración de sal en presencia de un fosfato alcalino. Las variables a controlar en esta parte del proceso son la temperatura, la cual debe permanecer entre los -10 a -6°C; y el pH cuya rango a mantener es de 5,8-6,2. (Secretaría de Comercio y Fomento Industrial [SECOFI], 2000)

1.2.20.2 *Molienda*

El objetivo primordial de esta operación es disminuir el diámetro de partícula de la materia prima cárnica. Para ello se utilizan molinos de gusano helicoidal. Es importante el control de la temperatura en esta operación, no deberá sobrepasar 4°C ya que las temperaturas óptimas para la extracción de las proteínas contraíbles están entre los 4 y 7°C. Esta temperatura final también debe ser controlada durante el mezclado y la reducción del tamaño de la emulsificadora. (SECOFI, 2000)

- *Pesado*

En el paso de la molienda al mezclado es importante realizar el pesado. Los errores en esta etapa son determinantes en las pérdidas y en consecuencia en la ganancia obtenida.

Esta operación es relevante, un error grave de pesaje repercutirá durante todo el proceso. (SECOFI, 2000)

- *Adición de ingredientes para una buena emulsificación*

Varios procedimientos de formulación se pueden utilizar para maximizar la funcionalidad del componente magro que tiene el producto, siendo, por lo tanto, de vital importancia el orden de adición de los ingredientes. La SECOFI (2000) propone que se adiciona a la carne y sales de curación provenientes del mezclado, los otros ingredientes en el siguiente orden:

- a. Concentrado de soya (proteína), preferiblemente hidratada sino se adicionará en polvo con la cantidad suficiente de agua para su hidratación.
- b. Los condimentos con agua.
- c. Carrageninas con agua
- d. Almidones con agua y hielo.

Inicialmente la interacción de la proteína-agua se debe optimizar para lograr que la proteína esté disponible como emulsificador y agente gelificador. Es importante el tiempo de emulsificado que depende directamente del equipo y las dimensiones del mismo; y el control de la temperatura, la cual se debe seguir manteniendo entre 0 y 2°C. Este paso no debe efectuarse a una temperatura demasiado baja, ya que pudiera impedirse una buena extracción de la proteína cárnica.

Por esta razón se debe adicionar el hielo conforme al orden anterior. Por otro lado si se encuentra agua suelta en la masa, las proteínas se disuelven en el agua en lugar de absorberla.

Es importante considerar los factores que pueden afectar las proteínas miofibrilares, la miosina y la actomiosina, debido a su contribución como ligadoras de grasa y agua, y las propiedades a gelificación térmica. Ejemplos de emulsificadores son los Cúter, FD9 y Cozzini. La operación de emulsificación se deberá realizar en el mezclado, respetando el siguiente orden para las empacadoras que no cuentan con un equipo de emulsificación:

- a. Cárnicos magros
- b. Sales de curación
- c. Mezclado
- d. Concentrados de soya y agua
- e. Mezclado
- f. Cárnicos grasos
- g. Condimentos, agua y hielo
- h. Mezclado
- i. Carrageninas y agua.
- j. Almidones, agua y hielo
- k. Mezclado

- *Mezclado*

Durante el mezclado se forma la pasta de carne, denominada emulsión cárnica por algunos autores. Seguidamente se describen los factores del mezclado que influyen en la estabilidad de una emulsión cárnica:

- a. Emulsión cárnica

Un sistema cárnico finamente picado, la emulsión o masa, consiste en dos fases una acuosa y otra grasa. La porción continua de la mezcla es el componente acuoso y esto forma una matriz sólida cuando ocurre la gelificación inducida por calor. Esta se compone, en general, de agua, sal agregada, eritorbato de sodio, fosfatos y proteínas sarcoplásmicas y miofibrilares. La porción discontinua de la mezcla es la grasa dispersa en toda la matriz como diminutas partículas. La grasa no es soluble en medio acuosa y debe estabilizarse para evitar que las partículas se unan entre sí y cause productos defectuosos con reducción en el rendimiento de cocción y/o la presencia de la grasa derretida en la superficie del producto, o corrimiento de grasa. (SECOFI, 2000)

- b. Proteínas estabilizantes de emulsión

Las proteínas cárnicas, particularmente las miofibrilares, funcionan bien como estabilizadores para estos productos. Éstas tienen componentes que interactúan muy bien con la grasa y el agua, a cierta temperatura forma un gel que se fija con el calor. Estas propiedades permiten la dispersión de la grasa en la mezcla, sin coalescencia y la gelificación de las proteínas, inducida por calor, estabiliza aún más el producto cocido.

Los glóbulos de grasa están rodeados por una película de proteína, las proteínas miofibrilares son las responsables del desarrollo del rendimiento y la textura en las carnes finamente picadas. Por esto es muy importante la interacción de las proteínas miofibrilares de la carne magra, con los ingredientes no cárnicos, el agua y grasa, cuando ésta es incluida en la formulación o el agua y los productos cárnicos grasos. Por lo antes explicado, es en esta etapa donde se adicionarán las sales de curación a la materia prima cárnica magra. Y después de un determinado tiempo de mezclado, son agregados los cárnicos grasos. (SECOFI, 2000)

Desde un punto de vista práctico, una de las razones para estudiar la estabilización de la pasta es que durante el proceso de picado, no puede detectarse algún signo de advertencia que indique la ruptura de la emulsión (un término empleado para la separación de grasa durante el cocinado). Al incremento del picado, más proteínas son extraídas, la grasa se reduce y menos líquido y grasa son separados del producto. Sin embargo solo al observar la pasta de carne cruda usualmente no provee ninguna pista de alguna cantidad de pérdidas de líquido o grasa que puedan experimentarse durante el cocinado. Esto es un reto porque las formulaciones de bloques de carne pueden cambiar a diario dependiendo de la disponibilidad de materiales crudos, costos, etc. Por lo tanto los procesos usan márgenes de seguridad muy altos (como el aumento de proteínas y del tiempo de picado; que aumentan también los costos) para evitar el rompimiento de la emulsión. (Barbut, 2015)

c. Equipo de mezclado

El equipo de mezclado puede ser de paletas, de propelas o helicoidales. Con los molinos de alta velocidad, se logra la reducción de partículas y el mezclado en 3 minutos. Se recomienda la temperatura final entre los 18 y 21°C en este tipo de equipo. Si se utiliza un equipo menos actual, con revoluciones menores por minuto, es necesario sacar la mezcla de la picadora a 16°C, porque se ha encontrado que el tiempo de picado afecta la estabilidad de la masa. Mientras más extenso es el periodo de picado, la temperatura de emulsión al salir de la máquina debe procurarse que sea más bajo, ya que el trabajo mecánico en la picadora origina fricción y consecuentemente calor. (SECOFI, 2000)

d. Temperatura

Se debe considerar, también que si la masa se conduce en tuberías, la temperatura tiende a incrementarse. Si el embutido se calienta muy rápido, particularmente cuando la formulación es débil, la grasa se puede separar y esto resulta en una cubierta de grasa en el producto o pequeñas bolsas de grasa en la barra colgadora. Al calentar el producto, las proteínas contráctiles se coagulan y se encogen. Las partículas de grasa que se expanden muy rápido pueden causar una pequeña ruptura en la cubierta de las proteínas, permitiendo que parte de la grasa escape y se acumule en otra parte. (SECOFI, 2000)

Cuando se prepara la mezcla de un embutido, el colágeno puede absorber cantidades de agua considerables si las condiciones son las apropiadas. Esto resulta en buenos rendimientos de picado, pero el agua absorbida se remueve cuando se calienta la emulsión de 63 a 66°C durante el procesamiento. En estas temperaturas se contrae el colágeno una tercera parte y si aumenta la temperatura se convierte en gelatina. (SECOFI, 2000)

e. Grasas

Es importante en el mezclado, el origen y la composición de la grasa o de los cárnicos grasos para el resultado final. Se debe tener en cuenta y asegurar que la grasa no es extraída de las células por el calor o mecánicamente antes de usarla en la masa. La grasa debe estar en su estado natural, es decir, cada glóbulo debe estar encajonado en su cubierta de proteína propia de una emulsión estable, para que el resultado final del embutido sea muy bueno. Como la grasa encapsulada en la proteína es la única básica de la mezcla para un embutido, una vez que el producto se calienta, la proteína se coagula y mantiene los glóbulos de grasa en el gel. (SECOFI, 2000)

El resultado del sobre-mezclado es que las partículas de grasa son más pequeñas y el total de la superficie de las partículas aumenta enormemente. El contenido de proteína de la emulsión, el cual se fijó en la formulación inicial, puede ser insuficiente para cubrir todas las partículas de grasa. Es común que una partícula cubierta parcial o totalmente por la proteína pueda separarse de la masa cuando se calienta el embutido en el horno

de ahumado y esto forma paquetes o las capas de grasa dentro de la masa del embutido. (SECOFI, 2000)

- *Embutido*

Las variables a controlar durante el embutido son la temperatura, el aire en el producto (que está adentro de la salchicha), la longitud y el diámetro de la salchicha y el calibre de la tripa a utilizar. El control de la temperatura es importante ya que no debe sobrepasar los 12°C, pues se podría romper la emulsión. La longitud de la salchicha depende del tipo de salchicha a producir. El diámetro se relaciona con la presión del embutido a utilizar y debe ser adecuado de acuerdo al tamaño de la tripa, para tener un buen pelado posteriormente. (SECOFI, 2000)

- *Ahumado*

El ahumado puede considerarse como una fase del tratamiento térmico de la carne que persigue su desecación y maduración, o como un proceso que se utiliza para impartir un aroma característico, mejorar el color, obtener brillo en la superficie y ablandar la carne en sí. Además, favorece conservación, ya sea si se hace por calor o si se lleva a cabo con un sabor humo el cual contiene conservadores. (SECOFI, 2000)

- a. Humo

Por su definición, es un sistema de partículas sólidas dispersadas en una fase gaseosa. Los gases nacen de la combustión de materiales carbonáceos. Se ha comprobado que las reacciones de sabor y color que se presentan al aplicar humo a la carne, ocurren casi totalmente a los componentes de la fase gaseosa. Las posibles reacciones que ocurren durante la combustión de las moléculas gigantes de los tres componentes principales de la madera (celulosa, lignina y hemicelulosa) resultan en más de 200 componentes diferentes. (SECOFI, 2000)

En general todos los componentes químicos del humo se pueden clasificar en cuatro grupos: compuestos acídicos, fenólicos, carbonílicos y los hidrocarburos. Los tres

primeros grupos de compuestos contribuyen a las reacciones que afectan el color y el sabor, mientras que el cuarto grupo, los hidrocarburos no son deseables. Las formas en que estos compuestos contribuyen a las reacciones que determinan el sabor a ahumados son las siguientes:

- Además de contribuir al sabor ahumado, los componentes ácidos aceleran la reacción de los nitritos acelerando la reacción de curación y por tanto el desarrollo de color rosado. Las sustancias ácidas del humo contribuyen también en la formación de la costra de salchicha, que entre otras cosas da firmeza al producto y ayuda en la operación de pelado.
- Las sustancias fenólicas son las que contribuyen principalmente al sabor ahumado. Su aportación en el sabor es muy variable. También al reaccionar con los compuestos carbonílicos forman sustancias resinosas para dar lustre y brillo a la superficie de estos productos.
- Los compuestos carbonílicos contribuyen al color tostado y al lustre de los productos ahumados, esto se origina cuando reaccionan los compuestos carbonílicos del humo con los grupos amino de las proteínas cárnicas.
- Los hidrocarburos, en especial los compuestos policíclicos como el benzopireno, no son deseables ya que son carcinogénicos.

Se ha comprobado que la fase gaseosa de humo se disuelve en la superficie en las aguas intersticiales de la carne, formando así una solución o líquido ahumado; esta solución es la que se convierte en el verdadero agente de ahumado. Los compuestos carbonílicos activos reaccionan con los grupos amino de la proteína dejando su característico color tostado. Los fenoles solubles en agua y los ácidos están también presentes y contribuyen en el desarrollo del sabor característico de ahumado. También están presentes un porcentaje de fenoles soluble en grasa o aceite, que cuando son depositados, dejan un color amarillo o dorado característicos en la grasas que se encuentra en la superficie de la carne. Los principales compuestos gaseosos son absorbidos en la humedad presente en la superficie del producto dejando por lo tanto, un humo líquido. (SECOFI, 2000)

b. Uso de humos líquidos naturales

Los humos líquidos naturales son sustitutos para el tradicional ahumado. Las razones principales de su popularidad son: la uniformidad del sabor ahumado, la eliminación de problemas del generador de ahumado y aserrín, y la eliminación de hidrocarburos aromáticos poli-cíclicos carcinogénicos que normalmente se encuentran en el tradicional ahumado a vapor.

En el mercado hay diferentes tipos de saborizantes ahumados para cada tipo específico de procesamiento en la industria cárnica. De esta forma se asegura el nivel apropiado de sabor y color ahumado que se desarrolla en cada producto cárnico, curado con la mayor eficiencia de acuerdo a la aplicación. El tipo de humo que se utilice va a depender de las características finales que quieran del producto en cuanto a sabor, color y olor. Las variables del proceso a controlar son el tipo de humo, su concentración y su temperatura.

La concentración utilizada dará las características finales en cuanto a sabor, además de proporcionar una acción bacteriostática. Por otro lado, esta concentración está relacionada en forma directamente proporcional con la costra de la salchicha, que como se dijo, le dará la firmeza. Las formas de humado pueden ser por aspersion o por inmersión, dependiendo de los equipos de cocimiento con que se cuente, como se verá un poco más adelante. (SECOFI, 2000)

- *Cocción*

Después durante el proceso inicial de cocción (20-40°C), la grasa empieza a fundirse. Comienza a desnaturalizarse las proteínas miofibrilares y comienza la gelatinización a una temperatura mayor alrededor de 50°C. En este punto, la grasa fusionada se comienza a expandir, el colágeno comienza a transformarse en gelatina (en forma líquida), y la sal proteínas solubles en solución salina forman un gel. La textura del producto al final del proceso de cocción (70°C) es semi-rígido y deja de fluir porque estas proteínas han sido desnaturalizadas. (SECOFI, 2000)

La desnaturalización de proteínas cárnicas se da a diferentes temperaturas y pueden así formar estructuras de gel. La miosina y sus subunidades se desnaturalizan primero en el rango de 54-58°C, seguidas de las proteínas sarcoplásmicas y el colágeno de 65-67°C, y luego la actina y actino miosina y algunos de sus fragmentos se desnaturalizan a 71-83°C. (Barbut, 2015; citando a Wright et al., 1997) El pH afecta la formación de geles proteicos, generalmente la disminución del pH afecta la formación de gel, puede inhibirla. (Barbut, 2015)

Barbut discute la formación de una delgada película, flexible capa de proteínas alrededor de glóbulos de grasa, y enfatizó la importancia de la formación de poros como un "mecanismo de liberación de presión" durante la etapa de cocción (cuando la grasa es calentada y se expande). En general, parece que la formación de películas delgadas y flexibles de proteínas provee la mejor estabilidad, mientras que una película gruesa resulta en la ruptura de agujeros durante la cocción. La desestabilización también puede ser causada por la disminución del nivel de sal, que se asocia con la disminución de la extracción de proteínas y subsecuentemente el aumento de grasa y humedad perdida durante la cocción. (Barbut, 2015, citando a Acton et al., 1983)

Cuando se exuda demasiada grasa del glóbulo, la envoltura proteica se contrae y se observan hendiduras más pequeños agujeros exudativos en la superficie. Cuando se aumenta la sal, se pierde poca o ninguna grasa y se pueden ver glóbulos redondos. (Barbut, 2015)

Cuando se realiza cocción en agua se utilizan pilas o marmitas; mientras que cuando se usa aire y vapor puede realizarse en hornos por lote o en hornos continuos. En ambos procesos, ya sea con agua o con aire y vapor, se recomienda que se alcance una temperatura interna del producto de 74 a 76°C. (SECOFI, 2000)

- *Enfriamiento*

El objetivo de esta operación es que el producto disminuya su temperatura de 72 - 74°C, que es la temperatura a la que sale de la etapa de cocimiento, hasta una temperatura de 0 a 4°C, dependiendo del calibre de la salchicha. Con el fin de lograr el enfriamiento se utiliza un sistema de refrigeración indirecta. El agua o salmuera se enfrían por un

refrigerante de expansión directa en un enfriador de líquido y después es bombeado a través de tuberías apropiadas hacia el espacio (horno o marmita según el caso) para el enfriamiento de la salchicha. (SECOFI, 2000)

- *Depilado o cortado*

El objeto de esta etapa es la de separar a las salchichas. Cuando se habla de depilado, se habla de quitar la tripa de celulosa a través de la succión, por medio de una peladora con el fin de empacar el producto sin la tripa. Las variables a controlar son la temperatura que no debe ser mayor a 6°C y el corte con la navaja que desprende la tripa. (SECOFI, 2000)

- *Empacado*

En esta etapa las variables de control son: la temperatura, la cual no debe sobrepasar los 8°C, el vacío de los paquetes o bolsas y de especial importancia, el manipuleo del producto que deberá evitarse lo más posible. El manipuleo del producto representa un foco de contaminación por microorganismos, puesto que el producto se pone en contacto directo con las manos de operadores. (SECOFI, 2000)

1.2.21. Ingredientes comunes de salchichas

Los ingredientes de salchichas varían significativamente por su tipo, sin embargo se describe a continuación los más comunes:

1.2.21.1. *Carne*

Se define carne como, la masa muscular de los animales de sangre caliente que se emplea para consumo humano; sin embargo se puede definir también como los tejidos animales que pueden emplearse como alimento. Entre estos se encuentran los de bovinos, porcinos, aves, pescados y mariscos. Dependiendo de la procedencia de la

carne, se presenta diferente coloración, de ahí puede clasificarse la carne en roja, avícola, marina y de caza.

La carne se compone de 17,5% de proteína, 22% de grasa, 60% de agua y 0,5% de cenizas. Los tres componentes principales de la carne son el agua, la proteína y la grasa. El músculo esquelético tiene una composición de entre 71 a 76% de agua, entre 17 y 21% de proteínas, de 1 a 7% de grasa y 2,5 a 3% de sustancias solubles no nitrogenadas (SECOFI, 2000; citando a Price y Schweigert, 1976; Lawrine, 1985)

El agua es el más abundante de la carne, generalmente el contenido de humedad va en una relación de 3,5 a 3,7 veces mayor a la proteína. El agua juega un papel muy importante en el procesamiento de carnes debido a que, tanto en productos emulsionados como en el caso de ciertas carnes curadas, es necesario añadir agua o salmuera. La pérdida de agua puede ser perjudicial en cuanto a rendimientos, pero es necesaria en el caso de productos cárnicos deshidratados. (SECOFI, 2000)

Los tipos proteína de la carne influyen en la formación de las salchichas. Seguidamente se describe el efecto de las proteínas en el procesamiento de salchichas:

a. Tipo de proteína

Las diversas propiedades tecnológicas de las proteínas cárnicas juegan un papel importante en los productos cárnicos emulsionados. Entre las diversas proteínas de este tipo, las miofibrillas tienen las mejores propiedades emulsionantes. Su alta solubilidad e interacciones con otros compuestos afectan positivamente la capacidad de unión al aceite, capacidad de retención de agua, estabilidad, viscosidad, densidad y otras características de la emulsión. Las proteínas miofibrilares también participan en la formación de gel promovida por el tratamiento térmico. La gelificación contribuye al desarrollo de texturas y sistemas de agua / aceite estabilizados en los productos cárnicos emulsionados (Barbut citando a Zorba 2006). Por otra parte, el efecto de las proteínas sarcoplásmicas sobre la emulsificación es relativamente bajo, según lo informado por

Zorba (2006). El efecto de las proteínas del tejido conectivo en la emulsificación es insignificante. (Barbut, 2015)

La formación de emulsión de carne incluye la activación de la mayoría de las proteínas presentes en el músculo interrumpiendo el sarcolema para liberar miosina y actina, posteriormente solubilizadas por sales y fosfatos. Las proteínas miofibrilares, con estructuras fibrosas, se convierten en un fluido viscoso durante la activación de la proteína. Este fluido es responsable de la emulsión de grasa y la inmovilización de agua añadida. Cambiar las proteínas fibrosas en un fluido viscoso es relativamente fácil con carne de cerdo y pollo, pero más difícil con la carne de vacuno y cordero (Barbut citando a Feiner 2006).

Esto se debe a que las diferentes especies animales pueden presentar una gran variedad de características proteicas, probablemente debido a efectos de interacción (Zorba 2006). Estas diferencias en las propiedades funcionales también pueden derivarse de factores intrínsecos tales como la estructura de proteínas, la masa molecular y la composición de aminoácidos (Barbut 2015, citando a Liu y otros 2008).

b. Proteínas miofibrilares

En cuanto a las proteínas de la carne cabe mencionar a las proteínas miofibrilares (o miofibrillas), fibras musculares son el componente de mayor tamaño y el más abundante en el músculo. Generalmente, las materias primas cárnicas más caras son aquellas que contienen proteína miofibrilar (o contráctil) en abundancia, pues dichas proteínas ejercen una función muy importante en el procesamiento de carnes. Las proteínas miofibrilares a diferencia de otras proteínas se solubilizan en soluciones salinas concentradas, y son insolubles en ausencia de sal. En presencia de cloruro sódico, se tornan solubles y son capaces de absorber agua en abundancia. Es esta capacidad de volverse solubles en presencia de sal que les confiere un valor muy especial en la manufactura de productos cárnicos. (SECOFI, 2000)

Es el caso de los productos emulsionados, al añadir sal y agua a la carne magra durante el picado solubiliza la proteína miofibrilar. Una vez solubilizada la proteína miofibrilar es capaz de encapsular la grasa, impidiendo que se desprenda del producto durante el cocimiento. (SECOFI, 2000)

c. Proteínas sarcoplásmicas

Las proteínas sarcoplásmicas son endo-celulares e hidrosolubles. Constituyen la masa fluida que baña a las miofibrillas, proporcionándoles energía y capacidad de sintetizar proteína, y haciendo posible la eliminación de ciertos desechos metabólicos. Las proteínas sarcoplásmicas se encuentran en el fluido que se desprende de la carne durante el proceso de descongelación. Existe una gran variedad de proteínas sarcoplásmicas en el músculo, todas ellas presentes en pequeñísimas cantidades. La mioglobina es una de las proteínas sarcoplásmicas de importancia ya que está asociada con el color de los productos. La porción hemo de la mioglobina tiene un sitio activo en el que se ligan diferentes componentes tales como el oxígeno y el óxido nítrico, que imparten diferentes colores a la carne. (SECOFI, 2000)

d. Proteínas del tejido conjuntivo

Las proteínas del tejido conjuntivo muscular transmiten al esqueleto el movimiento que genera la contracción de las proteínas miofibrilares, en virtud de ello son muy duras y resistentes. De aquí que la carne de las extremidades y la de los animales viejos es dura, aunque si se pica finamente puede ser utilizada para fabricar embutidos. (SECOFI, 2000)

El exceso de colágeno, no es muy recomendable ya que aunque es una proteína estructural, a diferencia de las proteínas miofibrilares no se solubiliza en soluciones salinas concentradas. Al calentarse, el colágeno se suaviza volviéndose fluido. Estas propiedades obstaculizan la formación de emulsiones, por lo cual materias primas como la papada y el cachete tiene un valor de ligazón muy bajo. Otra característica del colágeno, es que al deshidratarse se endurece; por lo cual las tripas colagénicas, presentan características de resistencia ideales para la protección de productos embutidos. (SECOFI, 2000)

e. Solubilidad de las proteínas

Las propiedades funcionales de las proteínas a menudo se ven afectadas por la solubilidad de la proteína, especialmente en el caso del hinchamiento, espumado, emulsificación y gelificación. Las proteínas insolubles tienen un uso muy limitado en alimentos. La solubilidad de una proteína es la manifestación termodinámica del equilibrio entre las interacciones proteína-proteína y solvente-proteína, que a su vez dependen de la hidrofobicidad y naturaleza iónica de las mismas. Las interacciones hidrofóbicas promueven las interacciones proteína-proteína que inciden en una disminución de la solubilidad, mientras que las interacciones iónicas promueven la relación proteína-agua que provoca un aumento de la solubilidad. (Badui, 2006)

A continuación se mencionan las cuatro categorías en que se clasifican las proteínas de acuerdo con las características de solubilidad: Albúminas son las que se solubilizan en agua a pH 6.6 (albúmina sérica, ovoalbúmina, y alfa-lacto albúmina). Globulinas son las solubles en soluciones salinas diluidas a pH 7.0 (glicinina, faseolina y beta-lactoglobulina). Glutelinas son las solubles en soluciones ácidas (pH 2) y alcalinas (pH 12) (glutelinas de trigo). Prolaminas son las solubles en etanol al 70% (zeína, gluten de maíz y las gliadinas del trigo).

Cabe mencionar que tanto las prolaminas como las glutelinas son proteínas altamente hidrofóbicas. La solubilidad de las proteínas se afecta por las condiciones de la solución, como el pH, la fuerza iónica, la temperatura y la presencia de solventes orgánicos, además de las propiedades fisicoquímicas intrínsecas de las moléculas. (Badui, 2006) A continuación se detallan algunos efectos:

- Solubilidad y pH: en los valores de pH por arriba y por debajo del pH isoeléctrico, las proteínas tienen una carga neta positiva o negativa, respectivamente. En el punto isoeléctrico las proteínas presentan una solubilidad mínima. (Badui, 2006)
- Solubilidad y fuerza iónica: en una fuerza iónica baja, los iones neutralizan la carga en la superficie de la proteína, como en la soya. El descenso de la solubilidad es causado

porque se incrementan las interacciones hidrofóbicas, en tanto mayor solubilidad se debe a un descenso en la actividad iónica de la molécula. (Badui, 2006)

- Solubilidad y temperatura: a un pH y fuerza iónica constante, la solubilidad de muchas proteínas generalmente se incrementa sometiendo a una temperatura entre 0-40°C. Se presentan excepciones cuando las proteínas son altamente hidrofóbicas. El aumento de energía térmica causa despegamiento de proteínas (desnaturalización), ya que los grupos no polares son expuestos, se da agregación y precipitación de proteínas, y por lo tanto la solubilidad disminuye. (Badui, 2006)

f. Según el tipo de corte

Barbut (2015), citando a Feiner (2006) explica que la dureza de la carne, como resultado de la variación del grosor de la fibra entre el tipo de carne y los cortes, también está relacionada con la variación de la solubilidad de la proteína dentro de la misma especie animal. Las características finales de un producto de carne emulsionada son debidas al tipo de músculo. Esto se observa por el hecho de que la miosina extraída de un músculo rojo produce consistentemente geles débiles, en comparación con las proteínas obtenidas a partir de los músculos blancos. También se informa que los geles fabricados con proteínas miofibrilares de la pierna de gallina (rojo) tienen módulos de almacenamiento más bajos, en comparación con los geles fabricados con proteínas de pechuga de pollo; esta variación en los módulos de almacenamiento fue independiente del pH, la fuerza iónica o el contenido de antioxidantes. (Barbut, 2015)

La dureza o ternura es uno de los atributos más importantes de la calidad de la carne. (Amerling, citando a Lawrie, 1986). Este atributo no es tan variable en la carne de cerdo como en la de vacuno. Los principales componentes de la carne que contribuyen a su ternura o dureza son el tejido conectivo, las fibras musculares y los lípidos asociados al tejido muscular, aunque estos últimos son de menor importancia en tal aspecto. (Amerling, 2001; citando a Smith et al, 1978)

- *Agua*

Aunque el músculo ya contiene una gran cantidad de agua (entre 60-70%) frecuentemente se agrega agua adicional en carnes procesadas por razones de funcionalidad. El agua es un solvente por excelencia de muchos compuestos diferentes, por esto puede disolver y uniformar la distribución de otros ingredientes no cárnicos y también sirve para solubilizar a las proteínas de la carne. (SECOFI, 2000).

La distribución es muy importante para ingredientes como las sales de curación que se utilizan en cantidades muy pequeñas. La solubilización de las proteínas de la carne es crítica para obtener un buen comportamiento de la emulsión y para las propiedades de liga de carne. El agua adicionada puede contribuir a una placentera suavidad y buena calidad en la boca, mientras que demasiada agua volverá al producto suave y pastoso.

Comúnmente se utiliza para compensar las pérdidas por evaporación durante la cocción, aumenta la jugosidad y reduce el contenido de grasas en los productos. Esto último refleja la tendencia de combinar el agua con ingredientes tales como gomas hidrolípidos y almidón. La cantidad de agua añadida en los productos embutidos, está regulada en muchos países; y en general es el componente principal de carnes frescas y procesadas, que va de 40 al 80%. La mayor parte de la humedad la genera la porción de la carne magra. (Barbut, 2015)

Ya que la adición del agua es un medio de controlar los rendimientos, se deberán llevar registros cuidadosos del agua adicionada con los rendimientos asociados para obtener rendimientos máximos. El uso de hielo o una mezcla de agua y hielo tienen la ventaja adicional de efectuar un control de temperatura (SECOFI, 2000). El agua puede implicar algunos problemas potenciales, si es agua dura o con fuentes de agua que contengan nitratos y nitritos, estos últimos pueden inducir a cambios de color indeseables. Además la presencia de metales pesados acelera la rancidez de la grasa (SECOFI, 2000).

- *Sales*

Varios tipos de sales pueden añadirse a productos cárnicos, la más común es la sal de mesa; el cloruro de sodio que se usa como saborizante, agente para solubilizar proteínas,

y agente antimicrobiano. Los fosfatos otro grupo de sales ayudan a la extracción y solubilización de proteínas. Entre otras sales se incluyen el nitrito de sodio (como preservante) y aceleradores de cura como eritorbato de sodio y ascorbato. (Barbut, 2015)

a. Cloruro de sodio

El cloruro de sodio provee el sabor distintivo a salado. Químicamente, parece que los cationes producen sabores salados, mientras que los aniones inhiben los sabores salados. Entre los aniones, Cl^- es el menos inhibidor del sabor salado y no posee un sabor propio. (Barbut 2015; citando a Sebranek y Bacus, 2007).

El cloruro de sodio está involucrado en la extracción de las proteínas solubles, mayormente miosina y actina; que son importantes para formar emulsiones cárnicas debido al aumento de la retención de agua. Estas proteínas también ayudan a unir la humedad (aumentando la capacidad de retención de agua), ayudan a emulsionar las partículas de grasa en los productos triturados y aumentan la viscosidad de la masa de carne cruda. Posteriormente, estas proteínas extraídas coagulan y unen tanto las partículas de carne (importantes para mantener el producto junto) como la humedad para formar una matriz coherente que es importante para la textura así como la retención de grasa durante el proceso de calentamiento. La tercera función del cloruro de sodio es que disminuye el crecimiento microbiano. (Barbut, 2015)

b. Nitritos y nitratos

Entre las funciones de los nitritos y nitratos se encuentra que estos inhiben la germinación de esporas de *Clostridium Botulinum*, siendo el compuesto activo el óxido nítrico (NO). Estos contribuyen con el desarrollo del color rosado típico de curado. La mioglobina reacciona con óxido nítrico y produce nitroso mioglobina que con el calor produce nitrosohemocromo un compuesto estable de color rosado. Otra de sus funciones es la acción protectora que ejerce contra la oxidación lipídica. Y el sabor característico a curado que proporciona. (Barbut, 2015)

c. Fosfatos

Las sales de ácido fosfórico pueden trabajar en conjunto con el cloruro de sodio para incrementar la extracción de proteína, que a su vez mejora la capacidad de retención de agua y reduce el encogimiento durante la cocción. Fosfatos alcalinos como tripolifosfatos son los más comunes. Los fosfatos son usados para incrementar las propiedades físicas y sensoriales de los productos. Ayudan a la extracción de proteínas solubles y por consiguiente incrementan la capacidad de retención de agua y la vinculación de partículas de carne. Alejan el pH del punto isoeléctrico de las proteínas musculares. Por lo tanto permiten más cargas en las cadenas laterales de aminoácidos, esto resulta en el incremento de la repulsión entre proteínas, que crea más espacio para las moléculas de agua en los sitios para la unión de agua. Estabiliza la emulsión cárnica debido a su estructura hidrofílica/ hidrofóbica. Además disminuye la oxidación por el efecto quelante del fosfato, que retiene iones metálicos. (Barbut, 2015)

En general, los fosfatos actúan en un sistema de alimento / carne como polianiones que aumentan la fuerza iónica, controlan el pH por amortiguación y secuestran iones de carne. Varios investigadores han implicado un efecto mayor a las interacciones iónicas de los fosfatos en la retención de agua, se atribuye dicho efecto a la disociación actomiosina en la actina y la miosina. (Barbut, 2015)

d. Ascorbato de sodio y eritorbato de sodio

También actúan como aceleradores de curado, se añaden para aumentar la velocidad a la que el nitrito se reduce a óxido nítrico en una solución acuosa. En un sistema de carne, algunas de las enzimas del músculo ayudan a reducir el nitrito. Sin embargo, con el fin de acelerar la conversión a óxido nítrico, se añaden aceleradores de curado que promueven condiciones reductoras. De igual forma aceleran la reducción de meta mioglobina a la mioglobina. Esto es especialmente importante en las líneas de producción de salchichas continuas, donde el objetivo del procesador es comenzar a cocinar el producto dentro de una hora de mezcla y agregar los ingredientes sin carne. (Barbut, 2015)

- *Espicias*

Las especias son utilizadas como saborizantes y colorantes, algunas también aportan acción antimicrobiana/ antioxidante. En muchos casos, también se usan para mejorar la apariencia. Algunas especias pueden ser: semillas de nuez moscada, mostaza, hojas de tomillo, bulbos de ajo y cebolla, paprika de pimiento, frutas, flores de claro de olor, corteza de canela, y raíces de jengibre entre otras. Las especias pueden añadirse en diferentes formas dependiendo del producto, la apariencia deseada etc. En la mayoría de las aplicaciones comerciales se añaden secos o después de un tratamiento térmico porque son entonces más fáciles de manejar, vida útil alargada, enzimas inactivadas que pueden producir sabores / colores. En general, las especias pueden añadirse antes o después de estar secos, enteros o molidos, o extractos. (Barbut, 2015)

- *Emulsión*

Productos cárnicos que son finamente triturados, son referidos como emulsiones cárnicas, están básicamente compuestos de proteína, grasa, agua y sal. Productos en esta categoría son producidos con diferente carne y productos no cárnicos (como sal, proteínas, almidón). La estructura básica de un producto triturado es básicamente glóbulos de grasa dispersos en una matriz proteica. La matriz tiene una estructura que puede ser descrita como una esponja donde existen muchos espacios que confinan agua. La matriz proteica representa la principal estructura del producto que retiene el agua, grasa y demás componentes. Consiste en las proteínas solubles en solución salina, y pequeñas partículas de musculo intacto y fibras de colágeno. (Barbut, 2015)

En el molido o emulsionado, dependiendo del tipo de proceso, se extraen las proteínas solubles y se reduce el tamaño de las partículas de grasa y músculos insoluble; para obtener una dispersión en equilibrio. Debido a que el tamaño de las partículas/glóbulos de grasa está sobre 20 micrómetros, estos productos no pueden clasificarse como verdaderas emulsiones y por lo tanto las fuerzas que gobiernan una verdadera emulsión no pueden explicar su entera estabilidad. (Barbut, 2015; citando a Acton et al., 1983; y Barbut et al., 1996)

a. Formación y estabilidad de emulsiones

Existe una serie de factores que afectan la formación y estabilidad de las emulsiones cárnicas, como son: temperatura durante la emulsificación, el tamaño de las partículas de grasa, pH, cantidad y tipo de proteínas solubles presentes y viscosidad de la emulsión. Durante el picado y mezclado, la temperatura aumenta por la fricción que se da con la cuchilla de la máquina por lo que se produce la desnaturalización de proteínas, aumenta la viscosidad y las partículas de grasa se funden; para evitarlo se adiciona hielo y lograr una temperatura controlada. (Amerling, 2001)

Se utiliza normalmente sal, para facilitar la extracción de proteínas solubles, que proveen estabilidad a la emulsión. Otro factor que contribuye a la extracción es un pH alto, por lo que es aconsejable el uso de carne en pre rigor mortis, ya que es donde el pH es mayor. Las proteínas miofibrilares tienen mayor capacidad como agentes emulsificantes que las proteínas sarcoplásmicas. En lo que se refiere a ingredientes de los embutidos, se debe tomar en cuenta su capacidad de ligar agua y de emulsificar. El colágeno y las proteínas del tejido conectivo, contribuyen en gran parte a la ligazón del agua durante la mezcla y emulsificación del embutido. (Amerling, 2001)

La relación humedad/proteína, de diferentes ingredientes cárnicos es una guía para determinar la calidad del producto final. Comparando las propiedades de ligazón versus la relación de humedad/ proteína de diferentes partes cárnicas, carnes con bajas relaciones (es decir con mayor cantidad de proteínas que humedad) generalmente dan excelentes resultados en las formulaciones de embutidos. Las grasas son de importancia en los productos cárnicos procesados, ya que le imparten jugosidad y suavidad al embutido. Existen además otros ingredientes no cárnicos que se agregan al producto con el fin de actuar como ligantes, ayudar a la formación y estabilidad de la emulsión, realzar sabor, disminuir costos, facilitar en corte y evitar el encogimiento durante el cocido. (Amerling, 2001)

Entre los ligantes, se usan productos con alto contenido en proteínas como sólidos lácteos y proteínas de soya (aislados o texturizados). Como estabilizantes se usan los

almidones modificados de diferentes cereales. Algunos condimentos se adicionan para proporcionar diferentes sabores, con la ventaja de que algunos tienen características antioxidantes y bactericidas. (Amerling, 2001)

- *Extensores*

Los extensores incluyen diferentes ingredientes que se pueden emplear para incrementar las propiedades de liga de una mezcla de carne y obtener una ventaja económica. Algunas ventajas es que se mejora la estabilidad de la emulsión y mejora la textura del producto. Muchos de estos materiales son fuertes fijadores de agua; un hecho que debe mantenerse en la mente cuando se utilizan emulsiones. Puede ser mejor adicionarlos a la mezcla con el último ingrediente, de manera que no puedan absorber agua y evitar que esta cumpla con alguna de sus importantes funciones durante la etapa de picado o formación de emulsión. (SECOFI, 2000).

Entre los extensores más utilizados se mencionan los siguientes:

- a. Almidón

El almidón es probablemente uno de los carbohidratos más utilizados en la industria cárnica debido a su disponibilidad y beneficios económicos. El almidón se extrae principalmente de cereales, tubérculos y frutas. Cada una de sus formas posee características independientes que condicionan su aplicación en la industria alimentaria, ya que influyen en las propiedades reológicas y sensoriales, porque son hidratables y además presentan gelatinización a ciertas temperaturas. Si alguna de las dos variables anteriores no está dentro de control, existe el riesgo de no cumplir los requisitos deseados. (SECOFI, 2000)

Otra manera de empleo de estos es como almidones modificados. Esta forma ofrece una mejor estabilidad del almidón a pH ácido, menor retrogradación, resistencia al congelado y descongelado, además de incrementar la vida de anaquel de los productos en los que se utiliza. La gelificación de un almidón nativo (como le maíz ceroso) se inicia a los 80°C y alcanza una viscosidad máxima a los 90°C. En contrapartida, el mismo tipo de almidón de maíz ceroso sometido a un proceso de modificación idóneo para productos cárnicos

puede alcanzar una temperatura de gelificación de 58°C y una viscosidad máxima a una temperatura de 68°C.(SECOFI, 2000)

En general se puede decir que las siguientes son las razones de aplicación de los almidones: absorben agua y son agentes ligantes, mejora textura (firmeza cohesión, jugosidad) de los productos cárnicos; reduce los costos; disminuye las pérdidas de cocción, reduce el encogimiento y retiene la humedad; reduce el contenido de grasa en el producto. Los almidones son utilizados principalmente para modificar o generar viscosidad a través de su capacidad de ligazón, como agentes texturizante, en el aspecto sensorial (sabor, textura, jugosidad, color) además de mejorar el rendimiento. En los puntos más importantes a controlar, quizá el más significativo es el de cocimiento, dado que este punto representa la máxima aplicación o ventaja técnica.

En el cocimiento es donde se conjuga la máxima absorción de agua, expansión del gránulo y aumento de volumen siempre y cuando se tenga controlada la temperatura en el mismo. Si se llegara a sobrepasar el punto de cocimiento por un excesivo calentamiento, el gránulo hinchado se rompería parcialmente, afectando la amilopectina y amilosa que fuertemente hidratadas vierten su contenido al producto de una manera inconveniente, resultando la sinéresis, es decir, el desprendimiento de agua causado por la retrogradación de la amilosa. (SECOFI, 2000)

En el caso de las emulsiones de carne el ligador influye en la ligazón y dispersión de la grasa en la mezcla. Si el almidón no retiene la humedad durante el procesamiento y la cocción, la carne y la grasa tenderán a separarse, lo que resultará en un producto no apetecible de textura granulosa. Desde otro punto de vista, las propiedades que se buscan en un almidón idóneo para productos cárnicos son: la capacidad de ligazón y estructuración; estabilidad en ciclos de congelación, descongelación y prevención de desprendimiento de líquidos (sinéresis); capacidad de impartir succulencia; capacidad de impartir textura; y capacidad de mejorar los rendimientos. (SECOFI, 2000)

Los almidones de maíz, ayudan a mantener una masa de carne con excelente adhesividad en productos emulsionados y reestructurados; aumentan la retención de humedad y jugosidad mantiene la textura aún en altas temperaturas de proceso y en

producto terminado presenta una textura firme y una reducción en el encogimiento. Por otra parte los almidones de papa se pueden aplicar a una gran variedad de productos cárnicos como jamones, salchichas y para obtener productos bajos en grasa. Aumenta el rendimiento, los productos presentan excelente ligazón y retención de agua, y pueden ser congelados sin presentar daños posteriores. En las salchichas bajas en grasa con almidón de papa se observaron menores pérdidas durante la cocción y el almacenamiento a temperatura de refrigeración. (SECOFI, 2000)

e. La soya

El valor de la soya radica en que es de los pocos productos de origen vegetal que contiene alto contenido de proteína (40-48% en el grano entero) y que además posee un excelente balance de aminoácidos que hace que tenga un valor nutritivo alto. La principal manera en que la industria procesadora de productos cárnicos utiliza la soya es en forma de proteína texturizada, seguida por concentrados y aislados proteicos. La proteína texturizada de soya (PTS) también es ampliamente utilizada para sustituir y abaratar las formulaciones para la elaboración de productos cárnicos procesados. (SECOFI, 2000)

La cantidad generalmente utilizada varía de un 5% hasta 12,5% sin cambiar los atributos organolépticos de los productos. Con niveles mayores se empieza a detectar el sabor a soya y se pierde un poco la textura del producto. Un concentrado contiene 70% como mínimo de proteína, y un aislado tiene más de 90%. A diferencia de la PTS los concentrados y aislados son incoloros e insípidos. Las proteínas de soya tienen que ser hidratadas antes de usarse, esto quiere decir que tienen que ser agregadas en la primera parte de la mezcla con agua y energía mecánica suficiente para lograr su óptima función. Las ventajas de utilizar proteína texturizada de soya son: la disminución de mermas de cocimiento; mayor rendimiento; mantenimiento del contenido proteico del producto terminado; productos más húmedos y jugosos; y reducción de costos. (SECOFI, 2000)

Uno de los problemas que debe evitarse es el de hacer la mezcla de carne y proteínas de soya demasiado pegajosa, puesto que esto causará problemas en el producto final. Esto puede ocurrir cuando el tiempo de mezclado es muy prolongado; cuando los fosfatos y la sal se agregan en una etapa muy temprana del mezclado, o si los niveles de estos

son muy elevados. Lo anterior provoca que la extracción de las proteínas sea mayor que la que se requiere y la carne se vuelva demasiado funcional, adquiriendo la textura pegajosa. Otra causa de una mezcla viscosa es cuando se agrega un nivel alto de proteína de soya, con características gelificantes, puesto que algunas proteínas se tienen que añadir en forma pre hidratada. (SECOFI, 2000)

1.2.22. Factores que afectan las emulsiones cárnicas

Los factores que favorecen la estabilidad de la emulsión son: (a) baja tensión interfacial, que facilita el mantenimiento de una gran área interfacial; (b) alta viscosidad superficial y/o una película interfacial mecánicamente fuerte actuando como una barrera contra la coalescencia (la adsorción de sólidos pequeños mejora esta propiedad); (c) gran doble capa eléctrica/ o repulsión estérica que evita colisiones y agregación, por lo que no ocurre coalescencia; (d) fuerza de atracción de dispersión pequeña que disminuye la agregación y coalescencia; (e) pequeño volumen de la fase dispersa, que reduce la frecuencia de colisión y agregación; (f) glóbulos pequeños, en caso de que tengan interacciones electrostáticas o estéricas; (g) una pequeña diferencia de densidad entre fases, reduciendo la velocidad de cremación y sedimentación, reduce por tanto las colisiones y la agregación; (h) y una alta viscosidad, reduciendo la cremación y la velocidad de coalescencia. (Barbut 2015; citando a Schramm, 2005)

1.2.23. Mecanismos de desestabilización de la emulsión

La velocidad a la que una emulsión pierde su estabilidad, así como los mecanismos que conducen a esta degradación, depende de la composición de la emulsión y la microestructura y los factores ambientales a los que está expuesto, tales como temperatura, agitación mecánica y otras condiciones de almacenamiento. Los principales mecanismos de desestabilización de la emulsión son la cremación, la floculación y la coalescencia. Los cambios estructurales ocurren en la emulsión durante la floculación y la cremación, pero la distribución del tamaño del glóbulo no se altera; por el contrario, durante la coalescencia, la distribución del tamaño del glóbulo cambia con el tiempo (Barbut, 2015; citando a Tcholakova y otros 2006).

a. Cremación

Este es un fenómeno de separación gravitacional que ocurre en emulsiones cuando los glóbulos de menor densidad que la fase líquida circundante son desplazados a la parte superior de la emulsión. La densidad de la mayoría de los aceites en estado líquido es menor que la densidad del agua; debido a esto, el aceite tiende a acumularse en la parte superior y el agua en el fondo (Barbut 2015; citando a McClements 2005).

Por lo tanto, los glóbulos en una emulsión (de tipo fase oleosa dispersa en fase acuosa) tienden a cremar. La velocidad de cremación sigue la ley de Stokes, es directamente proporcional al tamaño del glóbulo de fase dispersa, e inversamente proporcional a la viscosidad de fase continua o dispersante. En el caso de las emulsiones de carne, cuanto menor es el tamaño del glóbulo graso, más estable es la emulsión formada (Barbut 2015; citando a Nawar 1993).

f. Floculación

La floculación es el proceso en el que dos o más glóbulos se acercan para formar un agregado, pero los glóbulos mantienen su integridad individual. Es el resultado de la eliminación de la carga eléctrica y la subsiguiente inhibición de las repulsiones electrostáticas. Los glóbulos se fusionan pero permanecen separados por una fina capa de fase continua. El número de agregados de glóbulos aumenta a medida que avanza la floculación y, por lo tanto, la velocidad de sedimentación también aumenta. Los glóbulos se mueven como un grupo y no individualmente. La floculación implica la interrupción de la película interfacial que rodea al glóbulo; por lo tanto, no se esperan cambios en el tamaño del glóbulo original (Barbut 2015, citando a McClements 2005).

g. Coalescencia

Es inducida por la ruptura de la película delgada que separa glóbulos vecinos. Se trata de un proceso aleatorio que da lugar a varias consecuencias: (a) la probabilidad de coalescencia, cuando se produce, es proporcional al tiempo en que los glóbulos permanecen próximos entre sí; (b) es un proceso que en principio depende del tiempo concentración; y (c) la probabilidad de disrupción de la película es proporcional a su área; esto significa que a medida que el área aumenta, los glóbulos se aplanan cuando se

acercan, promoviendo la coalescencia. Los glóbulos de grasa generalmente presentes en las emulsiones alimenticias no se vuelven planos debido a que la presión de Laplace es demasiado alta. (Barbut, 2015)

II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La Secretaría de Integración Económica Centroamericana (SIECA) (2017), en su foro “Mejorando para competir: Perspectiva Nacional y Regional de competitividad” indicó que Guatemala es el principal país en exportación de la industria avícola, tiene como participación relativa del 38,10% de este sector en Centroamérica. En la industria avícola, figuran los embutidos y productos similares de carne de aves. Además Central América Data, en junio del 2017, mencionó a Guatemala como el principal vendedor de embutidos en la región durante este mismo año.

Estas cifras manifiestan que la industria guatemalteca dedicada a la producción de salchichas y embutidos está en constante crecimiento en sus diferentes áreas como en desarrollo de productos e innovación, por lo que es necesario también atender las necesidades de calidad. Una vez se tiene asegurada la inocuidad del producto, la principal exigencia del consumidor se orienta a los aspectos cualitativos, por lo que el obtener productos con características sensoriales específicas es el reto que deben alcanzar las empresas.

En consecuencia es necesario el establecer parámetros de calidad para el procesamiento de salchichas que permitan obtener un producto uniforme, o como lo espera el consumidor, y al mismo tiempo se deben reducir los productos fuera de especificación así como los desechos y las causas de reproceso.

Las empresas más que cumplir y controlar sus estándares de calidad, requieren el llevar a cabo una mejora constante con el establecimiento de indicadores de desempeño que les permitan orientar sus acciones, por lo cual para el desarrollo de este trabajo de tesis, se planteó la interrogante de si es posible estandarizar los parámetros de calidad de las salchichas a través del uso de herramientas de calidad.

2.1. Objetivos

2.1.1. Objetivo general

Estandarizar los parámetros de calidad para el procesamiento de salchichas en una línea de productos cárnicos embutidos.

2.1.2. Objetivos específicos

1. Determinar las principales no conformidades de los parámetros de calidad en las salchichas.
2. Identificar los principales aspectos que inciden en las no conformidades de los parámetros de calidad organolépticos de las salchichas.
3. Disponer de herramientas que permitan la mejora continua de los parámetros de calidad de la línea de salchichas.
4. Delimitar parámetros de calidad para el producto obtenido en la línea de procesamiento de salchichas.
5. Recomendar acciones en la línea de salchichas para mejorar los aspectos que influyen en las principales no conformidades de los parámetros de calidad.

2.2. Variables

2.2.1. Variables independientes

- Frecuencias de no conformidades
- Frecuencia de causas de no conformidades (O)
- Severidad de no conformidades (S)
- Detección de causas de no conformidades (D)
- Orden de adición de los ingredientes
- Pesaje de ingredientes
- pH de la pasta
- Temperaturas en formación de la pasta

2.2.2. Variables dependientes

- Clasificación de no conformidades
- Clasificación de causas de no conformidades
- Importancia Relativa Total del DFC
- Número de Prioridad de Riesgo (NPR)
- Color de la salchicha
- Textura de la salchicha

2.3. Definición de variables

2.3.1. Variables independientes

Tabla No. 1 Definición de variables independientes

Variable independiente	Definición conceptual	Definición operacional	Indicador
Frecuencia de <i>no conformidades</i>	Número de veces que se repite un proceso periódico por unidad de tiempo. (RAE) La posibilidad con la que se espera que ocurra cada una de las causas potenciales de falla del proceso. (Gutiérrez y de la Vara, 2013)	La frecuencia es el número de veces que se repite una <i>inconformidad</i> de salchichas en el intervalo de tiempo evaluado.	Frecuencias de las <i>no conformidades</i>
Frecuencia u ocurrencia de <i>causas</i> de no conformidades (O)	Número de veces que se repite un proceso periódico por unidad de tiempo. (RAE) La posibilidad con la que se espera que ocurra cada una de las causas potenciales de falla del proceso. (Gutiérrez y de la Vara, 2013)	La frecuencia es el número de veces que se repite una <i>causa de inconformidad</i> en salchichas en el intervalo de tiempo evaluado.	Frecuencias de las <i>causas de no conformidades</i> .
Severidad de no conformidades (S)	Representa la gravedad para el cliente o para una operación posterior, una vez que la falla ha ocurrido. (Gutiérrez y de la Vara, 2013)	Es la gravedad de la no conformidad o fallo de especificaciones de la salchicha.	Se evalúa en una escala de 1 a 10, siendo 1 la severidad mínima.

Variable independiente	Definición conceptual	Definición operacional	Indicador
Detección de causas de inconformidades (D)	Se refiere a la posibilidad de que los controles actuales del proceso descubran el modo de falla o su causa. (Gutiérrez y de la Vara, 2013)	Es la posibilidad de que los controles actuales del proceso descubran la causa de la inconformidad.	Se expresa en una escala de 1 a 10, siendo el 1 el más preventivo.
Orden de adición de ingredientes	Es la colocación de las cosas en el lugar que les corresponde; y la buena disposición de las cosas entre sí. (Real Academia Española [RAE])	Aplicado a la adición de ingredientes es el orden en que se añaden durante el mezclado de las salchichas, y el que debe realizarse de acuerdo a la funcionalidad para poder interactuar y reaccionar conforme a los requerimientos esperados.	Se indica por una enumeración.
Peso	Es una medida física que relaciona directamente la masa con la fuerza de gravedad.	Es el contenido neto de un producto, se entiende como la masa del producto.	Es expresado en gramos (g) unidades del Sistema Internacional (SI).
pH	Se define como el logaritmo negativo de la concentración de protones.	Es uno de los principales parámetros a considerar para verificar la calidad de las salchichas, porque afecta varias de sus cualidades (color, capacidad de retención de agua de la pasta cárnica, solubilidad de proteínas, etc.).	Se indica en una escala de 0 a 14. Un valor por debajo de 7 se considera ácido y uno por encima se considera alcalino o básico.
Temperatura	Es el grado mayor o menor de calor que se presenta como consecuencia del equilibrio entre la producción y pérdida de calor.	La temperatura de la pasta influye en la formación y estabilidad de la emulsión cárnica, debido a que puede provocar la fusión de las grasas y desnaturalización proteica.	Se mide en el SI empleando una escala en grados Celsius (°C).

Fuente: elaboración propia (2018)

2.3.2. Variables dependientes

Tabla No. 2 Definición de variables dependientes

Variable dependiente	Definición conceptual	Definición operacional	Indicador
Clasificación de no conformidades	Clasificar se define como ordenar o disponer un conjunto de elementos con caracteres comunes. (RAE)	Es ordenar o disponer las <i>no conformidades</i> con las características comunes.	El nombre de la clasificación.
Clasificación de causas de las no conformidades	Clasificar se define como ordenar o disponer un conjunto de elementos con caracteres comunes. (RAE)	Es ordenar o disponer las <i>causas de no conformidades</i> con las características comunes.	El nombre de la clasificación.
Porcentaje de frecuencias de los Pareto	Un porcentaje es la proporción que toma como referencia el número 100. (RAE)	El porcentaje de frecuencias, es la proporción que representa del total de frecuencias en una escala de 100.	% de frecuencias
Importancia relativa del DFC	Es el número que indica en dónde deben enfocarse los requerimientos técnicos durante el proceso de elaboración de un producto. De la metodología de Despliegue de Función de Calidad (DFC).	Indica el paso del proceso de mayor prioridad o el que más interesa. Y en dónde se generan las causas las inconformidades con especificaciones de las salchichas.	El indicador es el número que describe la prioridad y relación de la causa de inconformidad con un determinado paso del proceso.
Número de Prioridad de Riesgo (NPR)	Es un número usado para ayudar a priorizar acciones, en la metodología de Análisis de Modos de Fallas y Efectos (AMEF).	Es el número que indica la etapa prioritaria en proceso productivo de salchichas. Y en la que se deben tomar acciones.	El NPR es el producto de la relación entre la severidad, ocurrencia y detección de las causas de inconformidades. $NPR = (S) \times (O) \times (D)$

Variable dependiente	Definición conceptual	Definición operacional	Indicador
Color	Es una característica de la luz que se define como la forma de energía radiante que es capaz de estimular la retina del ojo humano, provocando un proceso consciente que da lugar a sensaciones visuales. (Benzzo, 2005)	Representa un indicador inmediato de calidad aparente de la salchicha. La variación del color puede ser resultado de características naturales durante el procesamiento o por las materias primas, pero los consumidores pueden suponer de un proceso ineficiente o un cambio en la receta, por ejemplo.	Su indicador, son los valores tricromáticos (X, Y, Z) medidos con un colorímetro triestímulos.
Textura	Se puede definir como la unión de propiedades reológicas y de la estructura de un producto alimenticio perceptible por receptores mecánicos, táctiles y eventualmente visuales y auditivos, condicionando la apetencia del alimento. (Universidad de Córdoba [UCO], s.f.)	Es uno de los atributos primarios de la calidad sensorial de los alimentos.	Su indicador es la dureza en Newton (N), la unidad del SI para fuerza. Medida empleando un texturómetro. Un medio mecánico por compresión que simular la masticación.

Fuente: elaboración propia(2018)

2.4. Alcances y límites

2.4.1. Alcances

Los alcances que se presentan en el presente trabajo son los siguientes:

- Elaborar un modelo sistemático, un plan, para la estandarización de parámetros de calidad de la salchicha tipo Pollo I. en la línea de procesamiento de productos cárnicos embutidos escaldados.
- Enfoque de calidad orientado hacia el cumplimiento de las características sensoriales de la línea de salchichas.

- Análisis de frecuencias de no conformidades y sus causas en registros electrónicos disponibles de enero 2012 hasta septiembre 2017.

2.4.2. Límites

Las limitaciones de esta investigación son las siguientes:

- El nivel de confianza de los límites de tolerancia es limitado, puesto que los muestreos afectan la producción y por ello se considera un número de muestras reducido para no afectar los lotes de salchichas comprometidos
- Sólo se consideran los aspectos sensoriales de color y textura por ser los únicos para los que se cuenta con equipo para su medición.
- Es escasa la información sobre modelos de calidad para evaluar características organolépticas en la industria alimentaria, puesto que el enfoque de calidad ha sido primordialmente la inocuidad.

2.5. **Aporte**

La mejora de la calidad de una línea de salchichas será de beneficio para la empresa y guatemaltecos en general.

- A la empresa de productos cárnicos embutidos le proporcionará un plan o modelo sistemático para estandarizar los parámetros de calidad de una línea de salchichas escaldadas. Adicionalmente, el aplicar herramientas de 6 Sigma puede contribuir a la toma de decisiones de la empresa sobre las acciones prioritarias de mejora continua del proceso y del producto.
- A los guatemaltecos se les proveerá salchichas inocuas y de calidad.
- A los estudiantes y profesionales de la industria en alimentos les servirá de guía para el establecimiento de parámetros de calidad organolépticos de salchichas aplicando herramientas estadísticas y de Seis Sigma.

III. MÉTODO

3.1. Sujetos

Para la realización de este proyecto se obtuvo información de los sujetos de la empresa de procesamiento de productos cárnicos en donde se realizó la investigación, específicamente de las personas que pertenecen al área de Gestión de Calidad. Entre ellos se encuentran los siguientes según el nombre de su puesto:

- Jefe de Calidad
- Supervisor de Calidad de materias primas
- Supervisor de Calidad de producción
- Asistente de Calidad

3.2. Unidades de análisis

- 3.2.1. Proceso de la elaboración de salchichas emulsionadas de la empresa de procesamiento de productos cárnicos.
- 3.2.2. Salchichas de tipo “*Pollo I.*”, proporcionadas por la empresa para las mediciones de color, textura y apariencia general.
- 3.2.3. Especificaciones sobre las características sensoriales de producto terminado de la salchicha tipo “*Pollo I.*” Proporcionado por la empresa.
- 3.2.4. Hojas electrónicas donde se registraron los incumplimientos con especificaciones de la línea de salchichas. (Ver Anexo 10.3.)
- 3.2.5. Modos de fallo o causas de los incumplimientos con especificaciones, encontrados en las hojas de registros.
- 3.2.6. Resultados de las herramientas de calidad de Seis Sigma: diagramas de causa-efecto (Ishikawa), Análisis de modos y efectos de fallos (AMEF), Tabla de despliegue de la función de calidad (DFC).
- 3.2.7. Resultados obtenidos con el software de estadística Minitab®: diagramas de Pareto, histogramas, evaluación de normalidad (Anderson-Darling) y métodos estadísticos para la determinación de límites de tolerancia.
- 3.2.8. Norma COGUANOR 34 131 Salchichas a granel y salchichas enlatadas, donde se especifican las características sensoriales de las salchichas. (Ver Anexo 10.8.)

3.3. Instrumentos

3.3.1. Herramientas de calidad

- Diagrama de flujo de Proceso
- Hoja de recogida de datos electrónicas
- Diagrama de causa-efecto (o diagrama de Ishikawa)
- Despliegue de la función de calidad (DFC)
- Análisis de modos y efectos de fallas (AMEF)

3.3.2. Instrumentos

- *Texturómetro INSTRON® 3342.*

Texturómetro de marca INSTRON® modelos de columna única 3342. Tiene capacidad de carga de 50kgf, o bien 0.5kN. El espacio de ensayo vertical total es la distancia desde la superficie superior de la platina base a la superficie inferior de la cruceta móvil, excluyendo la célula de carga, mordaza y accesorios. Este permite evaluar la textura de productos alimenticios mediante distintos ensayos, incluyendo el método de corte.

La exactitud en la medición de la carga es de $\pm 0,5\%$ de la lectura hasta 1/100 de la capacidad de la célula de carga. Cumple o supera ASTM E4, ISO 7500/1, EN 10002-2 e IS B772. Exactitud en la medición de la deformación: $\pm 0,5\%$ de la lectura hasta el 1/50 de la escala completa con extensómetros ASTM E83 clase B o ISO 9513 clase 0.5. Cumple o supera ASTM E83, ISO 9513 y EN 10002-4.

Imagen No. 1: INSTRON 3342



Fuente: propia (2018)

- *Colorímetro triestímulos*

El colorímetro CR-400 de la marca KONICA MINOLTA® es un instrumento más sofisticado que los espectrofotómetros para mediciones de color “triestímulos”, se basa en los tres colores primarios rojo, verde y azul, los cuales son vistos por los seres humanos. Las mediciones triestímulos proporcionan datos sobre cómo éstos tres elementos están presentes en la luz reflejada o transmitida por un producto alimenticio. El CR-400 puede ser utilizado para variedad de productos alimenticios, dentro de los que se encuentran productos cárnicos y de aves.

La especificación de repetitividad (o incertidumbre) para el CR-400 es: la desviación estándar dentro de ΔE^*_{ab} 0.07 (cuando se mide la placa de calibración del blanco 30 veces a intervalos de 10 segundos). Acuerdo inter-instrumental: de ΔE^*_{ab} : dentro de 0.6 promedio de 12 colores BCRA Serie II. (KONICA MINOLTA, s.f).

Imagen No. 2: Colorímetro CR-400



Fuente: propia (2018)

3.3.3. Herramientas estadísticas

- *Software estadístico Minitab* ®

Minitab es un software estadístico, que facilita la aplicación estadística. Cuenta con herramientas específicas para la Calidad, que contribuyen con el fin de descubrir defectos en procesos y mejorarlos. Se empleó esta herramienta para elaborar y calcular:

- Histogramas de los datos muestreados para determinar la distribución.
- Graficas de probabilidad para verificar la normalidad
- Prueba de Anderson-Darling (AD) para evaluar la normalidad.
- Tolerancias de las especificaciones de color y textura.
- Diagramas de Pareto con las frecuencias de no conformidades.

3.4. Procedimiento

3.4.1. Metodología para elaboración de salchichas escaldadas

La elaboración de salchichas escaldadas consta de las siguientes etapas:

- Recepción y almacenaje de materia cárnica, no cárnica y de empaque: la materia prima se inspecciona visualmente, y pasa por un detector de metales. Se almacena donde se controla la temperatura y se va utilizando en el orden en que ingresa.
- Molienda de materia prima, en molino o en sierra: se muele la materia cárnica en molinos, eligiendo el calibre de aspas apropiado. Luego se pesa y almacena en una cámara previa a su empleo en cúter en el sistema por lotes. En el sistema semi-continuo la materia prima cárnica empleada en el mezclador y micro-emulsionador, se corta con sierra, se muele y pasa directamente al mezclador.
- Pesaje de condimentos, extensores y aditivos: los condimentos, extensores y aditivos se pesan según la formulación, se empaican en bolsas e identifican con etiquetas para su uso posterior y son trasladados al área de mezcla.

- Pesaje de materia prima cárnica: se pesan las carnes molidas según su formulación, en el caso de las que se cortan con sierra se pesan al momento de ser cortadas.
- Picado/mezclado: en la mezcladora del sistema semi-continuo se coloca la carne, luego se añade los extensores y condimentos siguiendo el orden establecido para cada producto según la orden de producción. Luego del tiempo estipulado, se vierte en la micro-emulsionadora y se mide la temperatura del producto. En el sistema por lotes, en el cúter se agregan los productos a mezclar, al llegar a la temperatura se traslada a la embutidora.
- Embutido: la pasta o mezcla, se introduce en una funda. La temperatura debe encontrarse en un rango apropiado. Se verifica que el peso y el tamaño sean los adecuados para cada producto.
- Lavado: se remueven residuos de la pasta cárnica de las salchichas con agua.
- Ahumado: se aplica humo líquido y se verifica el tiempo de aplicación. También se verifica que la acidez de la solución de humo líquido se encuentre en la acidez correcta.
- Cocimiento en hornos: las salchichas se someten a tratamiento térmico, hasta que la temperatura interna de las mismas se encuentre entre 72 y 75°C°.
- Enfriado: se realiza el enfriamiento con un choque térmico, hasta llegar a una temperatura interna entre 6 a 0°C.
- Cortado/ Pelado: las salchichas se cortan. Y en el caso de usar una funda no comestible, esta se retira.

- Empacado y codificado: las salchichas se empaquetan al vacío y los empaques se codifican con el número de lote y fecha de vencimiento. En los empaques se monitorea la codificación correcta y la apariencia general.
- Almacenaje en cámara de producto terminado: las salchichas empacadas se almacenan a temperatura de refrigeración.

Para ilustrar el proceso se muestran los diagramas de la línea de procesamiento de salchichas según su tipo, por lotes (Diagrama No.2) y semi-continuo (Diagrama No.03).

Para ello se emplean las siguientes abreviaturas y simbología:

- MPC: materia prima cárnica
- MPNC: materia prima no cárnica
- DM: detector de metales
- PT: producto terminado

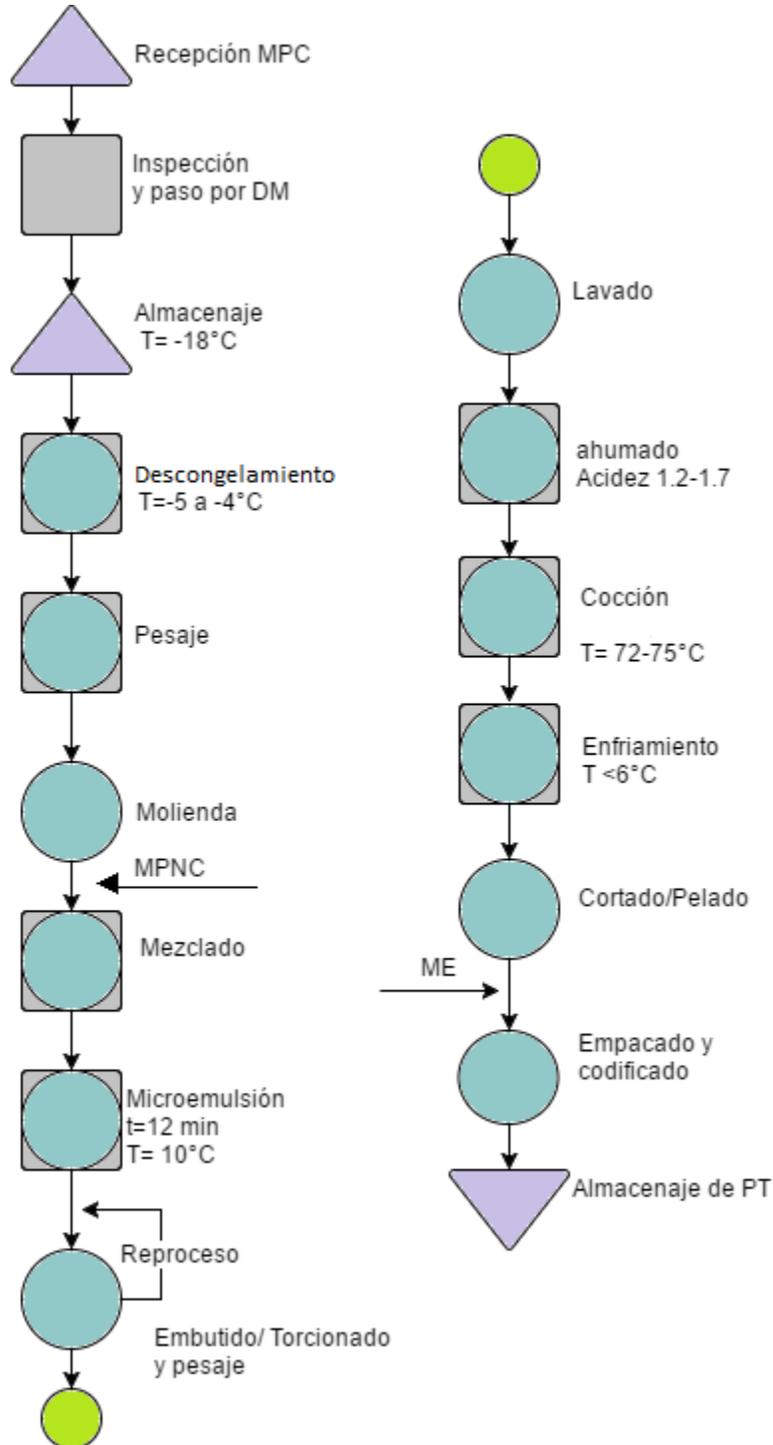
Ilustración No. 8 Simbología de operaciones del proceso



Fuente: propia (2018)

- Diagrama de proceso de la línea de procesamiento de embutidos (Sistema semi-continuo)

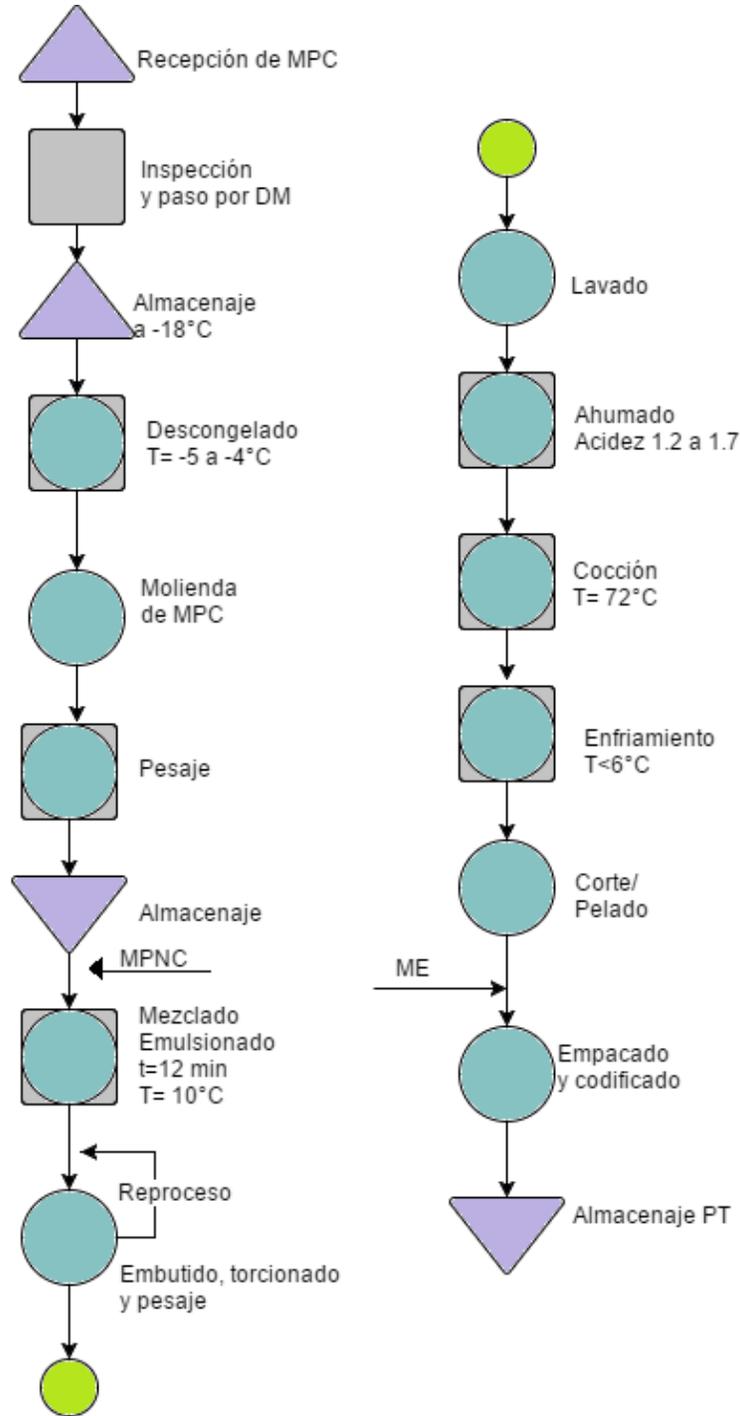
Diagrama No. 2: Proceso de producción de salchichas semi-continuo



Fuente: elaboración propia (2018)

- Diagrama de proceso de la línea de procesamiento de embutidos (Sistema por lotes)

Diagrama No. 3: Proceso de producción de salchichas por lotes



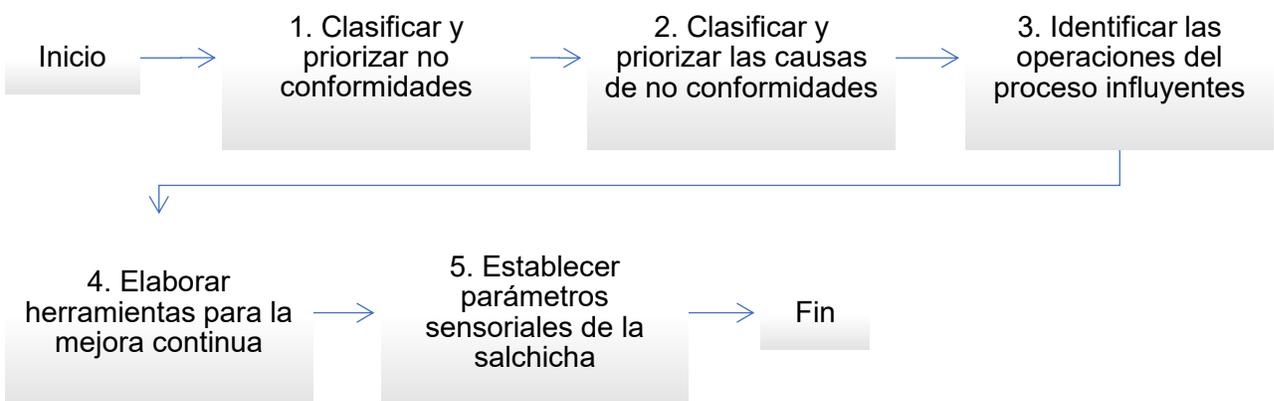
Fuente: elaboración propia (2018)

3.4.2. Metodología general para estandarización de parámetros de calidad de salchichas

La metodología descrita para esta investigación ha sido inspirada en Seis Sigma y en el ciclo de calidad o ciclo conocido como DMAMC (basado en el ciclo de calidad de Deming): Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar. Se enfoca primordialmente en los pasos de medición y análisis, pues, ha sido elaborada particularmente para poder cumplir los objetivos de la presente investigación.

A continuación se detalla la metodología general:

Diagrama No. 4: Metodología para la estandarización de parámetros de calidad



Fuente: elaboración propia (2018)

3.4.3. Relación del procedimiento general con las herramientas/ instrumentos

En la siguiente tabla se enumeran los pasos de la metodología general para estandarizar parámetros de calidad de salchichas y se relacionan con los instrumentos de medición y herramientas de calidad empleados. Adicionalmente para cada una de las etapas de la tabla se sigue una metodología como se explica en las secciones contiguas.

Tabla No. 3: Relación de la metodología con herramientas/ instrumentos

No.	Etapas de la metodología	Instrumentos de medición o herramientas de calidad y estadística.
1	Clasificar y priorizar no conformidades	<ul style="list-style-type: none"> • Diagrama de flujo del proceso • Diagrama de causa-efecto, para las causas de una salchicha no uniforme • Registros electrónicos de no conformidades • Diagramas de Pareto • Estratificación de Pareto • Software estadístico Minitab®
2	Clasificar y priorizar las causas de no conformidades	<ul style="list-style-type: none"> • Registros electrónicos de no conformidades • Diagramas de Pareto • Estratificación de Pareto • Software estadístico Minitab®
3	Identificar las operaciones del proceso influyentes	<ul style="list-style-type: none"> • Diagramas de Pareto • Tabla del Despliegue de función de calidad (DFC)
4	Elaborar herramientas para la mejora continua	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis de modos y efectos de fallas (AMEF) • Diagrama de causa-efecto para cada fallo del AMEF
5	Establecer parámetros sensoriales de la salchichas	<ul style="list-style-type: none"> • Especificaciones del producto terminado • Colorímetro KONICA MINOLTA® CR-400 • Texturómetro INSTRO® 3342 • Software estadístico Minitab® • Prueba de normalidad • Cálculo de límites de tolerancia

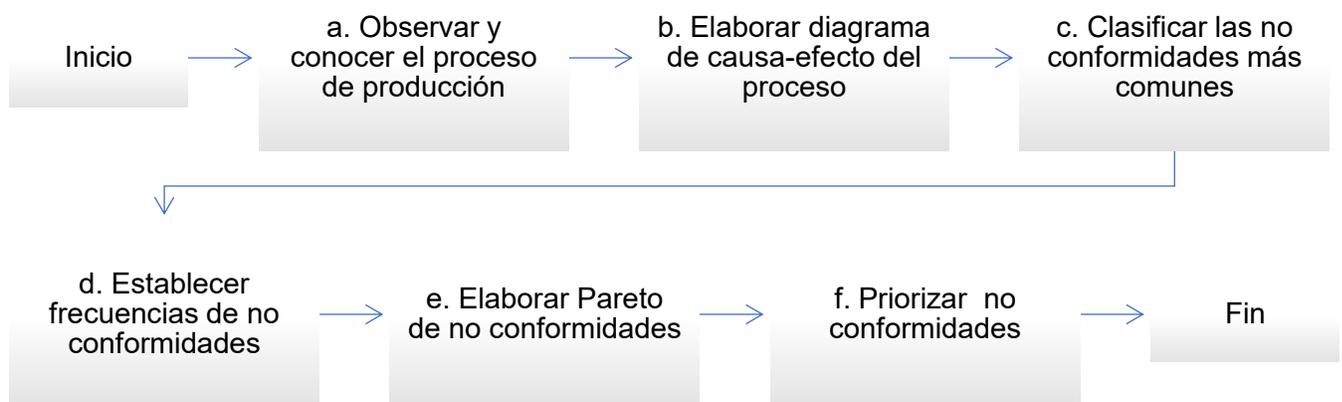
Fuente: elaboración propia (2018)

3.4.4. Metodología para clasificar y priorizar no conformidades de salchichas

A continuación se describe la metodología a seguir para clasificar y priorizar las no conformidades de las salchichas:

- a. Observar y conocer el proceso de producción: estudiar el proceso de producción y elaborar un diagrama de causa-efecto del proceso para determinar todas las causas posibles del efecto de una salchicha no uniforme.
- b. Clasificar las no conformidades más comunes: obtener los registros electrónicos de no conformidades. Analizar el historial sobre las características comunes de cada inconformidad, y conforme a esto, clasificarlas por tipos.
- c. Establecer frecuencias de no conformidades: contar el número de repeticiones de cada tipo de no conformidad en el periodo de tiempo analizado.
- d. Elaborar diagramas Pareto de no conformidades: usar frecuencias de no conformidades para elaborar un diagrama de Pareto de no conformidades.
- e. Priorizar no conformidades más importantes a evaluar según el diagrama de Pareto.

Diagrama No. 5: Metodología para clasificar y priorizar no conformidades



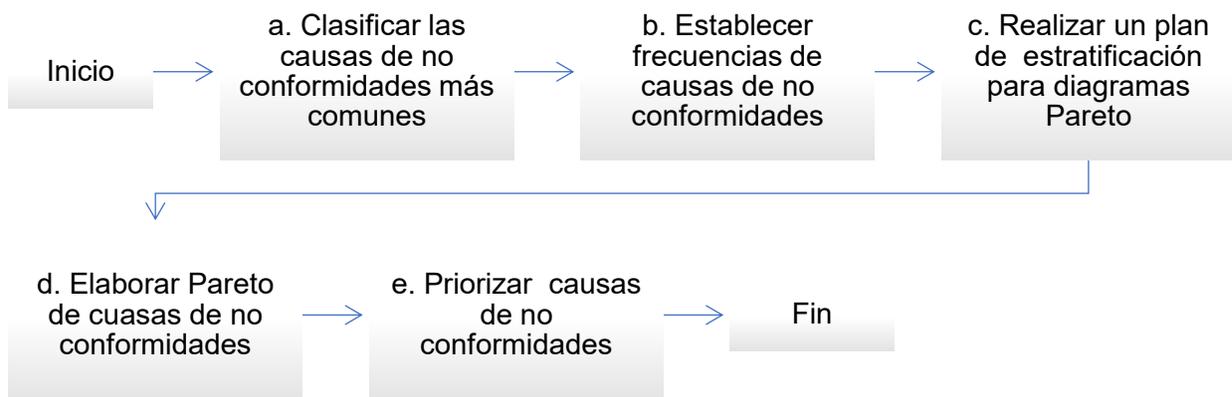
Fuente: elaboración propia (2018)

3.4.5. Metodología para clasificar y priorizar las causas de no conformidades de salchichas

Seguidamente se detallan los pasos para clasificar y priorizar las causas de no conformidades de salchichas:

- a. Clasificar las no conformidades más comunes: obtener los registros electrónicos de no conformidades. Analizar el historial sobre las características comunes de las causas de cada inconformidad con especificaciones, y conforme a esto, clasificarlas por tipos.
- b. Establecer frecuencias de causas de no conformidades: contar el número de repeticiones de cada tipo causa de inconformidad en el periodo de tiempo analizado.
- c. Realizar un plan de estratificación para diagramas de Pareto: idear un plan para determinar qué causas de no conformidades son más importantes. Puede ser según el tipo de salchicha, el periodo de tiempo de interés, el tipo de no conformidad y el tipo de causa de no conformidad.
- d. Elaborar diagramas Pareto de las causas de no conformidades: usar frecuencias de no conformidades para elaborar un diagrama de Pareto de causas de no conformidades.
- e. Priorizar causas de no conformidades más relevantes a evaluar según el diagrama de Pareto.

Diagrama No. 6: Metodología para priorizar las causas de no conformidades



Fuente: Elaboración propia (2018)

3.4.6. Metodología para identificar las operaciones del proceso influyentes

Para identificar las operaciones del proceso influyentes en las no conformidades y sus causas se especifican los siguientes pasos:

- a. Construir una Tabla de Despliegue de función de calidad (DFC): usar como los *qués* las causas de no conformidades priorizadas según el diagrama de Pareto de sus tipos, y usar para los *cómos* cada operación del proceso de producción de salchichas. Emplear como prioridad la frecuencia, de cada tipo, de las causas de incumplimientos con especificaciones.
- b. Identificar las operaciones de importancia relativa: ordenar las etapas del proceso según el número de importancia relativa calculado de la tabla DFC.

Diagrama No. 7: Metodología para identificar las etapas del proceso más influyentes



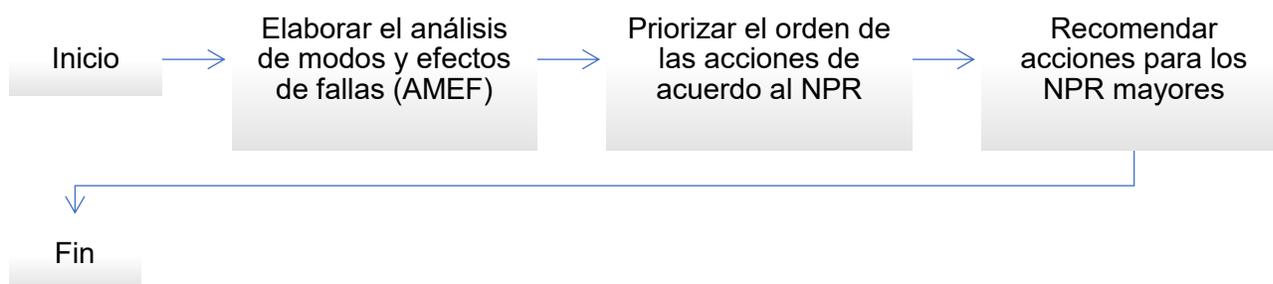
Fuente: Elaboración propia (2018)

3.4.7. Metodología para elaborar herramientas para la mejora continua

En los siguientes incisos se describen los pasos para elaborar herramientas para la mejora continua:

- a. Elaborar el análisis de modos y efectos de fallas (AMEF): por cada etapa del proceso de elaboración priorizada en el análisis DFC realizar el AMEF. Calificar la severidad (S), ocurrencia (O) y detección (D) conforme a los criterios y puntuaciones de (Anexo 10.7 y Tabla No.19), que fueron adaptados de la metodología AMEF para el caso de producción de salchichas.
- b. Priorizar el orden de las acciones de acuerdo al NPR: ordenar las causas de inconformidades de acuerdo al NPR, para priorizar el orden de las acciones subsecuentes.
- c. Recomendar acciones específicas para los NPR mayores: para cada causa de inconformidad prioritaria recomendar acciones de control de acuerdo al orden establecido en el AMEF. Para identificar los orígenes de las causas de inconformidades, realizar un diagrama causa-efecto para cada una de las causas como se muestra en Anexos.

Diagrama No. 8: Metodología para elaborar herramientas para la mejora continua



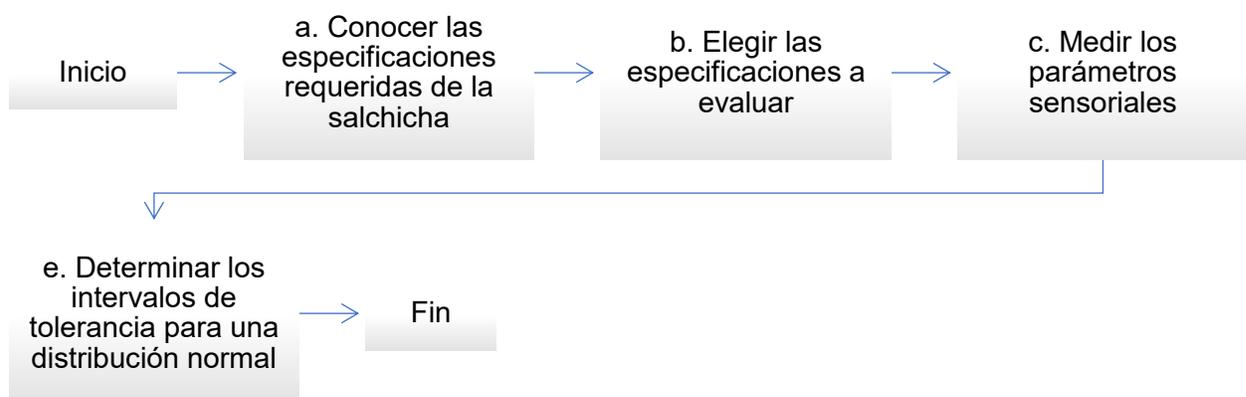
Fuente: Elaboración propia (2018)

3.4.8. Metodología para establecer parámetros sensoriales de la salchicha Pollo I.

Los siguientes pasos detallan cómo establecer parámetros sensoriales de la salchicha tipo *Pollo I*.

- a. Conocer las especificaciones requeridas de las salchichas: informarse de las regulaciones sobre salchichas y los requerimientos obligatorios. Y también de las especificaciones sobre las características sensoriales de la salchicha requeridas por la empresa.
- b. Elegir las especificaciones a evaluar: según lo priorizado en los diagramas de Pareto elegir las especificaciones más afectadas.
- c. Medir los parámetros sensoriales: tomar una muestra representativa del tipo de salchicha, entre mayor se la muestra más confiables serán los valores calculados. Y realizar mediciones de las características sensoriales que son requeridas en las salchichas de la línea de producción.
- d. Determinar los intervalos de tolerancia para una distribución normal: .comprobar la distribución normal de los datos medidos por medio de histogramas, gráficos de probabilidad normal o la prueba de bondad de ajuste Anderson-Darling. Luego calcular los intervalos de tolerancia paramétricos (para una distribución normal) usando un software estadístico como Minitab.

Diagrama No. 9: Metodología para especificar parámetros de salchicha tipo Pollo I.



Fuente: Elaboración propia (2018)

IV. DISEÑO Y METODOLOGÍA ESTADÍSTICA

4.1. Diseño experimental:

La presente investigación consta de cinco fases experimentales, que se describen a continuación y se resumen en la tabla No. 4.

4.1.1. Fases experimentales

Las cinco fases experimentales de esta investigación se detallan a continuación.

- Establecimiento de frecuencias: esta fase consta del cálculo de frecuencias de no conformidades y de las frecuencias de las causas de estas no conformidades. Esto se realiza una vez se han clasificado las no conformidades y sus causas conforme a la metodología 3.4.4. y 3.4.5.
- Priorización con diagramas de Pareto: se priorizan las no conformidades y sus causas de acuerdo a las de mayor repetición o frecuencia como pueden visualizarse en los diagramas de Pareto construidos conforme a la metodología 3.4.4 y 3.4.5.
- Análisis de importancia relativa de las etapas del proceso: en esta etapa se indica la relación entre la etapa del proceso y causa de no conformidad asignando valores para dicha relación, se realiza con la metodología 3.4.6.
- Análisis de prioridad de riesgo: en esta etapa se asigna un número de prioridad del riesgo de cada causa de no conformidad, de una determinada etapa del proceso. Conforme a la metodología 3.4.7.
- Análisis de parámetros: para esta fase experimental se realizan mediciones de los parámetros de calidad sensoriales más importantes, y se calculan los estadísticos media y desviación estándar. Luego se comprueba la distribución normal y se establecen límites de tolerancia. Conforme a la metodología 3.4.8.

4.1.2. Repeticiones en los experimentos

Para cada fase experimental se describe las repeticiones en los siguientes incisos:

- Establecimiento de frecuencias: se analizan 149 lotes no conformes.
- Priorización con diagramas de Pareto: se analizan 149 lotes no conformes.
- Análisis de importancia relativa de las etapas del proceso: se analizan 10 etapas del proceso y 10 causas de no conformidades de los parámetros de calidad más importantes.
- Análisis de prioridad de riesgo: se analizan 5 etapas del proceso más importantes con sus 5 respectivos modos de fallo.
- Análisis de parámetros: se toma una muestra aleatoria y se realizan 24 mediciones de los parámetros de calidad más importantes. Con los datos se calculan los límites con una confianza del 95%.

4.2. Descripción de las unidades experimentales

Se describe a continuación los elementos analizados o unidades experimentales analizados en cada fase experimental.

- 4.2.1. Establecimiento de frecuencias: la unidad experimental es el lote, cada lote afectado por una no conformidad o causa de no conformidad.
- 4.2.2. Priorización con diagramas de Pareto: la unidad experimental es el número de no conformidad o causas de no conformidad de cada tipo.
- 4.2.3. Análisis de importancia relativa de las etapas del proceso: las unidades experimentales son los *qués* y *cómos* del Análisis de Despliegue de Función de Calidad (DFC). Donde los *qués* son los tipos de causas de no conformidad y los *cómos* son cada una de las etapas del proceso.
- 4.2.4. Análisis de prioridad de riesgo: corresponde a las 5 etapas más importantes según se obtuvo en el DFC, para cada etapa existe un modo potencial de falla.
- 4.2.5. Análisis de parámetros: las unidades experimentales son las salchichas de tipo Pollo I. a las que se realizó medición de los parámetros de calidad sensoriales más relevantes

4.3. Variable Respuesta

Para cada fase experimental se describe a continuación el valor obtenido, o variable respuesta.

- 4.3.1. Establecimiento de frecuencias: la frecuencia o el número de repeticiones de cada no conformidad y causa de no conformidad.
- 4.3.2. Priorización con diagramas de Pareto: la variable de respuesta es el porcentaje de frecuencia de un determinado tipo de no conformidad y causa de no conformidad. Se visualiza en los diagramas de Pareto.
- 4.3.3. Análisis de importancia relativa de las etapas del proceso: número de importancia relativa calculado en el DFC.
- 4.3.4. Análisis de prioridad de riesgo: número de prioridad de riesgo (NPR) obtenido aplicando el análisis de modos de fallas y efectos (AMEF).
- 4.3.5. Análisis de parámetros: para cada parámetro de calidad sensorial importante las variables de respuesta son los estadísticos media y desviación estándar, el valor p que comprueba la normalidad de los datos y los límites de tolerancia.

Tabla No. 4 Diseño experimental

Fase experimental	Descripción	Unidad experimental	Repetición/ Tratamiento	Variable de respuesta
Establecimiento de frecuencias	Cálculo de frecuencias de no conformidades	Lotes afectados por no conformidad	149 lotes analizados	Frecuencia
	Cálculo de frecuencias de causas de no conformidades	Lotes afectados por causas de no conformidades	149 lotes analizados	Frecuencia
Priorización con diagramas de Pareto	Priorización de no conformidades	Número de no conformidades por tipo	149 lotes analizados	% del total de frecuencias
	Priorización de causas de no conformidades	Número de causas de no conformidades por tipo	149 lotes analizados	% del total de frecuencias
Análisis de importancia relativa de las etapas del proceso	Establecimiento de la relación entre la etapa del proceso y causa de no conformidad	Los <i>qués</i> : tipos de causas de no conformidad. Y los <i>cómos</i> : etapas del proceso.	10 etapas del proceso y 10 causas de no conformidades	Número de Importancia Relativa
Análisis de prioridad de riesgo	Establecimiento de la prioridad del riesgo de cada causa de no conformidad de una determinada etapa del proceso.	Etapas del proceso importantes	5 etapas del proceso y sus 5 modos de fallo	Numero de Prioridad de Riesgo NPR
Análisis de parámetros	Medición de parámetros sensoriales			Media Y desviación estándar
	Comprobación de la normalidad con Anderson-Darling	Salchichas de tipo <i>Pollo I.</i>	Muestra: 24 unidades Confianza:95 %	Valor p, para de la prueba Anderson-Darling
	Establecimiento de límites de tolerancia			Límites de tolerancia

Fuente: elaboración propia (2018)

4.4. Metodología de análisis

4.4.1. Establecimiento de frecuencias

La frecuencia es el número de veces que se repite un tipo de no conformidad con especificaciones de salchichas, en el intervalo de tiempo evaluado. El total de frecuencias se calcula con la sumatoria del número veces que se presenta un tipo de no conformidad, en un intervalo de tiempo.

Ecuación No. 1 Cálculo de frecuencias

$$F = f_1 + f_2 + \dots + f_n = \sum f$$

Donde:

F : es la frecuencia del tipo de no conformidad

f : es cada una de las veces que se presenta el tipo de no conformidad

Para calcular de frecuencias de causas de no conformidades se utiliza la misma metodología y fórmula. Con la diferencia que el valor f representa cada una de las veces que se repite una *causa* de no conformidad en el intervalo de tiempo.

4.4.2. Priorización con diagramas de Pareto

Para la elaboración de los diagramas de Pareto se hace uso de un software estadístico Minitab. En el software se calcula el porcentaje de frecuencias abarca cada tipo de no conformidad. Con este dato se analiza el principio de Pareto (o Ley 80-20), en el cual se reconoce que pocos elementos (20%) generan la mayor parte del efecto del problema (80%).

El % de frecuencia se puede obtener de la siguiente forma:

Ecuación No. 2 Porcentaje de frecuencia

$$\%F = \frac{F (100)}{F_{total}}$$

Donde:

$\%F$: es el porcentaje de frecuencia que abarca el tipo de no conformidad,

F : es la frecuencia del tipo de no conformidad, y

F_{total} : es el número que indica la frecuencia de *todas* las no conformidades

Para la priorización de las causas de no conformidades, se calcula $\%F$ de igual forma empleando la frecuencia de las *causas* de no conformidades.

4.4.3. Análisis de importancia relativa de las etapas del proceso

El análisis persigue obtener un valor que indique la relación entre causa de no conformidad (*qués*) y la etapa del proceso (*cómos*).

El análisis DFC se realiza con una matriz, dónde se coloca los *qués* en las filas y *cómos* en las columnas. Se indica la intensidad de la relación entre *qué* y *cómo* usando una escala de 0 a 5, y donde 5 es la relación máxima. Asimismo, cada *qué* tiene un valor de prioridad indicado en una escala de 0 a 5 según la frecuencia con la que ocurre la causa de no conformidad.

Para calcular la importancia de cada *cómo*, se multiplica la prioridad de cada *qué* ($p_1, p_2 \dots p_n$) por la intensidad de la relación (r) con el cierto *cómo* y se suma los resultados.

Ecuación No. 3 Importancia de la etapa del proceso

$$I = (p_1 \times r)_1 + (p_2 \times r)_2 + \dots (p_n \times r)_n$$

Ahora bien la importancia relativa, se calcula tomando la importancia (I) más alta y se asigna una importancia relativa de 10, y a partir de ahí por medio de una regla de tres se calcula la importancia relativa.

4.4.4. Análisis de prioridad de riesgo

En la metodología de Análisis de Modos de Fallas y Efectos (AMEF) se calcula el Número de Prioridad de Riesgo (NPR), que es el número indicador de la prioridad de la etapa del proceso de producción. Se calcula con la multiplicación entre la Severidad (S), Ocurrencia (O) y Detección (D). Las variables S, O y D, se expresan en una escala de 1 a 10 según los criterios y puntuaciones para AMEF de los Anexos Tabla No. 19 de este documento. La fórmula de NPR es la siguiente:

Ecuación No. 4 Número de Prioridad de Riesgo

$$NPR = S \times O \times D$$

4.4.5. Análisis de parámetros

En este experimento se establecen parámetros sensoriales de la salchicha de tipo *Pollo I*. que ya se produce. Para ello se toma una muestra aleatoria del tipo de salchicha y se mide las características sensoriales de interés para analizar. Con los datos de cada característica, se determina la media, desviación estándar, se evalúa la normalidad de la distribución y finalmente se establecen límites de tolerancia.

- *Media*

La media muestral indica el valor promedio de la característica sensorial analizada, y es el valor contra el cual se puede comparar exactitud. La siguiente ecuación muestra cómo calcular la media.

Ecuación No. 5 Media

$$\bar{X} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n}$$

Donde:

\bar{X} : es la media muestral,

n : es el número de datos medidos, y

x : es cada uno de los datos que se suma

- *Desviación estándar*

Indica qué tan diferente son entre sí los datos medidos con respecto a la media. Mide la diferencia que en promedio hay entre los datos y la media. Se calcula de la siguiente forma:

Ecuación No. 6 Desviación estándar

$$S = \sqrt{\frac{(x_1 - \bar{x})^2 + (x_2 - \bar{x})^2 + \dots + (x_n - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

Donde:

S : es la desviación estándar,

x : son cada uno de los datos de la muestra,

\bar{x} : es la media, y

n : es el tamaño de la muestra

- *Prueba de normalidad Anderson-Darling*

Esta prueba compara la función de distribución acumulada empírica de los datos de la muestra, con la distribución esperada si los datos fueran normales. Si la diferencia es adecuadamente grande, se rechaza la hipótesis nula de normalidad de la población. Esta prueba puede realizarse usando un software estadístico como Minitab. Se calcula el valor p que es una probabilidad con la que se evalúa las siguientes hipótesis:

Hipótesis nula (H_0): los datos siguen una distribución normal

Hipótesis alterna (H_a): los datos no siguen una distribución normal

Si el valor p es menor que el nivel de significancia elegido (0.05 en este caso), entonces se rechaza la hipótesis nula.

- *Establecimiento de límites de tolerancia*

Los intervalos de tolerancia son utilizados para calcular un rango de valores aceptables para la característica sensorial del producto.

El cálculo de los intervalos de tolerancia se realiza con el software Minitab. En este se puede calcular los intervalos de tolerancia paramétricos, que presuponen que la distribución original de la muestra está distribuida normalmente, y también los límites no paramétricos.

A continuación se muestra cómo se calcula los límites de tolerancia para una muestra normal. Se establece que los límites naturales de tolerancia de la característica sensorial, contienen una confianza: $\gamma = (1 - \alpha)$ de su distribución.

Ecuación No. 7 Límites de tolerancia

$$L = \bar{x} \pm z_{\alpha/2} s$$

Donde:

L : es el límite de tolerancia,

\bar{x} : es la media,

s : es la desviación estándar,

$z_{\alpha/2}$: es el valor crítico o número de desviaciones estándar muestrales de cada lado de la media que formarán el intervalo,

γ : es el nivel de confianza de que las muestras estará dentro del intervalo, y

α : es el nivel de significancia o probabilidad complementaria de γ .

Para distribuciones no normales, Minitab presupone una distribución continua e indica un nivel de confianza lograda para estos límites.

V. PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

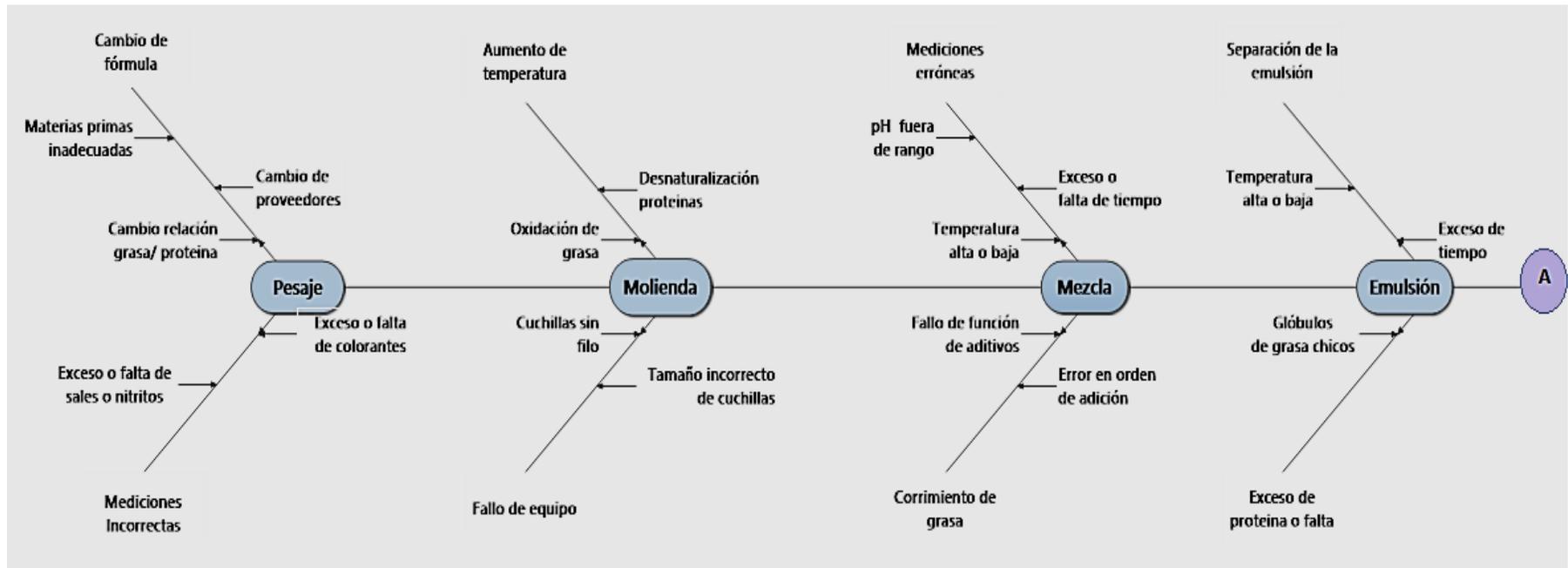
5.1. Clasificación y priorización de no conformidades de salchichas

En los siguientes incisos se muestran los resultados de cada uno de los pasos seguidos para clasificar y priorizar las no conformidades de calidad de salchichas.

5.1.1. Observación y conocimiento del proceso de fabricación de salchichas

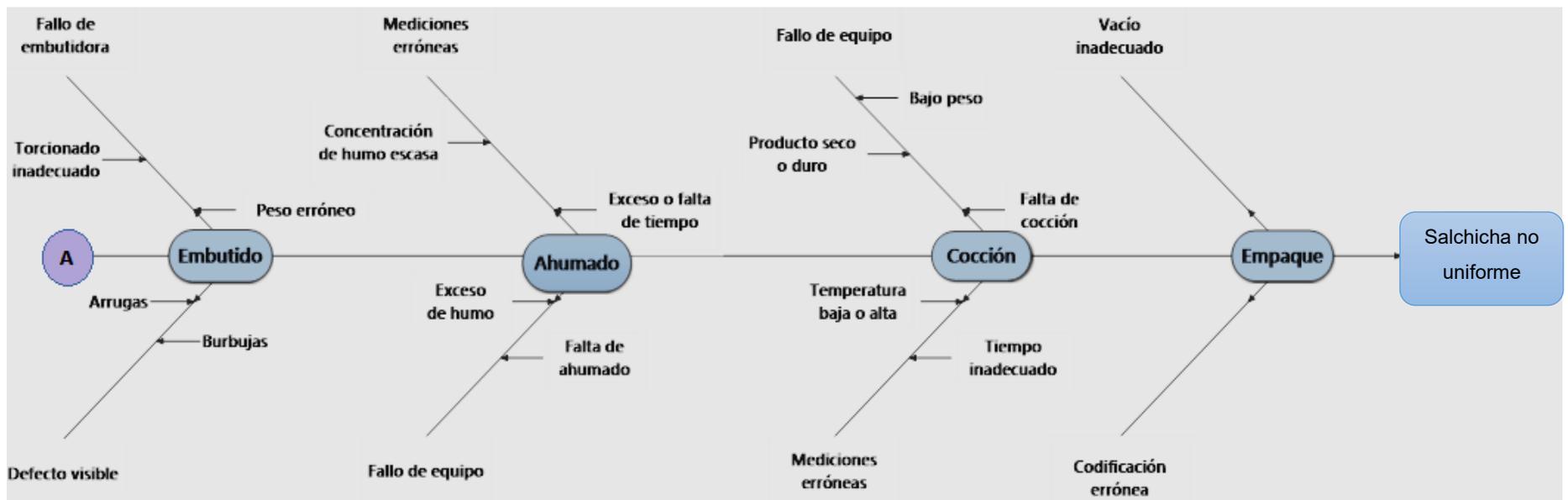
Para cada uno de los pasos del proceso de producción, se identificaron todas las posibles causas que pueden influir en las no conformidades de las salchichas, las cuales fueron esquematizadas en el siguiente diagrama de espina de causa-efecto.

Diagrama No. 10 Parte 1 causas de una salchicha no uniforme



Fuente: Elaboración propia (2018)

Diagrama No. 11 Parte 2 Causas de una salchicha no uniforme



Fuente: Elaboración propia (2018)

5.1.2. Clasificación de no conformidades más comunes

De los registros electrónicos de no conformidades de enero de 2012 hasta los de septiembre de 2017, se extrajo la información más relevante. Se clasificó los 149 lotes afectados de acuerdo a tipo de salchicha, tipo de no conformidad y tipo de causa de no conformidad.

- *No conformidades por tipo de salchicha*

Con los datos analizados en el período indicado, se determinó el número de no conformidades por tipo de salchicha y los resultados fueron tabulados en la siguiente tabla.

Tabla No. 5: No conformidades por tipo de salchicha

No.	Tipo de salchicha	Frecuencia	%
1	Alemana	2	1,3
2	Americana	7	4,7
3	Americana CQ	1	0,7
4	Pollo A	1	0,7
5	Cocktail	2	1,3
6	Especial	3	2,0
7	Frankfurt	6	4,0
8	Tipo Frank.	25	16,8
9	Hot dog	44	29,5
10	Jumbo	1	0,7
11	Jumbo C/Q	1	0,7
12	K	4	2,7
13	K. C/Q	2	1,3
14	Pavo	14	9,4
15	Pechuga de pollo	14	9,4
16	Pollo	4	2,7
17	Pollo I.	10	6,7
18	Pollo B.	8	5,4
	Total	149	100%

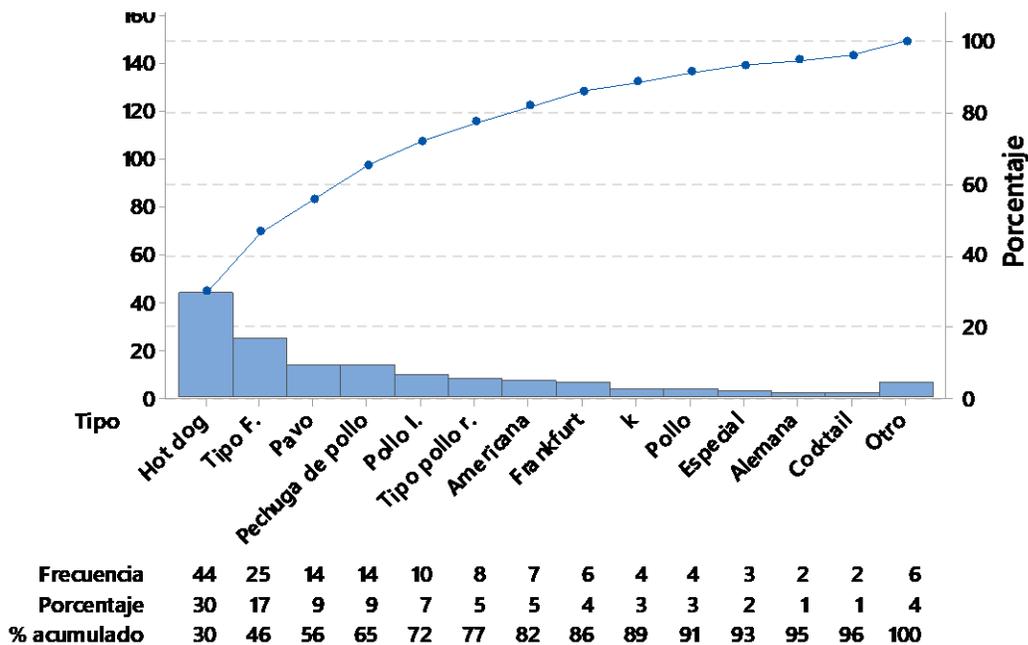
Fuente: elaboración propia (2018)

Como puede apreciarse, en el periodo de tiempo analizado, el tipo de salchichas que presentó mayor número de no conformidades fue el tipo de salchichas Hot dog con 44 no conformidades que representan el 29,5%, seguido por el tipo de salchicha Tipo Frank con 25 no conformidades con un 16,8%. En el tercer puesto se encuentra la salchicha tipo Pavo y la tipo Pechuga de pollo, que empataron con 14 no conformidades representando un 9,4% cada uno. Y en el cuarto puesto, la salchicha tipo *Pollo I.* presentó 10 no conformidades con un 6,7%.

- *Diagrama de Pareto de los tipos de salchicha*

Con los porcentajes de no conformidades por tipo de salchicha, se construyó el diagrama de Pareto que se muestra en el gráfico No. 2, en el cual se puede visualizar que el 81.9% de las no conformidades se presentan en los primeros 7 tipos de salchichas, en donde el cuarto puesto lo ocupa la salchicha tipo *Pollo I.*

Gráfico No. 2: Pareto tipos de salchichas



Fuente: elaboración propia (2018)

- *Clasificación de no conformidades por parámetro de calidad*

Conforme a las descripciones de los registros, los siguientes tres parámetros de calidad fueron identificados: a) por color, b) por textura y c) por apariencia general, indicando que

la mayor parte de las no conformidades se deben al no cumplimiento en las características sensoriales⁸¹. La no conformidad por color presentó la mayor cantidad de casos, 73 ocurrencias que representan el 44,2%, y seguidamente la no conformidad por textura mostró 64 casos con un 38,8%.

Tabla No. 6 Clasificación de no conformidades por tipo

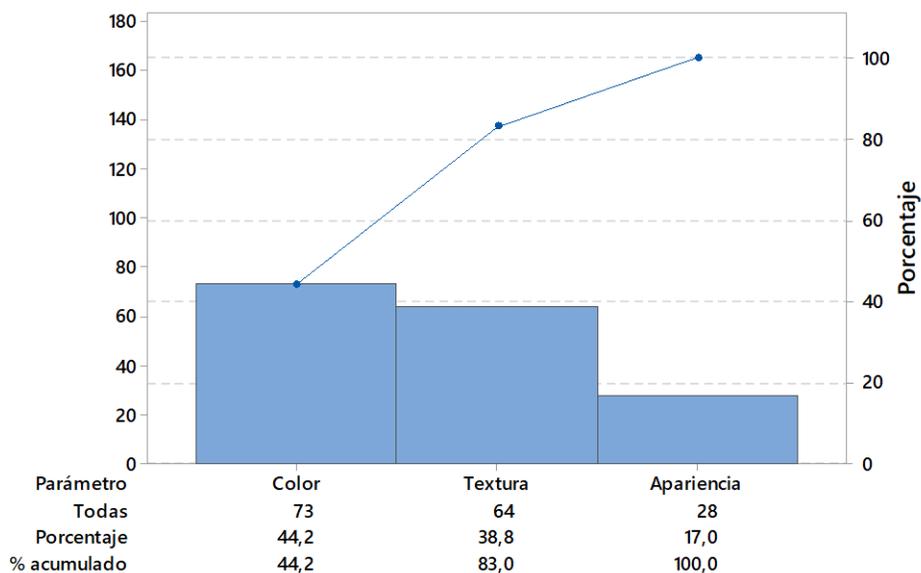
Tipo de no conformidad	Frecuencia	%
Por color	73	44,2
Po textura	64	38,8
Por apariencia general	28	17,0
Total	165	100

Fuente: elaboración propia (2018)

- *Diagrama de Pareto sobre los tipos de no conformidades en parámetros de calidad de salchichas*

Con los porcentajes de no conformidades en los parámetros de calidad, se construyó el diagrama de Pareto que se muestra en el gráfico No. 3 y en el que se visualiza que el 83% de las no conformidades se presentan en los parámetros de calidad de color y textura.

Gráfico No. 3: Pareto tipo de incumplimiento



Fuente: elaboración propia (2018)

- *Clasificación de no conformidades por año*

En los registros se especificaba la fecha de la no conformidad, con esta información se ordenaron las frecuencias por año y tal como se observa en la Tabla No. 7, en el año 2014 se presentaron el mayor número de no conformidades.

Tabla No. 7 Clasificación de no conformidades por año

Tipo de no conformidad	Frecuencias 2012	Frecuencias 2013	Frecuencias 2014	Frecuencias 2015	Frecuencias 2016	Frecuencias 2017	Total
Por color	13	13	22	8	6	11	73
Por textura	11	4	13	17	14	5	64
Por apariencia general	5	6	8	3	6	0	28
Total	29	23	43	28	26	16	165

Fuente: elaboración propia (2018)

5.2. Clasificación y priorización de las causa de no conformidades

Una vez identificadas las principales no conformidades se procedió a identificar y priorizar las causas prioritarias de las no conformidades.

5.2.1. Clasificación de causas de no conformidades

Se determinaron 11 causas principales de no conformidades, las cuales aparecen detalladas en la Tabla No. 8. Las primeras cinco causas inciden principalmente en el cambio de color de la salchicha, y las restantes inciden en la textura de las salchichas. La causa de no conformidad que presentó el mayor porcentaje fue error en adición de ingredientes con un 24,7%.

Tabla No. 8: Clasificación de causas de no conformidades de salchichas

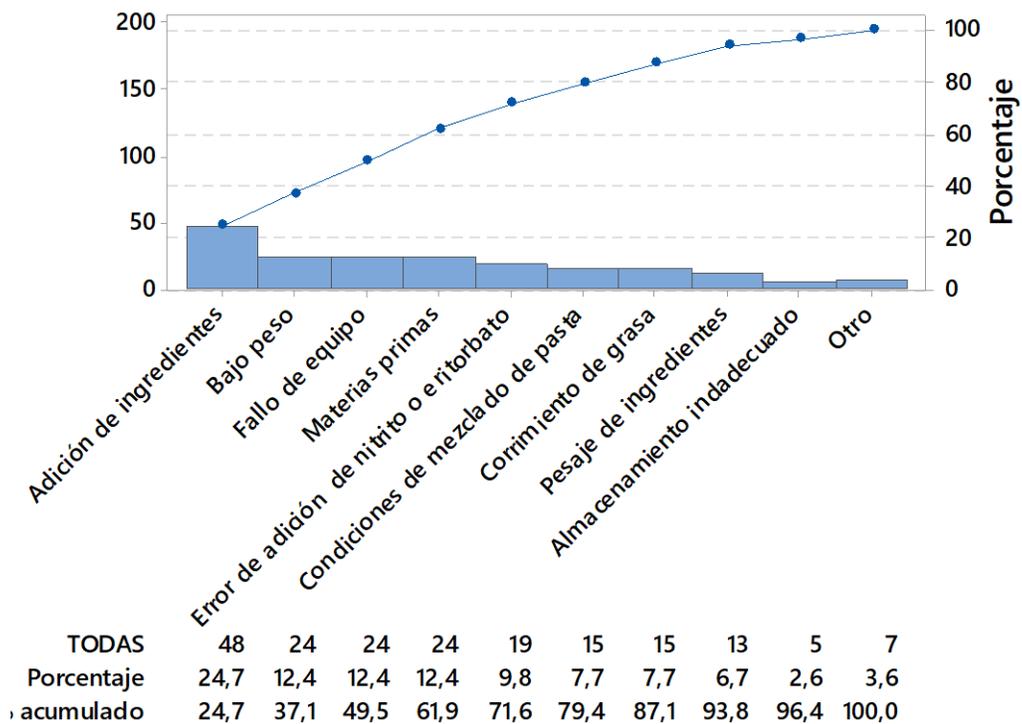
No.	Tipos de causas de no conformidades	Frecuencias	%
1	Error de adición de nitrito o eritorbato	19	9,8
2	Adición de ingredientes	48	24,7
3	Pesaje de ingredientes	13	6,7
4	Falta de homogeneización de colorante	4	2,1
5	Bajo peso	24	12,4
6	Fallo de equipo	24	12,4
7	Materias primas fuera de especificación	24	12,4
8	Condiciones de mezclado inadecuadas	15	7,7
9	Almacenamiento inadecuado	5	2,6
10	Corrimiento de grasa	15	7,7
11	Falta o exceso de sal	3	1,5
	Total	194	100

Fuente: elaboración propia (2018)

- *Diagrama de Pareto sobre los tipos de causas de no conformidades de salchichas*

El diagrama de Pareto de las causas de incumplimiento (Gráfica No. 4) muestra que el 87,1% de las causas de incumplimiento, en orden descendente fueron: adición de ingredientes, bajo peso, fallo de equipo, materias primas fuera de especificación, error de adición de nitrito, condiciones de mezclado inadecuadas y corrimiento de la grasa.

Gráfico No. 4: Pareto sobre las causas de incumplimientos con especificaciones



Fuente: elaboración propia (2018)

- *Clasificación de no conformidades por año*

Las causas de no conformidades de acuerdo al año en que se presentaron se indica en la Tabla No. 9. La causa de no conformidad que presentó mayor frecuencia en el periodo de tiempo analizado fue el error de adición de ingredientes (48) que representa el 24,47% del total de no conformidades.

Tabla No. 9: Causas de no conformidad por año

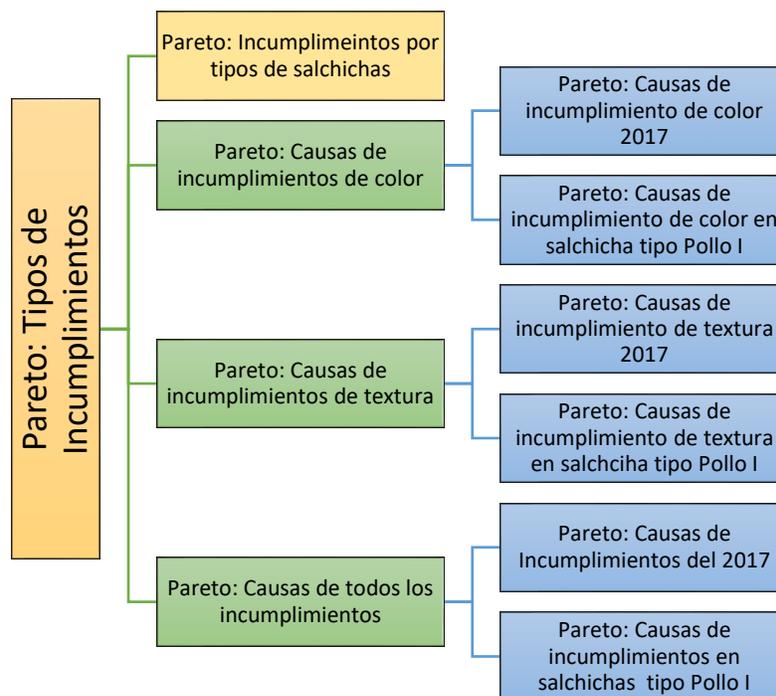
Tipo de causa de no conformidad	Frecuencias 2012	Frecuencias 2013	Frecuencias 2014	Frecuencias 2015	Frecuencias 2016	Frecuencias 2017	Total
Error de adición de nitrito y eritorbato	7	5	1	1	5	0	19
Adición de ingredientes	11	10	7	3	14	3	48
Pesaje de Ingredientes	4	5	2	0	2	0	13
Falta de homogeneización de colorantes	1	2	0	0	0	1	4
Bajo peso	3	2	0	13	4	2	24
Fallo de equipo	0	5	7	7	2	3	24
Materia prima fuera de especificación	1	7	8	0	7	1	24
Condiciones de mezclado de la pasta	3	2	7	3	0	0	15
Almacenamiento inadecuado	1	0	2	1	0	1	5
Corrimiento de grasa	2	1	8	3	0	1	15
Falta o exceso de sal	0	0	0	0	3	0	3
Total	33	39	42	31	37	12	194

Fuente: elaboración propia (2018)

5.2.2. Estratificación de diagramas de Pareto

Dependiendo del interés de la empresa, se puede estratificar y analizar cierto grupo de frecuencias relacionadas a los factores de mayor interés. El siguiente Diagrama de Estratificación de Pareto (Diagrama No. 12), muestra una forma de analizar las causas de no cumplimiento teniendo en cuenta los factores que pueden influir en el tipo de no conformidad (indicando el nivel 1 en color amarillo), el tipo de causa de no conformidad (indicado en el nivel 2 color verde) y en el período de tiempo o un tipo específico de salchicha (indicado en el nivel 3 en color azul).

Diagrama No. 12 Estratificación de Diagramas de Pareto



Fuente: elaboración propia (2018)

Amarillo= primer nivel de estratificación.

Verde= segundo nivel de estratificación.

Azul= tercer nivel de estratificación.

- *Resumen de las mayores frecuencias por diagrama de Pareto*

Cada cuadro del diagrama No. 12 representa un diagrama de Pareto, de los cuales los pertenecientes al primer nivel corresponden a los gráficos No. 2 y 3, y los del segundo y tercer nivel se encuentran en la sección 10.6 de Anexos en los gráficos del No. 17 al 24. A excepción el diagrama de Pareto de las Causas de todos los incumplimientos del Nivel 2 de estratificación que corresponde al gráfico No.4. A continuación se describen los resultados de cada diagrama de Pareto identificado por nivel.

Nivel 1: Es el nivel más general que indica hacia donde orientar los otros análisis.

- Pareto tipos de incumplimientos: Analiza los tipos de no conformidades en color, textura y apariencia exterior. Las no conformidades con el color y la textura fueron las de mayor frecuencia. (Gráfico No.3)
- Pareto incumplimientos por tipos de salchichas: Los tipos de salchicha de mayor que presentaron la mayor frecuencia de no conformidades fueron las Hot dog con un 30%, seguido del tipo F. con un 17%, luego la tipo Pavo y tipo Pechuga de Pollo empataron con el 14%, y finalmente la tipo Pollo I. obtuvo un 9%. (Gráfico No. 2)

Nivel 2: En este nivel se indaga en los tipos de no conformidades más relevantes relacionadas al color y textura.

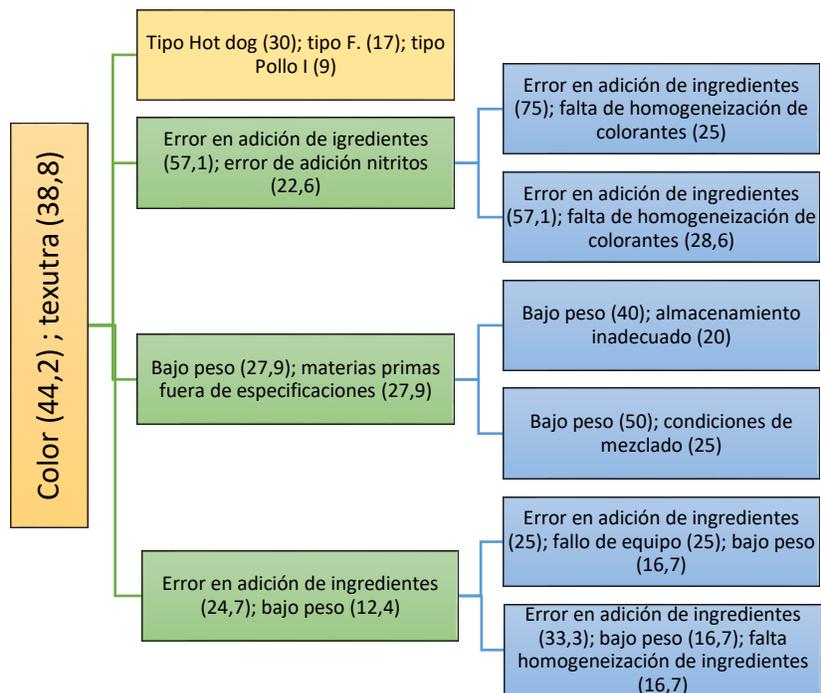
- Pareto causas de incumplimientos de color: En este gráfico No.19 se encuentran las causas de no conformidades más relacionadas al color. El error de adición de ingredientes obtuvo la mayor frecuencia con un 57,1% y el error de adición de nitrito obtuvo un 22.6%.
- Pareto causas de incumplimientos de textura: En el gráfico No. 22 se muestran las causas de no conformidades más relacionadas a la textura. El bajo peso y la materia prima fuera de especificaciones fueron las causas con mayor frecuencia ambas con 27,9%.

- Pareto causas de todos los incumplimientos: En el gráfico No. 4 se analizaron todas las causas sin distinguir si influyen en textura, color o apariencia general. El error en adición de ingredientes obtuvo 24,7% seguido de bajo peso, fallo de equipo y materias primas fuera de especificaciones con un 12,4% cada una.

Nivel 3: En este nivel se analiza el año más actual y el tipo de salchicha Pollo I, al que se calculan los parámetros de calidad según el alcance de investigación.

- Pareto causas de incumplimientos de color en el año 2017: Como se muestra en el gráfico No. 20, el error en adición de ingredientes fue el de mayor frecuencia con un 75%. Y la falta de homogeneización de colorantes fue la segunda de las dos causas presentadas durante este año con un 25%.
- Pareto causas de incumplimiento de color en salchicha tipo Pollo I: El diagrama corresponde al gráfico No. 21, donde se muestra que el error en adición de ingredientes fue la mayor de las causas con un 57,1% del total y la falta de homogeneización de colorantes obtuvo el 28,6%.
- Pareto causas de incumplimiento de textura en 2017: Como se muestra en el gráfico No. 23 el bajo peso fue la causa de mayor frecuencia con 40% y el almacenamiento inadecuado obtuvo el 20%.
- Pareto causas de incumplimiento de textura en Pollo I: El bajo peso fue la causa de mayor frecuencia con un 50% y las condiciones de mezclado inadecuadas obtuvieron el 20%. (Ver gráfico No. 24).
- Pareto causas de incumplimientos del 2017: En este diagrama (Gráfico No. 17) no se distingue el tipo de incumplimiento, es decir si se relaciona con la textura o el color. El error de adición de ingredientes y el fallo de equipo tuvieron la mayor frecuencia ambas causas con un 25% y el bajo peso obtuvo un 16,7%.
- Pareto causas de incumplimientos en salchichas tipo Pollo I: Sin distinguir el tipo de incumplimiento por color o textura, se analiza las causas de incumplimientos en salchichas tipo Pollo I. (Ver gráfico No. 18). El error en adición de ingredientes fue la mayor causa con un 33,3% seguido de bajo peso y falta de homogeneización de ingredientes, ambas causas con 16,7%.

Diagrama No. 13: Resumen de resultados en Diagramas de Pareto



Fuente: propia (2018)

Entre paréntesis se encuentra el % de las frecuencias más altas.

5.3. Identificación de las operaciones del proceso influyentes

Para la identificación de operaciones del proceso que influyen en las causas de no conformidades, se construyó la siguiente Tabla No. 10 de Despliegue de Función de Calidad (DFC), en la cual se describe cada etapa del proceso en las columnas y las causas de no conformidad en las filas.

Tabla No. 10: Tabla Despliegue de función de calidad (DFC)

Causas de incumplimientos (filas) y etapas del procesamiento (columnas)	Prioridad (según frecuencias)	Control materias primas	Molienda	Pesaje	Mezclado	Emulsionado	Embutido/ torcionado	Ahumado	Cocción y enfriamiento	Empacado	Almacenaje
Adición de ingredientes errónea	2,9	0	0	3	5	3	0	0	0	0	0
Error de adición nitrito o eritorbato	1,1	0	0	5	3	0	0	0	0	0	0
Pesaje de ingredientes	0,8	0	3	5	0	0	0	3	0	0	0
Falta de homogeneización de colorante	0,2	3	0	1	5	0	0	0	0	0	0
Bajo peso	1,4	0	0	0	0	0	1	1	5	0	0
Materias primas	0,9	5	1	3	3	3	0	0	0	0	0
Condiciones de mezclado de pasta	0,9	3	0	0	5	5	0	0	0	0	0
Corrimiento de grasa	0,3	5	3	3	5	5	0	0	1	0	0
Almacenamiento inadecuado	0,2	3	1	0	0	1	0	0	1	0	5
Falta o exceso de sal	0,1	0	0	5	3	0	0	0	0	0	0
Importancia total		10	4	23	28	18	1	4	8	0	1
Importancia relativa total		4	2	8	10	6	1	1	3	0	0

Fuente: Elaboración propia (2018)

La prioridad se estimó en una escala de 0 a 5 según el porcentaje de frecuencias de las causas de no conformidades relacionadas al color (Gráfico No. 19) y causas de no conformidades relacionadas a la textura (Gráfico No. 22).

De acuerdo a la tabla de despliegue de función de calidad (DFC), se determinaron cinco etapas de procesamiento que influyen en mayor grado en las causas de no cumplimiento y las mismas se indican en la tabla No. 11.

Tabla No. 11: Etapas del proceso de mayor importancia

Etapas de mayor importancia según el número de importancia relativa total del DFC
1. Mezclado (10)
2. Pesaje (8)
3. Emulsionado (6)
4. Control de materias primas (4)
5. Cocción (3)

Fuente: Elaboración propia (2018)

() Entre los paréntesis se escribió el número de importancia relativa total de la parte del proceso.

5.4. Elaboración de herramientas para la mejora continua

El Análisis de Modos y Efectos de Fallas (AMEF) se utilizó como una herramienta para evaluar la mejora continua, debido a que el Número de Prioridad de Riesgo (NPR) se puede determinar antes y después de aplicar acciones correctivas.

5.4.1. Aplicación del análisis de Modos de Fallas y Efectos (AMEF)

Las etapas más relevantes del proceso que se determinaron en el análisis de Despliegue de Función de la Calidad (Tabla No. 10), fueron analizadas con la herramienta de Modos de Fallas y Efectos (AMEF) para determinar el Número de Prioridad de Riesgo. Los resultados de dicho análisis se muestran en la tabla No. 12.

Las causas potenciales de falla (columna 5 de la tabla No.12) se analizaron con los Diagramas Causa- Efecto del No. 14 al No. 17 de Anexos. El NPR, se calculó con la multiplicación de Severidad (S), Ocurrencia (O) y Detección (D), para ello se empleó los criterios y puntuaciones asignados de acuerdo a la tabla No. 19 de Anexos en la sección 10.7.

Tabla No. 12: Aplicación de AMEF para determinar el NPR

Etapa/ función del proceso	Modo potencial de falla	Efectos potenciales de falla	Severidad	Causas potenciales de falla	Determinación del Número de Prioridad de Riesgo (NPR)			NPR	
					Controles preventivos	Ocurrencia	Control de detección		
Mezclado	Error en adición de ingredientes	Incumplimiento principalmente del color, pero también afecta textura.	6	<ul style="list-style-type: none"> Defecto de pesaje, error o agotamiento de operario (o simplemente equivocación falta de adición, doble adición por ejemplo), falta de una herramienta de control, falta un orden de adición predeterminado. Falta de comunicación de qué producto se elaborará. Confusión en identificación de ingredientes o aditivos, en el traslado de pesaje al mezclado. 	<ul style="list-style-type: none"> Procedimiento de adición de ingredientes, operarios capacitados y orden de trabajo aceptables. Condiciones de mezclado, como temperatura, tiempo y observaciones marcan la pauta para que el operario adicione los materiales. 	3	<ul style="list-style-type: none"> Monitoreo de la adición de ingrediente. Observaciones del operario encargado de la mezcla. 	7	126

Etapa/ función del proceso	Modo potencial de falla	Efectos potenciales de falla	Severidad	Causas potenciales de falla	Determinación del Número de Prioridad de Riesgo (NPR)				NPR
					Controles preventivos	Ocurrencia	Control de detección	Detección	
Pesaje	Error de pesaje de Ingredientes	Incumplimiento de especificación principalmente de color, pero también de textura.	6	<ul style="list-style-type: none"> • Confusión en el traslado de los ingredientes al mezclador, por falta de identificación. • Error del operario, ya sea por descuido, cansancio o equivocación. • Falta de cambio de peso en materias primas cárnicas por diferente tipo de corte o pieza. 	Procedimiento de pesaje, operarios capacitados y condiciones de trabajo aceptables.	1	No existe un control de detección.	8	48

Etapa/ función del proceso	Modo potencial de falla	Efectos potenciales de falla	Severidad	Causas potenciales de falla	Determinación del Número de Prioridad de Riesgo (NPR)				NPR
					Controles preventivos	Ocurrencia	Control de detección	Detección	
Emulsiona- do	Corrimiento de grasa.	Incumplimiento con especificaciones principalmente de textura.	4	<ul style="list-style-type: none"> Materia fuera de especificaciones (es decir grasa blanda, escasa capacidad de retención de agua de la carne por ejemplo), pesaje inadecuado de aditivo o ingredientes (excesos o falta de proteína y extensores por ejemplo), reposo de la pasta por tiempos excesivos, desvío de parámetros como pH, temperatura, o tiempo. 	<ul style="list-style-type: none"> Monitoreo de parámetros de pH, temperatura y tiempo. Programa de control de proveedores, procedimiento de pesaje de ingredientes y aditivos. 	1	<ul style="list-style-type: none"> Monitoreo y registros de los parámetros de mezclado, temperatura, pH y tiempo. Observaciones del operario encargado del paso del proceso. 	5	20
Control de materias primas	Fallo en especificaciones de materias primas.	Incumplimiento con especificación principalmente de textura, pero también de color.	8	<ul style="list-style-type: none"> Grasa muy blanda, cambio de pieza de carne, cambio de proporciones de carne mecánicamente deshuesada. 	<ul style="list-style-type: none"> Programa de control de proveedores: inspecciones de materias primas, medición de pH de la materia prima cárnica, inspección visual de la grasa. 	2	Inspecciones visuales del color de materias primas y textura, mediciones de pH y temperaturas de la materia prima cárnica.	6	96

Etapa/ función del proceso	Modo potencial de falla	Efectos potenciales de falla	Severidad	Causas potenciales de falla	Determinación del Número de Prioridad de Riesgo (NPR)				NPR
					Controles preventivos	Ocurrencia	Control de detección	Detección	
Cocción	Bajo peso	Incumplimiento con especificaciones principalmente de textura.	7	<ul style="list-style-type: none"> • Pérdida de humedad, almacenamiento prolongado antes de cocción, ya sea por fallo de equipo o no. • Desajuste de máquinas. • Mediciones imprecisas en máquinas horno, embutidora o pesas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Programa de mantenimiento de maquinaria, y calibración de equipos. • Logística para producción, sin tiempos de espera prolongados antes de cocción. 	2	Mediciones y registros del peso y tamaño de salchichas después de embutir.	6	84

Fuente: Elaboración propia (2018)

5.4.2. Resumen de los números de prioridad de riesgo (NPR) obtenidos

El número de prioridad de riesgo, indica las etapas del proceso prioritarias y sus principales modos de fallo. En la tabla No. 13 se observa la el NPR obtenido para cada etapa prioritaria con los valores de severidad, ocurrencia y detección correspondientes.

Tabla No. 13: Resumen de NPR

No.	Etapas del proceso	Modo potencial de fallo	Severidad	Ocurrencia	Detección	Prioridad de riesgo NPR
1	Mezclado	Error en adición de ingredientes	6	3	7	126
2	Control de materias primas	Materias primas fuera de especificación	8	2	6	96
3	Cocción	Bajo peso	7	2	6	84
4	Pesaje	Error de pesaje de ingredientes	6	1	8	48
5	Emulsionado	Corrimiento de grasa	4	1	5	20

Fuente: Elaboración propia (2018)

5.5. Establecimiento de parámetros sensoriales de la salchicha

De acuerdo a los resultados obtenidos, la textura y el color fueron las principales características que determinan la calidad de las salchichas (Sección 5.1.3.5). Para determinar los parámetros sensoriales de estas características se tomó una muestra aleatoria de salchichas de tipo Pollo I. de un lote percibido con textura y color uniforme.

5.5.1. Medición de color

El color fue la característica sensorial que presentó mayor número de no conformidades. (Sección 5.1.3.5.). Se determinó el color de 24 salchichas con el colorímetro CR-400 y se descartó la medición de una salchicha que a simple vista presentaba un color levemente más oscuro para no afectar el establecimiento de los límites de tolerancia. Los resultados de las mediciones de color se muestran en la tabla No. 14.

Tabla No. 14: Mediciones de color de salchichas tipo *Pollo I*

No.	X	Y	Z
1	32,98	28,38	23,900
2	33,60	28,90	24,490
3	33,72	29,16	24,730
4	33,56	28,89	24,630
5	31,83	27,06	22,310
6	31,69	27,00	22,400
7	33,15	28,37	23,680
8	32,12	27,16	22,230
9	34,34	29,75	25,590
10	34,00	28,06	24,570
11	33,20	29,42	23,900
12	31,78	26,97	22,170
13	32,07	27,30	22,940
14	32,61	27,87	23,670
15	32,96	28,38	24,000
16	33,60	28,69	24,440
17	32,35	29,02	23,880
18	32,26	27,55	23,080
19	30,16	26,20	22,220
20	32,15	27,95	23,770
21	30,80	25,97	21,480
22	30,86	26,49	22,570
23	30,61	26,21	22,080

Fuente: elaboración propia (2018)

5.5.2. Medición de textura

La textura fue determinada como la segunda característica de calidad que presenta mayor número de no conformidades. (Sección 5.1.3.5). Para determinar textura se midió la dureza de una muestra de 24 salchichas con el texturómetro INSTRON-3342.

Tabla No. 15: Mediciones de dureza de salchichas tipo *Pollo I*

No.	Dureza (N)
1	0,461697
2	0,575454
3	0,439730
4	0,471111
5	0,450419
6	0,516909
7	0,509652
8	0,653025
9	0,659399
10	0,599579
11	0,496413
12	0,366965
13	0,520831
14	0,386774
15	0,512005
16	0,520145
17	0,431885
18	0,512005
19	0,440319
20	0,552016
21	0,455421
22	0,493863
23	0,461697
24	0,419725

Fuente: elaboración propia (2018)

5.5.3. Parámetros sensoriales de color y textura para la salchicha tipo *Pollo I*

Con las mediciones de color y dureza, se determinaron los estadísticos de media y desviación estándar, así como los límites de tolerancia inferior y superior. Los parámetros de color obtenidos se muestran en la Tabla No. 16 y los parámetros de dureza se muestran en la Tabla No. 17.

La normalidad para cada uno de los parámetros evaluados se comprobó con la prueba de Anderson-Darling. En dicha prueba, cuando la probabilidad (p) calculada fue mayor al nivel de significancia 5% se aceptó la hipótesis nula que enuncia que los datos siguen una distribución normal. Por ello, en la columna de Normalidad se colocó sí para los valores de p mayores a 5%.

Tabla No. 16: Resumen de parámetros de color de salchicha de Tipo *Pollo I*

Parámetro	Normalidad	Media	Desviación estándar	Límite normal inferior	Límite normal superior
Color (X)	Sí	32,45	1,143	29,38	35,52
Color (Y)	Sí	27,86	1,102	24,91	30,81
Color (Z)	Sí	23,42	1,087	20,51	26,34

Fuente: elaboración propia a partir de mediciones (2018)

Tabla No. 17: Resumen de parámetros de dureza de salchicha de Tipo *Pollo I*

Parámetro	Normalidad	Media	Desviación estándar	Límite normal inferior	Límite normal superior
Dureza (en Newton)	Sí	0,4961	0,07382	0,367	0,659

Fuente: elaboración propia a partir de mediciones (2018)

VI. DISCUSIÓN

El objetivo general de esta investigación fue: *estandarizar los parámetros de calidad para el procesamiento de una línea de productos cárnicos embutidos*. Estandarizar se define por la Real Academia Española (RAE) como: tipificar. Tipificar, a su vez, se define como ajustar varias cosas semejantes a un tipo o norma común. Por lo tanto, se puede decir que la finalidad de este trabajo fue ajustar los factores o variables que durante el procesamiento influyen en la calidad final de la línea de salchichas escaldadas. Esta calidad orientada, según los alcances propuestos, al cumplimiento de las características sensoriales esperadas de salchichas escaldadas.

Este objetivo se logró mediante el uso de una metodología basada en Seis Sigma, que es una estrategia de mejora continua orientada a la disminución de defectos conocido como DMAMC (basado en el ciclo de calidad de Deming): Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar.(Gutiérrez y de la Vara, 2013). Se aplicó dicha metodología para la elaboración y cumplimiento de los objetivos específicos centrados en la identificación de las principales causas de problemas de calidad con el uso de mediciones críticas y análisis estadísticos a fin de evitar el establecimiento de soluciones apresuradas.

De acuerdo al primer objetivo específico de este trabajo, se determinaron las no conformidades de los parámetros de calidad más importantes en la línea de salchichas, es decir, se determinaron los principales fallos o variaciones que ocasionan la falta de uniformidad de las características de calidad sensoriales en las salchichas.

En la industria, es frecuente la variación de las características de los productos, independientemente de qué tan cuidadosa sea la calibración de la maquinaria, los controles operativos y la calidad de las materias primas. Este tipo de variaciones son de naturaleza natural o aleatoria, y para controlarlas se hace uso de las herramientas estadísticas. Por otra parte, existen otras fuentes de variación no aleatorias, las cuales se denominan causas asignables y afectan de forma nociva la calidad. (Nieves y Domínguez, 2010). En esta investigación, para detectar las causas asignables se

procedió a observar cuidadosamente el proceso de la línea de producción elaborando en paralelo los diagramas de flujo del proceso. (Diagrama No. 2 y No.3).

Debido a que no se distinguieron causas asignables en los factores de mezclado y emulsionado que son en los que se diferencian los tipos de procesamiento continuo y semi-continuo para la línea de salchichas escaldadas y debido a que en los registros no se asignó el tipo de proceso, se procedió a considerar las no conformidades del procedimiento en general para las salchichas escaldadas.

Con el diagrama de Causa-Efecto (Diagrama No.10), se generaron ideas sobre las causas de no conformidades en cuanto a las variaciones aleatorias de las 6M (método, mano de obra, mediciones, material, maquinaria y medio ambiente) para cada una de las etapas del proceso de producción de salchichas escaldadas. Sin embargo, a pesar de que con el uso de este diagrama no fue posible determinar causas asignables que requirieran acciones inmediatas, si fue posible el clasificar las no conformidades y sus causas.

De los registros electrónicos de la empresa de no conformidades del período de enero del 2012 a septiembre del 2017, se obtuvieron las no conformidades de las salchichas escaldadas en cuanto al tipo de salchicha, fecha, descripción de la inconformidad. Se analizaron las descripciones y se clasificaron por tipo de inconformidad: por defecto de color, textura y apariencia exterior.

Con el análisis de los registros electrónicos de la empresa de enero 2012 a septiembre del 2017, se cumplió con el segundo objetivo específico de esta investigación, debido a que fue posible determinar las no conformidades de las salchichas escaldadas en color, textura y apariencia exterior, así como las causas de estas no conformidades y se identificaron los principales aspectos que inciden en las no conformidades prioritarias de la línea de salchicha.

De acuerdo a los resultados obtenidos en el Gráfico No. 3, las no conformidades relacionadas con el color fueron las que presentaron mayor ocurrencia (44,2%), el segundo lugar de no conformidades fue el referente a la textura (38,8%) y la apariencia exterior ocupó el tercer lugar de no conformidades (17%). Debido a que en conjunto el color y la textura abarcan el 83,54% del total de ocurrencias de todos los tipos de incumplimientos, se enfocó el análisis posterior a las inconformidades de estos dos parámetros.

La estratificación de los diagramas de Pareto se utilizó en tres niveles (Diagrama No.12). Sin embargo, el diseño de estratificación, puede variar dependiendo de los intereses y prioridades de la industria. Para esta investigación en el primer nivel se realizó un Pareto general por tipo de incumplimientos (Gráfico No.3) y también uno por tipo de salchichas para conocer los de mayor ocurrencia (Gráfico No.2). En el segundo nivel se colocaron los Pareto relacionados a las causas de incumplimientos de color (Gráfico No.19 de Anexo 10.6), textura (Gráfico No. 22 de Anexo 10.6) y todas las causas (Gráfico No.4). En el tercer nivel se realizó diagramas de Pareto específicamente para los incumplimientos salchichas del tipo *Pollo I*. (Gráfico No. 18, 21 y 24 del Anexo 10.6) y para los del año 2017. (Gráficos No. 17, 20 y 23 del Anexo 10.6)

El error en adición de ingredientes y el bajo peso fueron las causas relacionadas al color y textura respectivamente que presentaron la mayor ocurrencia, en el periodo de tiempo analizado del año 2012 al 2017, en el año 2017 y también en la salchicha tipo Pollo I.

De acuerdo al diagrama de Pareto (Gráfico No.2) se obtuvo que, la salchicha de tipo *Pollo I*. fue la cuarta de mayor frecuencia de incumplimientos (9% de las frecuencias totales), lo cual está relacionado directamente a la cantidad de producción (a mayor producción más inconformidades). Por lo que es recomendable aplicar la metodología para asignar tolerancias de color y textura a los tipos de salchicha de mayor producción como las salchichas tipo Hot dog y tipo *F*. Por otra parte con el diagrama de Pareto de

primer nivel sobre los tipos de incumplimientos (Gráfico No.3), se confirmó que el color (44,2%) y la textura (38,8%) son los de mayor prioridad por su frecuencia.

El diagrama de Pareto de segundo nivel de todas las causas de incumplimientos de enero 2012 a septiembre de 2017 (Gráfico No.4), fue el de mayor interés para esta investigación porque incluye todos los incumplimientos de todos los tipos de salchicha de la línea de procesamiento. Este diagrama mostró que el 87,1% de las causas de no conformidades de parámetros de calidad radica en: error de adición de ingredientes (24,7%), bajo peso (12,4%), materia primas fuera de especificación (12,4%), fallo de equipo (12,4%), error de adición de nitrito o eritorbato (9,8%), condiciones inadecuadas de mezclado de la pasta (7,7%) y corrimiento de grasa (7,7%), y son a las que la empresa debe implementar medidas de mejora.

Las causas prioritarias de no conformidades relacionadas con el color que corresponden al 79.8% en el diagrama de Pareto (Gráfico No. 19, sección 10.6.3. del anexo) fueron: error en adición de ingredientes (57.1%) y error de adición de nitritos o eritorbato (22.6%). En el 2017, el diagrama de Pareto (Gráfico No 20, sección 10.6.4 del anexo) muestra que la principal causa de no conformidades en el color es el error de adición de ingredientes (75%). Por consiguiente, es a este problema de error de adición de ingredientes al que la empresa debe enfocar esfuerzos y establecer medidas correctivas para controlarlo.

Por otra parte, en el Gráfico No. 22 de Anexos 10.6.6 se muestran las cuatro principales causas de no conformidades de textura que constituyen el 90.7% fueron: bajo peso (27.9%), materias primas fuera de especificación (27.9%), condiciones de mezclado (17.4%) y corrimiento de grasa (17.4%). En el 2017, el diagrama de Pareto (Gráfico 23 sección 10.6.7) muestra que la principal causa de no conformidades con textura es el bajo peso (40%), almacenamiento inadecuado (20%) y corrimiento de grasa (20%). Por ello, es importante el enfocar los esfuerzos al control del bajo peso. Con los diagramas de Pareto, fue posible determinar las causas de mayor importancia que inciden en las no conformidades de color y de textura.

Para conocer la etapa durante el procesamiento en las que se originan las inconformidades, y posteriormente recomendar acciones de control en estas etapas, se construyó una matriz o tabla de despliegue de función de calidad (DFC). (Tabla No.10) Con lo cual, se obtuvo un orden de importancia relativa que se indica entre paréntesis, de las siguientes etapas del proceso: mezclado (10), pesaje (8), emulsionado (6), control de materias primas (4) y cocción (3). Para cada una de esas etapas del proceso, se establecieron las causas de no cumplimiento en los parámetros de calidad de las salchichas (Tabla No. 11).

Con el fin de alcanzar el tercer objetivo específico de esta investigación de establecer herramientas que permitan la mejora continua de los parámetros de calidad de salchichas, se llevó a cabo el Análisis de Modos y Efectos de Fallas (AMEF) para las cinco etapas prioritarias del proceso que fueron establecidas. (Tabla No. 12). El método AMEF permite identificar las fallas potenciales de un proceso a partir del análisis de: ocurrencia, formas de detección y efecto que provocan. Para las fallas de mayor prioridad, se generan acciones con la meta de eliminarlas o reducirlas.

Para el AMEF los modos de falla potenciales fueron las causas de inconformidades. Los efectos de fallos fueron las propias inconformidades en el color y textura de las salchichas. AMEF permitió cuantificar la prioridad de accionar, con el Número de prioridad de riesgo (NPR). El NPR se calculó multiplicando (S) severidad x ocurrencia (O) x detección (D) de cada modo de fallo potencial, de acuerdo a una escala específica para el procesamiento de salchichas. (Ver Tabla No.20 en anexos de este documento: Criterios y puntuaciones de AMEF). Los criterios utilizados, fueron adaptados para el procesamiento específico de salchichas usando como guía los criterios de FMEA (2008) las siglas en inglés Failure Mode And Effects Analysis para el Análisis Modal de Fallos y Efectos, presentado en el libro de Gutiérrez, H. y de la Vara, R. (2013).

De acuerdo a los valores obtenidos de prioridad de riesgo (NPR), las siguientes causas de no conformidades en orden decreciente son las principales a controlar: error

de adición de ingredientes (NPR=126), materias primas fuera de especificación (NPR=96), bajo peso (NPR=84), error en pesaje de ingredientes (NPR=48) y corrimiento de grasa (NPR=20). (Tabla No. 13)

Conforme a lo planteado en el cuarto objetivo específico de esta investigación, en los siguientes párrafos se establecen acciones para controlar, reducir o eliminar cada una de las principales causas de no conformidades con parámetros de calidad.

Como se observa en la Tabla No. 13, el error de adición de ingredientes es la causa prioritaria de no conformidades (NPR=126), debido a su ocurrencia (O=3), frecuencia entre 21 a 30%, bajo nivel de detección (D=7) y alta severidad (S=6) que indica que el producto intermedio de la línea de producción puede que tenga que ser re-procesado luego de su aceptación.

El especificar a los operarios un orden de adición desde las instrucciones de producción, así como el identificar los ingredientes de forma eficaz puede contribuir a eliminar esta causa de no conformidad. El orden adecuado de adición de ingredientes es: (1) materias primas cárnicas, (2) sales de curación (3), concentrados de soya y agua (4), cárnicos grasos, (5) especias y condimentos; colorantes, agua y hielo, y (6) almidones, agua y hielo.

La identificación de ingredientes ya se realiza en la empresa, pero un mejor control en el orden de adición ayudaría a reducir las fallas del proceso de elaboración de salchichas, con lo cual se reducirá la principal causa de defectos en color, que se identifica por un color pálido, grisáceo u oscuro. Los colorantes, nitratos y el eritorbato, son ingredientes que tienen una función tecnológica específica y son de especial importancia por su influencia en el color; de igual forma la sal y fosfatos por su influencia en la textura. Por lo tanto, estos ingredientes deben incorporarse en el orden recomendado.

El empleo de materia prima diferente a la requerida según la formulación, como es el tipo de corte o la cantidad de un componente en la carne, contribuyen también al error de adición de ingredientes, debido a que la no conformidad con especificaciones de materias es otra forma de falla, pero se relaciona porque se adiciona un ingrediente incorrecto. Si el cambio de materia prima no es un error aleatorio, sino una alternativa recurrente a falta de un tipo de materia prima cárnica, es necesario hacer una formulación alternativa como la modificación de la relación grasa y proteína que permitirán una emulsión estable.

Las materias primas fuera de especificación constituyen la segunda causa de fallo por su prioridad de riesgo (NPR=96), debido principalmente a su elevada severidad (S=8) pues es categorizada como un trastorno o afectación mayor ya que en algunos casos puede afectar al 100% de la producción y puede que se tenga que desechar el producto. Además presenta un bajo nivel de detección (6). (Tabla No.13)

Como se mencionó anteriormente, el fallo de especificaciones de materias prima es ocasionado por la sustitución de materias primas como una decisión alternativa a las formulaciones, debido a que por ejemplo, el emplear un tipo de pieza de pollo diferente o carne mecánicamente deshuesada en menor o mayor proporción cambia la cantidad de proteínas disponibles para formar una pasta cárnica estable. Por lo anteriormente expuesto, es necesario el tomar acciones para mantener la disponibilidad de las materias primas adecuadas desde la planificación de producción.

El cambio de tipo de músculo de pollo en formulación, puede afectar las características finales de un producto de carne emulsionada, debido a que como lo explica Barbut (2015), se forman geles más débiles con proteínas miofibrilares de pierna de gallina a diferencia de las proteínas de pechuga de pollo independientemente del pH, fuerza iónica o contenido de antioxidantes. Por ello, si se cambia el uso de pechuga de pollo por pierna, es necesario el evaluar el añadir más proteína a la formulación de una salchicha que se elabora con pechuga de pollo para formar un gel más resistente.

Cuando se cambia la proporción de proteína/ grasa, es necesario contar con formulaciones alternas que contengan diferentes proporciones de materia prima, incluyendo más proteína o grasa de ser necesario para obtener una relación apropiada de proteína/grasa. La utilización de una receta incorrecta, según Essien (2003) afecta una buena proporción de carne magra en la receta e impide obtener un producto de calidad.

Los índices de capacidad de retención de agua (CRA) y (CE), pueden ser de utilidad para realizar las formulaciones alternas, pues permiten determinar con valores numéricos la proporción de grasa y proteína que forman una emulsión estable. Por otra parte, en relación con los fallos de materias primas, los incumplimientos pueden deberse a cambios que los proveedores realizan en sus productos sin previa notificación, como por ejemplo el empleo de colorantes menos solubles. Estos factores deben verificarse considerando las variables aceptables de cada materia prima.

El bajo peso fue la tercera causa de fallo con un nivel de riesgo de NPR=84, debido principalmente a su significativa severidad (S=7) y bajo nivel de detección (D=6). (Tabla No. 13). El nivel de severidad significa que por este fallo puede que tenga que desecharse una parte de la producción, y el bajo nivel de detección indica que este fallo se evidencia hasta después del procesamiento y con instrumentos de medición.

Para evitar el bajo peso, es recomendable evitar el almacenamiento prolongado antes de la cocción del producto embutido, la cual fue establecida también como causa de inconformidad, debido a que se pierde la humedad a través de la funda que es permeable al agua. Esto implica realizar el seguimiento adecuado del programa de mantenimiento, para que los hornos funcionen con su máxima eficiencia durante la producción y mediante un control más estricto y sincronizado del programa de producción evitar retrasos y paros que se dan por la acumulación de productos a la entrada de los hornos. Por otra parte, para conocer la variabilidad del peso, es útil el realizar una investigación de mermas, a través del control de variables de peso, en las etapas del proceso que más afectan la retención y pérdida de humedad.

El error de pesaje fue la cuarta causa de fallo de acuerdo a su número de prioridad de riesgo (NPR=48), el cual fue obtenido principalmente por su severidad moderada (S=6), la cual indica que el 100% de la producción puede que tenga que ser re-procesada, y por su nivel de detección remoto (D=8), que indica que el defecto no es fácilmente identificable durante el procesamiento.

Los problemas de pesajes no son detectables fácilmente y un cambio de fórmula puede afectar desde el color, hasta la formación de una pasta estable por la relación grasa/proteína. Este problema se relaciona con el error de adición de ingredientes, puesto a que si hay un pesaje inadecuado habrá una incorrecta adición de ingredientes.

El error de pesaje de ingredientes se relaciona también con la materia prima fuera de especificación, pues la materia prima cárnica puede variar considerablemente en su composición. La cantidad de proteínas y grasa, puede variar significativa y continuamente por el tipo de pieza, especie, raza, edad, estrés de animal, alimentación y muchos otros factores (Barbut, 2015). Por ello, una materia prima fuera de especificación es por ejemplo un tipo de pieza de pollo diferente, porque varía su proporción de grasa y proteína.

El elaborar herramientas de aseguramiento de identificación de los ingredientes, identificar los ingredientes por clasificación (materias primas cárnicas, sales de curación, concentrados de soya, grasas, condimentos y especias, y extensores) y la implementación de numeración y orden de adición son medidas que pueden reducir el error de pesaje. También contribuye a evitar el error de pesaje de ingredientes el separar los ingredientes de forma que se añadan uno a la vez y de esta forma evitar faltas o excesos por confusión. De igual forma se debe cuidar que el transporte desde el área de pesaje hacia la mezcladora o cúter no cause confusión.

El peso de ingredientes, es una variable aleatoria, que como se explicó anteriormente, es una variación inevitable a pesar de que es común su monitoreo, sin embargo, se podría controlarlo usando gráficos de control estadísticos.

La quinta causa de fallo fue el corrimiento de grasa de acuerdo a su nivel de riesgo (NPR=20), obtenido principalmente por su nivel de severidad moderada (S=4), que indica que podría haber un re-proceso en la misma estación de trabajo antes de continuar con la siguiente etapa y por su nivel de detección moderada (D=5) que indica que se puede detectar el problema en la fuente mediante los equipos de control.

Aunque esta causa de fallo es severa, es fácil de identificar durante el proceso cuando se separan las fases de la emulsión durante o después del mezclado, así mismo se puede evitar al controlar las condiciones que afectan la formación y estabilidad de las emulsiones cárnicas, como: la temperatura durante la emulsificación, el tamaño de partículas de grasa, pH, cantidad y tipo de proteínas solubles presentes, y la viscosidad de la pasta cárnica ya mezclada. Estos parámetros controlados proporcionan las condiciones para que la función tecnológica de los ingredientes sea óptima, y se forme una emulsión estable.

Según Barbut (2015) desde un punto de vista práctico durante un proceso de picado no puede detectarse ningún signo de ruptura de la emulsión, al observar la pasta de carne cruda no se provee ninguna pista de la cantidad de pérdida de grasa o líquido que puede experimentarse durante el cocinado. Sin embargo, se conocen factores que favorecen la estabilidad que son medibles como la viscosidad alta y el pequeño volumen de la fase dispersa. Por ello, otra forma de verificar una pasta cárnica estable, podría ser encontrando la viscosidad óptima para la pasta, para lo cual se requiere un viscosímetro apropiado, para tomar mediciones durante el procesamiento.

De acuerdo a los resultados obtenidos, la causa de fallo con mayor prioridad de riesgo fue el error en adición de ingredientes, por su elevada severidad, mayor ocurrencia y su bajo nivel de detección. A pesar que el NPR no es definitivo, la empresa puede tomarlos en cuenta y enfocar sus acciones de mejora para reducir las causas de falla de mayor severidad, ocurrencia y detección.

El uso de herramientas estadísticas de Seis Sigma, sobre todo en sus fases de mejora y control, permiten el control de variables para establecer límites, como se realizó en esta investigación. Las herramientas y metodologías empleadas en este documento permiten orientar acciones de mejora continua en la elaboración de salchichas. La metodología AMEF como una herramienta de mejora continua, permite por medio del Número de Prioridad Relativa (NPR) evaluar la mejora luego de haber implementado acciones.

Adicionalmente, los límites de tolerancia de las características sensoriales de color y textura que son las más afectadas por las no conformidades y son índices con los que se pueden evaluar las nuevas producciones de salchicha tipo Pollo I. El contar con un software estadístico, facilita la aplicación de estadísticas para establecer los límites de tolerancia y construir diagramas de calidad.

Para tipificar las características organolépticas de la salchicha, se definieron las variables o factores del producto terminado correspondientes a un producto aceptable, con lo cual se cumplió el quinto objetivo específico de esta investigación de establecer los parámetros sensoriales de la salchicha. A pesar de que el análisis de los parámetros sensoriales se delimitó a un solo tipo de salchicha de pollo (Tipo Pollo I), la metodología que se empleó es aplicable para los 36 tipos de salchichas de la línea de producción.

Los atributos sensoriales fueron concretados como variables dependientes, por estar determinados por las variables independientes del proceso de elaboración, como son la temperatura, pH del mezclado de ingredientes, pesos de productos intermedios y orden de adición de ingredientes, los cuales afectan el color y textura final del producto. Los atributos sensoriales evaluados fueron el color y textura debido a la disponibilidad de instrumentos para su medición y a la relevancia conferida por la frecuente incidencia de estos parámetros en las inconformidades.

Para cada una de las variables de color y textura, se obtuvo un intervalo numérico, límites de tolerancia, que indican la medida admisible para la salchicha. En la Tabla No.

16 fueron indicados los límites de tolerancia de color y en la Tabla No. 17 los límites de textura para la salchicha tipo Pollo I.

La estimación de las tolerancias también llamados límites naturales, son relevantes sobre todo en el desarrollo de un producto nuevo para dimensionar sus características aceptables. En este caso se realizó la medición del color y textura de una salchicha escaldada de pollo, que ya se produce. Con ello se obtuvieron datos reales y funcionales equivalentes a valores poblacionales aun cuando se utilizó un tamaño de muestra pequeño, por limitaciones de la investigación.

Con el software empleado (Minitab), se calcularon los intervalos de tolerancia paramétricos (Tabla No. 16 y 17), los cuales presuponen que la distribución original de la muestra una distribución normal. La distribución normal de los conjuntos de datos se comprobó por medio de la prueba de ajuste Anderson-Darling, Histogramas y gráficos de probabilidad normal usando el mismo software estadístico (Ver Anexos 10.5 , Gráfico No.5 al No.16).

Se comprobó que los valores de dureza y los valores tricromáticos (X, Y, Z) muestran una distribución normal debido a que los valores obtenidos de (p) fueron mayores a la significancia de 0,05. (Ver Tabla No. 16, 17 y anexos 10.5)

En Minitab, es necesario denotar el nivel de confianza (la probabilidad de contener la media poblacional dentro del intervalo) y la cobertura (el porcentaje mínimo objetivo de la población en el intervalo), para calcular los intervalos de tolerancia. Se empleó el 95% de confianza para el 95% de la población. De tal forma que se puede estar 95% seguro que el 95% de la población estará dentro del intervalo de tolerancia paramétrico.

Para determinar la dureza, se midió la fuerza necesaria para cortar la salchicha en dos en una muestra de 24 unidades, simulando la mandíbula humana con el texturómetro INSTRON 3342. El valor medio obtenido de dureza en Newton (N) fue de 0,4961 y el intervalo de dureza fue de 0,300 N para el límite inferior y de 0,692N para el límite

superior. (Tabla No. 17), siendo estos valores los establecidos como parámetros de textura para una salchicha aceptable de tipo Pollo I.

Para la determinación de color se utilizó el colorímetro triestímulos CR-440 de la marca KONICA MINOLTA, determinando los valores tricromáticos X, Y, Z, que son valores triestímulos, cantidades de cada color o componente primario para igualar el color de una muestra, según la Commission Internationale de L'Eclairage (CIE). (Benzzo, 2005; citando a Giese, 1995).

El método utilizado para obtener los intervalos de confianza de los valores tricromáticos (X, Y, Z) del color también empleó un nivel de confianza del 95%, con un porcentaje de población en el intervalo del 95% en una muestra de 23 unidades de salchichas tipo Pollo I. y se comprobó su normalidad con la prueba Anderson-Darling de la misma forma como se realizó con los valores de textura.

La media para los valores de X, Y y Z fueron de 32,45, 27,86 y 23,42 respectivamente. Estos son los valores que mejor describen las tres variables adimensionales de color. Y los valores de las tolerancias establecidos son límite inferior (29,38; 24,91; 20,51) y los límites superiores (35,52, 30.81, 26.34), que indican el rango admisible de color. (Tabla No. 16).

Para establecer límites de tolerancias, o especificaciones nuevos productos de la línea de salchichas escaldadas es conveniente el crear un perfil de color empleando una cartilla de color, utilizando un colorímetro con el sistema de medición Munsell. Puesto que Munsell tiene la ventaja que permite replicar los colores, a diferencia del método (X, Y, Z) empleado en esta investigación.

El colorímetro Cr-400 funciona en las escalas de mediciones (X, Y, Z) y ($L^*a^*b^*$), por lo que puede configurarse para evaluar la aceptación del producto si se encuentra en los intervalos de color especificados, mediante la diferencia con el valor patrón, por lo que

podría emplearse para aceptar o rechazar un producto terminado y para evaluar el color de materias primas como carne y grasa.

Para nuevos productos, o incluso para los ya existentes, es conveniente construir un perfil de textura empleando un texturómetro como INSTRON 3342. Esto permite crear tolerancias más específicas de aspectos como: fracturabilidad, cohesividad, adhesividad, elasticidad, gomosidad, masticabilidad, además de la dureza (medida en este proyecto). Los límites de tolerancia de color y textura, sirven para evaluar la capacidad de la planta en cumplir las especificaciones de la salchicha y podría ser de uso también en estudios de vida útil de un producto.

Finalmente se concluye que sí es posible estandarizar los parámetros de calidad de salchichas a través de herramientas de calidad. Las herramientas de calidad permiten reducir la variabilidad y ajustarla conforme a indicadores como lo son los límites de calidad. En esta investigación, se ajustó un método de calidad a la línea de producción de salchichas, para establecer tolerancias de textura y color. Se clasificaron y determinaron las causas prioritarias de las variables en el color y textura, con el fin de recomendar acciones que permitan mantener las características sensoriales de las salchichas dentro de los parámetros aceptables.

VII. CONCLUSIONES

- 7.1. El intervalo aceptable de dureza en Newton (N) para una salchicha de tipo Pollo I. es: de 0,367N a 0,659N. Se está 95% seguro que el 95% de las salchichas se encuentran entre este intervalo.
- 7.2. El intervalo de color aceptable, en el sistema de medición (X, Y, Z) es de; (29,38; 24,91; 20,51) a (35,52; 30,81; 26,34). Se está 95% seguro que el 95% de las salchichas se encuentran dentro de este intervalo.
- 7.3. Los incumplimientos con respecto a las especificaciones de la línea de salchichas se clasificaron en incumplimientos de color, textura y apariencia general, siendo los primeros dos de mayor relevancia, representando un 84% de los incumplimientos en estos 2 parámetros.
- 7.4. El 17% de los incumplimientos totales, correspondió a incumplimientos en la apariencia exterior y no se considera relevante porque en su mayoría son causas asignables que se resuelven en el momento de su detección.
- 7.5. Las causas de inconformidades más relevantes relacionadas al color fueron el error de adición de ingredientes y el error de adición de nitritos o eritorbato, respectivamente con 57,1% y 22,8% del porcentaje de ocurrencia total.
- 7.6. Las causas de inconformidades relacionadas a la textura, más relevantes según el porcentaje de ocurrencia total, fueron el bajo peso (27,9%) y materias primas fuera de especificaciones (27,9%).
- 7.7. Las causas de inconformidades más frecuentes del 2017, fueron identificadas como el error de adición de ingredientes (75%) y la falta de homogeneización de colorantes (25%).

- 7.8. Las etapas del proceso de mayor importancia relativa según su relación con las causas de inconformidad establecidas fueron: mezclado, pesaje, emulsionado, control de materias primas, y cocción, respectivamente con valores de Importancia Relativa Total de 10, 8, 6, 4 y 3.
- 7.9. Las principales causas de incumplimiento según su prioridad de riesgo (NPR) que relaciona severidad, ocurrencia y detección, determinadas de mayor a menor fueron el error en adición de ingredientes, materias primas fuera de especificación, bajo peso, error en pesaje de ingredientes y corrimiento de grasa, respectivamente con valores NPR de 126, 96, 84, 48 y 20.
- 7.10. El error de adición de ingredientes fue la principal causa de no conformidades en el 2017, en las no conformidades en color y en la prioridad de riesgo (NPR=126) por lo que se le debe prestar atención inmediata a este problema y establecer medidas correctivas para evitarlo.
- 7.11. Las herramientas estadísticas de Seis Sigma utilizadas en esta investigación, permitieron establecer los límites de tolerancia para el control de las variables y evaluar la capacidad y estabilidad del proceso para determinar si el proceso está o no bajo control.

VIII. RECOMENDACIONES

- 8.1. Asegurar la identificación de los ingredientes, separando los ingredientes por canastas y por orden de adición, así como el emplear materias primas según la formulación para evitar el error de adición de ingredientes que fue el de mayor prioridad de riesgo (NPR=126).
- 8.2. Mantener la disponibilidad de las materias primas adecuadas desde la planificación de producción y contar con formulaciones alternativas cuando no existe disponibilidad de los insumos de uso frecuente, para el control de materia prima fuera de especificación (NPR=96).
- 8.3. Evitar el almacenamiento prolongado antes de la cocción del producto embutido para evitar la pérdida de humedad a través de la funda que es permeable al agua, para evitar el bajo peso que constituye el tercer lugar en el modo de fallo (NPR=84).
- 8.4. Separar los ingredientes por categorías para evitar faltas o excesos por confusión. Así mismo se debe controlar el transporte de las materias primas del área de pesaje a la mezcladora para evitar confusión en el trayecto, para controlar el error de pesaje de ingredientes, con un valor NPR de 48.
- 8.5. Evaluar las condiciones que afectan la formación y estabilidad de las emulsiones cárnicas, tal como son la temperatura durante la emulsificación, el tamaño de partículas de grasa, pH, cantidad y tipo de proteínas solubles presentes y la viscosidad de la emulsión, con el fin de prevenir el corrimiento de grasa (NPR=20).
- 8.6. Obtener los intervalos de las salchichas tipo Hot dog por ser no solo las de mayor volumen de producción sino por tener el 29,5% de incumplimientos

- 8.7. Utilizar un software estadístico para facilitar el análisis de datos y aplicar herramientas estadísticas.
- 8.8. Emplear la metodología AMEF para la evaluación continua de las acciones recomendadas usando el Número de Prioridad de Riesgo (NPR) como comparación de los cambios.
- 8.9. Crear un perfil de color y textura para el desarrollo de nuevos productos, lo cual servirá para establecer los límites de tolerancias.
- 8.10. Emplear una cartilla elaborada con mediciones del sistema Munsell con un colorímetro triestímulos, para crear nuevos perfiles de color, debido a que Munsell tiene la ventaja que permite replicar los colores, a diferencia del método empleado en esta investigación.
- 8.11. Crear perfiles de textura más específicos empleando un texturómetro como INSTRON, 3342 que cubra aspectos como fracturabilidad, cohesividad, adhesividad, elasticidad, gomosidad, masticabilidad, además de la dureza, que fue el único parámetro medido en este proyecto.
- 8.12. Definir registros que permitan obtener información relevante, como las cantidades afectadas y los costos que implican las no conformidades a fin de implementar un proyecto de reducción de costos por inconformidades.
- 8.13. Formar un equipo multidisciplinario para facilitar la demarcación de ideas y orientación de prioridades, para una investigación de este tipo.
- 8.14. Realizar una investigación de la viscosidad con una emulsión estable, para que la medición de la viscosidad sea un indicador de la estabilidad de la pasta cárnica durante el procesamiento.

- 8.15. Realizar una evaluación de la variabilidad de los pesos, para mantenerlos dentro de los rangos aceptables utilizando cartas de control, sobre todo en control de peso de aditivos como fosfatos, nitritos, eritorbato y colorantes.

- 8.16. Elaborar un estudio de mermas para determinar las pérdidas de humedad durante el procesamiento de las salchichas y la concentración de sal durante las etapas del proceso.

IX. REFERENCIAS

- Alderte, V., Colombo, A., Di Stéfano, V. y Wade, P. (2003) Six Sigma. "0 de cómo las pinzas y martillos se tornan tecnología de punta". Instituto Argentino de Profesores Universitarios de Costos. Disponible en: <http://200.16.86.50/digital/33/revistas/cse/sixsigma-six.pdf>
- Amerling, C. (2001). Tecnología de la carne: Antología. UNED. San José, Costa Rica.
- Andújar, G., Pérez, D. y Venegas, O. (2003) Química y Bioquímica de la Carne y los Productos Cárnicos. Editorial Universitaria. Cuba, Ciudad de la Habana.
- Arango, M., Díaz, S., Cuitiva, S. y Salazar, R. (2011). Evaluación de la capacidad de retención de agua y poder emulsificante de las diferentes carnes comercializadas en Colombia. Colombia. Consultado en internet el 10/03/2017 en: calidaddederivadoscarnicosylacteos.bligoo.com.co/.../Informe_emulsificacion.docx
- Arturo, R., (2006) Control estadístico de procesos. Consultado en internet el 10/11/2017 en: <http://web.cortland.edu/matresearch/ControlProcesos.pdf>
- Badui, S. (2006) Química de los Alimentos. Cuarta Edición. Editorial Pearson Educación. México.
- Barbut, S. (2015) The Science of Poultry and Meat Processing [La ciencia del Procesamiento de Carne]. University of Guelph. Canadá.
- Benzzo, María Teresita. (2005) Determinación objetiva del color en la elaboración de pastas modelo de embutidos crudo-curados. Tesis inédita. Universidad de Litoral.

- Braña, D., Ramírez, E., Rubio, M., Sánchez, A., Torrescano, G., Arenas, M., Partida, J., Ponce, E. y Ríos, F. (2011) Manual de Análisis de Calidad en Muestras de Carne. Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Fisiología y Mejoramiento Animal. Folleto Técnico No. 11. México.
- Caicedo, N. (2011). Aplicación de un programa seis sigma para la mejora de calidad de una empresa de confecciones. Revista Dialnet. Vol. 9, Nº. 2, p. (65-74) Consultado en internet: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4208330>
- Camisón, C., Cruz, S. y Gonzales, T. (2006) Gestión de Calidad: Conceptos, enfoques, modelos y sistemas. Editorial Pearson Educación. Madrid, España.
- Carduza, F., Grigioni, G. e Irurueta, M., (2016) Evaluación organoléptica de calidad en carne. Instituto de Promoción de la Carne Vacuna. Argentina. Consultado en Internet el 14/03/2017. Disponible [En red:] <http://www.ipcva.com.ar/vertext.php?id=131>
- Cartín, A., Villarreal, A. y Morera, A. (2014,). Implementación del análisis de riesgo en la industria alimentaria mediante la metodología AMEF: enfoque práctico y conceptual. Revista De Medicina Veterinaria, No. (27), p. (133-148). Consultado en internet el 14/03/2017 en: <https://doi.org/https://doi.org/10.19052/mv.3030>
- Castro, J. (2007) Predicción de las Características Físicas y Sensoriales de una Salchicha Basada en la Temperatura Final de la Emulsión. Zamorano. Tesis inédita. Honduras.

- Central America Data. (2017) Información de Negocios. Edición del 12 de julio. Consultado en internet en: http://www.centralamericadata.com/es/article/home/Comercio_centroamericano_de_embutidos_crece_6
- Chang, R. y College, W., (2002) Química. Séptima edición. Editorial McGraw-Hill. México
- Comisión Guatemalteca de Normas (COGUANOR). NGO 34 131. Carne y productos cárnicos. Salchichas a granel y salchichas enlatadas. Disponible en: http://cretec.org.gt/wp-content/files_mf/ngo34131salchichasagranel.pdf
- Costell, E. (2005) El análisis sensorial en el control y aseguramiento de la calidad de los alimentos: una posibilidad real. Centro Tecnológico Nacional de la Conservación y Alimentación. CTC Alimentación No. 23, p. (10-17). España. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10261/5729>
- Díaz, E., Díaz, C., Flores, L. y Heyser, S. (2009) Estudio de la Variabilidad de un Proceso en el Área de Envasado de un Producto en Polvo. Revista Información Tecnológica. Vol. 20. No. 6, p. (105-113).
- Essien E. (2003) Sausage manufacture. Principles and practice. [Manufactura de salchichas. Principios y práctica]. Woodhead Publishing Limited. Cambridge England.
- Fernández, M. (2010) Evaluación comparativa de la aceptación de la carne de cordero contra la carne de res en el estado de Nuevo León México. Tesis inédita. Universidad autónoma de Nuevo León. Disponible en internet: <http://eprints.uanl.mx/5671/1/1080194465.PDF>

- Gutiérrez, H. y de la Vara., R. (2013) Control Estadístico de la Calidad y Seis Sigma. Tercera edición. Mc Graw Hill Educación. México.
- Gutiérrez, H. (2010) Calidad Total y Productividad. Tercera edición. Editorial Mc Graw Hill Educación. México, D.F.
- Guzmán, N. (2010) Estandarización y caracterización de procesos en alimentos FRIKO S.A. Tesis inédita. Corporación Universitaria Lasallista. Colombia.
- Hleap, J. y Velasco, A., (2010) Análisis de las propiedades de textura durante el almacenamiento de salchichas elaboradas a partir de tilapia roja (*Oreochromis sp.*) Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, Vol. 8 No. 2, p. (46-56). Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1692-35612010000200007&lng=en&tlng=es.
- Organización Internacional de Normalización (ISO). ISO 5492:2008. Análisis Sensorial. Vocabulario. Disponible en: <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:5492:ed-2:v1:en>
- Real Academia Española. Orden. Consultado el 18/05/2017. Disponible [En red:] <http://dle.rae.es/srv/fetch?id=R9Scnle>
- Secretaría de Comercio y Fomento Industrial (SECOFI). (2000) Embutidos: Guías empresariales. Editorial Limusa, S.A. México, D.F.
- Secretaría de Integración Económica Centroamericana (SIECA). (2017) Cadenas regionales de valor en Centroamérica. Foro: "Mejorando para competir: Perspectivas Nacional y Regional de Competitividad". Espinoza, E.V. Disponible [En red:]

https://www.pronacom.gt/website/biblioteca/biblioteca__2_____presentacion_sieca_foro_de_competitividad.pdf

- Siegfried G., Müller A., y Ardoíno, A. (2006) Procesamiento de carnes y embutidos. Manual Práctico de Experiencias. Proyecto de gestión de calidad en fábricas de embutidos. Proyecto de Calidad de Embutidos. Departamento de Educación, Cultura, Ciencia y Tecnología. Organización de los Estados Americanos. (OEA).
- Todolí, J. (2008) Control de calidad de los alimentos. Universidad de Alicante. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10045/8537>
- Universidad de Córdoba (UCO). (s.f.) Capacidad de retención de agua. Consultado en internet el 13/04/2017 en: http://www.uco.es/organiza/departamentos/prod-animal/economia/aula/img/pictorex/07_09_40_3_REVCRA.pdf
- Universidad de Córdoba (UCO). (s.f.) Textura-Terneza. Consultado en Internet el 14/05/2017 en: http://www.uco.es/organiza/departamentos/prod-animal/economia/aula/img/pictorex/07_09_40_5_REVTERNE.pdf
- Vásquez, A. (2015) Estimación de las coordenadas CIEL a^*b en concentrados de tomate utilizando imágenes digitales. Tesis inédita. Universidad Nacional de Colombia. Disponible en: http://www.bdigital.unal.edu.co/47272/1/Andrea_Melisa_Vasquez_Riascos.pdf
- Vidal, F. (2015). Métodos Avanzados de Gestión de la Producción y de la Calidad. Tesis inédita. Universidad Autónoma de México. México D.F.

- Young, B. (2008). Sausage technology journal [Revista de tecnología de salchichas]. The national provisioner. [El proveedor nacional]. No.101. Disponible: https://www.provisioneronline.com/ext/resources/march2011images/Tech_Journals/PO-Sausage-TechJournal-08.pdf

X. ANEXOS

10.1. Abreviaturas

- AMEF: Análisis de Modos y Efectos de Fallas
- D: Detección:
- DFC: Despliegue de Función de Calidad
- DM: detector de metales
- MPC: materia prima cárnica
- MPNC: materia prima no cárnica
- N: Newton
- O: ocurrencia
- PT: producto terminado
- S: Severidad

10.2. Glosario

- 10.2.1. Atributo: característica perceptible. (ISO 5492:2008)
- 10.2.2. Aseguramiento de Calidad: parte de la Gestión de Calidad orientada a proporcionar confianza en que se cumplirán los requisitos". (ISO 9000:2015)
- 10.2.3. Calidad: grado en el que un conjunto de características inherentes cumple con los requisitos. (ISO 9000:2015)
- 10.2.4. Capacidad: aptitud de una organización, sistema o proceso para realizar un producto que cumple los requisitos para ese producto. (ISO 9000:2015)
- 10.2.5. Cliente: persona u organización que podría recibir o que recibe un producto o un servicio destinado a esa persona u organización o requerido por ella. (ISO 900:2015)
- 10.2.6 Conformidad: cumplimiento de un requisito. (ISO 9000:2015)
- 10.2.7 Estandarizar: ajustar a un tipo o norma. (2) Tipificar: (ajustar varias cosas semejantes a un tipo o norma común). (RAE)
- 10.2.8. Gestión de la Calidad: Actividades coordinadas para dirigir y controlar una organización en lo relativo a la calidad. (ISO 9000:2015).

- 10.2.9. Ingrediente: cualquier sustancia, incluidos los aditivos alimentarios que se emplean en la fabricación o preparación de un alimento y esté presente en el producto final aunque posiblemente en forma modificada. (RTCA 67.04.54:10)
- 10.2.10. Mejora continua: actividad recurrente para mejorar el desempeño. (ISO 9000:2015)
- 10.2.11. No conformidad: incumplimiento de un requisito. (ISO 9000:2015)
- 10.2.12. Organoléptico: relativo a un atributo perceptible por los sentidos. (ISO 5492:2008)
- 10.2.13. Parámetro: dato o factor que se toma como necesario para analizar o valorar una situación. (2) Variable que, en una familia de elementos, sirve para identificar cada uno de ellos mediante su valor numérico. (RAE)
- 10.2.14. Probabilidad: medida de la posibilidad de ocurrencia expresada como un número entre 0 y 1, donde 0 es imposibilidad y 1 es una certeza absoluta. (ISO/Guía 73:2009)
- 10.2.15. Procedimiento: forma especificada de llevar a cabo una actividad o un proceso. (ISO 9000:2015)
- 10.2.16. Producto Terminado: producto que no será objeto de ningún tratamiento o transformación posterior por parte de la organización. (ISO 22000: 2005)
- 10.2.17. Registro: especificación, documento de procedimiento, plano, informe, norma. (ISO 9000:2015).
- 10.2.18. Reproceso: acción tomada sobre un producto o servicio no conforme para hacerlo conforme con los requisitos. (ISO 9000:2015).
- 10.2.19. Requisito: necesidad o expectativa establecida, generalmente implícita u obligatoria. (ISO 9000:2015)
- 10.2.20. Sistema de Gestión: conjunto de elementos de una organización interrelacionados o que interactúan para establecer políticas, objetivos y procesos para lograr estos objetivos. (ISO 9000:2015)
- 10.2.21. Verificación: confirmación mediante la aportación de evidencia objetiva de que se ha cumplido los requisitos especificados. (RAE)

10.3. Datos sobre los incumplimientos de salchichas desde enero 2012 hasta septiembre de 2017

Tabla No. 18: Clasificación de registros de no conformidades

No.	Fecha	Producto	Incumplimiento	Descripción	Causa/Modos de fallo	Color	Textura	Aspecto exterior	Bajo peso	Error adición de ingredientes	Falta de nitritos o antioxidantes	Error de pesaje	Fallo de equipo	Materia Prima	Falta de homogeneización	Condiciones de mezclado	Almacenamiento inadecuado	Falta o exceso de sal	Corrimiento de grasa
1	11/01/2012	Pollo I.	color	color	puntos rojos falta de homogeneización	1									1				
2	10/01/2012	Pollo	bajo peso	bajo peso	pérdida de humedad		1		1										
3	07/02/2012	Pollo	color	color verdoso	error adición de ingredientes	1				1	1								
4	23/03/2012	Hot dog	color	color verdoso	error adición de ingredientes	1				1	1								
5	05/06/2012	Especial	textura	textura	error adición de ingredientes		1			1									
6	16/06/2012	Jumbo C/Q	color	color verdoso	error de adición de ingredientes (falta antioxidantes eritorbato)	1				1	1								
7	14/06/2012	Jumbo	color	color verdoso	error de adición de ingredientes (falta antioxidantes eritorbato)	1				1	1								

No.	Fecha	Producto	Incumplimiento	Descripción	Causa/Modos de fallo	Color	Textura	Aspecto exterior	Bajo peso	Error adición de ingredientes	Falta de nitritos o antioxidantes	Error de pesaje	Fallo de equipo	Materia Prima	Falta de homogeneización	Condiciones de mezclado	Almacenamiento inadecuado	Falta o exceso de sal	Corrimiento de grasa
8	21/06/2012	Tipo F.	empaquetación	aparición general	funda con mala impresión (proveedores)			1						1					
9	03/08/2012	Pavo	color	color	posiblemente error adición ingredientes	1				1									
10	22/08/2012	Tipo F.	color, textura	corrimiento de grasa	Corrimiento de grasa	1	1									1			1
11	04/09/2012	K. C/Q	color	color verdoso	error en adición de ingredientes (nitrito)	1					1								
12	21/09/2012	Pollo I.	color	color pálido	temperatura alta en cúter	1										1			
13	26/09/2012	Tipo F.	textura	textura floja	adición de agua adicional por error		1			1									
14	27/09/2012	Tipo F.	color, textura	corrimiento de grasa	Corrimiento de grasa (por almacenamiento inadecuado)	1	1										1		1
15	13/10/2012	Pollo	empaquetación	aparición general	impresión corrida de la funda			1											
16	18/10/2012	Especial	empaquetación	aparición general	burbujas de aire			1											
17	24/10/2012	Hot dog	textura	Textura	error de pesaje de ingredientes		1			1		1							

No.	Fecha	Producto	Incumplimiento	Descripción	Causa/Modos de fallo	Color	Textura	Aspecto exterior	Bajo peso	Error adición de ingredientes	Falta de nitritos o antioxidantes	Error de pesaje	Fallo de equipo	Materia Prima	Falta de homogeneización	Condiciones de mezclado	Almacenamiento inadecuado	Falta o exceso de sal	Corrimiento de grasa
18	29/10/2012	Tipo F.	textura	aparición general	burbujas de aire		1	1											
19	03/11/2012	Pollo	textura	Textura	No se especifica		1												
20	30/11/2012	Americana	bajo peso	bajo peso	No se especifica		1		1										
21	03/12/2012	Hot dog	color	color verde	pesaje u orden de adición de ingredientes (nitritos)	1				1	1	1							
22	07/12/2012	Americana CQ	color	coloración verde	pesaje u orden de adición de ingredientes (nitritos)	1				1	1	1							
2u3	18/12/2012	Hot dog	empaquetado	aparición general	burbujas			1											
24	22/12/2012	Pavo	color, textura	color pálido	cambio de formulación (de ingredientes)					1		1							
25	30/12/2012	Americana	bajo peso	bajo peso	falta de humedad		1		1										
26	30/12/2012	Pechuga de pollo	color, textura	corrimiento de grasa	corrimiento de grasa	1	1									1			

No.	Fecha	Producto	Incumplimiento	Descripción	Causa/Modos de fallo	Color	Textura	Aspecto exterior	Bajo peso	Error adición de ingredientes	Falta de nitritos o antioxidantes	Error de pesaje	Fallo de equipo	Materia Prima	Falta de homogeneización	Condiciones de mezclado	Almacenamiento inadecuado	Falta o exceso de sal	Corrimiento de grasa
					TOTAL 2012	13	11	5	3	11	7	4	0	1	1	3	1	0	2
27	24/01/2013	Hot dog	color	color	error en adición de ingredientes o pesaje	1				1	1	1							
28	08/02/2013	Pechuga de pollo	color	color grisáceo	aumento de temperatura por fricción de cuchillas cúter (o mezclador)	1							1			1			
29	08/02/2013	Pechuga de pollo	color	color grisáceo	aumento de temperatura por fricción de cuchillas cúter (o mezclador)	1							1			1			
30	22/02/2013	Pavo	color	color pálido	cambio de fórmula o ingredientes	1				1		1							
31	06/03/2013	Tipo F.	color, textura	corrimiento de grasa	Corrimiento de grasa, se usó grasa blanda en lugar de piel	1	1							1					1
32	18/03/2013	Hot dog	empaquetación	aparición general	desprendimiento etiqueta, empaque (proveedores)			1						1					
33	18/03/2013	Hot dog	bajo peso	bajo peso	sobre cocimiento, pérdida de humedad		1		1				1						

No.	Fecha	Producto	Incumplimiento	Descripción	Causa/Modos de fallo	Color	Textura	Aspecto exterior	Bajo peso	Error adición de ingredientes	Falta de nitritos o antioxidantes	Error de pesaje	Fallo de equipo	Materia Prima	Falta de homogeneización	Condiciones de mezclado	Almacenamiento inadecuado	Falta o exceso de sal	Corrimiento de grasa
34	20/03/2013	Tipo F.	Empaque	apariciencia general	funda arrugada, empaque (proveedores)			1						1					
35	22/03/2013	Tipo F.	Empaque	apariciencia general	funda arrugada, empaque (proveedores)			1						1					
36	02/04/2013	Tipo F.	Empaque	apariciencia general	funda borrosa, empaque (proveedores)			1						1					
37	03/04/2013	Hot dog	Textura	textura	burbujas por ser último en embutir		1						1						
38	12/04/2013	Pavo	color, textura	color, olor, sabor rancio	modificación de formula(cambio de MDM)	1				1		1							
39	17/04/2013	Hot dog	Empaque	apariciencia general	incumplimiento pegado etiqueta			1											
40	22/04/2013	Pavo	color, textura	color, olor, sabor rancio	modificación de formula	1				1		1							
41	02/05/2013	k	Empaque	apariciencia general	incumplimiento MP funda			1						1					
42	04/05/2013	k	Color	color	error de adición de ingredientes	1				1	1								

No.	Fecha	Producto	Incumplimiento	Descripción	Causa/Modos de fallo	Color	Textura	Aspecto exterior	Bajo peso	Error adición de ingredientes	Falta de nitritos o antioxidantes	Error de pesaje	Fallo de equipo	Materia Prima	Falta de homogeneización	Condiciones de mezclado	Almacenamiento inadecuado	Falta o exceso de sal	Corrimiento de grasa
43	22/05/2013	Pollo I.	bajo peso	bajo peso	fallos en horno de vapor y secado		1		1				1						
44	25/06/2013	K	color	color	falta de homogeneización colorante	1									1				
45	18/07/2013	Hot dog	color, textura	textura, sabor, color	error de adición de ingredientes	1				1									
46	29/07/2013	Pavo	color, sabor	sabor rancio	incumplimiento de MP (MDM)	1								1	1				
47	23/09/2013	Pavo	color	color	error de adición de ingredientes	1				1	1								
48	09/10/2013	Hot dog	color	color	error de adición de ingredientes					1	1								
49	05/10/2013	Tipo F.	textura	textura	cambio de formula en mezclado, por confusión					1		1							
50	27/12/2013	Avícola	color	color verde	pesaje de ingredientes (nitritos)	1				1	1								
					TOTAL 2013	13	4	6	2	10	5	5	5	7	2	2	0	0	1
51	01/12/2014	K. C/Q	empaquetación	aparición general	incumplimiento MP funda			1						1					

No.	Fecha	Producto	Incumplimiento	Descripción	Causa/Modos de fallo	Color	Textura	Aspecto exterior	Bajo peso	Error adición de ingredientes	Falta de nitritos o antioxidantes	Error de pesaje	Fallo de equipo	Materia Prima	Falta de homogeneización	Condiciones de mezclado	Almacenamiento inadecuado	Falta o exceso de sal	Corrimiento de grasa
52	05/02/2014	Hot dog	color, textura	corrimiento de grasa	Corrimiento de grasa en línea continua	1	1									1			1
53	06/02/2014	Hot dog	color, textura	corrimiento de grasa	Corrimiento de grasa	1	1									1			1
54	06/02/2014	k	empaquete	aparición general	incumplimiento MP funda			1						1					
55	13/02/2014	Hot dog	empaquete	aparición general	No se especifica			1					1						
56	13/02/2014	Tipo F.	empaquete	aparición general	fallo embudadora, funda floja			1					1						
57	21/02/2014	Hot dog	empaquete	aparición general	burbujas por fallo de embudadora			1					1						
58	14/03/2014	Hot dog	color, textura	corrimiento de grasa	Corrimiento de grasa	1	1									1			1
59	23/04/2013	Hot dog	color, textura	corrimiento de grasa	Corrimiento de grasa	1	1									1			1
60	29/04/2014	Tipo F.	textura	textura, sabor, color	doble adición de ingredientes (error humano)		1			1									
61	20/05/2014	Frankfurt	color	color	incumplimiento MP	1								1					

No.	Fecha	Producto	Incumplimiento	Descripción	Causa/Modos de fallo	Color	Textura	Aspecto exterior	Bajo peso	Error adición de ingredientes	Falta de nitritos o antioxidantes	Error de pesaje	Fallo de equipo	Materia Prima	Falta de homogeneización	Condiciones de mezclado	Almacenamiento inadecuado	Falta o exceso de sal	Corrimiento de grasa
62	20/05/2014	Especial	color	color, sabor	sin humo, por error humano	1				1									
63	27/05/2014	Tipo F.	empaquetación	aparición general	funda borrosa, empaque			1						1					
64	03/06/2014	Frankfurt	color, textura	sabor rancio	mal almacenamiento de MP	1	1										1		
65	17/06/2014	Pollo I.	color	color oscuro	No se especifica	1													
66	10/07/2014	Hot dog	empaquetación	aparición general	mal embutido produjo burbujas, falta de presión			1					1						
67	16/07/2014	Frankfurt	empaquetación	aparición general	mal embutido, debido a maquinaria			1					1						
68	11/08/2014	Pavo	color, textura	sabor	error humano, cambio de ingredientes o fórmula	1	1			1		1							
69	28/07/2014	Hot dog	textura	textura	temperatura elevada en mezclado, por acumulación de tejido conectivo		1						1			1			

No.	Fecha	Producto	Incumplimiento	Descripción	Causa/Modos de fallo	Color	Textura	Aspecto exterior	Bajo peso	Error adición de ingredientes	Falta de nitritos o antioxidantes	Error de pesaje	Fallo de equipo	Materia Prima	Falta de homogeneización	Condiciones de mezclado	Almacenamiento inadecuado	Falta o exceso de sal	Corrimiento de grasa
70	31/07/2014	Hot dog	color, textura	corrimiento de grasa	Corrimiento de grasa	1	1									1			1
71	16/09/2014	Hot dog	color	color	se empacó la salchicha incorrecta	1													
72	17/09/2014	Pechuga de pollo	color	color oscuro, olor fuerte	almacenamiento en cámara fría por emergencia	1							1				1		
73	18/09/2014	Cocktail	color, textura	sabor	sabor rancio, inadecuada MP	1	1							1					
74	14/10/2014	Frankfurt	color, textura	corrimiento de grasa	Corrimiento de grasa (más del recorte necesitado)	1	1							1					1
75	25/10/2014	Hot dog	color, textura	corrimiento de grasa	Corrimiento de grasa	1	1									1			1
76	28/10/2014	Pavo	color	color verdoso	posibilidad por colorantes	1				1	1								
77	20/11/2014	Pavo	color	color oscuro	cambios de ingredientes (uso de grasa diferente al usual)	1				1				1					
78	21/11/2014	Pollo I.	color	color oscuro	posible variación de MP	1				1				1					

No.	Fecha	Producto	Incumplimiento	Descripción	Causa/Modos de fallo	Color	Textura	Aspecto exterior	Bajo peso	Error adición de ingredientes	Falta de nitritos o antioxidantes	Error de pesaje	Fallo de equipo	Materia Prima	Falta de homogeneización	Condiciones de mezclado	Almacenamiento inadecuado	Falta o exceso de sal	Corrimiento de grasa
79	25/11/2014	Pavo	color, textura	color, sabor diferente	medición errónea de condimentos	1						1							
80	16/12/2014	Pollo I.	Color	puntos de colorante	posible orden incorrecto de ingredientes en cúter	1				1									
81	19/12/2014	Pollo I.	Color	color, sabor insípido	posible contaminación con desinfectantes	1													
82	29/12/2017	Hot dog	color, textura	corrimiento de grasa	corrimiento de grasa (tiempo largo espera para cocción)	1	1												1
					TOTAL 2014	22	13	8	0	7	1	2	7	8	0	7	2	0	8
83	19/01/2015	Hot dog	color, textura	corrimiento de grasa	Corrimiento de grasa	1	1									1			1
84	20/01/2015	Tipo F.	bajo peso	bajo peso	No se especifica		1		1										
85	21/03/2015	Hot dog	Color	color	funda manchada por mala impresión	1		1					1						
86	09/04/2015	Pechuga de pollo	Color	color y olor	uso de muestras en reproceso	1				1									

No.	Fecha	Producto	Incumplimiento	Descripción	Causa/Modos de fallo	Color	Textura	Aspecto exterior	Bajo peso	Error adición de ingredientes	Falta de nitritos o antioxidantes	Error de pesaje	Fallo de equipo	Materia Prima	Falta de homogeneización	Condiciones de mezclado	Almacenamiento inadecuado	Falta o exceso de sal	Corrimiento de grasa
					(descuido operarios)														
87	16/04/2015	Hot dog	Color	color	color por deterioro	1											1		
88	09/05/2015	Pollo I.	bajo peso	bajo peso	fallo de energía producto atrapado en el horno		1		1										
89	19/05/2015	Americana	bajo peso	bajo peso	mayor tiempo en horno (fallo energía)		1		1				1						
90	25/06/2015	Hot dog	empaquete	apariciencia general	funda manchada por mala impresión			1											
91	26/08/2015	Hot dog	bajo peso	bajo peso	mayor tiempo en horno (fallo energía)		1		1				1						
92	26/08/2015	Hot dog	bajo peso	bajo peso	por mayor tiempo en horno		1		1				1						
93	27/08/2015	Tipo F.	bajo peso, color	color y bajo pesos	mayor tiempo en horno (fallo energía)	1	1		1				1						
94	01/09/2015	Hot dog	color, textura	corrimiento de grasa	Corrimiento de grasa	1	1									1			1
95	21/09/2015	Hot dog	bajo peso	apariciencia general	bajo peso		1		1										

No.	Fecha	Producto	Incumplimiento	Descripción	Causa/Modos de fallo	Color	Textura	Aspecto exterior	Bajo peso	Error adición de ingredientes	Falta de nitritos o antioxidantes	Error de pesaje	Fallo de equipo	Materia Prima	Falta de homogeneización	Condiciones de mezclado	Almacenamiento inadecuado	Falta o exceso de sal	Corrimiento de grasa
96	21/09/2015	Hot dog	bajo peso	aparición general	bajo peso		1		1										
97	21/09/2015	Hot dog	bajo peso	aparición general	bajo peso		1		1										
98	23/09/2015	Pollo Tipo R.	bajo peso	aparición general	bajo peso		1		1										
99	07/10/2015	Tipo F.	bajo peso	aparición general	bajo peso por falla de equipo		1		1				1						
100	09/10/2015	Alemana	textura	textura	burujas		1	1					1						
101	19/10/2015	Pollo I.	color	color	decoloración no se sabe por qué	1				1									
102	28/10/2015	Alemana	textura	textura	falta de un ingrediente (hielo)					1	1								
103	16/11/2015	Hot dog	color, textura	corrimiento de grasa	Corrimiento de grasa	1	1									1			1
104	30/11/2015	Pollo Tipo R.	bajo peso	aparición general	bajo peso		1		1										
105	03/12/2015	Pollo Tipo R.	bajo peso	aparición general	bajo peso		1		1										
					TOTAL 2015	8	17	3	13	3	1	0	7	0	0	3	1	0	3

No.	Fecha	Producto	Incumplimiento	Descripción	Causa/Modos de fallo	Color	Textura	Aspecto exterior	Bajo peso	Error adición de ingredientes	Falta de nitritos o antioxidantes	Error de pesaje	Fallo de equipo	Materia Prima	Falta de homogeneización	Condiciones de mezclado	Almacenamiento inadecuado	Falta o exceso de sal	Corrimiento de grasa
106	06/01/2016	Tipo F.	bajo peso	aparición general	bajo peso		1		1										
107	06/01/2016	Hot dog	color	color	No se especifica	1				1									
108	06/01/2016	Pollo Tipo R.	color	color	cambio de color	1				1									
109	22/01/2016	Hot dog	textura	textura	error del personal no adicionó sal		1			1								1	
110	26/01/2016	Pavo	textura	textura	presentó trozos de cuero					1									
111	26/01/2016	Pavo	textura	textura	presentó trozos de cuero					1									
112	02/03/2016	Pechuga de pollo	color, textura	color y textura	posible problema de pesaje de extensores	1				1		1							
113	04/03/2016	Hot dog	empaquetado	vacío	fallo embudadora			1				1	1						
114	10/03/2016	Pavo	color	color	color de grasa diferente	1				1				1					
115	21/04/2016	Pechuga de pollo	empaquetado	codificación incorrecta	error humano			1											

No.	Fecha	Producto	Incumplimiento	Descripción	Causa/Modos de fallo	Color	Textura	Aspecto exterior	Bajo peso	Error adición de ingredientes	Falta de nitritos o antioxidantes	Error de pesaje	Fallo de equipo	Materia Prima	Falta de homogeneización	Condiciones de mezclado	Almacenamiento inadecuado	Falta o exceso de sal	Corrimiento de grasa
116	13/05/2016	Tipo F.	empaquetado	codificación incorrecta	error humano			1											
117	13/05/2016	Tipo F.	empaquetado	codificación incorrecta	error humano			1											
118	13/06/2016	Tipo F.	bajo peso	bajo peso	No se especifica		1		1	1	1								
119	13/06/2016	Pollo Tipo R.	color	color	falta de adición de nitritos	1				1	1			O					
120	25/06/2016	Americana	bajo peso	bajo peso	se extendió el tiempo de cocción		1		1				1						
121	27/07/2016	Americana	color	color	el producto no llevó humo líquido	1				1	1								
122	27/07/2016	Pollo Tipo R.	bajo peso	bajo peso	No se especifica		1		1										
123	05/08/2016	Frankfurt	textura	sabor	falta de sal en la pasta					1	1								
124	08/08/2016	Tipo F.	empaquetado	codificación incorrecta	No se especifica			1											
125	01/09/2016	Americana	textura	textura	reemplazo de pechuga por recorte de pierna		1							1					

No.	Fecha	Producto	Incumplimiento	Descripción	Causa/Modos de fallo	Color	Textura	Aspecto exterior	Bajo peso	Error adición de ingredientes	Falta de nitritos o antioxidantes	Error de pesaje	Fallo de equipo	Materia Prima	Falta de homogeneización	Condiciones de mezclado	Almacenamiento inadecuado	Falta o exceso de sal	Corrimiento de grasa
126	09/09/2016	Pechuga de pollo	textura	textura	reemplazo de pechuga por recorte de pierna		1							1					
127	09/09/2016	Pechuga de pollo	textura	textura	reemplazo de pechuga por recorte de pierna		1							1					
128	09/09/2016	Pechuga de pollo	textura	textura	reemplazo de pechuga por recorte de pierna		1							1					
129	09/09/2016	Pechuga de pollo	textura	textura	reemplazo de pechuga por recorte de pierna		1							1					
130	12/09/2016	Pechuga de pollo	textura	textura	reemplazo de pechuga por recorte de pierna		1							1					
131	14/10/2016	Hot dog	sabor	sabor	falta de sal en producto final		1			1	1							1	
132	28/10/2016	Frankfurt	sabor	sabor	exceso de sal (sal y fosfatos en la misma bolsa)		1			1								1	
133	16/11/2016	Tipo F.	sabor	sabor, textura	burujas debido a detector de metales en despacho		1			1									

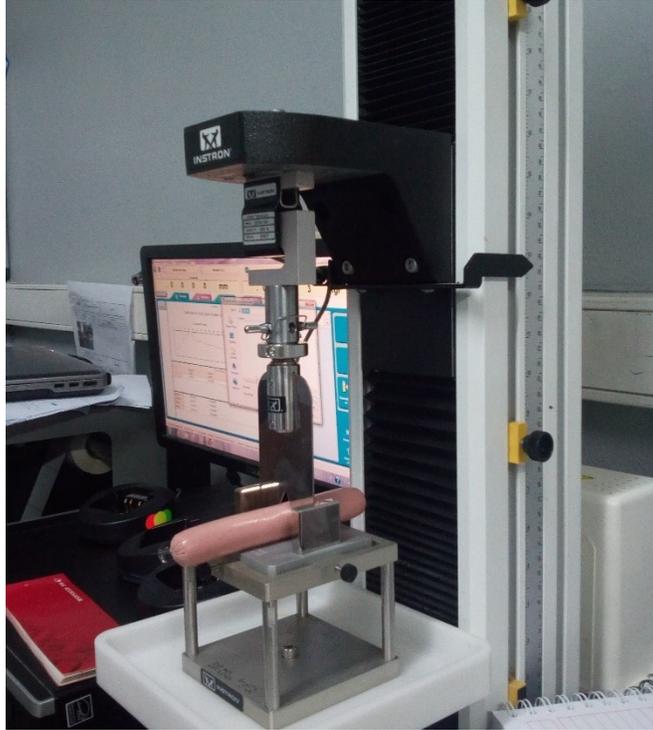
No.	Fecha	Producto	Incumplimiento	Descripción	Causa/Modos de fallo	Color	Textura	Aspecto exterior	Bajo peso	Error adición de ingredientes	Falta de nitritos o antioxidantes	Error de pesaje	Fallo de equipo	Materia Prima	Falta de homogeneización	Condiciones de mezclado	Almacenamiento inadecuado	Falta o exceso de sal	Corrimiento de grasa
134	19/11/2016	Tipo F.	empaquetación	aparición general	funda floja			1											
					TOTAL 2016	6	14	6	4	14	5	2	2	7	0	0	0	3	0
135	25/01/2017	Pollo I.	color	color, textura	partículas de colorante	1									1				
136	20/02/2017	Tipo F.	color	color pálido	No se especifica	1													
137	20/02/2017	Tipo F.	color	color pálido	No se especifica	1													
138	24/02/2017	Cocktail	color	color pálido	No se especifica	1							1						
139	21/03/2017	Hot dog	empaquetación	aparición general	mal empacado														
140	21/03/2017	Hot dog	empaquetación	aparición general	mal empacado								1						
141	12/05/2017	Americana	color	manchas de humo	(mayor tiempo ahumado)	1				1									
142	12/05/2017	Hot dog	color, textura	color oscuro	quemaduras congelado, alternativa conservación	1											1		

No.	Fecha	Producto	Incumplimiento	Descripción	Causa/Modos de fallo	Color	Textura	Aspecto exterior	Bajo peso	Error adición de ingredientes	Falta de nitritos o antioxidantes	Error de pesaje	Fallo de equipo	Materia Prima	Falta de homogeneización	Condiciones de mezclado	Almacenamiento inadecuado	Falta o exceso de sal	Corrimiento de grasa
143	16/05/2017	Pechuga de pollo	color	color, sabor, textura	error humano al conectar ahumador	1							1						
144	01/06/2017	Hot dog	bajo peso	peso bajo	pérdida de humedad		1		1										
145	02/06/2017	Hot dog	bajo peso	peso bajo	pérdida de humedad		1		1										
146	20/06/2017	Pechuga de pollo	color	color	no llevó ahumado	1				1									
147	03/08/2017	Pollo Tipo R.	color, textura	textura, color, sabor	se añadió más sal de cura y fosfatos en el cúter, el operador por error	1	1			1									
148	16/08/2017	Pollo Tipo R.	color, textura	color, textura	no se especifica	1	1												
149	22/09/2017	Hot dog	color, textura	corrimiento de grasa	corrimiento de grasa, uso de grasa diferente	1	1							1					1
					TOTAL 2017	11	5	0	2	3	0	0	3	1	1	0	1	0	1
					TOTAL 2012-2017	73	64	28	24	48	19	13	24	24	4	15	5	3	15

Fuente: Registros electrónicos (2012-2017)

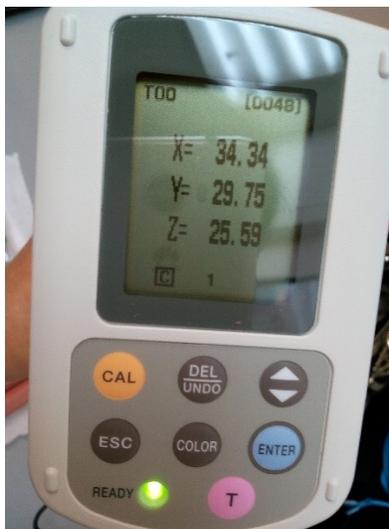
10.4. Imágenes de mediciones de textura y color de las salchichas

Imagen No. 3: Medición de textura en INSTRON®



Fuente: propia (2018)

Imagen No. 4: Medición del color con KONICA MINOLTA®



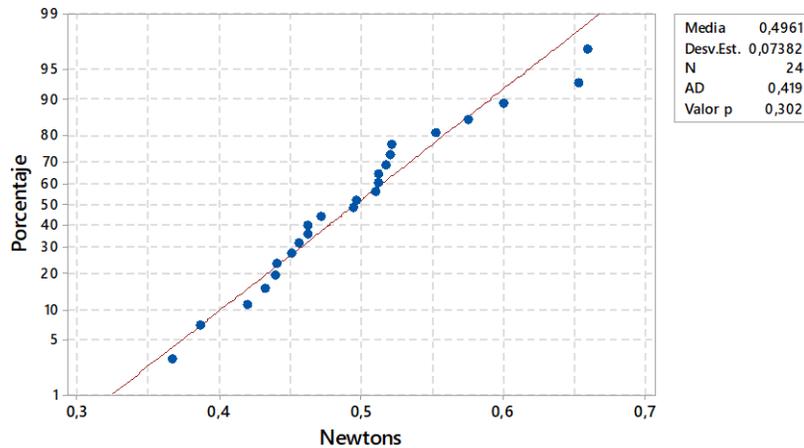
Fuente: propia (2018)

10.5. Especificación de las características sensoriales para salchichas

10.5.1. Especificación de textura: dureza (N)

- *Prueba de normalidad para valores de dureza*

Gráfico No. 5: Prueba de normalidad para valor de dureza en (N)



Fuente: elaboración propia (2018)

Anderson-Darling

A² 0,419

Valor-p 0,302

alfa 0,05

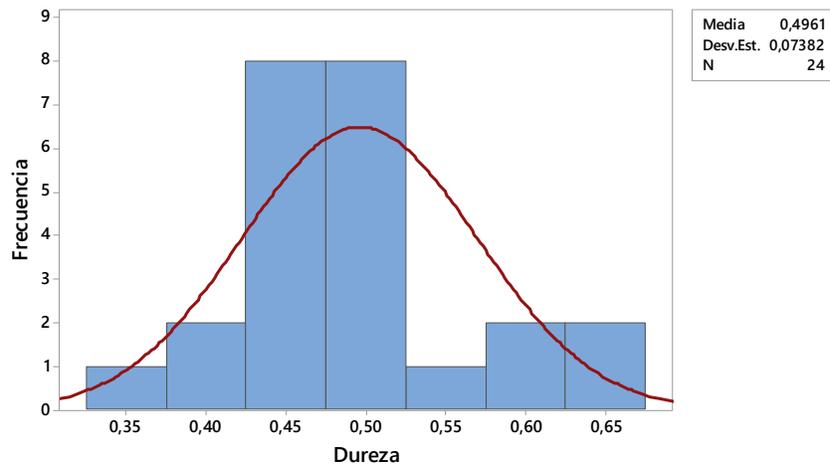
Interpretación de la prueba:

H₀: la variable a partir de la cual se extrajo la muestra sigue una distribución normal.

H_a: la variable a partir de la cual se extrajo la muestra no sigue una distribución normal.

Como el valor p calculado es mayor que el nivel de significación $\alpha = 0,05$, no se puede rechazar la hipótesis nula H_0 . El riesgo de rechazar la hipótesis nula H_0 mientras es cierto es del 30,15%.

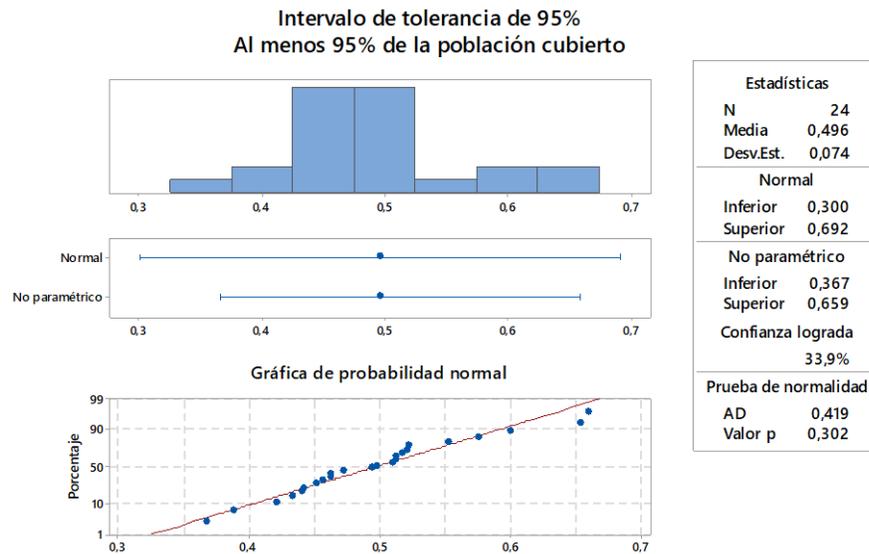
Gráfico No. 6: Histograma de valores de dureza



Fuente: elaboración propia (2018)

- *Intervalos de tolerancia para valores de dureza*

Gráfico No. 7: Intervalos de Tolerancia para dureza (N)



Fuente: elaboración propia (2018)

Método

Nivel de confianza 95%

Porcentaje de población en el intervalo 95%

Estadísticas

Variable	N	Media	Desv.Est.
Dureza	24	0,496	0,074

Intervalo de tolerancia de 95%

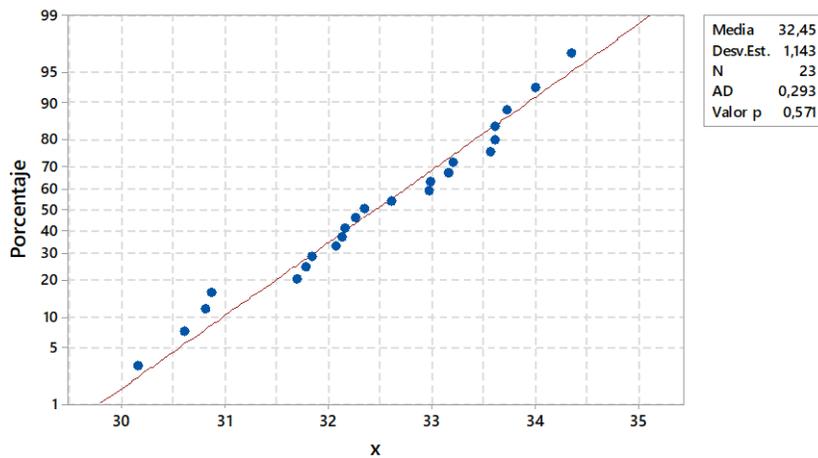
Variable	Método normal	Método no paramétrico	Confianza lograda
Dureza	(0,300; 0,692)	(0,367; 0,659)	33,9%

El nivel de confianza alcanzado se aplica sólo al método no paramétrico

10.5.2. Especificación de Color: valores (X)

- *Prueba de normalidad para valores X*

Gráfico No. 8: Prueba de normalidad valor X



Fuente: elaboración propia (2018)

Anderson-Darling:

A²	0,293
Valor-p	0,571
alfa	0,05

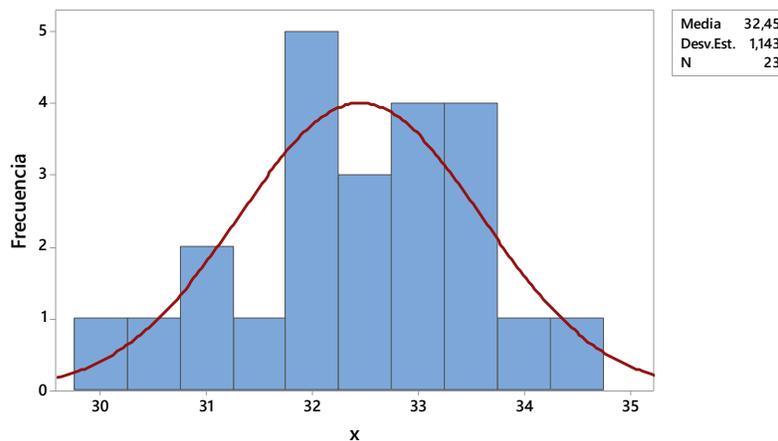
Interpretación de la prueba:

H₀: la variable a partir de la cual se extrajo la muestra sigue una distribución normal.

H_a: la variable a partir de la cual se extrajo la muestra no sigue una distribución normal.

Como el valor p calculado es mayor que el nivel de significación $\alpha = 0,05$, no se puede rechazar la hipótesis nula H₀. El riesgo de rechazar la hipótesis nula H₀ mientras es cierto es del 57,1%.

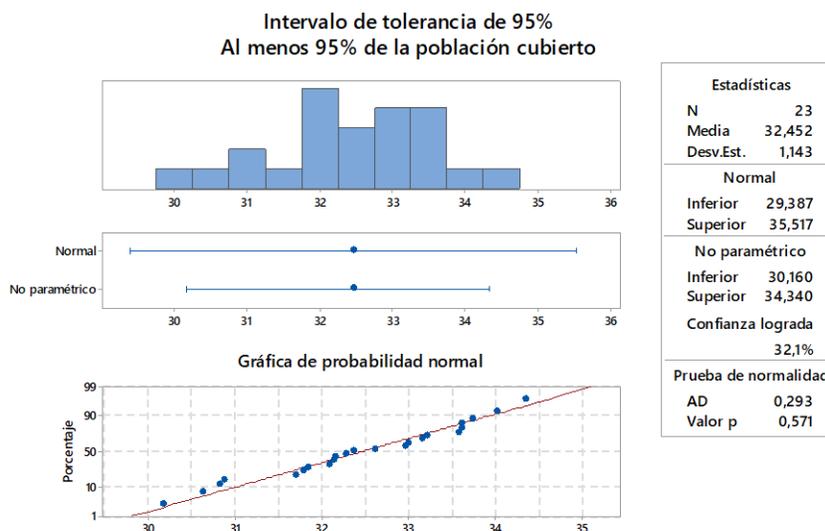
Gráfico No. 9: Histograma de valores X



Fuente: elaboración propia (2018)

- *Intervalos de tolerancia para valores X*

Gráfico No. 10: Intervalos de tolerancia para X



Fuente: elaboración propia (2018)

Método

Nivel de confianza 95%

Porcentaje de población en el intervalo 95%

Estadísticas

Variable	N	Media	Desv.Est.
x_1	23	32,452	1,143

Intervalo de tolerancia de 95%

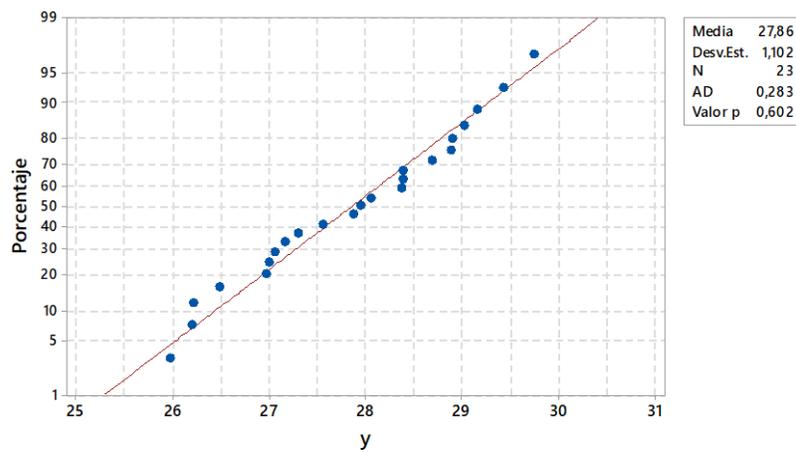
Variable	Método normal	Método no paramétrico	Confianza lograda
x_1	(29,387; 35,517)	(30,160; 34,340)	32,1%

El nivel de confianza alcanzado se aplica sólo al método no paramétrico

10.5.3. Especificación de Color: valores (Y)

- *Prueba de normalidad para valores Y*

Gráfico No. 11: Prueba de normalidad para valores (Y)



Fuente: elaboración propia (2018)

Anderson-Darling:

A²	0,283
Valor-p	0,602
alfa	0,05

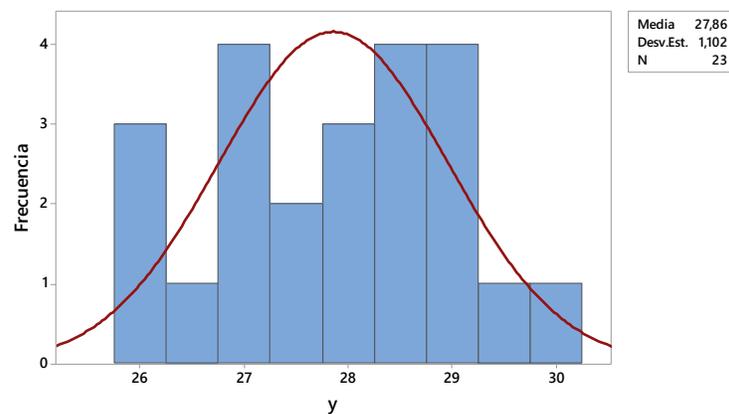
Interpretación de la prueba:

H₀: la variable a partir de la cual se extrajo la muestra sigue una distribución normal.

H_a: la variable a partir de la cual se extrajo la muestra no sigue una distribución normal.

Como el valor p calculado es mayor que el nivel de significación $\alpha = 0,05$, no se puede rechazar la hipótesis nula H_0 . El riesgo de rechazar la hipótesis nula H_0 mientras es cierto es del 60,2%

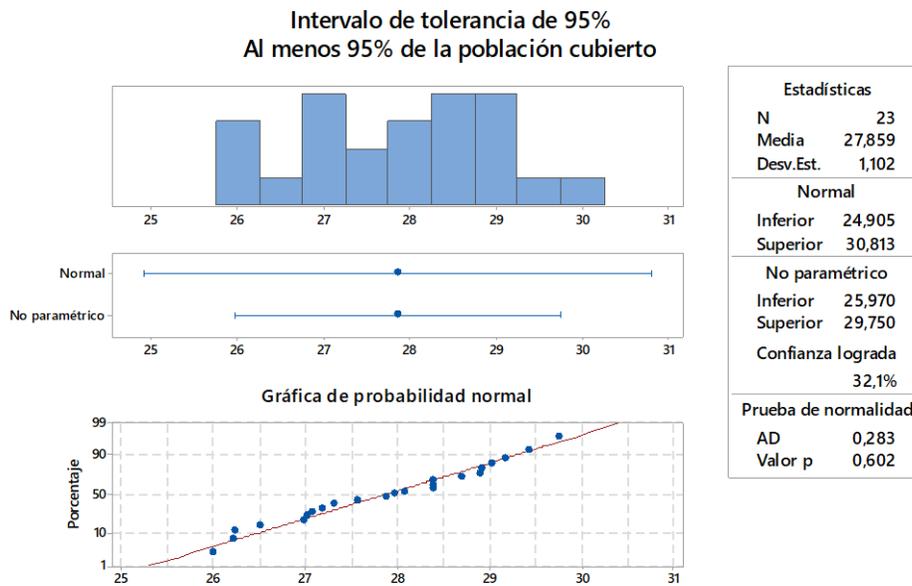
Gráfico No. 12: Histograma de valores Y



Fuente: elaboración propia (2018)

- *Intervalo de tolerancia para valores Y*

Gráfico No. 13: Tolerancias de valores Y



Fuente: elaboración propia (2018)

Método

Nivel de confianza 95%

Porcentaje de población en el intervalo 95%

Estadísticas

Variable	N	Media	Desv.Est.
y_1	23	27,859	1,102

Intervalo de tolerancia de 95%

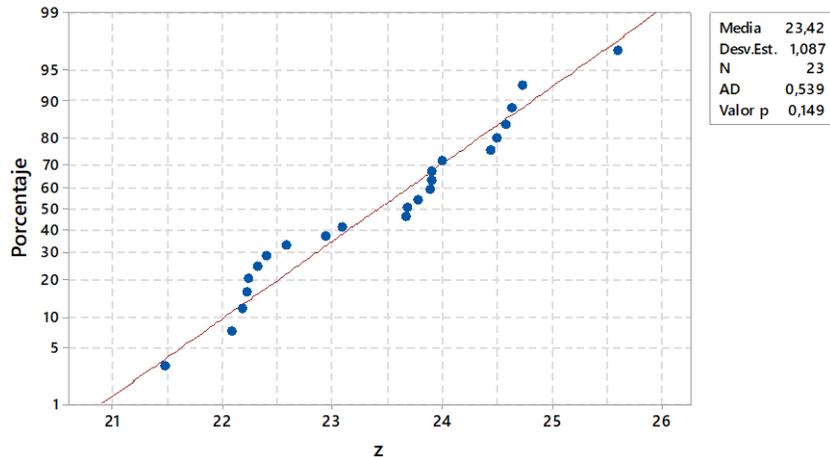
Variable	Método normal	Método no paramétrico	Confianza lograda
y_1	(24,905; 30,813)	(25,970; 29,750)	32,1%

El nivel de confianza alcanzado se aplica sólo al método no paramétrico

10.5.4. Especificación de Color: valores (Z)

- *Prueba de normalidad para valores Z*

Gráfico No. 14: Prueba de normalidad para valores Z



Fuente: elaboración propia (2018)

Anderson-Darling:

A²	0,539
Valor-p	0,149
alfa	0,05

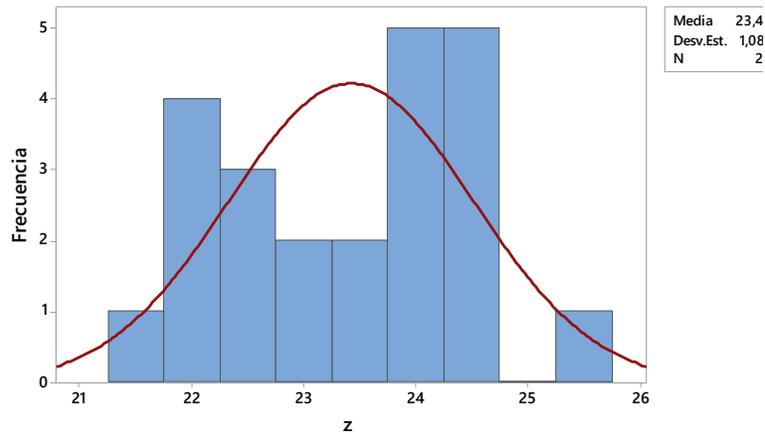
Interpretación de la prueba:

H₀: la variable a partir de la cual se extrajo la muestra sigue una distribución normal.

H_a: la variable a partir de la cual se extrajo la muestra no sigue una distribución normal.

Como el valor p calculado es mayor que el nivel de significación $\alpha = 0,05$, no se puede rechazar la hipótesis nula H₀. El riesgo de rechazar la hipótesis nula H₀ mientras es cierto es del 14,9.

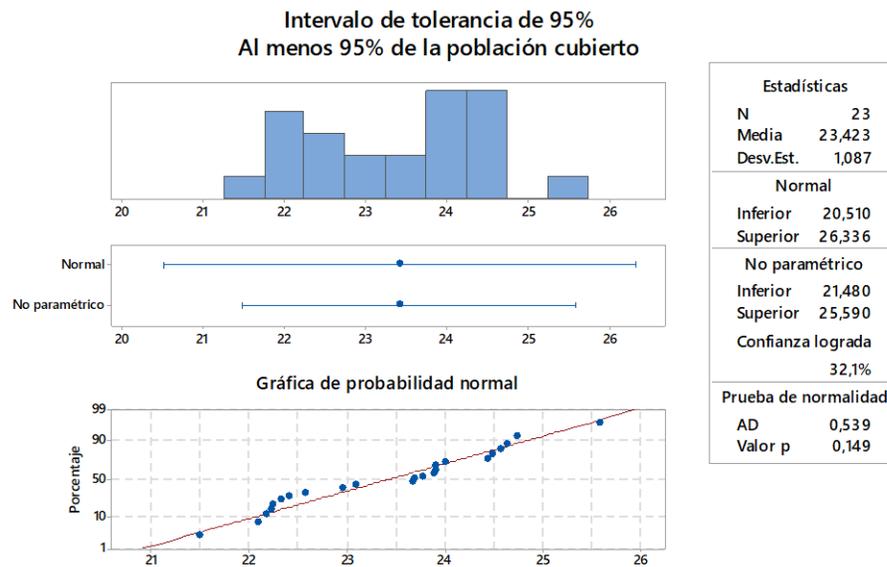
Gráfico No. 15: Histograma para valores de Z



Fuente: elaboración propia (2018)

- *Intervalo de tolerancia para valores Z*

Gráfico No. 16 Intervalos de tolerancia para Z



Fuente: elaboración propia (2018)

Método

Nivel de confianza 95%

Porcentaje de población en el intervalo 95%

Estadísticas

Variable	N	Media	Desv.Est.
z (sin valores atípicos)	23	23,423	1,087

Intervalo de tolerancia de 95%

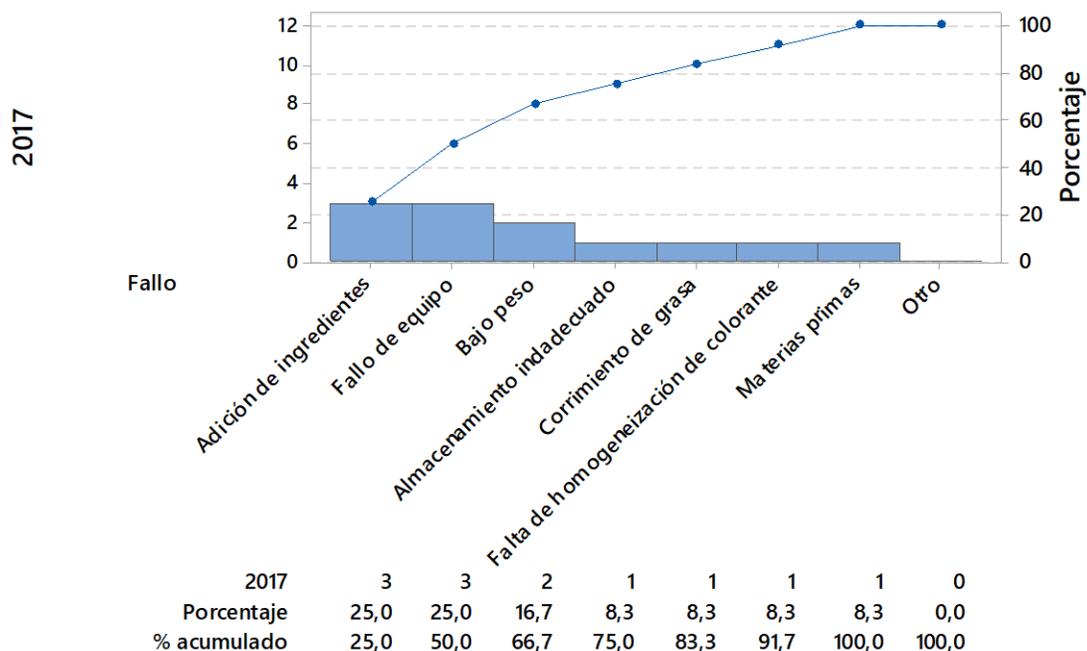
Variable	Método normal	Método no paramétrico	Confianza lograda
z (sin valores atípicos)	(20,510; 26,336)	(21,480; 25,590)	32,1%

El nivel de confianza alcanzado se aplica sólo al método no paramétrico

10.6. Diagramas de Pareto Estratificados

10.6.1. Pareto: causas de todos los incumplimientos de especificaciones del 2017

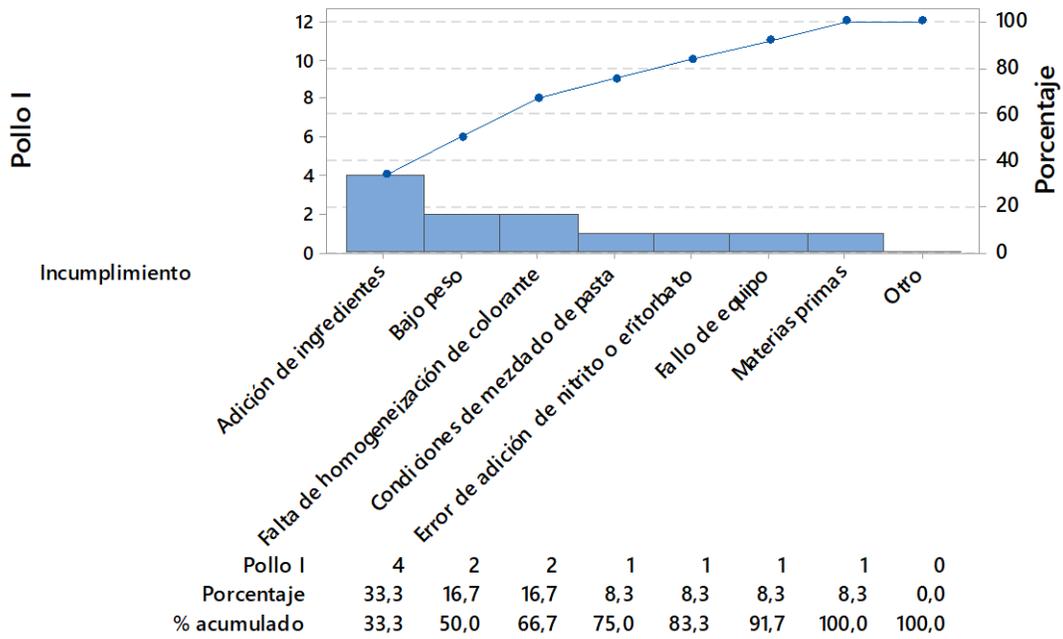
Gráfico No. 17: Pareto causas de incumplimientos del año 2017



Fuente: elaboración propia (2018)

10.6.2. Pareto: causas de incumplimientos en salchicha tipo *Pollo I*.

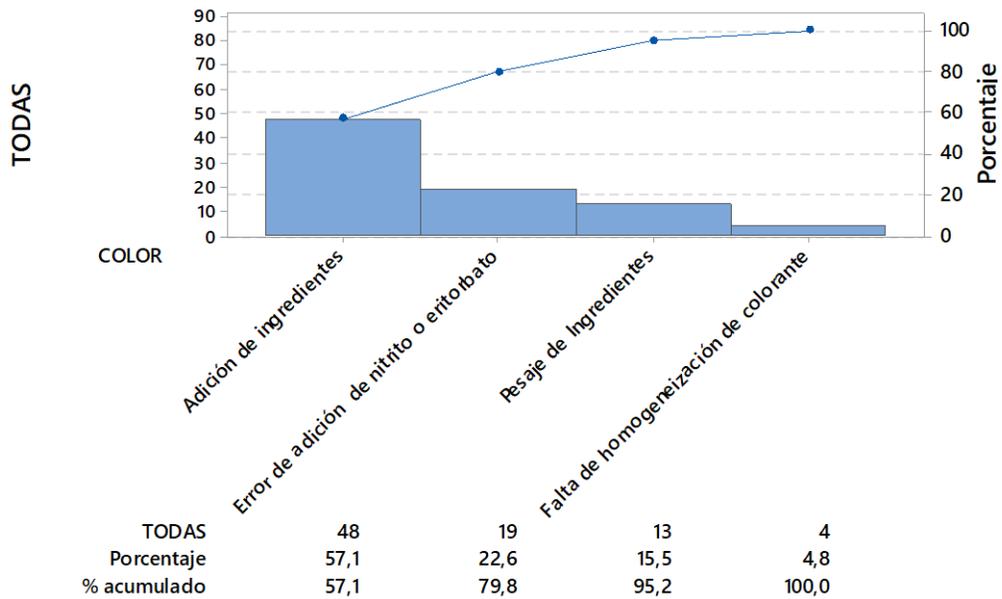
Gráfico No. 18: causas de incumplimientos en salchichas tipo *Pollo I*.



Fuente: elaboración propia (2018)

10.6.3. Pareto: causas de incumplimientos de color

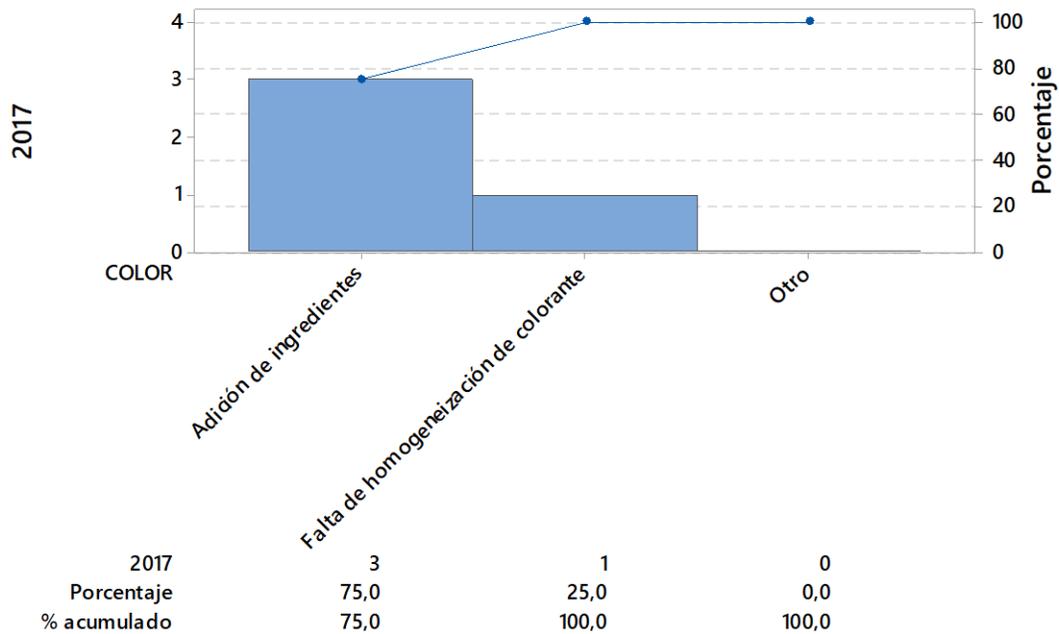
Gráfico No. 19: causas de incumplimientos con especificaciones de color



Fuente: elaboración propia (2018)

10.6.4. Pareto: causas de incumplimiento de color del 2017

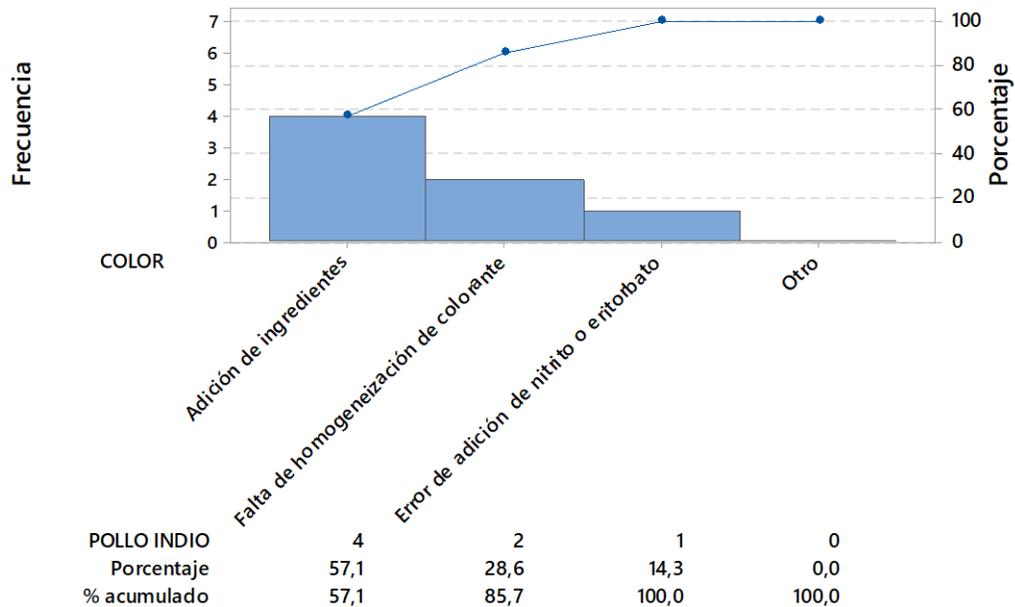
Gráfico No. 20: causas de incumplimientos de color del 2017



Fuente: elaboración propia (2018)

10.6.5. Pareto: causas de incumplimientos de color en salchicha tipo *Pollo I.*

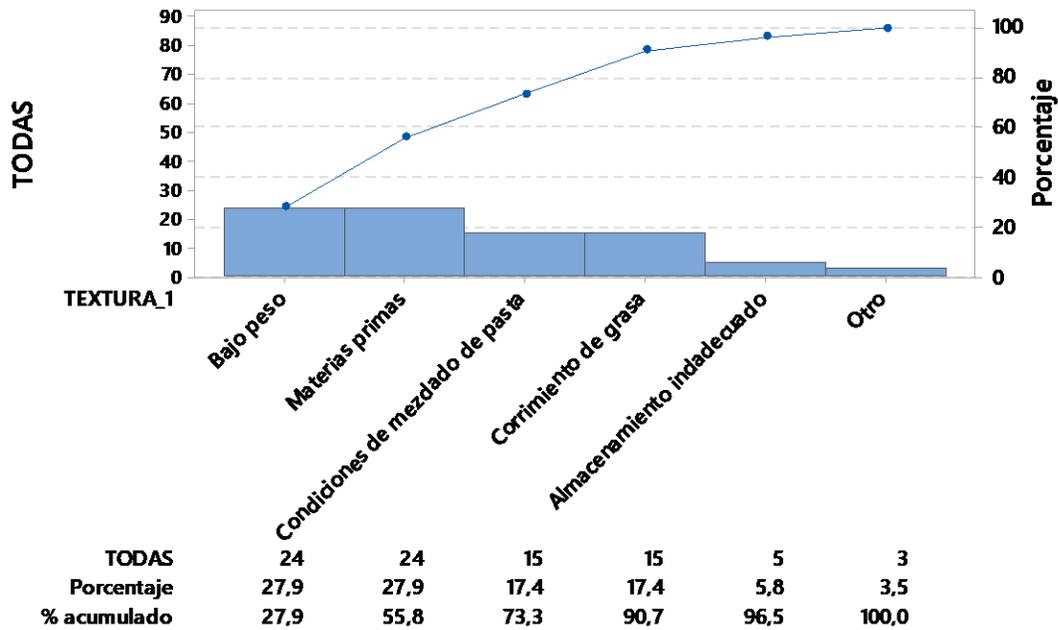
Gráfico No. 21: causas de incumplimientos de color en salchicha tipo *Pollo I.*



Fuente: elaboración propia (2018)

10.6.6. Pareto: causas de incumplimientos de textura

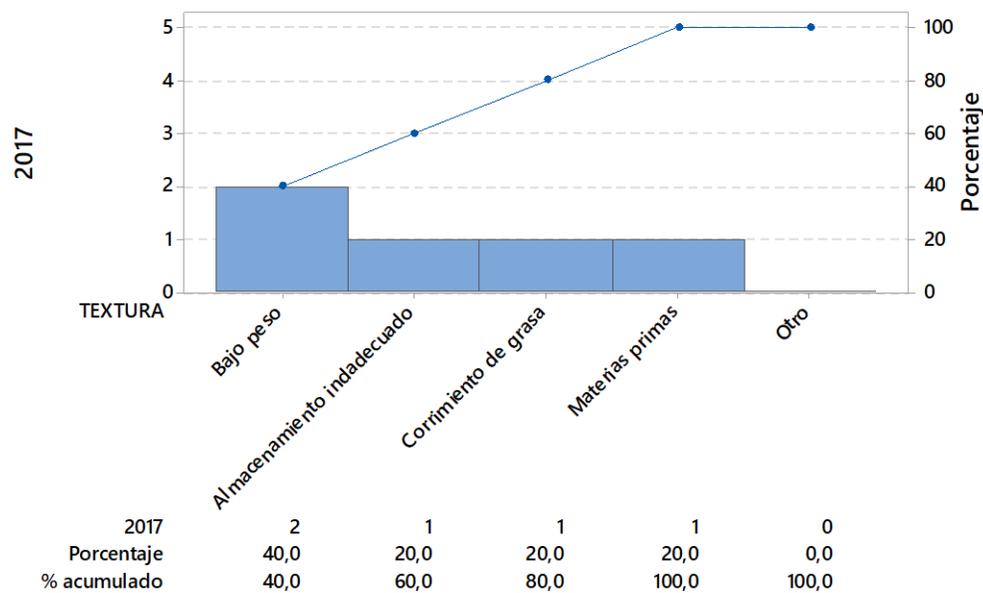
Gráfico No. 22: causas de incumplimientos de textura



Fuente: elaboración propia (2018)

10.6.7. Pareto: causas de incumplimientos de textura del 2017

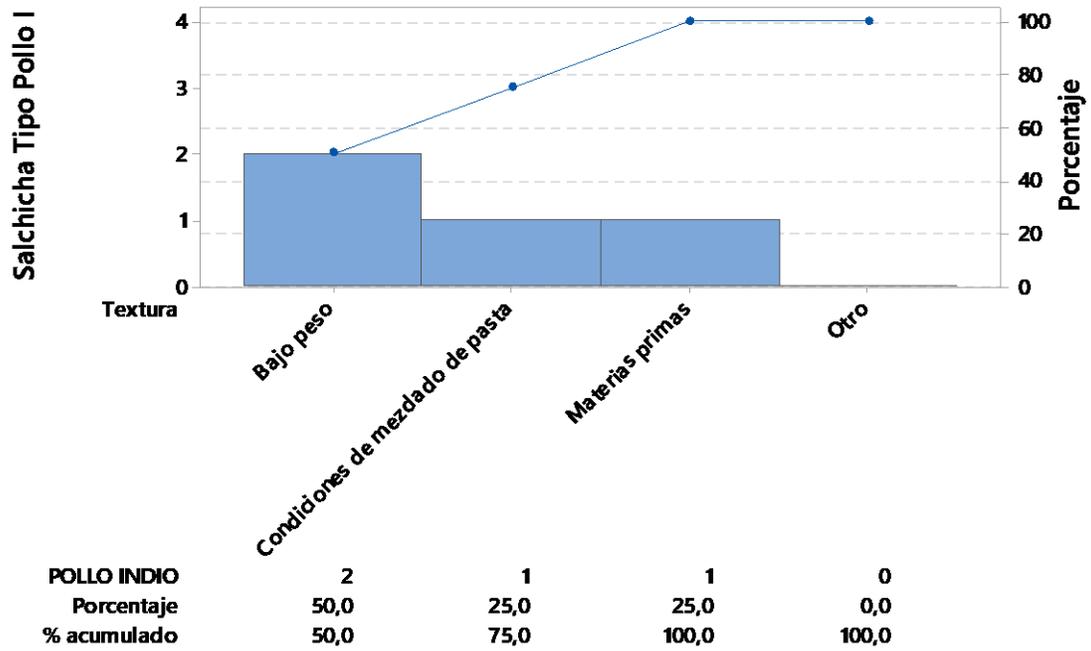
Gráfico No. 23: causas de incumplimientos de textura del 2017



Fuente: elaboración propia (2018)

10.6.8. Pareto: causas de incumplimientos de textura de salchicha tipo *Pollo I*.

Gráfico No. 24: causas de incumplimientos de textura de salchichas tipo *Pollo I*.



Fuente: elaboración propia (2018)

10.7. Criterios y puntuaciones para AMEF

Tabla No. 19: Criterios y puntuaciones para AMEF

Valor	Criterio Severidad (S)	Criterio Ocurrencia (O)	Criterio Detección (D)
1	Ningún efecto perceptible.	Remota. Este incumplimiento se encuentra entre 1 al 10% del total de frecuencias, del periodo de tiempo analizado.	Casi segura. No se aplica detección, se previene el error. Se previene como resultado del diseño de la máquina o la parte. No se pueden hacer partes discrepantes porque se tiene un diseño de producto/proceso a prueba de errores.
2	Trastorno o afectación menor. Ligeros inconvenientes para el proceso, operación u operador.	Improbable. Corresponden a incidentes sumamente aislados. Este incumplimiento se encuentra entre 11 al 20% del total de frecuencias, del periodo de tiempo analizado.	Muy alta. Detección del error y/o prevención del problema. Se detecta la causa (error) de la falla en la estación de trabajo por controles automáticos que detectarían los errores y previenen que se realicen partes discrepantes.
3	Trastorno o afectación moderada. Una parte de la producción puede que tenga que ser reprocesada en la estación de trabajo antes de que ésta sea procesada.	Ocasional. El error ha sido observado y detectado con anterioridad. Este incumplimiento se encuentra entre 21 al 30% del total de las frecuencias, del periodo de tiempo analizado.	Alta. Detección del problema en la fuente. El modo de falla se detecta en la estación de trabajo por controles automáticos que identifican las partes discrepantes y bloquean la parte en la estación para prevenir el que no se procese posteriormente.
4	Trastorno o afectación moderada. El 100% de la producción puede que tenga que ser reprocesada en la estación de trabajo antes de que ésta sea procesada.	Moderada. El riesgo presenta cierta reincidencia en aparecer. Este incumplimiento se encuentra entre 31 al 40% del total de las frecuencias, del periodo de tiempo analizado.	Moderadamente alta. Detección del problema después del procesamiento. El modo de falla se detecta después del proceso mediante controles automáticos que identifican las partes discrepantes y bloquean la parte para prevenir el que no se procese posteriormente.
5	Trastorno o afectación moderada. Una parte de la producción puede que tenga que ser reprocesada fuera de la línea de producción luego de ser aceptada.	Moderada. Este proceso o uno similar ha tenido fallas ocasionales. Este incumplimiento se encuentra entre 41 al 50% de las frecuencias, del periodo de tiempo analizado.	Moderada. Detección del problema en la fuente. El modo de fallo se detecta mediante equipos de mediciones continuas o mediante controles automáticos, y se notifican al operador. Se realizan mediciones de arranque y la primera pieza se verifica.

Valor	Criterio Severidad (S)	Criterio Ocurrencia (O)	Criterio Detección (D)
6	Trastorno o afectación moderada. El 100% de la producción puede que tenga que ser reprocesada fuera de la línea de producción para luego ser aceptada.	Moderada. Este proceso o uno similar ha tenido fallas ocasionales. Este incumplimiento se encuentra entre 51 al 60% de las frecuencias, del periodo de tiempo analizado.	Baja. Detección del problema después del procesamiento. El modo de falla se detecta a través de equipos de mediciones continuas, o en la estación de trabajo por medio de instrumentos.
7	Trastorno o afectación significativa. Una parte de la producción puede que tenga que desecharse. El efecto sobre el proceso principal incluye la disminución de la velocidad de la línea o el que se tenga que agregar más operadores.	Alta. Este proceso o uno similar ha fallado a menudo. Este incumplimiento se encuentra entre 61 al 70% de las frecuencias, del periodo de tiempo analizado.	Muy Baja. Detección del problema en la fuente, se detecta en la estación de trabajo a través de los sentidos.
8	Trastorno o afectación mayor. El 100% de la producción puede que tenga que desecharse. Paro de la línea de producción.	Alta. Este proceso o uno similar ha fallado a menudo. Este incumplimiento se encuentra entre 71 al 80% de las frecuencias, del periodo de tiempo analizado	Remota. El defecto no es una característica fácilmente identificable. Detección del problema después del procesamiento.
9	Incumplimiento de los requerimientos reglamentarios. El efecto de modo de falla impacta la operación segura del producto y/o involucra incumplimiento con regulaciones gubernamentales con previo aviso.	Muy Alta. La falla es casi inevitable. Este fallo se encuentra entre el 81 al 90% de las frecuencias, del periodo de tiempo analizado.	Muy remota. No es probable detectar en cualquier etapa. No es fácil detectar la falla por métodos usuales o pruebas manuales.
10	Incumplimiento de los requerimientos reglamentarios. El efecto de modo de falla impacta la operación segura del producto y/o involucra incumplimiento con regulaciones gubernamentales sin previo aviso.	Muy Alta. La falla es casi inevitable. Este incumplimiento se encuentra entre el 91 al 100% de las frecuencias, del periodo de tiempo analizado.	Casi imposible. Ninguna oportunidad de detección. Actualmente no hay controles del proceso, no se puede detectar o no es analizado.

Fuente: elaboración propia (2018)

10.8. Norma Guatemalteca para salchichas a granel (COGUANOR 34-131)

De la norma COGUANOR 34-131, se muestra a continuación las primeras tres páginas en las que se describen características sensoriales obligatorias para salchichas.

Imagen No. 5 Página 1 de COGUANOR 34-131

COU 537.52:664.93		NORMA GUATEMALTECA OBLIGATORIA		1/E
		CARNE Y PRODUCTOS CARNICOS. Salchichas a granel y salchichas enlatadas		COGUANOR 34 131
1. OBJETO				
Esta norma tiene por objeto establecer las especificaciones y características que deben cumplir las salchichas a granel y las salchichas enlatadas destinadas al consumo humano.				
2. NORMAS COGUANOR A CONSULTAR				
COGUANOR	NGO	4 010	Sistema de Unidades.	
COGUANOR	NGO	34 039	Etiquetado de productos alimenticios para consumo humano.	
COGUANOR	NGO	34 125 h3	Carne y productos cárnicos. Determinación del contenido de humedad.	
COGUANOR	NGO	34 125 h9	Carne y productos cárnicos. Determinación del contenido de nitritos.	
COGUANOR	NGO	34 125 h10	Carne y productos cárnicos. Determinación del contenido de nitratos.	
COGUANOR	NGO	34 125 h15	Carne y productos cárnicos. Determinación del contenido arsénico.	
COGUANOR	NGO	34 125 h16	Carne y productos cárnicos. Determinación del contenido de plomo.	
COGUANOR	NGO	34 125 h17	Carne y productos cárnicos. Determinación del contenido cobre.	
COGUANOR	NGO	34 125 h18	Carne y productos cárnicos. Determinación del contenido de zinc.	
COGUANOR	NGO	34 125 h19	Carne y productos cárnicos. Determinación del contenido de estaño.	
COGUANOR	NGO	34 125 h20	Carne y productos cárnicos. Determinación del vacío.	
COGUANOR	NGO	34 125 h21	Carne y productos cárnicos. Determinación del volumen ocupado por el producto.	
COGUANOR	NGO	34 125 h22	Carne y productos cárnicos. Determinación de la masa escurrida.	
COGUANOR	NGO	34 125 h23	Carne y productos cárnicos. Determinación de la masa neta.	

Fuente: COGUANOR 34-131

3. TERMINOLOGIA

3.1 Salchicha. Es el producto elaborado en base a una mezcla de carne de res o carne de cerdo, o una mezcla de ambas, grasa de cerdo, condimentos, especias y aditivos alimentarios completamente molidos y uniformemente mezclados, con agregado o no de sustancias aglutinantes y/o agua helada o hielo, introducida en tripas naturales o en fundas artificiales, sometida al proceso de cocción y a los procesos tecnológicos de curado y/o ahumado.

Nota. Parte de la carne de res puede ser reemplazada por carne de ave, o bien, por corazón de res.

3.2 Salchicha longaniza. Es la salchicha cruda elaborada exclusivamente en base a carne de cerdo triturada, adicionada de condimentos y especias y aditivos alimentarios uniformemente mezclados; debe someterse a cocción antes de su consumo.

Notas.

1. No deben agregarse aglutinantes.
2. A la salchicha longaniza se la conoce también con el nombre de "salchicha de cerdo fresca".

3.3 Salchicha a granel. Es la salchicha que se vende sin enlatar o anvasada en material plástico.

3.4 Salchicha enlatada. Es la salchicha que ha sido procesada por calor en envases de lata, sellados herméticamente, para asegurar su preservación.

3.5 Lote. Es la cantidad de producto proveniente de una sola tanda de fabricación de características presumiblemente uniformes y que debe someterse a inspección como un conjunto unitario. El producto puede estar a granel o enlatado.

3.6 Embalaje. Es todo recipiente destinado a contener envases individuales, con el fin específico de protegerlos y facilitar su manipulación.

4. CLASIFICACION Y DESIGNACION

4.1 Clasificación. Las salchichas según su procesamiento serán clasificadas como:

- a) Salchicha cruda;
- b) Salchicha cocida; y
- c) Salchicha cocida y ahumada

4.2 Designación. El producto será designado con el nombre "salchicha", seguido de una expresión basada en la clase y proporción de carne que la constituye, el estilo de preparación y su condimentación peculiar. Ejemplo: salchicha viena, salchicha longaniza, salchicha versalles, salchicha hot-dog, etc.

5. ESPECIFICACIONES

5.1 Salchichas a granel.

5.1.1 Características generales.

Continúa

5.1.1.1 Características generales del producto. El producto terminado deberá estar libre de toda sustancia extraña al proceso normal de elaboración.

5.1.1.2 Características generales de los ingredientes y aditivos alimentarios. Los ingredientes y aditivos alimentarios deberán cumplir con las especificaciones indicadas en la norma COGUANOR NGO 34 130, capítulo 5.1.2.

5.1.1.3 Características generales de las envolturas. Se podrán emplear los intestinos rigurosamente limpios y sanos, o bien, envolturas artificiales autorizadas por el organismo competente del país.

Nota. Las salchichas enlatadas podrán presentarse sin envoltura y a la designación deberá agregarse la expresión "sin piel".

5.1.1.4 Características generales de los materiales empleados para producir humo. El humo necesario para realizar el ahumado natural de las salchichas, deberá provenir de maderas, virutas o aserrín, secos, no resinosos, que estén prácticamente exentos de polvo, mohos y sustancias perjudiciales tales como conservadores de la madera y pintura.

Nota. El ahumado natural puede reemplazarse por el uso de sustancias artificiales debidamente autorizadas por la autoridad sanitaria competente.

5.1.2 Características químicas. Las salchichas deberán cumplir con los requisitos especificados en la Tabla 1 de la norma COGUANOR NGO 34 130.

5.1.3 Características sensoriales.

5.1.3.1 Sabor y olor. Las salchichas deberán presentar sabor y olor característico y estarán exentas de cualquier sabor y olor anormal.

5.1.3.2 Color. Las salchichas deberán presentar color característico uniforme, estarán libres de manchas, coloración verdusca y decoloraciones anormales.

5.1.3.3 Aspecto.

5.1.3.3.1 Aspecto exterior. Las salchichas presentarán la envoltura completamente adherida, su superficie no estará húmeda ni pegagosa. No exudará líquidos ni presentará enmohecimiento. Las salchichas no presentarán deformación por acción mecánica y serán razonablemente uniformes en forma y tamaño.

5.1.3.3.2 Aspecto interior. Las salchichas presentarán el aspecto de una pasta uniformemente emulsionada, libre de huecos y poros. La salchicha longaniza constituye una excepción y su aspecto interior mostrará una distribución característica uniforme de trocitos de carne y grasa.

5.1.3.4 Consistencia. Las salchichas presentarán la consistencia característica del producto.

5.1.4 Características microbiológicas. Las salchichas a granel deberán cumplir con los siguientes límites microbiológicos máximos:

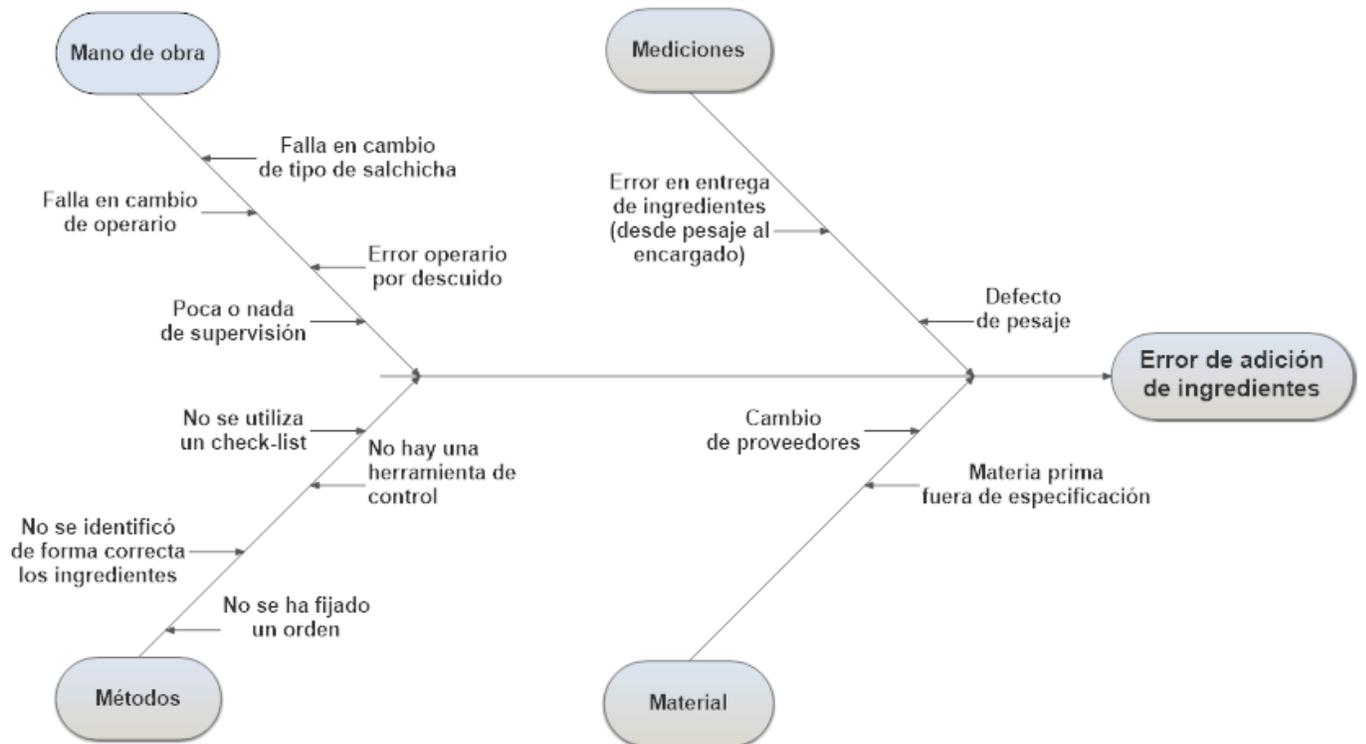
Recuento total aeróbico a 32°C	100 000/g
Recuento total aeróbico a 10°C	100 000/g
<u>Salmonella</u>	ausente en 25 g
<u>Staphylococcus aureus</u>	1/0.01 g
<u>Clostridium perfringens</u>	5/0.01 g
<u>Escherichia coli</u>	1/0.1 g
<u>Enterobacterias</u>	10 000/g

Continúa

10.9. Diagramas de causa-efecto para identificación de causas potenciales de falla de la metodología AMEF

10.9.1. Diagrama de causa-efecto: error en adición de ingredientes usando 6M

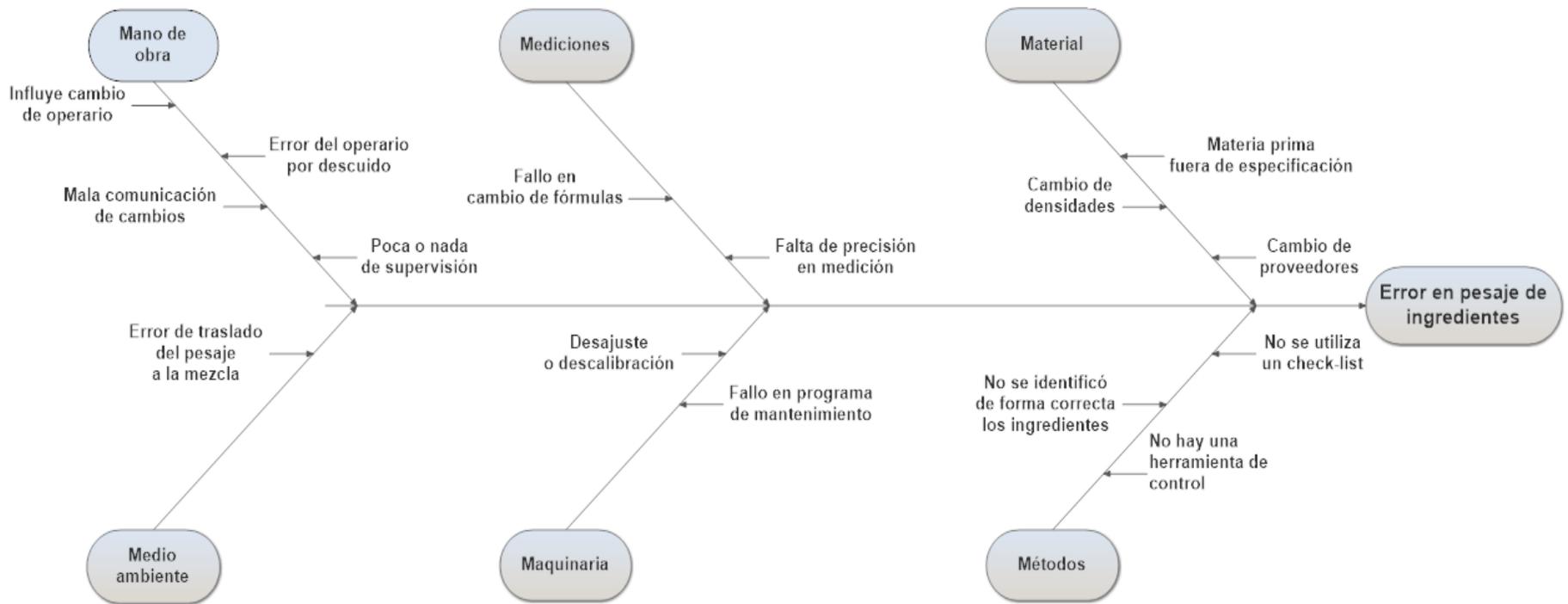
Diagrama No. 14: error en adición de ingredientes



Fuente: elaboración propia (2018)

10.9.2. Diagrama de causa-efecto: error en pesaje de Ingredientes usando 6M

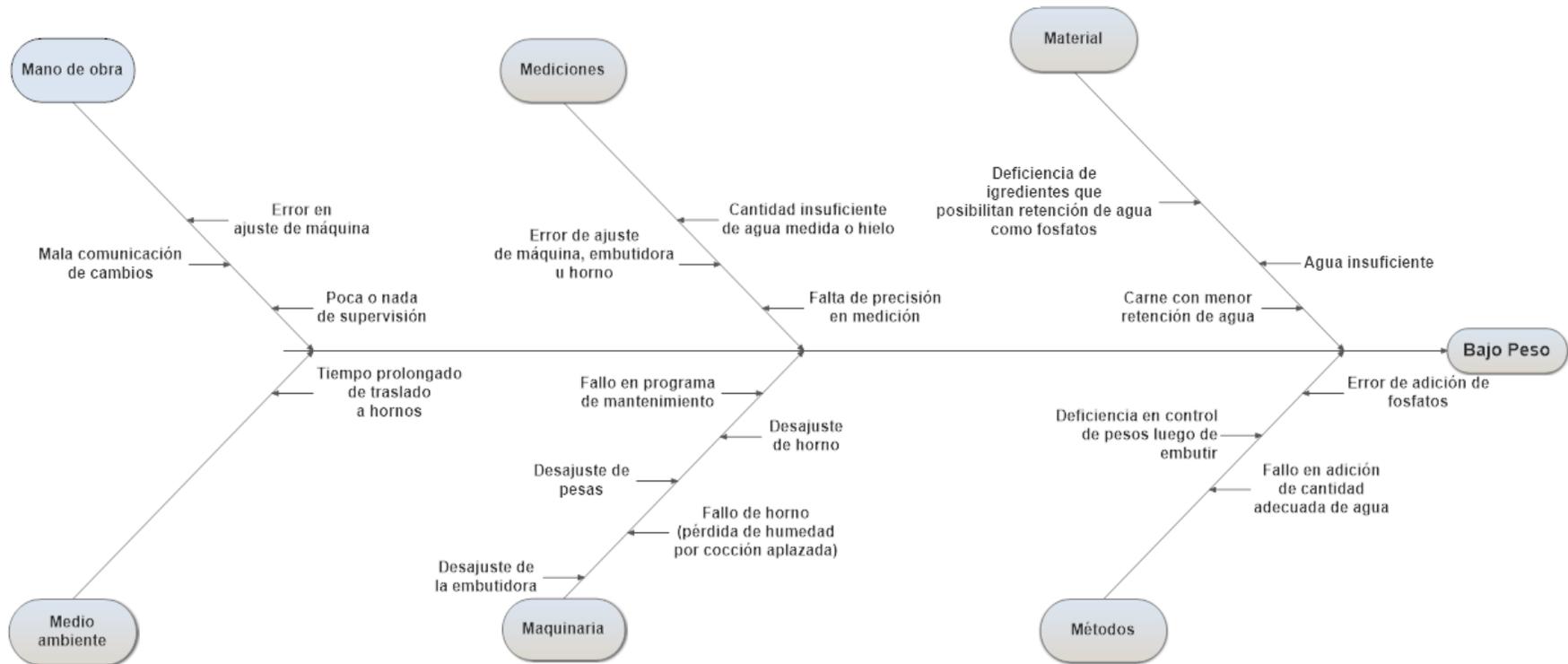
Diagrama No. 15: error en pesaje de ingredientes



Fuente: elaboración propia (2018)

10.9.3. Diagrama causa-efecto: bajo peso

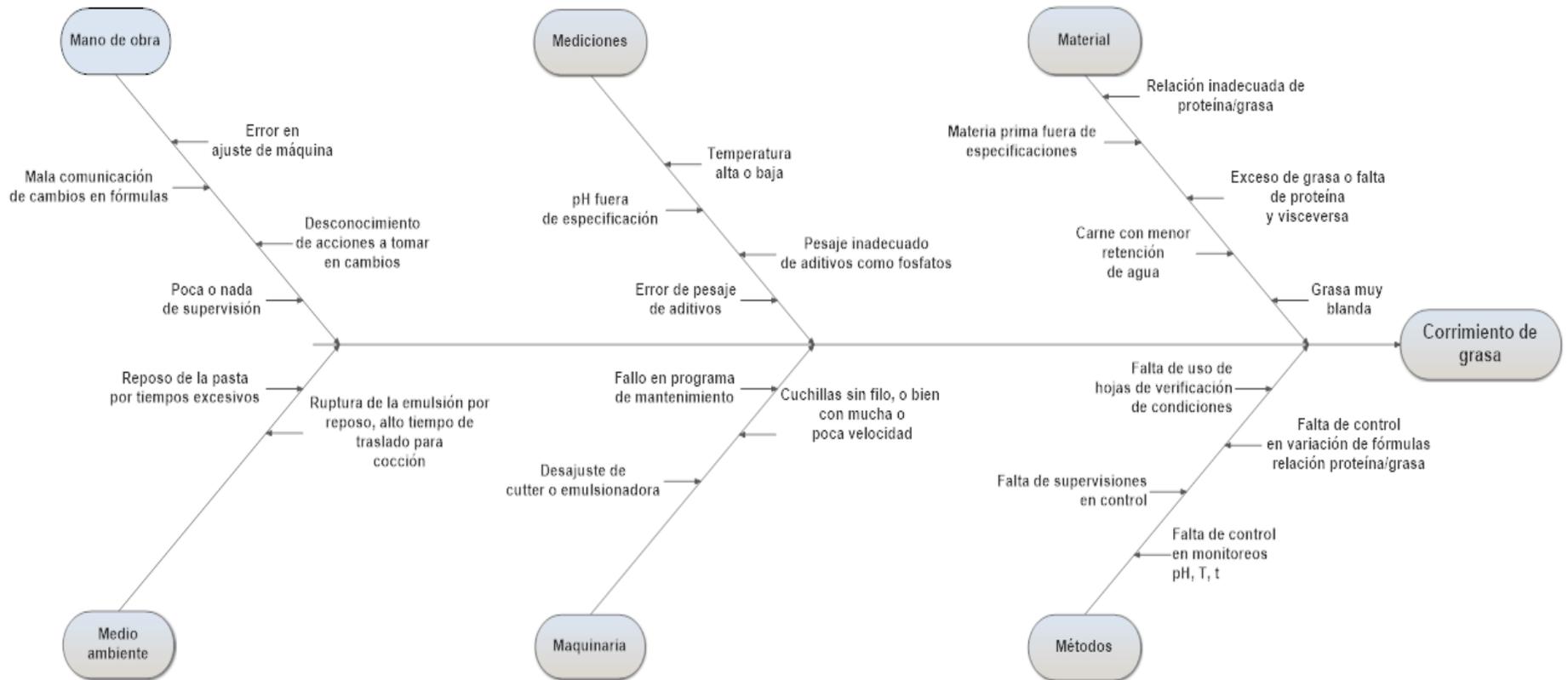
Diagrama No. 16: Bajo peso



Fuente: elaboración propia (2018)

10.9.4. Diagrama causa-efecto: corrimiento de grasa

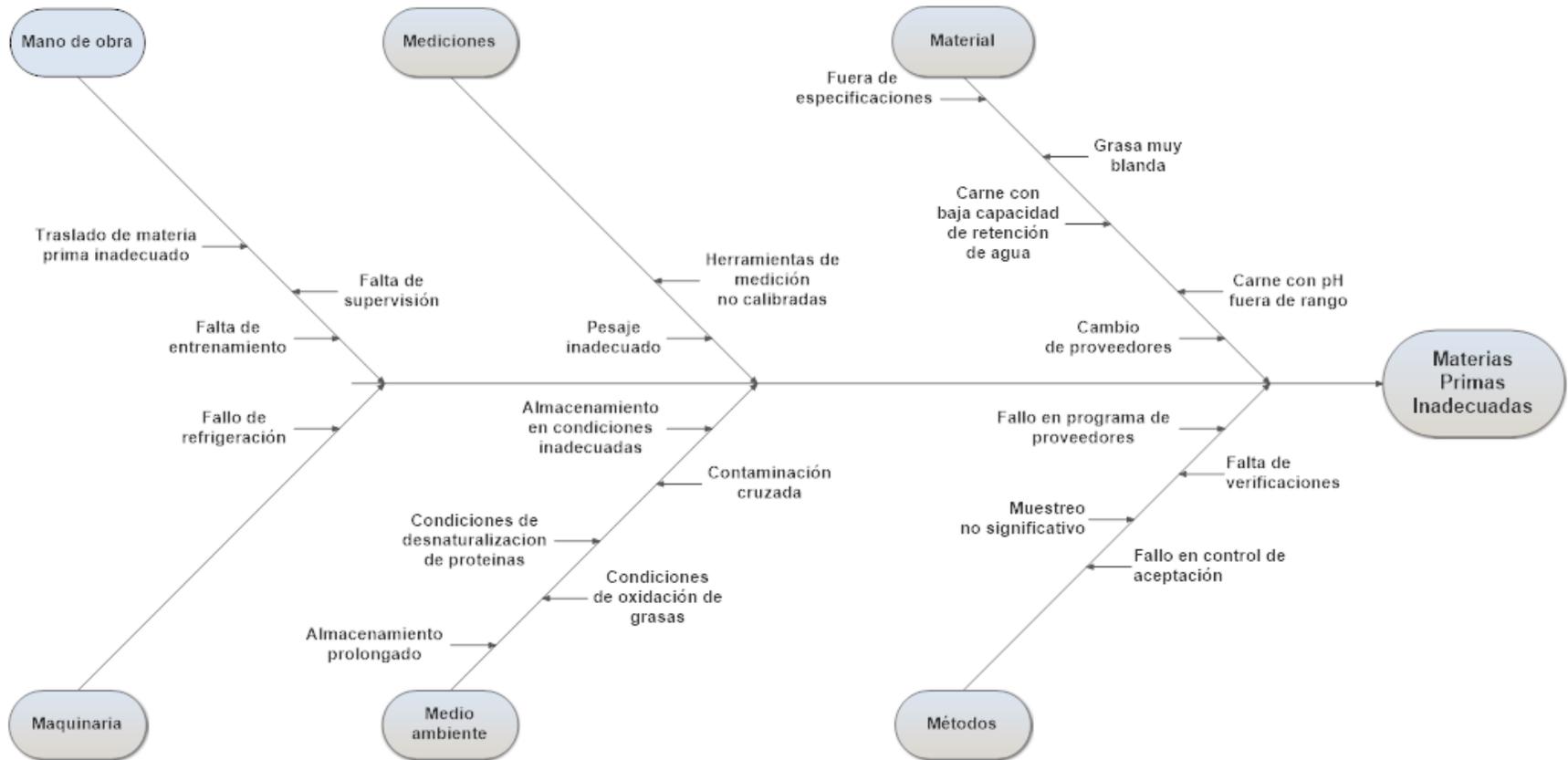
Diagrama No. 17: corrimiento de grasa



Fuente: elaboración propia (2018)

10.9.5. Diagrama causa-efecto: materias primas inadecuadas

Diagrama No. 18: Materias primas fuera de especificación



Fuente: elaboración propia (2018)