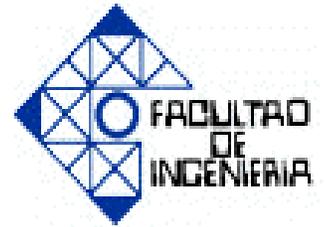




UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA



**EVALUACIÓN DE LA VARIABILIDAD DE LOS PRINCIPALES PARÁMETROS
FISICOQUÍMICOS EN EL PROCESO DE FABRICACIÓN DE JABONES**

**Trabajo Especial de Grado presentado ante la ilustre Universidad de Carabobo para
optar al título de Ingeniero Químico**

Autor:

Carolina Fernández

Tutor Académico

Prof. Donato Magarelli

Tutor Industrial

Lic. Ada Stefanelli

Valencia, marzo 2008

AGRADECIMIENTOS

A Dios Todopoderoso por ser mi guía espiritual, por darme toda la fortaleza para superar tantos obstáculos y por regalarme la bendición de su presencia en mi vida.

A mis padres, porque de su unión nací, por darme la mejor de las crianzas, por ser el apoyo incondicional en todo momento, por darme animo cuando lo necesite, consejos cuando eran necesarios, por ser mi ejemplo y por sobre todas las cosas por quererme como me quieren. Muchas gracias son mi más grande tesoro.

A mis hermanas Ale y Mari, porque siempre están a mi lado, porque se que me adoran y quieren lo mejor para mi. Gracias Cliko (hermana) por todo tu apoyo cuando te necesite, por tu comprensión y tu cariño. A mafer; tototi te quiere, puedes contar conmigo siempre para explicarte matemáticas. Las quiero muchísimo!!!.

A mi novio Henry, que siempre a estado a mi lado brindándome su amor incondicional, sobreprotegiéndome del mundo entero, gracias titi por ayudarme a cumplir esta meta tan importante, por desvelarte conmigo y por tenerme tanta paciencia... Te amo bb.

A mis tías Teodora María y Dalsia Amarilis, porque a pesar de las distancias siempre me tienen presente en sus oraciones y brindan un cariño incondicional. A mis primos Leonor y Leonardo compañeros inseparables de mi vida. Se les quiere!.

A la Familia Urriera Guzmán, a todos sus integrantes: la sra. Edith, Chano, Raúl, Francisco, Gerardo, por abrirme las puerta de su casa y acogerme como un miembro más de su familia y estar siempre pendiente de mi. A francisco por sus desveladas y a Chano por su comida y sus atenciones. Su apoyo fue incondicional, muchas gracias!!!. A Henry Jesús por su sonrisa, canina te quiere.

A la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Carabobo y con cariño especial a la Escuela de Ingeniería Química, por brindarme sus espacios para formarme académicamente. Al profesor Donato Magarelli, por ser mi tutor académico, gracias profe por toda su colaboración y paciencia.

A la Empresa Colgate Palmolive, por darme la oportunidad de pertenecer a la familia de Colgateros, a mi tutor industrial la Lic. Ada Stefanelli, gracias por todo su apoyo. Gracias por todos los conocimientos que aprendí sobre control estadístico de procesos, manufactura de jabón y control de calidad.

A los analistas del Laboratorio Analítico y de Calidad de Colgate Palmolive, el señor Henry Rivero analista de la planta de jabones por brindarme y transmitirme todos sus conocimientos en el área de jabones, al señor Luís Emilio Díaz por sus explicaciones y apoyo incondicional. A Teomar Cabaña, por apoyarme en todo momento y ser mi amiga y confidente. Gracias Teo por todos tus consejos y por compartir tantos momentos gratos. A Ernesto León y Lisbeth Medina los más jóvenes, por entenderme en mis momentos de angustia, por toda su colaboración en la realización de este trabajo y sobre todas las cosas por brindarme una sonrisa y una palabra alentadora cuando la necesite. Gracias a todos los que de alguna u otra forma me prestaron apoyo y una mano amiga en los momentos cumbres.

A mis amigos Adriana, Daymar, Fabiola, Rommer, Yolfry, Feliche; que me acompañaron durante casi toda la carrera, gracias por todo su apoyo y ánimo para seguir adelante. A mi amigui Adriana eres súper especial, tu demostraste que los amigos si existen y están en las buenas y en las malas, nunca te olvidaste de mi, nunca me excluiste, te desvelaste por explicarme y fuiste la mejor de las compañeras. Te adoro amiga tu apoyo fue muy importante para mi, BESOS!!!.

A todos las personas que de alguna manera me apoyaron y brindaron su ayuda para realizar mi sueño de convertirme en Ingeniero Químico.

MUCHAS GRACIAS A TODOS...

Carolina A². Fernández Mata

SUMARIO

El presente trabajo tiene como objeto evaluar la variabilidad de los principales parámetros fisicoquímicos en el proceso de fabricación de jabones. El desarrollo de la presente investigación se llevó a cabo en la planta de fabricación de jabón de la empresa Colgate Palmolive, en la ciudad de Valencia, en el Estado Carabobo.

Los parámetros humedad y acidez en el producto en proceso y en el producto terminado se analizaron bajo el software estadístico MINITAB y se obtuvo a través del análisis de los datos de estas variables que el proceso se encontraba fuera de control estadístico e incapacitado para cumplir con las especificaciones de estos productos. También se evaluaron el % TCC y la vitamina E en los productos terminados, obteniendo de igual forma que el proceso, para estas variables se encontraba fuera de control estadístico y no capacitado para cumplir con las especificaciones. Posteriormente se identificaron las posibles causas que contribuían a que el proceso se encontrara en tales condiciones, se efectuó un proceso de confirmación de causas donde se identificó que las 3 causas asignables que provocan la variación de los parámetros fisicoquímicos del proceso de fabricación de jabón fueron: la variabilidad de la calidad de la materia prima, la variabilidad de los análisis de los operadores y la adición en exceso de componentes como el ácido fosfórico, los colorantes y los perfumes en las áreas de secado y mezclado.

Posteriormente se propusieron acciones correctivas para eliminar o disminuir la variación constante que presentaban los parámetros fisicoquímicos, entre las acciones tomadas y puestas en marcha se encuentran el re-entrenamiento y la re-calificación de los operadores, la instalación de un tanque de almacenamiento para el ácido fosfórico y la instalación de dos balanzas de precisión en las áreas de mezclado y secado. La implementación de estas acciones permitió que el proceso recuperara su estado de control estadístico y los índices de capacidad potencial y de desempeño indicaran que el mismo es completamente capaz de cumplir con las especificaciones de las variables humedad y acidez. Por su parte, para las variables % TCC y vitamina E no se pudo evaluar las causas que generan la variabilidad de las mismas, debido a que no se contó con la autorización de la empresa.

Finalmente se determinó la relación costo - beneficio que aportaron las acciones correctivas a la empresa, obteniéndose que gracias a la implementación de las mismas la producción de pastillas de jabón aumentó un 30 %, los costos indirectos disminuyeron en un 1.56 % y la ganancia obtenida por la empresa se elevó a los 61.137.080,98 millones de dólares con una inversión mínima de 49.249,91 dólares, y con las ganancias obtenidas la empresa recuperó la inversión realizada en un corto tiempo de dos días. Se recomienda primordialmente monitorear el proceso y la variabilidad de los operadores a través del software SPC, instalar dispositivos que permitan cuantificar las cantidades de materias primas utilizadas y otros que permitan verificar las condiciones de operación del proceso, implementar el método NIRS para la determinación del % TCC y vitamina E en los jabones.

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1.1	Clasificación de las fórmulas de jabón producidas en la empresa..... 3
Figura 1.2	Conjunto de gráficos de estudio de capacidad del proceso..... 4
Figura 2.1	Reacción de producción de jabón..... 14
Figura 2.2	Control de calidad por detección..... 19
Figura 2.3	Control de calidad por prevención..... 19
Figura 2.4	Representación de un histograma de frecuencia..... 24
Figura 2.5	Representación de un diagrama de pareto..... 25
Figura 2.6	Representación de un diagrama causa - efecto..... 27
Figura 2.7	Representación de la curva de una distribución normal..... 29
Figura 2.8	Porcentaje de áreas dentro de la curva de distribución normal según la desviación estándar..... 29
Figura 2.9	Diagrama de control..... 31
Figura 2.10	Diagrama de control que presenta ciclo..... 35
Figura 2.11	Diagrama de control que presenta mezclado..... 35
Figura 2.12	Diagrama de control que presenta cambio repentino de nivel..... 36
Figura 2.13	Diagrama de control que presenta estratificación..... 37
Figura 2.14	Diagrama de control que presenta agrupación..... 37
Figura 2.15	Diagrama de control que presenta cambio sistemático..... 38
Figura 2.16	Diagrama de control que presenta inestabilidad..... 38
Figura 2.17	Zonas de Control y capacidad de un proceso..... 45
Figura 3.1	Proceso global de fabricación de jabones..... 49
Figura 5.1	Diagrama causa - efecto de la variable humedad en la viruta de jabón..... 51

Figura 5.2	Histograma de frecuencia de la variable humedad en la viruta de jabón.....	58
Figura 5.3	Gráfico de control de la variable acidez en la viruta de jabón.....	59
Figura 5.4	Histograma de frecuencia de la variable acidez en la viruta de jabón.....	60
Figura 5.5	Gráfico de control de la variable humedad en los jabones prototipo A1.....	60
Figura 5.6	Histograma de frecuencia de la variable humedad en los jabones prototipo A1.....	61
Figura 5.7	Gráfico de control de la variable acidez en los jabones prototipo A1.....	62
Figura 5.8	Histograma de frecuencia de la variable acidez en los jabones prototipo A1.....	62
Figura 5.9	Gráfico de control de la variable humedad en los jabones prototipo A2.....	63
Figura 5.10	Histograma de frecuencia de la variable humedad en los jabones prototipo A2.....	64
Figura 5.11	Gráfico de control de la variable acidez en los jabones prototipo A2.....	64
Figura 5.12	Histograma de frecuencia de la variable acidez en los jabones prototipo A2.....	65
Figura 5.13	Gráfico de control de la variable % TCC en los productos terminados prototipo A1.....	66
Figura 5.14	Gráfico de control de la variable % TCC en los productos terminados prototipo A2.....	66
Figura 5.15	Gráfico de control de la variable vitamina E en los productos terminados prototipo A2.....	67
Figura 5.16	Diagrama causa - efecto de la variable humedad en la viruta de jabón.....	69
Figura 5.17	Diagrama causa - efecto de la acidez en la viruta de jabón.....	70
Figura 5.18	Diagrama causa - efecto de la variable humedad en el producto terminado prototipo A1.....	71
Figura 5.19	Diagrama causa - efecto de la acidez en el producto terminado prototipo A1.....	72
Figura 5.20	Diagrama causa - efecto de la variable humedad en el producto terminado prototipo A2.....	73

Figura 5.21	Diagrama causa - efecto de la acidez en el producto terminado prototipo A2.....	74
Figura 5.22	Diagrama causa - efecto del % TCC en el producto terminado prototipo A1.....	75
Figura 5.23	Diagrama causa - efecto del % TCC en el producto terminado prototipo A2.....	76
Figura 5.24	Diagrama causa - efecto de la vitamina E en el producto terminado prototipo A2.....	76
Figura 5.25	Histograma de frecuencia de la variable acidez en el sebo.....	78
Figura 5.26	Histograma de frecuencia de la variable color lovibond 1” en el sebo.....	79
Figura 5.27	Histograma de frecuencia de la variable acidez en el aceite palmiste.....	80
Figura 5.28	Histograma de frecuencia de la variable color de saponificación en el aceite palmiste.....	80
Figura 5.29	Histograma de frecuencia de la variable gravedad específica en el ácido fosfórico.....	81
Figura 5.30	Histograma de frecuencia de la variable pureza en el ácido fosfórico.....	81
Figura 5.31	Gráfico de control de la variable humedad.....	82
Figura 5.32	Gráfico de control de los análisis de humedad realizados por los operadores.....	83
Figura 5.33	Gráfico de control de los análisis de humedad realizados por el analista calificado.....	83
Figura 5.34	Gráfico de control de la variable acidez.....	84
Figura 5.35	Gráfico de control de los análisis de acidez realizados por los operadores....	85
Figura 5.36	Gráfico de control de los análisis de acidez realizados por el analista calificado.....	85
Figura 5.37	Conjunto de gráficos del estudio de capacidad del proceso para la variable humedad en la viruta de jabón.....	91
Figura 5.38	Conjunto de gráficos del estudio de capacidad del proceso para la variable acidez en la viruta de jabón.....	92

Figura 5.39	Conjunto de gráficos del estudio de capacidad del proceso para la variable humedad en el producto terminado prototipo A1.....	92
Figura 5.40	Conjunto de gráficos del estudio de capacidad del proceso para la variable acidez en el producto terminado prototipo A1.....	93
Figura 5.41	Conjunto de gráficos del estudio de capacidad del proceso para la variable humedad en el producto terminado prototipo A2.....	94
Figura 5.42	Conjunto de gráficos del estudio de capacidad del proceso para la variable acidez en el producto terminado prototipo A2.....	95

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
1.1 Descripción del problema.....	2
1.2 Formulación del problema.....	4
1.2.1 Situación actual.....	5
1.2.2 Situación deseada.....	6
1.3 Objetivos.....	6
1.3.1 Objetivo general.....	6
1.3.2 Objetivos específicos.....	6
1.4 Justificación del problema.....	7
1.5 Limitaciones.....	8
CAPÍTULO II FUNDAMENTOS TEÓRICOS	9
2.1 Antecedentes.....	9
2.2 Nociones básicas sobre jabón.....	13
2.2.1 Jabón.....	13
2.2.2 Saponificación.....	14
2.2.3 Materia primas utilizadas para la fabricación del jabón.....	15
2.2.4 Etapas del proceso de fabricación del jabón.....	16
2.3 Fundamentos del control de calidad.....	17
2.3.1 Concepto de calidad.....	17
2.3.2 Parámetros que definen la calidad.....	18
2.3.3 Control de calidad por detección.....	18
2.3.4 Control de calidad por prevención.....	19
2.4 Elementos básicos de un sistema de control de procesos.....	20
2.5 Causas de variación en un proceso.....	21
2.6 Herramientas estadísticas para mejoramientos de la calidad.....	23
2.6.1 Histograma de frecuencia.....	24
2.6.1.1 Ventajas del histograma.....	24
2.6.2 Diagrama de Pareto.....	25

2.6.3 Diagrama causa-efecto.....	26
2.7 Media.....	27
2.8 Desviación estándar.....	28
2.9 Varianza.....	28
2.10 Distribución normal.....	29
2.11 Diagrama de control.....	30
2.11.1 Tipo de diagrama de control.....	32
2.11.2 Análisis de patrones en diagrama de control.....	33
2.11.3 Patrones que indican que el proceso esta fuera de control.....	34
2.11.3.1 Ciclo.....	34
2.11.3.2 Mezclado.....	35
2.11.3.3 Cambio repentino de nivel.....	36
2.11.3.4 Estratificación.....	36
2.11.3.5 Agrupamiento.....	37
2.11.3.6 Cambio sistemático.....	38
2.11.3.7 Inestabilidad.....	38
2.11.3.8 Interacción.....	39
2.11.3.9 Saltos o abortos.....	39
2.11.3.10 Tendencia de variables.....	39
2.11.3.11 Patrón normal o natural.....	39
2.12 Capacidad de proceso.....	40
2.12.1 Análisis de capacidad mediante un histograma.....	41
2.12.2 Análisis de capacidad mediante un diagrama de control.....	42
2.12.3 Cálculo de la capacidad del proceso.....	42
2.12.4 Estado de control y capacidad y control del proceso.....	43
2.12.5 Índice de capacidad del proceso.....	43
2.12.6 Índice de desempeño real del proceso.....	44
2.12.7 Zonas de control y capacidad.....	44
CAPÍTULO III DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE FABRICACIÓN.....	46
3.1 Descripción global del proceso de fabricación de jabón.....	46

CAPÍTULO IV MARCO METODOLÓGICO.....	50
4.1 Diagnostico cuantitativo del proceso de elaboración de jabones.....	50
4.1.1 Revisión de la literatura especializada en procesos de fabricación de jabones.....	50
4.1.2 Familiarización con el proceso de fabricación de jabón.....	50
4.1.3 Información de la Situación Inicial del Proceso.....	51
4.2 Identificación y análisis de las posibles causas que generan la variabilidad de los principales parámetros fisicoquímicos en el proceso de fabricación de jabones.....	52
4.2.1 Revisión de la bibliográfica sobre las Técnicas usadas en la búsqueda de causas	52
4.2.2 Identificación de los factores que afectan al proceso de fabricación.....	52
4.2.3 Herramientas para la interpretación de información de Posibles Causas.....	53
4.2.4 Confirmación de las Causas que afectan el proceso.....	53
4.3 Planteamiento y verificación de las acciones correctivas que permitan reducir y estabilizar la variación de los parámetros que determinan la calidad del producto deseado	54
4.3.1 Planteamiento de alternativas de mejoras.....	54
4.3.2 Confirmación y análisis de las acciones correctivas.....	55
4.4 Establecer la relación costo - beneficio que traería a la empresa las soluciones encontradas y la aplicación de las mismas.....	55
CAPÍTULO V DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	56
CONCLUSIONES.....	99
RECOMENDACIONES.....	101
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	102
APÉNDICE A Formato para la confirmación de las causas de la variación de los parámetros fisicoquímicos del jabón.....	105
APÉNDICE B Formato de acciones correctivas para las causas de la variación de los parámetros fisicoquímicos del jabón.....	108
APÉNDICE C Datos para el análisis del producto en proceso.....	111
APÉNDICE D Datos para el análisis del producto terminado prototipo A1.....	113
APÉNDICE E Datos para el análisis del producto terminado prototipo A2.....	115
APÉNDICE F Datos para el análisis del sebo como materia prima	117
APÉNDICE G Datos para el análisis del aceite palmiste como materia prima.....	118
APÉNDICE H Datos para el análisis de ácido fosfórico como materia prima.....	119

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 5.1	Especificaciones claves de liberación para los productos en estudio..... 56
Tabla 5.2	Resultados obtenidos por los operadores en los diferentes turnos de trabajo para las variables acidez y humedad..... 86
Tabla 5.3	Resultados obtenidos para las variables acidez y humedad dependiendo de la cantidad de ácido adicionada..... 87
Tabla 5.4	Resultados obtenidos para las variables acidez y humedad a partir de la cantidad de colorante adicionado..... 88
Tabla 5.5	Resultados obtenidos para las variables acidez y humedad a partir de la cantidad de perfume adicionado..... 88
Tabla 5.6	Total de cajas de jabón producidas por día..... 96
Tabla 5.7	Total de pastillas de jabón producidas por año..... 96
Tabla 5.8	Ingresos anuales por la producción de jabón al año..... 96
Tabla 5.9	Costos de producción generados por la fabricación de jabón..... 97
Tabla 5.10	Inversión realizada por la empresa en la puesta en marcha de las acciones correctivas de la variabilidad del procesos..... 97
Tabla 5.11	Incremento en la producción y en la ganancia..... 98

INTRODUCCIÓN

La calidad de un producto se basa fundamentalmente en la capacidad que posea la empresa para estabilizar el proceso de producción. Para ello se debe disponer de una herramienta que permita distinguir claramente un estado estable de un estado inestable; ésta es precisamente la importancia de los gráficos de control y las herramientas estadísticas. Colocar los procesos bajo control estadístico permite garantizar la estabilidad de los procesos de producción y estimula el mejoramiento de la calidad de los productos.

En la actualidad, un producto con bajo nivel de calidad causa pérdidas económicas importantes para la empresa, ya que no se asegura la calidad de conformidad y no se cumplen las tolerancias de diseño del producto, traduciéndose en costo de reprocesamiento y ajustes en el proceso para satisfacer las especificaciones.

Una de las herramientas más empleadas por las empresas para evaluar la calidad es el Control Estadístico de Procesos, el cual consiste en la recopilación y análisis de datos de las variables claves de un producto, previamente especificados, para apreciar su comportamiento y lograr predecirlo. Es posible determinar a través de este instrumento que el proceso no es capaz de cumplir con las especificaciones del producto y que se encuentra fuera de control, debido a la variabilidad recurrente de los datos del estudio, donde se hace necesaria una investigación exhaustiva de las causas presentes en el proceso.

El proyecto realizado en Colgate Palmolive Venezuela C.A. fue propuesto con el fin de evaluar la variabilidad de los principales parámetros fisicoquímicos en el proceso de fabricación de jabón, conociendo cuantitativamente la situación inicial del proceso a través de los principales parámetros fisicoquímicos, identificando las causas por las que varían dichos parámetros y plantear propuestas correctivas ejecutables para la reducción de la variabilidad, los costos de producción y aumento de la calidad del proceso y del producto.

El objetivo de esta investigación se centra en la aplicación de un software estadístico y herramienta de análisis para lograr la disminución de los costos de producción, aumento de la calidad de los productos obtenidos. Asimismo, este trabajo podrá contribuir a estudios posteriores relacionados con control estadístico de procesos.

CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En este capítulo se define el planteamiento del problema, la situación actual que se presenta y la situación deseada que se quiere alcanzar, al igual que se mencionan los objetivos, la justificación y las limitaciones de la investigación.

1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Colgate Palmolive C.A. es una empresa mundial de productos de consumo con presencia en más de 200 países. En nuestro país; con más de 60 años de fundada, es la única planta que produce crema dental; además producen jabones de tocador, detergentes en polvo, desinfectantes, suavizantes de telas y lavaplatos líquidos y en crema.

Colgate Palmolive C.A. es reconocida nacional e internacionalmente por la calidad de sus productos y el servicio que presta. En Venezuela la empresa cuenta con una sola planta productora; localizada en Valencia; estado Carabobo, desde la cual se distribuye a nivel nacional todos sus productos para satisfacción de sus clientes. La planta cuenta con 4 áreas de producción que son: cuidado bucal (Planta Crema Dental), cuidado personal (Planta Jabones), cuidado del hogar (Planta Líquidos) y cuidado de telas (Planta Detergentes).

El jabón de tocador es un producto altamente competitivo en el mercado; ya que son varias las empresas que lo producen. Este producto está compuesto principalmente por grasa animal, aceites vegetales, soda cáustica, ácido cítrico, petrolatum, polyquaternium, ácido fosfórico; en cantidades reguladas según fórmulas y estándares de la empresa, por lo tanto la materia prima no permite disminuir los costos de producción. En la empresa se producen 18 diferentes fórmulas de jabón de tocador, dichas fórmulas se dividen en 9 fórmulas del jabón prototipo A, 8 fórmulas del jabón prototipo B y 1 fórmula del jabón prototipo C (ver Figura 1.1), de las cuales se utilizarán las diferentes fórmulas del jabón prototipo A para el desarrollo del presente trabajo.

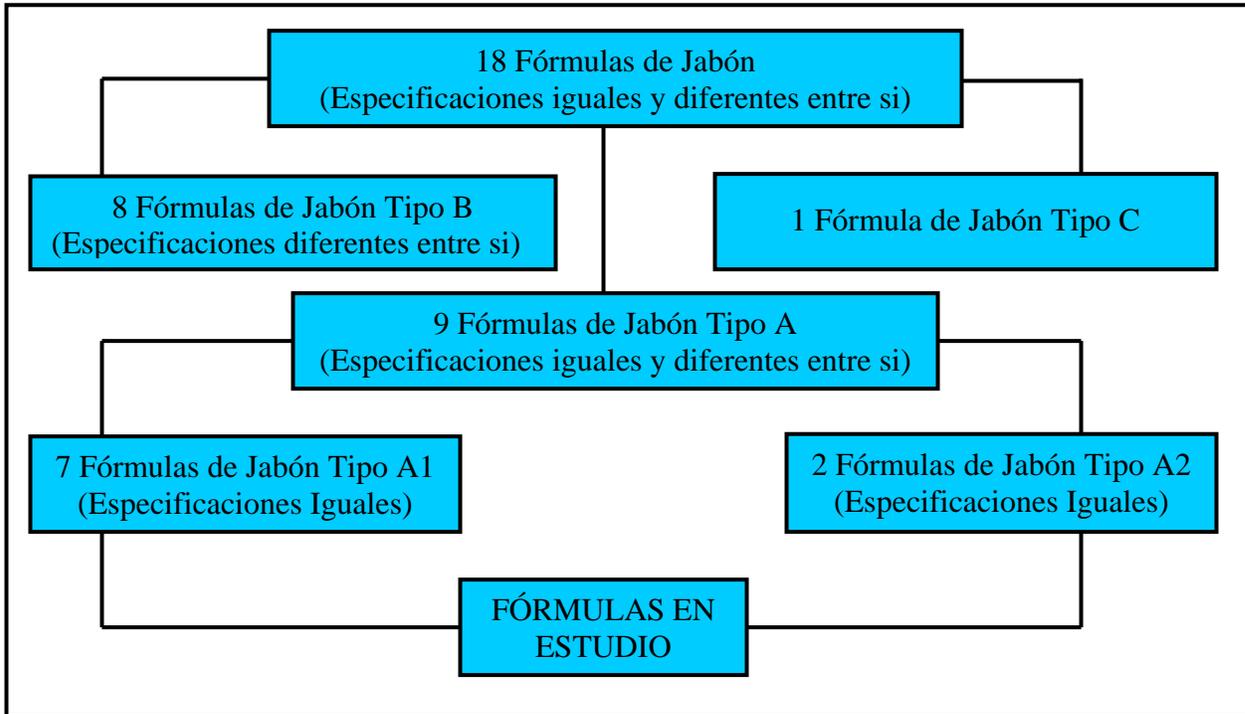


Figura 1.1 Clasificación de las fórmulas de jabón producidas en la empresa

El control estadístico de proceso es una herramienta que permite a los inspectores en línea y a los auditores de calidad, tener registros completos y precisos de defectos identificados con el fin de mantener los niveles de calidad adecuados. La empresa evalúa el control estadístico de sus procesos mediante estudios de capacidad realizados con el software estadístico MINITAB, el cual relaciona la exactitud y la precisión de las características o especificaciones de calidad de cada producto; estas características son conocidas como parámetros fisicoquímicos y las mismas definen la calidad final del jabón. Mensualmente la planta de jabones elabora un reporte que muestra en que estado de control estadístico se encuentra el proceso y la capacidad que tiene el mismo de cumplir con las especificaciones. El reporte antes mencionado se realiza de acuerdo a la clasificación siguiente: un proceso capaz y controlado (zona verde), proceso no capaz y si bajo control estadístico (zona amarilla), proceso en control estadístico pero no capaz (zona naranja) y por último proceso no capaz y fuera de control (zona roja). Adicionalmente se aprecia el estudio de capacidad, que muestra el índice de capacidad potencial e índice de desempeño, así como también el histograma de frecuencias y la prueba probabilística que muestra el tipo de distribución de los datos (ver Figura 1.2).

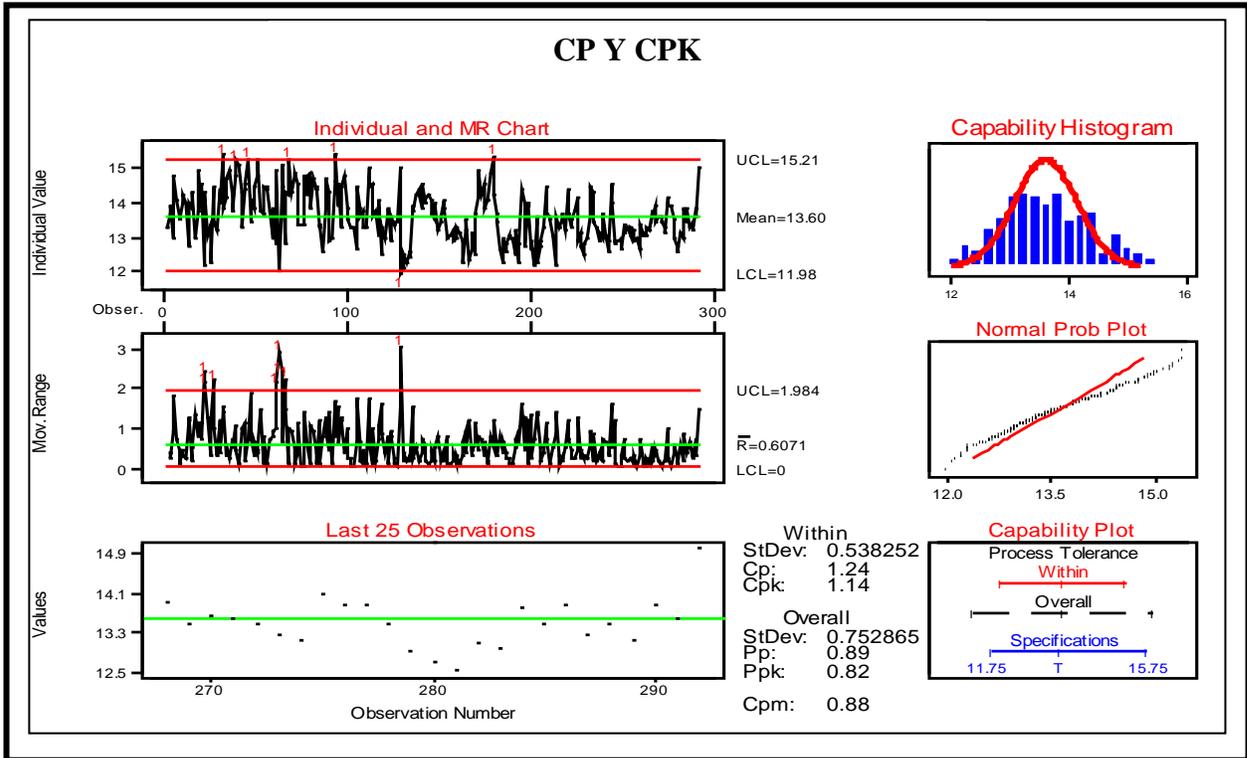


Figura 1.2 Conjunto de gráficos del estudio de capacidad del proceso

Durante el año 2006 y lo que va del año 2007 se ha encontrado una recurrente variabilidad en el porcentaje de la zona roja (proceso fuera de control e incapaz), lo que demuestra que existe una alta posibilidad de que el producto terminado se encuentre fuera de las especificaciones necesarias para su comercialización. No obstante el control estadístico de proceso podría ser un punto a considerar para reducir los costos, debido a que se puede implementar con recursos y tecnologías ya existentes en la empresa.

1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Colgate Palmolive C.A. de Venezuela gasta sumas de dinero significativas en la obtención de materias primas nacionales e importadas las cuales son utilizadas en la fabricación de sus 18 fórmulas diferentes de jabón de tocador; dicha materia prima presenta características diferentes según su proveniencia; es decir, la nacional difiere de la importada, lo que limita a la empresa a disminuir sus costos de producción y por ende el precio final del producto, ya que la diferencia en las características de la materia prima pueden estar generando variación constante en las

especificaciones de calidad del jabón; por lo antes expuesto se plantea la interrogante de evaluar la variabilidad de los parámetros fisicoquímicos en el proceso de fabricación de jabones con el propósito de buscar las causas y generar las posibles soluciones al descontrol del proceso y poder ofrecer un producto de alta calidad con el menor costo de producción posible.

1.2.1 Situación actual

La planta de jabones de la empresa Colgate Palmolive C.A. actualmente y debido a la situación actual del país se ha visto en la necesidad de utilizar tanto la materia prima nacional como la importada, debido a la escasez de las mismas a nivel nacional. Por otra parte como la operación de fabricación es realizada manualmente, se requiere la presencia del operador para poner en funcionamiento los equipos y accesorios, y realizar los cambios pertinentes durante el proceso (según el manual de procedimiento de fabricación) y así llevar a cabo el proceso de fabricación. El problema que se presenta es que existen pérdidas de materia prima debido a errores de apreciación cometidos por los operadores, y que dependiendo del operador el proceso presenta condiciones distintas de operación, que acarrear errores de fabricación y repercuten directamente en las especificaciones del jabón fabricado. Se sospecha que tal situación puede estar ocasionando la variabilidad de los parámetros fisicoquímicos del proceso, que a su vez ha ocasionado que el control estadístico que se lleva en la planta manifieste que el proceso se encuentra en la zona roja. Por esta razón los costos de producción se han elevado y por ende el precio final del producto. Por otra parte se dispone en la empresa de toda la tecnología y herramientas necesarias para lograr que el proceso pueda ser capaz y mantenerse controlado si se evalúa la variabilidad de los principales parámetros fisicoquímicos en el proceso.

Si la empresa Colgate Palmolive C.A. no evalúa la variabilidad de los principales parámetros del proceso de fabricación de jabón el descontrol de su proceso y la posibilidad de que sus productos estén fuera de especificaciones traerían como consecuencia la imposibilidad de disminuir los costos de fabricación e incapacidad de ofrecer un producto competitivo en el mercado nacional y dificultad de participación en un mercado con tan alto índice de competitividad.

1.2.2 Situación deseada

La empresa requiere disponer de un estudio que determine las posibles causas que generan la variabilidad de los principales parámetros fisicoquímicos y por ende el descontrol e incapacidad desde el punto de vista estadístico en el proceso de fabricación de jabón, y de esta manera genere soluciones que permitan que el proceso recupere su control y capacidad y disminuya el riesgo de que los productos se encuentren fuera de las especificaciones de calidad.

Con esto se propone una alternativa para disminuir los costos de producción, aumentar la calidad de los productos y mayor competitividad de los mismos en el mercado.

En cuanto al alcance, se determinará las soluciones más adecuadas para lograr tanto a nivel de calidad como de control de proceso el mayor rendimiento en base a los requerimientos y disponibilidades de la empresa.

1.3 OBJETIVOS

En esta sección una vez formulado y justificado el problema, se procede a definir el objetivo general a desarrollar en el presente trabajo con sus respectivos objetivos específicos.

1.3.1 Objetivo general

Evaluar la variabilidad de los principales parámetros fisicoquímicos en el proceso de fabricación de jabones, con la finalidad de disminuir los costos de producción y aumentar la calidad de los productos haciendo el proceso capaz y controlado.

1.3.2 Objetivos específicos

1. - Realizar un diagnóstico cuantitativo del proceso de elaboración de jabones incluyendo materia prima, producto en proceso y producto terminado, con la finalidad de conocer la estabilidad del proceso y los índices de capacidad del mismo.

2. - Identificar las posibles causas que generan la variabilidad de los principales parámetros fisicoquímicos en el proceso de fabricación de los jabones, con la finalidad de corregir las mismas y buscar sus posibles soluciones.
3. - Analizar las causas encontradas que generan la variabilidad de los parámetros fisicoquímicos en el proceso de producción de jabón, con el fin de identificar cuales de ellas afectan en mayor proporción al proceso.
4. - Plantear acciones correctivas que permitan reducir y estabilizar la variación de los parámetros que determinan la calidad del producto deseado; a partir de las causas encontradas.
5. - Analizar la eficacia de las acciones tomadas, basado en la variabilidad, repetitividad y reproducibilidad.
6. - Establecer la relación costo - beneficio que traería a la empresa las soluciones encontradas y la aplicación de las mismas.

1.4 JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

La evaluación de la variabilidad de los parámetros fisicoquímicos en el proceso de fabricación de jabones es necesaria para la empresa ya que se requiere de un control estadístico del proceso que proporcionen soporte y confianza en los productos fabricados en la empresa y permita buscar reducción de costos de producción; por otro lado contar con una elevada calidad permitirá que los productos gocen de suficientes razones para competir en el mercado y así la empresa obtener mayores ganancias y participación de mercado. Es importante recalcar que durante la elaboración del presente trabajo de investigación se llevarán a cabo prácticas que permitirán reforzar conocimientos y habilidades adquiridas a lo largo de la carrera universitaria, específicamente en las áreas de fenómenos de transporte, diseño y control de procesos, química orgánica, química analítica y estadística; así como también se conocerá la aplicación de procesos como la saponificación, secado, centrifugado, mezclado dentro de la producción de jabones, al mismo tiempo de ofrecer una experiencia en el ámbito laboral e industrial.

Entre las implicaciones prácticas está el hecho de dar una solución versátil porque va orientado al mejoramiento del proceso de fabricación de jabones y de la calidad de los productos ofrecidos.

Desde el punto de vista teórico es de gran relevancia para la Universidad de Carabobo y la Facultad de Ingeniería, ya que permitirá ampliar conocimientos referentes al control estadístico de procesos y la evaluación de la calidad a través del software estadístico MINITAB, aplicado a un proceso de fabricación de jabones dentro de una empresa manufacturera de consumo masivo, área que puede resultar de gran interés para futuras investigaciones a realizarse tanto en esta como en otras casas de estudio.

1.5 LIMITACIONES

La empresa Colgate Palmolive C.A. fabrica un total de 18 diferentes fórmulas de jabón de tocador, dichas fórmulas se dividen en: 9 fórmulas del jabón prototipo A, 8 fórmulas del jabón prototipo B y 1 fórmula del jabón prototipo C, las mismas generan diferentes tipos de jabón de tocador con características similares y otras que marcan una gran diferencia entre ellos. Debido al alto número de fórmulas fabricadas por la empresa solo utilizaran las diferentes fórmulas del jabón prototipo A para el desarrollo del presente trabajo.

Durante el desarrollo de la investigación se pudieran encontrar algunos factores y restricciones que pudieran limitar la correcta y satisfactoria realización de la misma; factores como el tiempo establecido para su culminación, el cual pudiera prolongarse debido a la disponibilidad de las instalaciones, fabricación de las fórmulas de jabón escogidas para trabajar, disponibilidad de los equipos necesarios para llevar a cabo las pruebas de caracterización tanto a la materia prima, producto en proceso y producto terminado.

CAPÍTULO II FUNDAMENTOS TEÓRICOS

En el presente capítulo se exponen los fundamentos teóricos relacionados con la fabricación de jabón y el control estadístico de procesos, así como también los aspectos generales que argumentan la investigación y que son necesarios para la comprensión del tema.

En esta sección se destacan algunas investigaciones realizadas en el área en estudio, que bien sea por su contenido o metodología sirven de apoyo teórico para el desarrollo del presente Trabajo Especial de Grado.

2.1 ANTECEDENTES

El trabajo de Delgado y González presentó como finalidad evaluar el proceso manual de fabricación de crema dental que se tenía anteriormente en la planta para detectar los problemas y carencias, comparando luego con el proceso automatizado para la fabricación de cremas dentales a fin de verificar ambos rendimientos. Los resultados que obtuvieron demostraron que el proceso automatizado de fabricación de cremas dentales fija de forma precisa las condiciones de operación más importantes, cumpliendo exactamente con lo especificado en el manual de fabricación de la empresa, adicionalmente, los índices de capacidad referentes a las materias primas y a las propiedades de la crema dental señalan que el proceso es capaz de cumplir con las especificaciones estipuladas.

La similitud con el trabajo en desarrollo radica que en ambos se utiliza una metodología similar para la determinación de la capacidad de un proceso dentro de una empresa manufacturera de consumo masivo, así como también la aplicación de diferentes técnicas o herramientas estadísticas para la evaluación de datos relacionados con los parámetros fisicoquímicos de un proceso. Las diferencias con esta nueva investigación radican en que en ésta no se plantea comparación entre procesos de fabricación, ya que la empresa cuenta con un único proceso para la producción de jabón; y también se pretende realizar una investigación con miras a

la reducción de costos de producción y no solo a la evaluación del rendimiento del proceso como en el antecedente.

Así mismo, Cruz, realizó un trabajo que tiene como propósito analizar en que medida los requisitos de los sistemas de gestión de calidad podían tener implicaciones y facilitar el diseño del sistema de producción ajustada. Se utilizó la norma ISO 9000 referente a la gestión de la calidad para apoyar la implementación del sistema de producción ajustada. Esta investigación permitió llegar a conclusiones importantes como que el apoyo del sistema de gestión de la calidad proporcionó una mejor comprensión a la modelación e implementación de la producción ajustada. La existencia de un sistema de gestión de calidad, basado en la gestión por procesos, facilitó la implementación de un ambiente de producción ajustada. El estándar de la norma ISO 9000:2000 ha demostrado que constituye un elemento determinante en la implementación de sistemas de calidad, con impacto relevante al nivel de la adquisición de la capacidad organizativa y de gestión. Cuando es integrado con la producción ajustada, el sistema de calidad permite asegurar (a través de los procedimientos típicos de la gestión de calidad), que los recursos de la organización son efectivamente utilizados según la lógica de producción ajustada para satisfacer al cliente.

Este trabajo presenta similitud con la investigación actual ya que en ambas se busca la satisfacción del cliente incorporando herramientas que contribuyan al mejoramiento de la calidad de los productos y los procesos. Este trabajo también resalta la importancia que tiene detectar las debilidades de los sistemas y de los procesos y los beneficios que resultan de hacer modificaciones en algunos procesos; situación que también se busca resaltar en el presente trabajo de investigación. La principal diferencia radica en que en la presente se busca el mejoramiento de la calidad de los productos y los procesos para reducir los costos de producción mientras que en el antecedente se busca el apoyo de los sistemas de gestión de calidad para diseñar e implementar un sistema de producción ajustada.

Por otra parte, Barrios C., realizó un trabajo con el fin de reducir y estabilizar la variabilidad en los niveles de los parámetros fisicoquímicos de la crema dental, mediante la elaboración y aplicación de un plan de acción basado en los estudios de capacidad de proceso. En

base a los resultados obtenidos se puede concluir que la implementación de las acciones correctivas propuestas permitió disminuir la variabilidad en los niveles de los principales parámetros fisicoquímicos en la crema dental así como también se logró un proceso capaz de cumplir con las especificaciones de diseño. Adicionalmente se verificó que el reentrenamiento del personal fue la acción correctiva clave para disminuir la variabilidad de los parámetros fisicoquímicos (pH y la gravedad específica).

Esta investigación presenta similitud con la investigación que se va a llevar a cabo, en la metodología para la realización del análisis de datos y capacidad del proceso, así como también para el análisis de las materias primas, producto en proceso y producto terminado. La diferencia básica es que en esta investigación no se trabajará con crema dental sino con jabones de tocador, siendo los parámetros fisicoquímicos a evaluar totalmente diferentes; además, el presente trabajo busca la reducción de costos de producción a través de la reincorporación del proceso de fabricación de jabones a las zonas de capacidad y control.

El estudio de Isaac G., tiene como objeto diseñar un modelo de gestión integrada calidad - medioambiente basado en los principios de gestión que establece la ISO 9000 y los requisitos comunes entre las normas ISO 9001 e ISO 14001, integrando la planificación, la gestión de los procesos, la medición del desempeño y la mejora, que permita a cualquier organización lograr una alineación estratégica con los intereses de las partes interesadas y la mejora del desempeño del sistema de gestión.

Las principales conclusiones que derivan de este trabajo de investigación son que el diseño planteado puede ser aplicado a cualquier organización con independencia del estado que se encuentre con respecto a la gestión de la calidad, la gestión medioambiental y la integración de éstas, lo que le otorga un carácter de adaptabilidad. Adicionalmente contribuye a que la gestión integrada calidad - medioambiente se desarrolle mediante tendencias actuales para lograr un mejor desempeño de los procesos y del sistema. Evalúa y mejora el desempeño de la organización desde los resultados de cada proceso hasta el nivel de competitividad logrado.

La similitud con el presente trabajo viene dada por el hecho de que ambos buscan aumentar la calidad de los procesos y de los productos que de ellos derivan dentro de cualquier organización, así como también generar sistemas que le proporcionen mayor confianza a sus clientes y que permitan mayores niveles de eficiencia y eficacia y una mayor posición competitiva. La diferencia radica en el hecho de que en el presente, no se pretende diseñar un modelo ni sistema de gestión y no se relaciona la calidad con la gestión medioambiental, solo se busca mejorar la calidad de los procesos y productos buscando la reducción de costos y la mayor competitividad de la empresa en el mercado.

Así mismo, Barrios L, Ortiz y Zavala, realizaron un trabajo de investigación que busca mejoras en los métodos de trabajo de una organización, para mejorar la calidad de procesos y productos, disminuir costos de producción y obtener rentabilidad organizacional. El estudio se realizó bajo la metodología “Eliminación Sistemática de Desperdicios”. Se identificaron como principales fallas: la falta de herramientas para el control de procesos y las fallas en la detección de defectos. Dentro de las mejoras más significativas se propusieron: un dispositivo para la detección de defectos y un gráfico para el control de proceso basado en los costos de operación.

Como principales conclusiones se encontró que las mejoras aplicadas permitieron el incremento de la eficiencia en más de un 30%, mejorando así la productividad de la empresa. Adicionalmente las mejoras propuestas ofrecieron un método de trabajo flexible y aplicable a todos los productos de la empresa, las consideraciones del plan de adiestramiento preparó al personal para superar las limitaciones de conocimientos y ofrecer su máximo potencial en el logro de las metas organizacionales.

La semejanza con el presente trabajo de investigación reside en que en ambos se utilizan herramientas estadísticas para lograr el control de procesos en busca de la calidad de los productos y los procesos, disminuir los costos de producción y aumentar la rentabilidad de la organización. La diferencia principal es que esta nueva investigación no se apoyara en la metodología “Eliminación Sistemática de Desperdicios”, está podría ser tomada en cuenta pero no será la base fundamental del trabajo.

En la investigación de Gómez A., Sebrango R. y Pérez P., el objetivo general fue la aplicación de las series de tiempo estructuradas para evaluar la influencia de la autocorrelación en la reducción de la variabilidad en el proceso de extracción de la empresa azucarera “Melanio Hernández”, que permita explicar la variabilidad existente en este proceso. En el trabajo se utilizan las series de tiempo, basado en la metodología de Box - Jenkins con el objeto de identificar los modelos que describen las variables estudiadas y con ello la evaluación del efecto de la autocorrelación en el proceso de extracción. Como conclusión se encontró que una de las variables en estudio (Humedad del bagazo) presentó estabilidad aparente; de esta forma se caracteriza el escenario sin autocorrelación del proceso industrial de la caña de azúcar, es decir, el proceso tiene estabilidad aparente y poca autocorrelación, que no representa una reducción significativa de variabilidad. Mientras que la otra variable en estudio (Pol del bagazo) califica en el escenario con autocorrelación, por lo que requirió la ejecución de una estrategia de ajuste y regulación del proceso dinámico, que permitió actuar sobre la variabilidad que provocaba la presencia de autocorrelación.

Este trabajo presenta similitud nuevamente en el uso de herramientas estadísticas; enfocada en la evaluación de la estabilidad de las variables en estudio. Adicionalmente se resalta la importancia del uso de métodos de control de procesos que permitan aumentar la eficiencia y eficacia de los procesos. La diferencia radica en que en esta nueva investigación no se utilizarán las series de tiempo basadas en la metodología de Box - Jenkins.

2.2 NOCIONES BÁSICAS SOBRE JABÓN

2.2.1 Jabón

El jabón es un éster metálico que se obtiene al hacer reaccionar un ácido carboxílico con una base fuerte como la sosa o soda cáustica, NaOH, o la potasa, KOH, aunque puede prepararse con otros metales^[20]. La reacción química que expresa la neutralización de los ácidos grasos es la siguiente:



Donde R es igual a cadena hidrocarbonada larga.

La característica principal del jabón es la presencia de dos zonas de diferente polaridad: la hidrofílica, que es fuertemente atraída por las moléculas de agua y que se localiza en torno al grupo carboxilo, y la zona hidrofóbica, que es poco polar y que se mantiene lejos de las moléculas de agua, ubicada en el extremo más alejado de la cadena hidrocarbonada.

Esta tendencia a orientar su estructura con respecto al agua es lo que permite al jabón funcionar como una cuerda cuyo extremo poco polar o hidrofóbico se orienta hacia las moléculas poco polares que conforman la mayoría de las manchas; el otro extremo, el hidrofílico, es atraído por un gran número de moléculas de agua. De esta forma, una mancha es rodeada por gran número de iones éster o jabón en una primera capa, que a su vez es rodeada por un enorme número de moléculas de agua que al ser atraídas por moléculas de agua más externas, terminan disgregando la mancha.

2.2.2 Saponificación

El jabón se produce por la reacción exotérmica de las grasas y aceites con hidróxido de sodio, reacción a la que se llama saponificación. ^[20]

Los triglicéridos o grasas son triésteres de la glicerina (1, 2, 3 - propanotriol) y ácidos grasos de peso molecular elevado. Cuando los triglicéridos reaccionan con hidróxido de sodio, se produce glicerina y tres moléculas de ácidos carboxílicos (los ácidos grasos). A su vez estos ácidos carboxílicos reaccionan con el hidróxido de sodio produciendo tres ésteres de sodio o jabones. Esta reacción se expresa en la Figura 2.1:

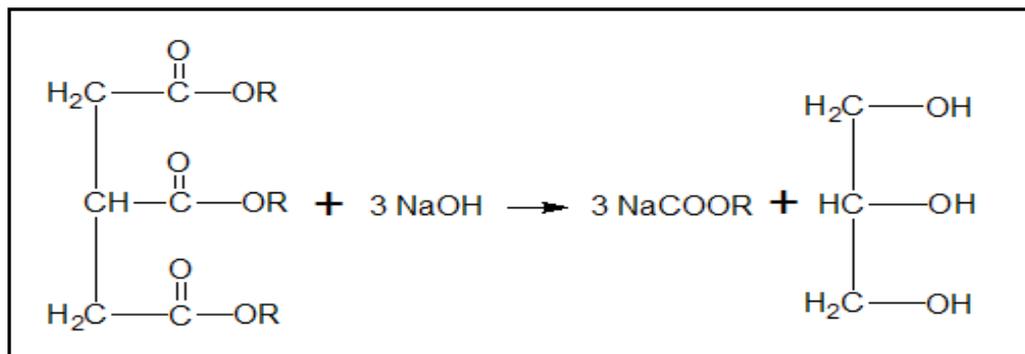


Figura 2.1 Reacción de producción de jabón ^[20]

La glicerina se aprovecha como subproducto. La cantidad de NaOH requerida para saponificar una cantidad dada de grasa neutra, se calcula por el índice de saponificación de la grasa, el cual se expresa como el número de miligramos de KOH o NaOH (a base de 100%) necesarios para saponificar un gramo de grasa. El índice de saponificación se multiplica por el factor 0,715 para obtener el número necesario de miligramos de NaOH o KOH.

2.2.3 Materias primas utilizadas para la fabricación del jabón

En la fabricación del jabón, los caracteres físicos y químicos del producto dependen directamente de las materias primas empleadas. De las grasas y aceites se emplean el sebo, la manteca, los residuos de la refinación y del endurecimiento de aceites de semilla y algunos aceites marinos. Entre las materias primas utilizadas tenemos:

- **Álcalis:** Es la sustancia que dentro de la fabricación de jabón cumple la función de agente saponificador o neutralizante. En la mayor parte de los jabones se utiliza el NaOH. ^[20]

- **Grasas y Aceites:** Los ácidos grasos más convenientes en los jabones son el láurico, el mirístico, el palmítico y el oleico, que contienen de 12 a 18 átomos de carbono. Es evidente que los caracteres de los jabones están directamente relacionados con los ácidos grasos de las materias primas utilizadas. Los ácidos mencionados anteriormente son saturados, excepto el oleico, forman la mayor parte de la materia del sebo y del aceite de coco. Este aceite y el sebo, en relaciones de 3:1 y 4:1, se utilizan en la mayoría de los jabones fabricados para lavanderías y para tocador. ^[20]

- **Sebo:** El sebo se utiliza en la fabricación de jabones en mayor cantidad que cualquier otra grasa. Se obtiene fundiendo grasas de ganado vacuno, lanar, caballar, etc., y se clasifica en dos grados comerciales: comestible y no comestible. La mayor parte del sebo utilizado es no comestible. ^[20]

Los sebos se clasifican por el American Institute of Meat Packers según su color, su título,

su porcentaje de ácidos grasos libres y su contenido de humedad, materia insoluble y materia insaponificable.

El título del sebo crudo es un factor importante para determinar la calidad del sebo y la dureza del jabón que éste producirá. El título se define como el punto de solidificación de los ácidos grasos contenidos en el sebo, expresado en grados centígrados. El contenido de humedad, materia insoluble y materia insaponificable es material que no produce jabón.

- **Grasa:** La grasa o manteca ocupa el segundo lugar en importancia entre las materias grasas utilizadas para producir jabón. La grasa pocas veces se utiliza sola en las calderas de saponificación; generalmente se utiliza combinada con el sebo. La manteca contiene mayor porcentaje de ácidos grasos sin saturar que el sebo. ^[20]

- **Aceites:** Estos aceites, a saber: de coco, de palma, marinos, de oliva, de palmiste, se utilizan combinados con las grasas ordinarias utilizadas en la fabricación de jabón. ^[20]

- **Materiales no grasos:** Las principales no grasas son: la colofina, el aceite de pino y ácidos nafténicos. Estos materiales no grasos no son triglicéridos, y por consiguiente no se forma glicerina cuando se transforman en jabón. Estos jabones se mezclan en pequeñas cantidades con los jabones ordinarios para el uso en lavanderías y jabones industriales. ^[20]

2.2.4 Etapas del proceso de fabricación del jabón

La fabricación del jabón consta de las siguientes etapas principales ^[20]:

- **Saponificación:** las materias primas (grasas y aceites) se funden en pailas de forma cilíndricas y fondo cónico. Consiste en agregar una solución concentrada de hidróxido de sodio fuerte o soda cáustica. La masa se mezcla y agita mediante vapor de agua inyectado en el seno del líquido. Después de unas dos (2) horas se ha formado el jabón.

- **Terminación de la saponificación o cambio fuerte:** al jabón formado en la caldera se le agregan nuevas cantidades de NaOH para lograr una saponificación completa, y se calienta. Al enfriarse se separan dos (2) capas: la superior, de jabón, y la inferior, de lejía. Al jabón se le agrega agua y se calienta nuevamente, de esta manera empieza la eliminación de glicerina y de NaOH.
- **Lavado:** consiste en el agregado de una solución concentrada de sal común (cloruro de sodio, NaCl) y agua comúnmente llamada salmuera, para separar el jabón de la glicerina formada y del exceso de soda caústica. Como el jabón es insoluble en el agua salada, se acumula en forma de grumos y sube a la superficie por su menor densidad. Después de varias horas en reposo, se extrae por la parte inferior de la paila la mezcla de glicerol y agua salada.
- **Preparado:** en esta etapa se adiciona agua a la masa de jabón con la finalidad de homogenizar y eliminar gránulos. Aquí se obtiene el jabón listo para secar y adicionar sustancias tales como perfumes, colorantes y resinas, para favorecer la formación de espuma persistente.

2.3 FUNDAMENTOS DEL CONTROL DE CALIDAD

2.3.1 Concepto de calidad

“Es el nivel o grado en que un producto sea cual sea, cumple en forma satisfactoria con exigencias, necesidades y deseos del consumidor, o sea la aptitud para su empleo”.^[5]

También se tiene que calidad es:

“El grado en que un producto específico satisface las necesidades de un consumidor específico”.^[5]

Una definición más completa de la calidad es la siguiente: “Calidad es cumplir con los requisitos”.^[5]

Esta definición implica que no se puede hablar de calidad alta, media o baja, sino que solamente caben dos posibilidades y en la medida que se cumple con los requisitos se puede afirmar que un producto tiene o no tiene calidad.

2.3.2 Parámetros que definen la calidad

Son ciertos valores indicadores de distintos aspectos relativos a la calidad. Los más importantes y representativos son ^[5]:

- **Diseño:** grado en que las especificaciones de un producto satisface los requerimientos y deseos del usuario. Las diferencias en el diseño incluyen los tipos de materiales usados, las tolerancias de producción, la confiabilidad obtenida mediante el desarrollo tecnológico.
- **Calidad de concordancia:** es el grado que indica que tan bien cumple el producto las especificaciones y tolerancias requeridas por el diseño.
- **Disponibilidad:** grado en el cual el producto cumple con su función cuando el usuario lo requiere.
- **Servicio:** grado en el cual el fabricante y la cadena de mercado provee rápida acción sobre las necesidades, servicios, reclamos, reparaciones, garantías, etc.

Control de calidad es un sistema para evaluar y reportar la calidad del producto con respecto a los requerimientos de ingeniería, manufactura y del cliente. La calidad es una responsabilidad compartida por todos los departamentos. El objetivo del control de calidad es ayudar a los otros departamentos a obtener, medir y mantener los niveles de calidad esperados.

2.3.3 Control de calidad por detección

En este enfoque la energía está concentrada en la inspección masiva, en inspeccionar el producto terminado en lugar del proceso; aun cuando ahí fue donde se produjo el producto defectuoso. ^[5]

Significa hacer el producto y luego separar el producto bueno del producto malo y en base a esto ajustar el proceso. Esta situación se representa en la Figura 2.2.

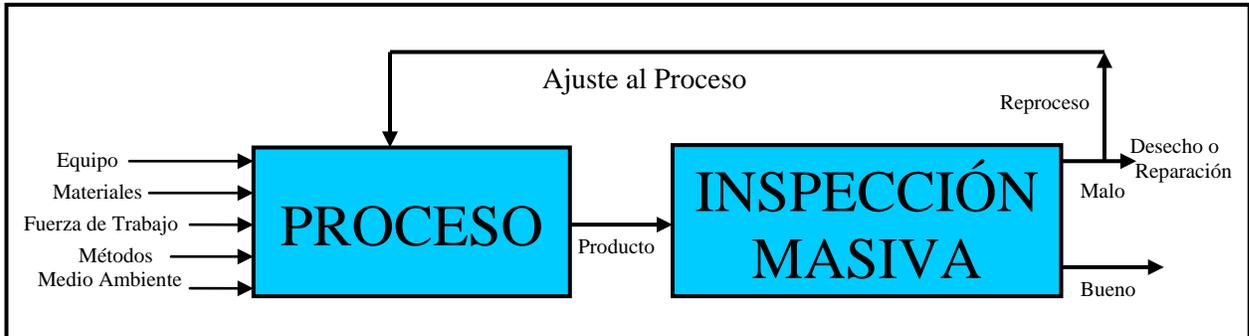


Figura 2.2 Control de calidad por detección ^[5]

En este enfoque de la calidad se piensa que lo importante es que el producto cumpla con las especificaciones, se da por hecho que una vez que se ha alcanzado la especificación ya no puede haber posibilidades de mejoras constantes en la calidad del producto y propicia el que haya desperdicios y retrabajos.

2.3.4 Control de la calidad por prevención

En el enfoque de prevención de defectos se plantea reemplazar la inspección masiva por lo que se llama verificación del producto ^[5]. El énfasis no está en la inspección masiva sino en el proceso mismo. Cuando algo sale mal, puede detectarse observando el proceso en lugar de esperar la inspección final. Representación en la Figura 2.3.

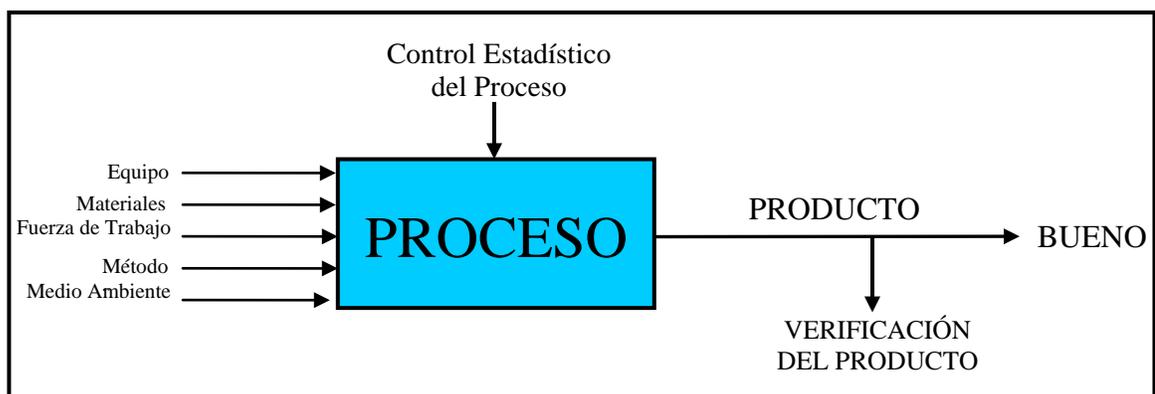


Figura 2.3 Control de calidad por prevención ^[5]

El enfoque hacia la prevención reconoce que el resultado de un proceso no va a ser el mismo producto tras producto. Esto significa que existe cierta variación asociada con ese resultado. La herramienta con la que se cuenta para conocer como varía un proceso es el “**Control Estadístico de Procesos**”, a través de él se puede observar y mejorar la variabilidad en el mismo.

2.4 ELEMENTOS BÁSICOS DE UN SISTEMA DE CONTROL DE PROCESOS

Definiendo un sistema de control de procesos como aquel en que la información sobre las características de calidad de un producto es realimentada como base para controlar que el funcionamiento del proceso permanezca dentro de ciertos valores especificados, se podría decir que hay cuatro elementos básicos de un sistema de control, claramente distinguibles ^[5]:

- **El proceso**

Por proceso se entiende la combinación de maquinas y equipos, materiales, métodos, mano de obra y medio ambiente (condiciones ambientales) que generan como resultados un producto. La calidad de los resultados del proceso (el producto) depende del diseño y construcción del mismo y de la forma en que es operado.

- **Información sobre el rendimiento del proceso**

Del estudio de los resultados puede ser obtenida mucha información del estado en el cual está operando el proceso. Si esta información es buscada e interpretada correctamente, dirá que acción inmediata es necesaria para corregirlo en el caso en que no esté operando satisfactoriamente. Si no se adopta soluciones adecuadas y a tiempo, se pierde el esfuerzo de la búsqueda de información.

- **Acción sobre el proceso**

La acción sobre el proceso debe ser orientada al futuro, dado que debe efectuarse cuando sea necesario prevenir la producción del material fuera de especificaciones. Esta acción puede consistir en cambio de las condiciones de operación (reentrenamiento de operarios, cambio de la materia prima utilizada, ajuste del equipo, etc.) o mediante la modificación, rediseño o cambio de

las maquinarias y equipos. El efecto sobre las acciones tomadas debe ser registrado y debe efectuarse un análisis de los resultados a fin de hacer correcciones adicionales de ser necesario.

▪ **Acción sobre los resultados**

La acción sobre los resultados está orientada al pasado, puesto que involucra la detección de productos fuera de especificaciones. Desafortunadamente, si la producción actual no cumple con las especificaciones en forma consistente deberá seleccionarse y re TRABAJAR o desechar los productos defectuosos. Esta acción continuará hasta que se tomen las medidas correctivas en el proceso y las mismas se verifiquen.

En un sistema de detección, el operador, quien es el conductor del proceso, no recibe una información inmediata, por lo que no podría aportar su contribución, la cual es considerada como esencial en la búsqueda de la causa de cualquier problema. El autocontrol permite superar este obstáculo, lográndose con ello una reducción significativa de productos fuera de especificaciones. Si el operador descubre el defecto después de haber creado el producto en la máquina, puede analizar la situación, proponer ideas acerca de las posibles causas e incluso intervenir directamente sobre la causa para que el efecto no vuelva a aparecer.

2.5 CAUSAS DE VARIACIÓN EN UN PROCESO

En cualquier proceso de fabricación, sin importar su buen diseño o mantenimiento cuidadoso, siempre existirá cierto grado de variabilidad natural en las características del producto. Esta variabilidad natural o "ruido de fondo" es el efecto acumulativo de muchas pequeñas causas incontrolables. Estas causas están relacionadas con la combinación de los seis factores que componen un proceso de fabricación (maquinaria, métodos, materiales, mano de obra, mediciones y medio ambiente) y son llamadas **causas aleatorias** debido a su carácter no dominable. ^[12]

Cuando el ruido de fondo de un proceso es relativamente pequeño, se considera que el rendimiento del proceso es aceptable y si las únicas fuentes de variación son las causas aleatorias es un proceso estable y previsible.

Las causas asignables de variación son llamadas “las seis emes (6M’s)”:

- **Materia prima**

Se encuentra relacionada con las características de calidad de las materias primas empleadas en un proceso que contribuyan a la variación total del producto final, tales como las especificaciones de materia prima. También influye la disponibilidad de materia prima y el cumplimiento de las condiciones de almacenamiento. ^[12]

- **Mano de obra**

En esta categoría figura todo lo relacionado con el personal de fabricación para realizar una determinada labor, como lo son: operadores, ayudantes, técnicos instrumentistas y supervisores. También se incluye el turno de trabajo ya que es importante para el desempeño laboral, al igual que el bienestar emocional y físico. La falta de comprensión debida a una falta de capacitación hará necesario efectuar continuos ajustes de máquina, con lo que la variabilidad se hace más compleja. Mientras el equipo es más automatizado, el efecto del operario en la variación disminuye. ^[12]

- **Métodos**

Esta sección esta relacionada con todos los métodos o procedimientos empleados por el personal durante el proceso de fabricación, para llevar a cabo la producción. ^[12]

- **Maquinaria**

Esta sección comprende los factores relacionados con los equipos presentes en el área de fabricación, como lo son: pailas, centrífugas, sistemas de vapor, intercambiadores de calor, sistemas de vacío, secadora. También figura el desgaste de las herramientas y tuberías, las vibraciones de la máquina y fluctuaciones hidráulicas y eléctricas. Cuando se juntan todas estas variaciones, el equipo opera con cierta capacidad o precisión, distinta a la ideal. ^[12]

- **Mediciones**

Se incluye en esta categoría la precisión en la medición de las variables del proceso, de los equipos principales y las pruebas de calidad realizadas al producto. ^[12]

▪ Medio Ambiente

Incluye las condiciones ambientales del lugar donde se lleva a cabo el proceso y si estas afectan o no al mismo. ^[12]

Pueden presentarse otras fuentes de variación en la producción de un proceso. La dispersión excepcional creada por estas fuentes de variación se debe en general a cuatro tipos de causas:

- Mal funcionamiento de las maquinarias (desajustes, desgastes, rotura de una parte, rotura de una herramienta, mala calibración o fuera de calibración, etc.).
- Error de un operador (mala introducción de un parámetro, mala regulación de una herramienta, error de adición de componentes, etc.).
- No conformidad del material.
- Modificación excepcional del entorno (variaciones bruscas de temperatura, energía eléctrica, presión, etc.).

Las variaciones producidas por estas causas excepcionales suelen ser más importantes que las debidas a causas aleatorias, y a menudo convierten en inaceptable el rendimiento del proceso. Son las llamadas **causas asignables o causas especiales** ya que pueden ser identificadas y deben ser eliminadas en el marco del normal funcionamiento del proceso. ^[12]

2.6 HERRAMIENTAS ESTADÍSTICAS PARA MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD

Las técnicas estadísticas consisten en un conjunto de herramientas que traducen el comportamiento de un grupo de datos, las cuales resultan ventajosas para visualizar y predecir de una forma mas clara los procesos y tomar decisiones correctas. Los aspectos mostrados a continuación tienen como propósito presentar cómo pueden emplearse las técnicas estadísticas como un medio para modelar o describir las características de la calidad de un proceso.

2.6.1 Histograma de frecuencia

El histograma de frecuencia es un diagrama de barras que representa la distribución de frecuencia o número de observaciones de una población cuyo valor cae dentro de un rango predeterminado. En la figura 2.3 se muestra una representación de un histograma de frecuencia. Esta herramienta se elabora con la finalidad de verificar el comportamiento de un proceso en relación a la especificación. ^[18]

La altura de cada rectángulo corresponde a la frecuencia de los valores de un parámetro determinado. El histograma es una representación visual de los datos, en la que pueden observarse más fácilmente tres propiedades ^[16]:

- Forma
- Acumulación o tendencia central
- Dispersión o variabilidad.

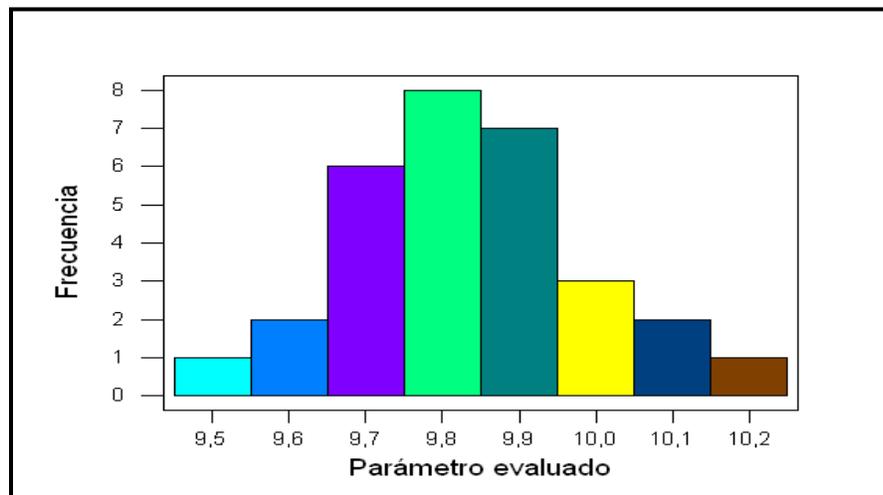


Figura 2.4 Representación de un histograma de frecuencia ^[Fuente: Propia]

2.6.1.1 Ventajas de los histogramas

Los histogramas revelan, sin realizar elaborados análisis, una gran cantidad de información acerca de las características del proceso o producto. Por su particularidad de ser

fáciles de entender, pueden ayudar mucho a la mejora. Los histogramas pueden ser empleados para los siguientes propósitos:

- Valorar la resistencia de los materiales.
- Indicar la necesidad de efectuar una acción correctiva.
- Medir los efectos de una acción correctiva.
- Determinar la capacidad de las máquinas.
- Comparar el trabajo bajo diferentes condiciones.
- Contrastar las características de productos o servicios.

2.6.2 Diagrama de Pareto

El diagrama de Pareto es otra de las técnicas utilizadas en los programas de mejoramiento de la calidad, (Figura 2.4). Este diagrama es un histograma especial que permite establecer un orden jerárquico de importancia relativa de las distintas características, considerándose características de control a aquellas que produzcan un impacto mayor (económico, de porcentaje de productos defectuosos, de reclamaciones).^[18]

Se construye listando las causas de un problema en el eje horizontal, empezando por la izquierda para colocar a aquellas que tienen un mayor efecto sobre el problema, de manera que vayan disminuyendo en orden de magnitud. El eje vertical se dibuja en ambos lados del diagrama: el lado izquierdo representa la magnitud del efecto provocado por las causas, mientras que el derecho refleja el porcentaje acumulado de efecto de las causas.

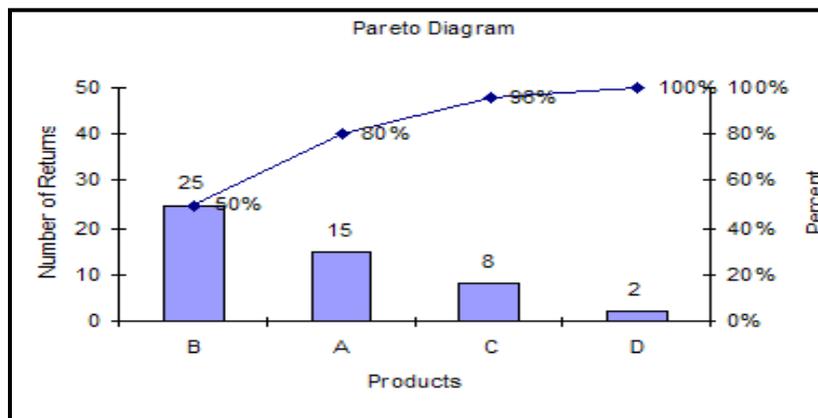


Figura 2.5 Representación de un diagrama de Pareto [Fuente: Propia]

2.6.3 Diagrama causa - efecto

Los diagramas de causa - efecto (CE) son una forma gráfica de representar el conjunto de causas potenciales que podrían estar provocando el problema bajo estudio o influyendo en una determinada característica de calidad. Se utilizan para ordenar las ideas que resultan de un proceso de “lluvia de ideas” al dar respuesta a alguna pregunta de partida que se plantea al grupo que realiza el análisis. ^[22]

En 1953, Kaoru Ishikawa profesor de la Universidad de Tokio resumió la opinión de los ingenieros de una planta dándole la forma de un diagrama causa-efecto mientras discutían un problema de calidad. Se dice que esta fue la primera vez que se usó este enfoque. Antes de esto, el grupo de trabajo del profesor Ishikawa usaba este método para organizar los factores en sus actividades de investigación. Cuando el diagrama se usó en la práctica, mostró ser muy útil y pronto llegó a usarse ampliamente en muchas compañías en todo Japón. Se incluyó en la terminología del JIS (Estándares Industriales Japoneses) del control de calidad, y se definió de la manera siguiente:

“Es una técnica de análisis de problemas y consiste en una descripción gráfica que permite analizar los factores que intervienen en la variación de un proceso, a través de una relación causa-efecto”. También recibe los nombres de espina de pescado por su forma o diagrama de Ishikawa por el ingeniero japonés que lo desarrolló.

En la Figura 2.6 se observa un diagrama de causa - efecto, en el cual, el efecto está a la derecha y sus causas a la izquierda. El efecto es la característica de calidad que es necesario mejorar. Las causas principales: métodos, materia prima, mediciones, mano de obra y maquinaria. A su vez, cada causa principal se subdivide en muchas otras causas menores. Los diagramas de CE, también conocidos como diagramas de “espina de pescado”, debido a su forma, son medios en donde se pueden representar todas las causas principales y secundarias.

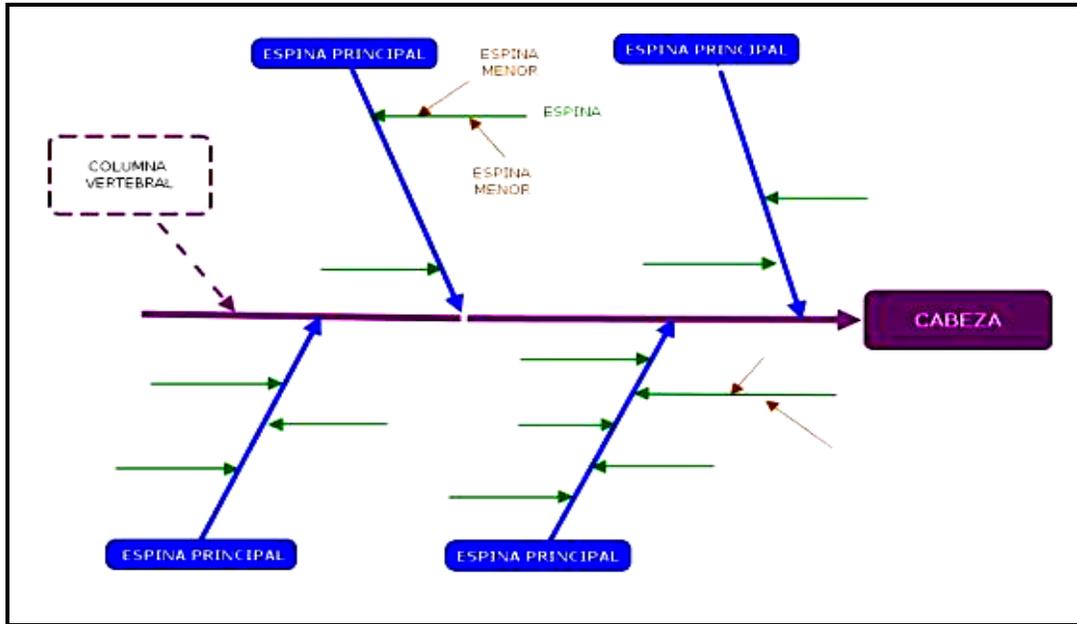


Figura 2.6 Representación de un diagrama causa – efecto ^[22]

Las aplicaciones del diagrama de causa - efecto son prácticamente infinitas en las áreas de investigación, fabricación, mercadotecnia y trabajo de oficina. Una de sus mayores ventajas es la global participación y contribución de todos los que intervienen en el proceso de la lluvia de ideas. El diagrama es útil para mejorar la calidad de un producto o servicio, para un mejor aprovechamiento de recursos y para disminuir costos.

Para continuar desarrollando las técnicas estadísticas que pueden describir una característica de calidad, es necesario introducir las definiciones de media, desviación estándar y varianza, con el fin de afianzar estos conceptos que serán empleados con mucha frecuencia.

2.7 MEDIA

La media es un valor que se obtiene relacionando la suma de los valores de un grupo de mediciones con el número de mediciones, se calcula según la ecuación 2.2:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} \quad (\text{Ecuación 2.2})$$

Donde:

\bar{X} : Media de un valor

X_i : Valor i del grupo de mediciones

n : Número de mediciones

Si para calcular la media se utilizan todos los elementos de la población (el universo sobre el que se quiere tomar decisiones, por ejemplo todos los datos de la última semana o mes), entonces el promedio calculado es la media del proceso (o media poblacional) y se denota con la letra griega mu (μ).

2.8 DESVIACIÓN ESTÁNDAR

La desviación estándar muestral es la medida más usual de variabilidad y mide qué tan esparcidos están los datos respecto a la media. Esta desviación se representa con la letra (S) y se calcula según la siguiente ecuación:

$$S = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n - 1}} \quad \text{(Ecuación 2.3)}$$

Donde:

S: Desviación estándar

De igual forma, si para estimar la desviación estándar se utilizan todos los elementos de la población, entonces se obtiene la desviación estándar del proceso o poblacional y se denota con la letra griega sigma (σ).^[16]

2.9 VARIANZA

Se conoce como varianza muestral al cuadrado de S, es decir a S^2 , que es muy importante para propósitos de inferencia estadística, y de la misma manera al cuadrado de σ , σ^2 , es la varianza (o variancia) poblacional.^[16]

2.10 DISTRIBUCIÓN NORMAL

Una distribución normal proporciona un enfoque para determinar el valor promedio y la dispersión de un conjunto de datos. La distribución normal es quizá la más importante tanto en la teoría como en la aplicación de la estadística. Los parámetros de la distribución normal son la media y la desviación estándar. El aspecto de la distribución normal es el de una curva simétrica (unimodal) con perfil acampanado como se muestra en la Figura 2.7. ^[16]

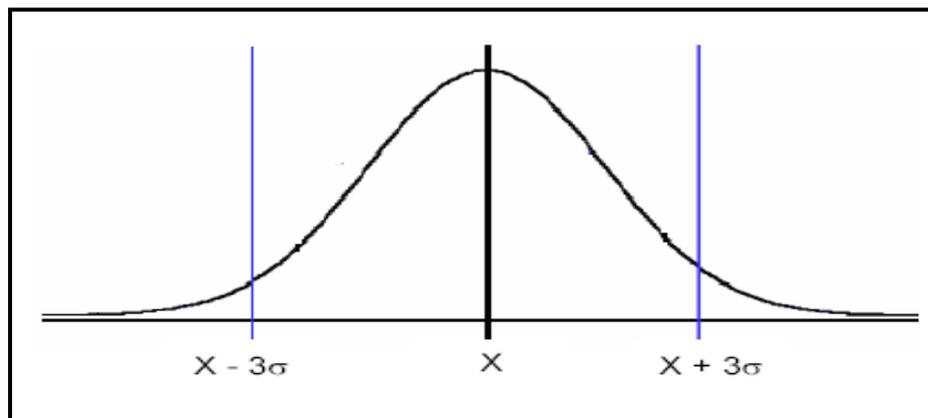


Figura 2.7 Representación de la curva de una distribución normal ^[16]

Esta distribución tiene un número importante de características, que se muestran de forma gráfica en la Figura 2.8:

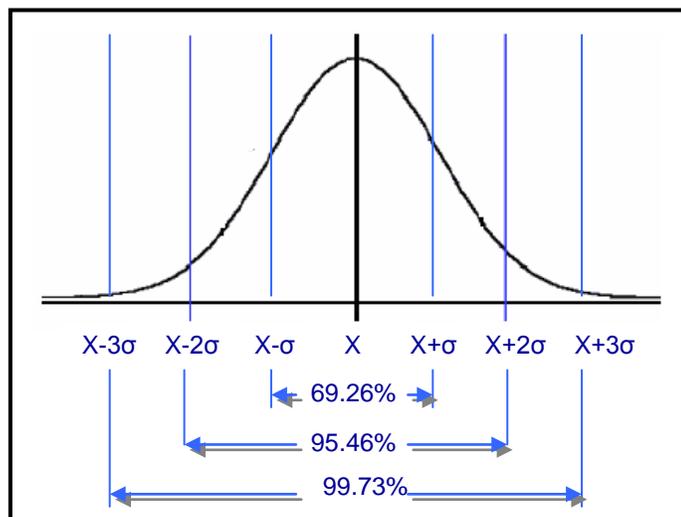


Figura 2.8 Porcentaje de áreas dentro de la curva de distribución normal según la desviación estándar ^[16]

- Cerca del 68,3% del área está incluida dentro de una distancia de \pm una Desviación Standard de la media.
- Cerca del 95,46% del área está incluida dentro de una distancia de \pm dos Desviación Standard de la media.
- Cerca del 99,73% del área está incluida dentro de una distancia de \pm tres Desviación Standard de la media.
- Cerca del 99,994% del área está incluida dentro de una distancia de \pm cuatro Desviación Standard de la media.

La distribución de características de un producto son similares a la distribución normal, esto hace posible usarla para estimar porcentaje de productos que estén probablemente dentro de los límites verdaderos.

2.11 DIAGRAMAS DE CONTROL

El tipo más sencillo de procedimiento de control de calidad de procesos en línea son los diagramas de control. ^[12] Los tres usos fundamentales de un diagrama de control son los siguientes:

- Rastreo y vigilancia de un proceso.
- Reducción de la variabilidad del proceso.
- Estimación de los parámetros de producto o de proceso.

El diagrama de control es una técnica de control de procesos en línea, que se utiliza ampliamente con este propósito. Se pueden usar también tales diagramas con el fin de evaluar los parámetros de un proceso de producción y a partir de esta información, determinar la capacidad del proceso. Finalmente, la meta del control estadístico de procesos es la eliminación de la variabilidad de proceso. Puede que sea imposible eliminarla completamente, pero el diagrama de control es una herramienta efectiva para reducirla al mínimo posible.

En la Figura 2.9 se presenta un diagrama de control típico que es una representación gráfica de una característica de calidad, medida o calculada a partir de una muestra. La gráfica tiene una línea central que representa el valor medio de la característica de calidad, correspondiente al estado bajo control (es decir, solamente hay causas comunes). En la gráfica se muestran también otras dos líneas horizontales, llamadas límite superior de control (LSC) y límite inferior de control (LIC). Se escogen estos límites de manera que si el proceso está bajo control, casi la totalidad de los puntos de la muestra se les halle entre ellos.

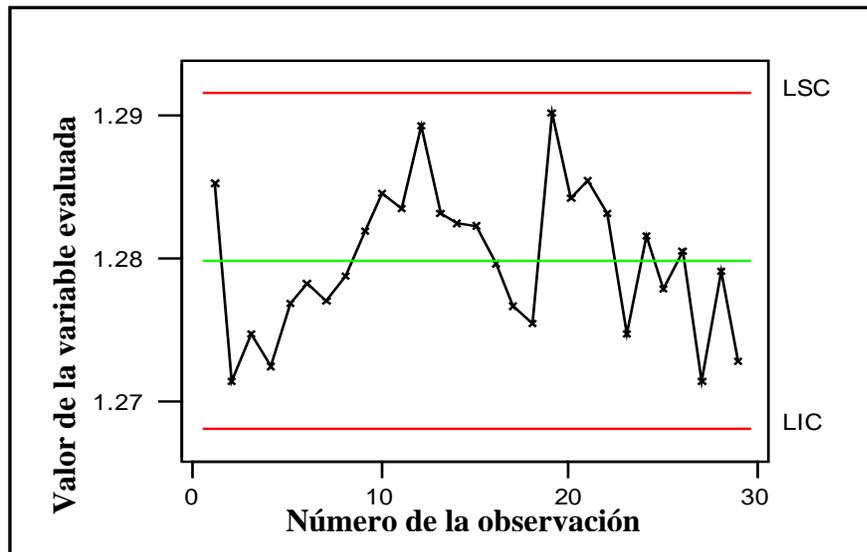


Figura 2.9 Diagrama de control ^[12]

Mientras los puntos se encuentran entre los límites, se considera que el proceso está bajo control y no es necesario tomar ninguna acción. Sin embargo, un punto que se encuentra fuera de los límites de control, se interpreta como una evidencia de que el proceso está fuera de control y son necesarias acciones de investigación y corrección, a fin de encontrar y eliminar la o las causas atribuibles a este comportamiento.

Se acostumbra unir los puntos muestrales en el diagrama de control mediante segmentos rectilíneos, con objeto de visualizar mejor la evolución de la secuencia de los puntos en el tiempo; incluso si todos los puntos se hallan entre los límites de control, pero se comportan de manera sistemática o no aleatoria, esto indica que el proceso está fuera de control y que se presenta una tendencia. Se pueden aplicar métodos para encontrar secuencias o patrones no

aleatorios en los diagramas de control a fin de ayudar a detectar condiciones fuera de control. Por lo regular hay una causa por la que aparece cierto patrón no aleatorio en un diagrama de control y si se puede encontrar y eliminar, es posible mejorar el funcionamiento del proceso.

2.11.1 Tipos de diagramas de control

Existen dos tipos generales de gráficos de control: para variables y para atributos. Los gráficos de control para variables se aplican a características de calidad de tipo continuo, que intuitivamente son aquellas que requieren un instrumento de medición (pesos, volúmenes, voltajes, longitudes, resistencias, temperaturas, humedad, etc.).^[12] Los gráficos para variables más usuales son:

- \bar{X} (de promedios)
- R (de rangos)
- S (de desviaciones estándar)
- X (de medias individuales)

Estas formas distintas de llamarle a una carta de control se deben al tipo de estadístico que se grafica en la carta: un promedio, un rango, etc.; por medio de la cual se tratará de analizar una característica importante de un producto o un proceso.

Existen muchas características de calidad que no son medidas con un instrumento de medición en una escala continua o al menos en una escala numérica. En estos casos, el producto o proceso se juzga como conforme o no conforme, dependiendo de si posee ciertos atributos; o también al producto o proceso se le podrá contar el número de defectos o no conformidades que tiene. La variabilidad y tendencia central de este tipo de características de calidad de tipo discreto serán analizadas a través de las cartas o gráficos de control por atributos, entre los más conocidos se tienen^[12]:

- p (proporción o fracción de artículos defectuosos)
- np (número de unidades defectuosas)
- c (número de defectos)
- u (número de defectos por unidad).

2.11.2 Análisis de patrones en diagramas de control

Un diagrama de control puede indicar una condición fuera de control cuando uno o más puntos se hallan fuera de los límites, o bien cuando los puntos localizados exhiben algún patrón de comportamiento no aleatorio. ^[12]

Se define una corrida como una sucesión de observaciones del mismo tipo. Cuando una corrida tiene una longitud de ocho o más puntos, tiene muy baja probabilidad de ocurrencia en una muestra aleatoria de puntos. Por consiguiente, cualquier tipo de racha de longitud 8 o más deberá interpretarse como una señal de una condición fuera de control. Por ejemplo, ocho puntos consecutivos a un lado de la línea central indicarán un proceso fuera de control. ^[12]

La capacidad de interpretar un patrón particular en términos de causas atribuibles requiere experiencia y conocimiento del proceso. Es decir, no solamente hay que entender los principios estadísticos de los diagramas de control, sino también tener una buena comprensión del proceso. El Western Electric Handbook (1956) señala un conjunto de reglas de decisión para detectar patrones no aleatorios en diagramas de control. Específicamente, sugiere llegar a la conclusión de que el proceso está fuera de control si se presenta cualquiera de las situaciones siguientes:

- Un punto cae fuera de los límites de control de tres sigmas.
- Dos de tres puntos consecutivos caen más allá de los límites de advertencia de dos sigmas.
- Cuatro de cinco puntos consecutivos se encuentran a una distancia de una sigma o más de la línea central.
- Ocho puntos consecutivos se hallan al mismo lado de la línea central.

Es posible aplicar simultáneamente varios criterios diferentes al diagrama de control para determinar si el proceso está fuera de control o no. Con frecuencia se inspeccionará el diagrama de control y se concluirá que el proceso está fuera de control si se verifica uno o más de los criterios siguientes:

- Uno o más puntos están fuera de los límites de control.

- Una corrida de por lo menos 7 u 8 puntos, donde el tipo de corrida podrá ser ascendente o descendente, una corrida sobre la línea central o bajo de ella, o bien una por encima o por debajo de la mediana.
- Dos o tres puntos consecutivos fuera de los límites de advertencia de dos sigmas, pero todavía entre los límites de control.
- Cuatro o cinco puntos consecutivos más allá de los límites sigma.
- Un patrón anormal o no aleatorio en los datos.
- Uno o más puntos cerca de un límite de advertencia o de control.

2.11.3 Patrones que indican que el proceso está fuera de control

En muchos casos, el patrón de los puntos proporcionará información útil para el diagnóstico del proceso, la cual se puede usar para modificar el proceso, a fin de reducir la variabilidad (la meta de los controles estadísticos de procesos). Se examinarán brevemente algunos de los patrones más comunes que aparecen en los diagramas de \bar{X} y de R , donde se indicarán algunas características del proceso que los producen. ^[12]

Para interpretar patrones en el diagrama de \bar{X} , hay que determinar primero si el diagrama de R está bajo control o no. Algunas causas atribuibles se presentan en las dos gráficas, la de \bar{X} y la de R . Nunca hay que tratar de interpretar la gráfica de \bar{X} cuando la de R indica una condición fuera de control.

2.11.3.1 Ciclo

Ocasionalmente aparecen patrones cíclicos en un diagrama de control. Los ciclos son tendencias cortas que ocurren en patrones repetidos. Las causas de los ciclos son variables de proceso que se presentan de una manera más bien regular. En el caso de máquinas, pueden asociarse con una serie de movimientos, posiciones o cabezas. Los ciclos pueden identificarse determinando el tiempo en el cual aparecen los picos sucesivos y relacionando este intervalo con los elementos del proceso. En la Figura 2.10 se muestra un diagrama de control que presenta el patrón ciclo. ^[12]

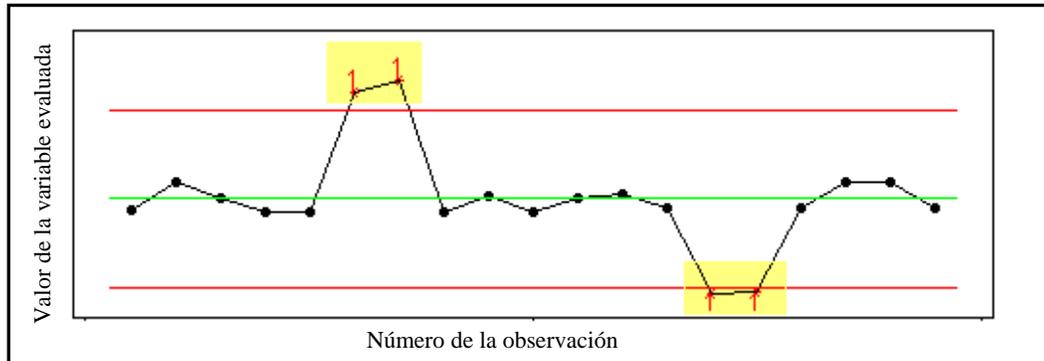


Figura 2.10 Diagrama de control que presenta ciclo ^[12]

2.11.3.2 Mezclado

Se indica un mezclado cuando los puntos ubicados tienden a quedar cerca o un poco fuera de los límites de control, con relativamente pocos puntos cercanos a la línea central, como se muestra en la Figura 2.11. ^[12]

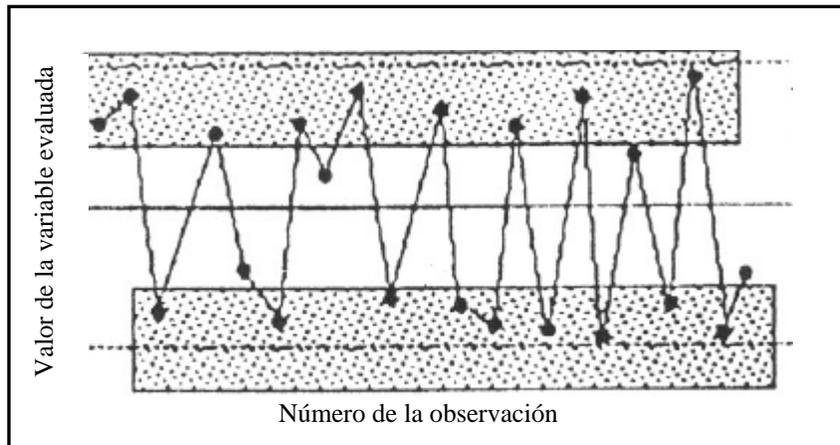


Figura 2.11 Diagrama de control que presenta mezclado ^[12]

Los puntos tienden a estar cerca de los límites de control con ausencia de fluctuaciones normales cerca de la línea central. Puede reconocerse por longitud no natural de las líneas que unen los puntos, lo que tiende a crear un efecto aproximado de "sierra". La mezcla corresponde a una combinación de dos distribuciones diferentes en una misma gráfica una en un nivel alto y la otra en un nivel bajo. Si los componentes de una distribución se muestran más o menos constantes, se dice que es una mezcla estable; de no ser así se clasifica como mezcla inestable.

La distribución consiste en componentes más o menos separados ampliamente que no varían uno con respecto al otro ni en proporción ni en localización. Las muestras pueden haberse tomado de cada distribución por separado o de dos distribuciones combinadas.

2.11.3.3 Cambio repentino de nivel

Estos cambios pueden ser el resultado de la introducción de nuevos trabajadores, métodos, materias primas o máquinas, de cambios en el método o en los estándares de inspección, o bien de cambios en la destreza, atención o motivación de los operarios. A veces se nota una mejora en el funcionamiento del proceso después de la introducción de un programa de diagramas de control, sólo por los factores de motivación que influyen en los trabajadores. ^[12]

Un cambio repentino de nivel se presenta como un cambio en una dirección. Una cierta cantidad de picos se localizan en un solo lado de la gráfica, como se muestra en la Figura 2.12:

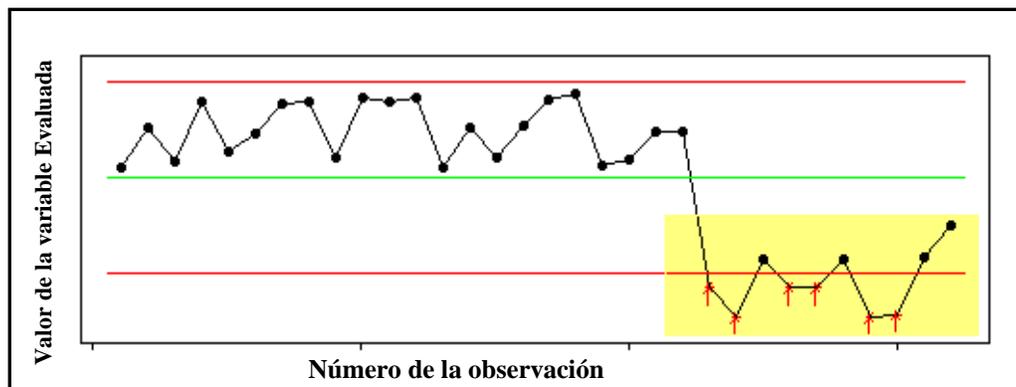


Figura 2.12 Diagrama de control que presenta cambio repentino de nivel ^[12]

2.11.3.4 Estratificación

La estratificación o tendencia de los puntos a quedar agrupados artificialmente alrededor de la línea central, se ilustra en la Figura 2.13. Se nota una falta notable de variabilidad natural en el patrón observado. Una posible causa de estratificación es el cálculo incorrecto de los límites de control. También se puede presentar dicho esquema cuando el proceso de muestreo recoge una o

más unidades de varias distribuciones distintas. Si las unidades mayores y menores en cada muestra son relativamente similares, entonces la variabilidad observada será pequeña. ^[12]

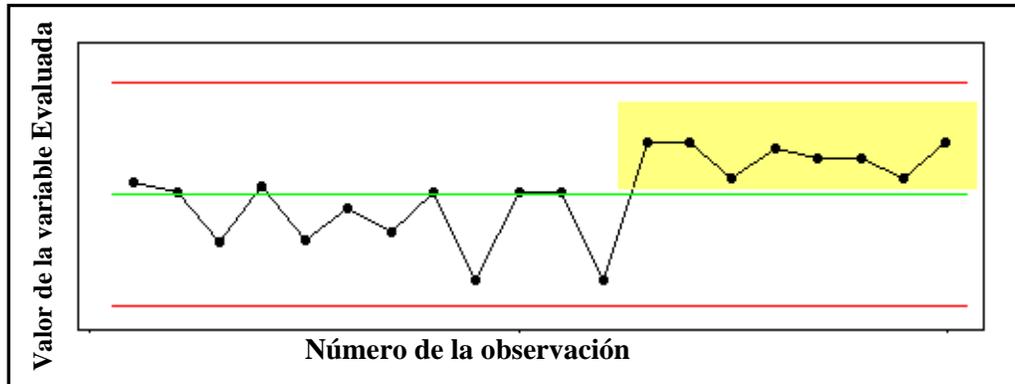


Figura 2.13 Diagrama de control que presenta estratificación ^[12]

La estratificación es una forma de mezcla estable caracterizada por una consistencia artificial, con pocos puntos desviándose fuera de la línea central. Se muestra como pequeñas fluctuaciones no naturales, o una ausencia de puntos cerca de los límites de control. Se debe evitar cometer el error de pensar en este patrón como uno de "gran control". ^[12]

2.11.3.5 Agrupamiento

Si los datos se presentan en grupos de unos cuantos puntos separados del conjunto general, indican una falta de naturalidad, revelando que un sistema de causas asignables está afectando al proceso (ver Figura 2.14). En ocasiones se presenta este fenómeno en las gráficas X o R, pero ocurre más frecuentemente en las gráficas para lecturas individuales (a veces esta gráfica es más sensitiva para detectar este tipo de perturbación). ^[12]

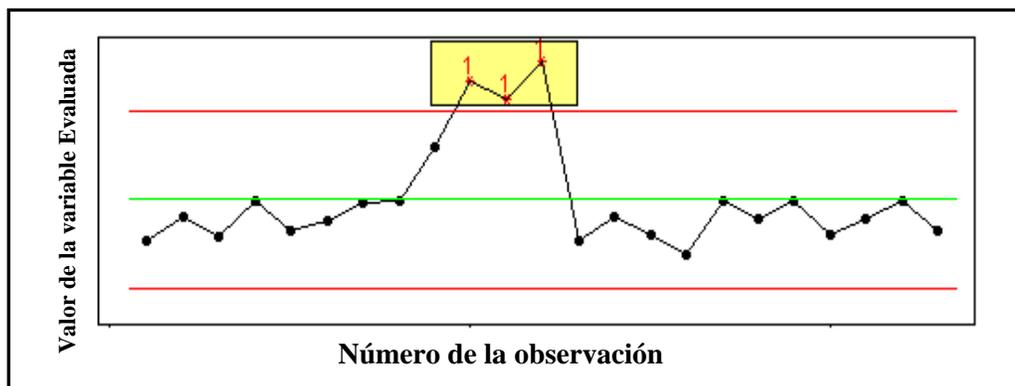


Figura 2.14 Diagrama de control que presenta agrupación ^[12]

2.11.3.6 Cambio Sistemático

Una de las características de un patrón normal es que las fluctuaciones punto a punto son impredecibles y no sistemáticas (ver Figura 2.15). Si el patrón se vuelve predecible el patrón no es natural y debe tener una causa asignable. El patrón indica así la presencia de una variable sistemática que afecta al proceso. ^[12]

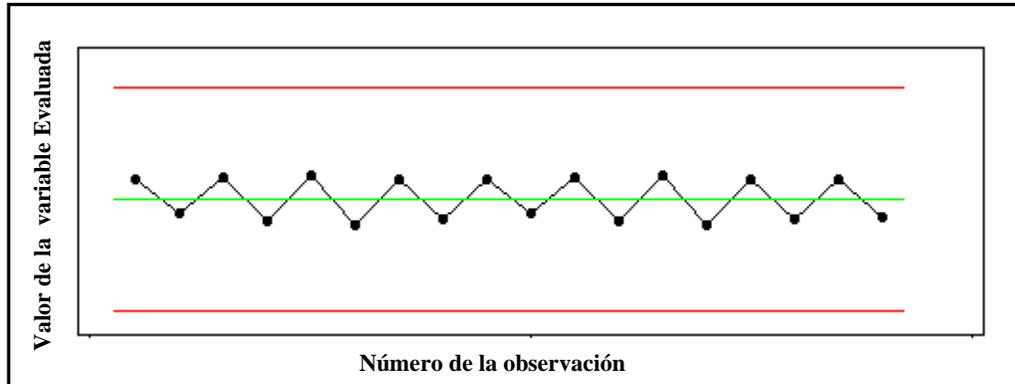


Figura 2.15 Diagrama de control que presenta cambio sistemático ^[12]

2.11.3.7 Inestabilidad

Un patrón inestable presenta puntos erráticos que fluctúan a lo largo de la gráfica de control, y la fluctuación parece ser muy ancha comparada con los límites de control. La inestabilidad puede deberse a una sola causa o a causas conjuntas (ver Figura 2.16). La inestabilidad en un proceso se asocia frecuentemente con mezclas, y las mezclas inestables pueden considerarse como una forma especial de inestabilidad. Aunque en este caso el patrón es complejo, recuerde que probablemente las causas son más bien simples. ^[12]

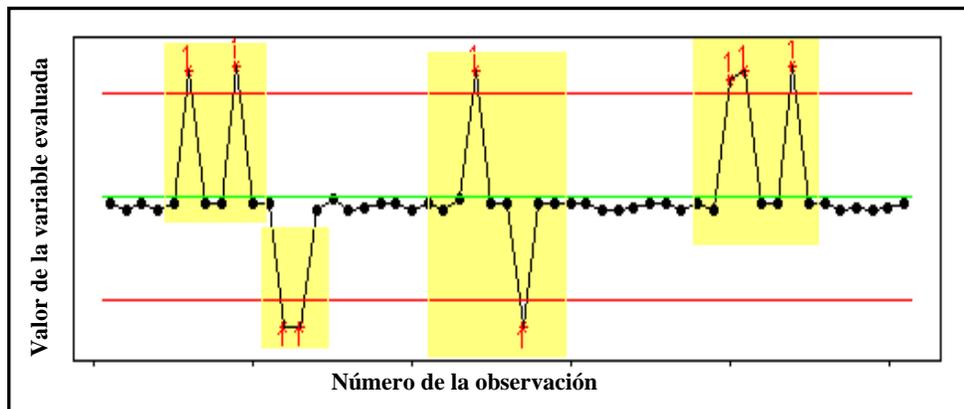


Figura 2.16 Diagrama de control que presenta inestabilidad ^[12]

2.11.3.8 Interacción

Interacción es la tendencia de una variable a alterar el comportamiento de otra; es la tendencia de dos o más variables a producir un efecto debido a la combinación de sus características. La interacción se estudia formalmente mediante técnicas de diseño de experimentos y puede detectarse informalmente en un estudio de habilidad del proceso, o en las gráficas X (siempre que los datos se hayan identificado de dos o más formas). Por lo tanto, las interacciones debidas a variables no identificadas previamente pueden a menudo detectarse en la gráfica R. ^[12]

2.11.3.9 Saltos o Abortos

Los saltos o abortos se refieren a la presencia de una sola medición que difiere mucho de las otras, producida por un sistema extraño de causas. En algunas ocasiones, un punto que parezca un salto realmente es una parte de un proceso normal y en control. Este patrón es uno de los más sencillos de reconocer, y por el hecho de darse en forma aislada es fácil de identificar y de determinar sus causas. ^[12]

2.11.3.10 Tendencias Variables

Este patrón se presenta cuando dos gráficas de control se siguen una a otra, indicando la posibilidad de alguna relación entre ellas. Hay dos modos de ocurrencia de este fenómeno: Puede existir una correspondencia punto a punto, esto es, los puntos tienden a moverse hacia arriba o hacia abajo con respecto de otros puntos cercanos. Puede existir una correspondencia nivel a nivel, donde los dos patrones pueden tender a mostrar cambios en nivel al mismo tiempo o a seguir tendencias simultáneamente. ^[12]

2.11.3.11 Patrón Normal o Natural

Este patrón es estable, sin tendencias o puntos fuera de control. Se presenta cuando el proceso está bajo control estadístico. La distribución asociada con el patrón natural es probable que sea suave, sin ser extremadamente plana ni extremadamente sesgada, aunque un patrón normal no necesariamente indica una distribución normal. ^[12]

Un patrón natural en la gráfica R ofrece evidencia de la medida de la distribución de los datos. Indica que el promedio no cambia durante el periodo de graficación y que la mayor parte

del producto estuvo cerca del promedio indicado. Con la gráfica conjunta R en control es posible hacer comparaciones confiables entre el proceso y los límites de especificación.

2.12 CAPACIDAD DE PROCESOS

La capacidad o aptitud de un proceso se refiere a su uniformidad. Obviamente, la variabilidad del proceso es una medida de la uniformidad del rendimiento. Se define el análisis de la capacidad de un proceso como un estudio de ingeniería orientado a estimar la aptitud del proceso. La estimación de tal característica puede ser como una distribución de probabilidad con forma, centro (media) y dispersión (desviación estándar) específicos. En este sentido, puede realizarse un análisis de la capacidad del proceso sin tomar en cuenta las especificaciones de la característica de calidad.^[23]

De manera alternativa, la aptitud o capacidad del proceso puede expresarse como un porcentaje fuera de las especificaciones. Sin embargo, las especificaciones no son necesarias para realizar el análisis en cuestión.

Un estudio de capacidad de un proceso mide normalmente parámetros funcionales del producto y no del proceso. Cuando el analista puede observar directamente el proceso y controlar o vigilar la actividad de la obtención de los datos, el estudio será una verdadera apreciación de la capacidad del proceso, porque controlando la obtención de los datos y conociendo la secuencia de éstos en el tiempo es posible hacer inferencias acerca de la estabilidad temporal del proceso. Sin embargo cuando se dispone solamente de unidades muestrales del producto proporcionadas por un proveedor u obtenidas mediante una inspección de recepción, no hay una observación directa del proceso o un historial de la producción, entonces el estudio se llamará más adecuadamente caracterización del producto. En tal estudio solamente se puede estimar la distribución de la característica de calidad del producto o el rendimiento del proceso (fracción conforme con las especificaciones); no es posible decir nada respecto al comportamiento dinámico del proceso o a su estado de control estadístico.

El análisis de la capacidad de proceso es parte decisiva de un programa general de mejoramiento de la calidad. Entre los usos más importantes de los datos de un análisis de aptitud de proceso pueden mencionarse los siguientes:

1. - Predecir cuán bien cumple el proceso las tolerancias.
2. - Ayudar a los diseñadores o realizadores del producto a seleccionar o modificar un proceso.
3. - Ayudar a establecer un intervalo entre muestreo y controles de procesos.
4. - Especificar los requisitos para el funcionamiento de nuevos equipos.
5. - Elegir entre diferentes proveedores.
6. - Planear la sucesión de los procesos de producción cuando existe un efecto interactivo de los procesos sobre las tolerancias.
7. - Reducir la variabilidad en un proceso de manufactura.

2.12.1 Análisis de capacidad mediante un histograma

La distribución de frecuencias puede servir en la estimación de la aptitud o capacidad de proceso. Si el ingeniero de calidad tiene acceso al proceso y puede controlar la obtención de los datos, se deben seguir los siguientes pasos antes de dicha obtención ^[4]:

- Elegir las máquinas que se van a utilizar. Si los resultados de una o unas cuantas máquinas van a extenderse a una población más grande, la máquina seleccionada tendrá que ser representativa de toda la población. Además, si tiene varias estaciones de trabajo, puede ser importante recopilar los datos de manera que pueda aislarse la variabilidad de una estación a otra.
- Seleccionar las condiciones operacionales del proceso. Definir cuidadosamente las condiciones, como temperaturas, presiones y velocidades de agitación, para referencias futuras.
- Seleccionar un operario representativo. En algunos estudios, quizá sea importante estimar la variabilidad del operario. En estos casos se tendrán que elegir los operadores al azar dentro de población de este personal.

- Vigilar cuidadosamente el proceso de recopilación de los datos, y registrar el orden en el tiempo de la producción de cada artículo.

2.12.2 Análisis de capacidad mediante un diagrama de control

Los histogramas y gráficas de probabilidad resumen el funcionamiento del proceso. No exhiben necesariamente su capacidad potencial, porque su objetivo no es un control estadístico, ni muestran patrones sistemáticos en el rendimiento del proceso, cuya eliminación reduciría la variabilidad de la característica de calidad. Los diagramas de control son muy eficaces a este respecto, y deben considerarse la técnica principal en el análisis de capacidad de un proceso. Es particularmente útil obtener los datos para un estudio de la capacidad de un proceso en dos o tres periodos diferentes (turnos, días, meses.).^[23]

2.12.3 Cálculo de la capacidad del proceso

El indicador C_p o de capacidad de proceso es un índice adimensional que compara las especificaciones del diseño contra los logros del proceso. El C_p mide la capacidad del proceso de producir unidades dentro del rango de tolerancias del diseño.^[3]

$C_p = 1,33$ el proceso es **PROCESO CAPAZ**

$1 < C_p < 1,33$ el proceso es **MEDIANAMENTE CAPAZ**

$0,8 < C_p < 1$ el proceso es **MARGINAL**

$C_p < 0,8$ el proceso es **NO CAPAZ**

- **Proceso Capaz:** Proceso robusto que en la medida que se hace mayor a 1,33 garantiza estadísticamente la producción de unidades sin defectos el 100% del tiempo.
- **Proceso Medianamente Capaz:** No garantiza la producción de unidades dentro de especificaciones el 100% del tiempo generalmente hay una tendencia hacia la máxima o mínima de la especificación.

- **Proceso Marginal:** Obliga a estar en fase de recolección de datos ya que alguno de los límites calculados para hacer la gráfica de control esta montado o fuera de especificaciones.
- **Proceso no Capaz:** Hay una alta incidencia de unidades defectuosas, el proceso está cuestionado y es imposible aplicar control estadístico de procesos.

2.12.4 Estado de control y capacidad del proceso

Si solo existen causas de variación fortuitas, el proceso es estable y predecible permanentemente, es decir, se sabrá que las variaciones que se produzcan en el futuro serán las mismas a menos que se introduzca un cambio en el proceso debido a una causa asignable. ^[3]

Un proceso fuera de control no presenta un comportamiento natural, por lo que es inestable, lo cual impide predecir su comportamiento en el futuro.

2.12.5 Índice de capacidad del proceso

La capacidad del proceso y la tolerancia se combinan para formar un índice de capacidad (C_p), el cual se define como la relación entre la diferencia de los límites de especificación y la capacidad del proceso, según la ecuación ^[3]:

$$C_p = \frac{LES - LEI}{6S} \quad (\text{Ecuación 2.4})$$

Donde:

C_p : Índice de Capacidad (adimensional)

LES: Límite de especificación superior

LEI: Límite de especificación inferior

La definición del índice de capacidad supone que el proceso está centrado, es decir, el valor nominal es igual a la media. Sin embargo, si el proceso se corre del centro, su capacidad

real será menor que la indicada por el índice Cp. En este caso se considera a ésta como una capacidad potencial y la capacidad real del proceso (Cpk) se define según la ecuación ^[3]:

$$CpK = \min \left[\frac{LEI - X}{3S}, \frac{X - LES}{3S} \right] \quad \text{(Ecuación 2.5)}$$

Donde:

Cpk: Índice de capacidad real del proceso (adimensional)

mín: Valor mínimo

La mayoría de las compañías han establecido un índice de calidad de 1.33 como estándar o norma para clasificar al proceso analizado como capaz.

El índice de capacidad real del proceso (Cpk) refleja que tan centrado está un proceso respecto a los límites de especificaciones, un Cpk negativo refleja un promedio de una distribución fuera del rango de especificaciones, un Cpk positivo lo contrario. ^[3]

2.12.6 Índice de desempeño real del proceso

El índice para medir habilidad potencial del proceso calculado con la desviación estándar, sin ayuda de las gráficas de control es el índice de desempeño real del proceso (PpK) y se calcula según la ecuación ^[3]:

$$PpK = \min \left[\frac{LIE - X}{3\sigma}, \frac{X - LSE}{3\sigma} \right] \quad \text{(Ecuación 2.6)}$$

Donde:

Ppk: Índice de desempeño real del proceso (adimensional)

mín.: Valor mínimo

σ : desviación estándar del proceso

2.12.7 Zonas de control y capacidad

Una vez calculados los índices de capacidad y desempeño del proceso, es posible determinar la zona en que se encuentra el proceso como lo indica la Figura 2.17 ^[3]:

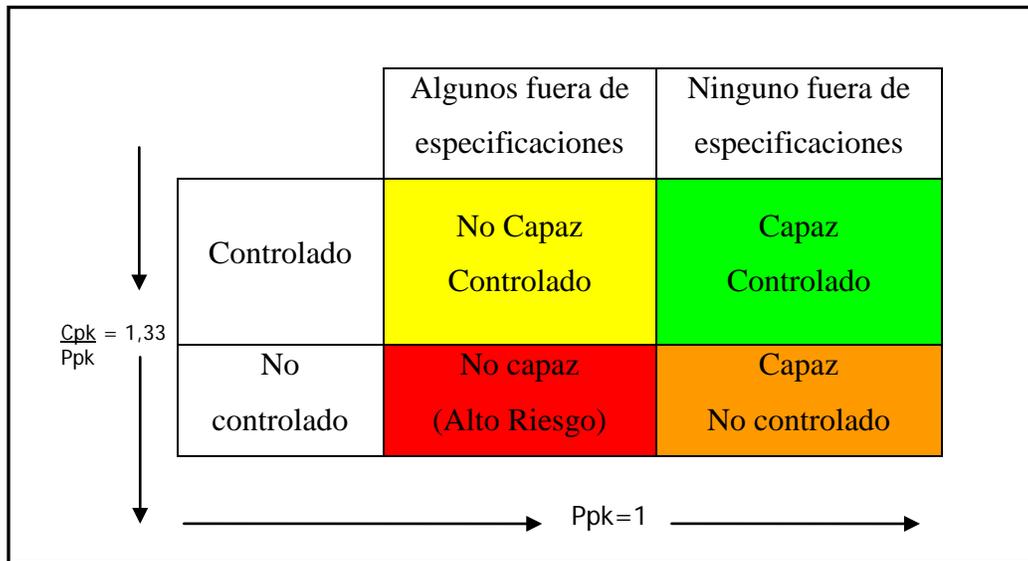


Figura 2.17 Zonas de control y capacidad de un proceso ^[3]

Si un proceso está bajo control, hay ciertas ventajas prácticas que acrecentarán el interés por parte del productor, como las que se presentan a continuación ^[3]:

- Cada una de las unidades del producto serán más uniformes, ya que habrá menos variación.
- Dado que el producto es más uniforme, se necesitan menos muestras para evaluar la calidad. Es posible disminuir el costo por inspección.
- Se conocerá la capacidad o alcance del proceso, lo cual permitirá adoptar decisiones confiables relativas a las especificaciones del producto.
- El porcentaje de productos comprendido dentro de un determinado par de valores se puede predecir con el más alto grado de seguridad.
- El desempeño del operario es el adecuado desde el punto de vista de calidad.

CAPÍTULO III

DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE FABRICACIÓN DE JABÓN

En este capítulo se presentan las nociones generales que facilitarán la comprensión del proceso de fabricación de jabón. Para ello se describirá el proceso global de fabricación de jabón, los equipos presentes en el área de fabricación y las funciones, roles y responsabilidades del personal de fabricación.

3.1 DESCRIPCIÓN GLOBAL DEL PROCESO DE FABRICACIÓN DE JABÓN

Para obtener un jabón listo para su uso y venta al público, éste tiene que pasar por 14 de etapas que a continuación se describen:

La primera etapa del proceso global de fabricación de jabón es la recepción y almacenaje de las materias primas. Dicha etapa tiene entre sus funciones primordiales, recibir los materiales y materias primas de los suplidores, verificar el cumplimiento de las especificaciones de calidad en cuanto a presentación y por último resguardar los materiales hasta que sean requeridos por producción.

Entre las materias primas recibidas y almacenadas en la planta se tienen: las grasas y los aceites, los sebos, el álcalis, colorantes y perfumes.

La segunda etapa del proceso radica en el análisis de calidad de las materias primas; aquí el laboratorio realiza una serie de estudios fisicoquímicos con los cuales se toma la decisión de rechazar o aprobar los lotes de las mismas que arriban a la empresa. Los lotes aprobados son almacenados en depósitos diseñados para tal fin, de manera que las materias primas son colocadas en los almacenes de materiales y las materias primas a granel son depositadas en sus respectivos tanques de almacenamiento.

Todo el material y materia prima en general debe reunir las características físicas y químicas necesarias para dar al proceso suficiente confiabilidad y alcanzar un producto óptimo en

lo que a calidad se refiere, de manera que la función principal de esta etapa es garantizar que las materias primas utilizadas para la fabricación de jabón, cumplan con las especificaciones exigidas por la empresa.

La tercera etapa consiste en el acondicionamiento de la mezcla de sebo/aceite a utilizar en la fabricación del jabón. Esta etapa llamada **Desgomado** consiste en poner en contacto la mezcla con una corriente de agua caliente y salmuera aproximadamente por 40 minutos, con el propósito de eliminar los fosfátidos y glicolípidos, que se extraen de las semillas disueltas con el aceite. Es importante el proceso debido a que sin este refinamiento, los triglicéridos se alteran con mayor facilidad y adquieren olores desagradables. Otros problemas indeseables que se evitan con el desgomado son: decantación en los tanques de almacenamiento, mayor susceptibilidad a la oxidación, formación de espumas durante el calentamiento.

La cuarta etapa llamada Blanqueo también contribuye al mejoramiento de la mezcla sebo/aceite, en esta etapa se recibe la mezcla de sebo/aceite y se desodoriza a vacío, se calienta a una temperatura aproximada de 130 °C; mientras se le hace pasar una corriente de vapor directo; esto con el fin de neutralizar el olor de la mezcla. Es importante recalcar que la mezcla es enfriada a 90 °C luego de ser desodorizada para poder pasar al blanqueo donde se la añade tierras absorbentes (arcillosa o sílicea) en continua agitación para el mejoramiento del color de la mezcla. Una vez decolorada la mezcla es filtrada con un filtro prensa, donde se separa la tierra de la mezcla; la cual es directamente enviada a almacenamiento.

La quinta etapa consiste en la fabricación del jabón. En esta etapa se encuentran las pailas o tanques de saponificación, en los cuales al incorporar la mezcla de sebo/aceite y el álcali usado se obtiene la base fundamental del jabón (Jabón Húmedo). Esta etapa lleva consigo 5 pasos descritos anteriormente (ver capítulo II) para lograr obtener el jabón húmedo, estos son: **Corte Pozo, Saponificación, Cambio Fuerte, Lavado** y por último **Preparado**.

La sexta etapa se basa en el control de calidad, verificando las especificaciones fisicoquímicas del jabón (jabón húmedo); en ella se comprueba de manera exhaustiva ciertas características del jabón, tales como, alcalinidad, cloruros y consistencia (centrífuga). La función

más importante de esta etapa es la de asegurar, mejorar y mantener la calidad del producto en proceso como la empresa lo exige.

La séptima etapa en esta etapa se adiciona el ácido fosfórico para ajustar la acidez del jabón y además se seca el jabón húmedo, mediante una corriente de aire caliente. Aquí se obtiene la viruta de jabón, que no es más que el jabón en proceso seco pero sin los ingredientes especiales que diferencian a cada fórmula.

La octava etapa se basa en la incorporación de los ingredientes que le dan las características peculiares a cada fórmula de jabón. Consiste en enviar el jabón seco en proceso (Viruta de Jabón) a una tolva mezcladora donde el operador incorpora manualmente y previa pesada las cantidades de colorantes y perfumes requeridas por fórmula. Adicionalmente en esta etapa también es agregada la mezcla de activos antibacteriales, preservativos y otros ingredientes especiales que diferencian a cada fórmula; como por ejemplo: los exfoliantes, las vitaminas, etc.

La novena etapa es la homogenización del jabón. La masa mezclada de jabón se descarga en un Pre - Homogenizador que consta de 3 a 5 pesados cilindros de acero o de granito que giran a velocidades distintas. El jabón es estrujado por los dos primeros cilindros y del cilindro de mayor velocidad pasa en forma de película a un tercer cilindro. Cada vez que el jabón es estrujado entre dos cilindros, se hace más uniforme. Del cilindro final se separa el jabón por medio de una cuchilla. El jabón molido es un producto uniforme, bien trabajado.

La décima etapa consiste en pasar a un Homogenizador donde las virutas de jabón uniformes obtenidas en el Pre - Homogenizador se convierten en barras de jabón. Las virutas se echan en una tolva en cuyo fondo hay un gran tornillo que las lleva continuamente a una cámara de compresión. En ésta se verifica la desaereación y el jabón se aprieta y consolida formando una masa compacta. En el extremo opuesto de la cámara existe un caño troncocónico con una matriz, por la cual sale a gran presión una barra continua de jabón caliente, esta constituye el producto final deseado. Sobre la mesa de corte adjunta a la máquina se corta la barra de jabón en trozos, que se enfrían, se troquelan con un peso específico, envuelven codificados con su respectivo lote.

La **onceava etapa** se realiza la verificación de las especificaciones claves de liberación del producto terminado, para ello el operador recoge por turno una muestra del producto y realiza los siguientes análisis: acidez, humedad y verificación del peso de la pastilla de jabón. Estos análisis se realizan en el minilab de planta; pero por otra parte se recolectan las muestras que son enviadas al laboratorio de calidad para la verificación exhaustiva de calidad.

La **doceava etapa** lleva consigo el traslado de las pastillas de jabón debidamente empacadas en cajas cubiertas por hojas de polipropileno y estribadas en plataformas de madera al almacén de producto terminado donde esperan el momento de ser despachadas a los respectivos clientes (**treceava etapa**) y finalmente a los consumidores de jabón (**catorceava etapa**). Todas las etapas del proceso se representan en el diagrama de flujo de la Figura 3.1.

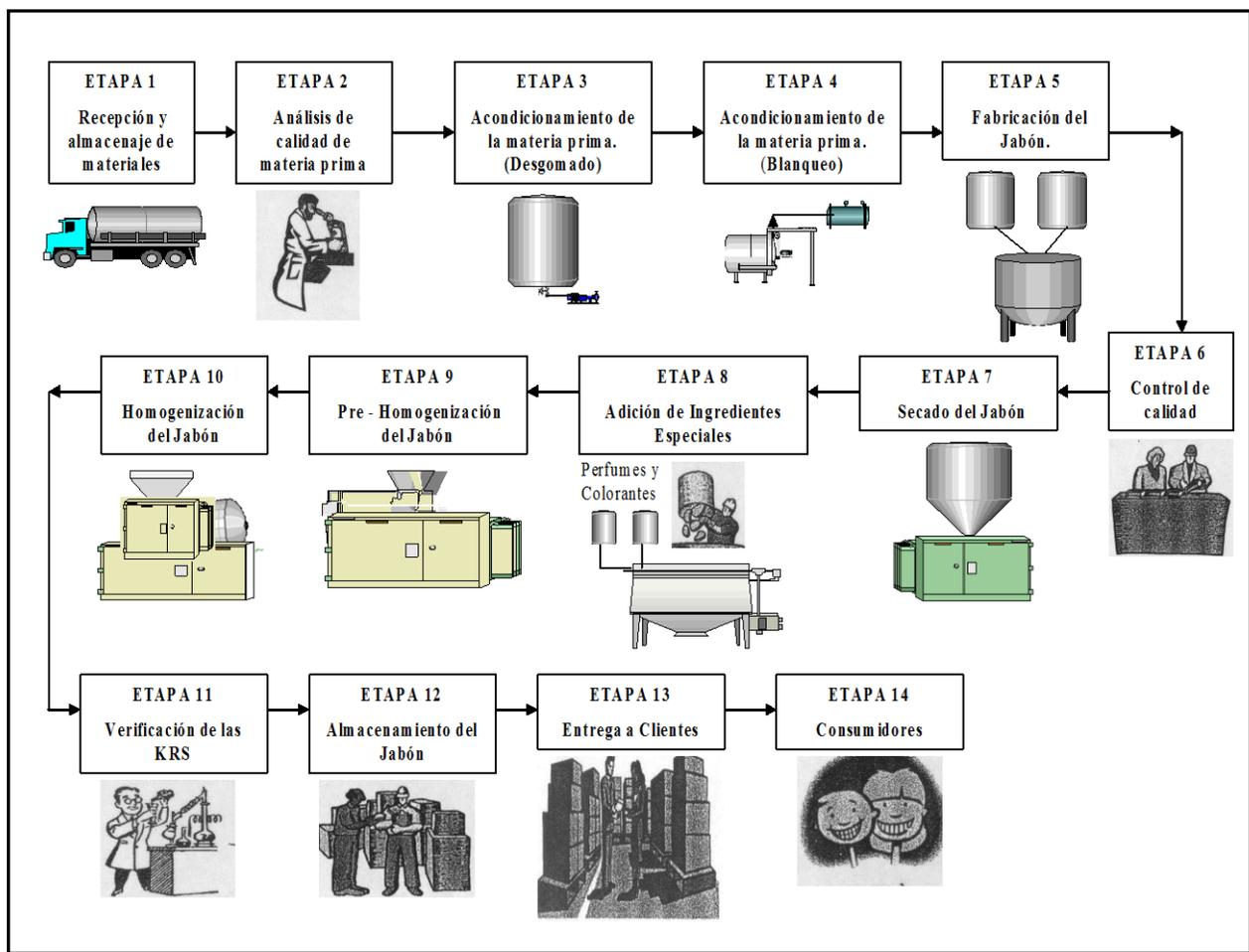


Figura 3.1 Diagrama de flujo del proceso global de fabricación de jabones [Fuente: propia]

CAPÍTULO IV MARCO METODOLÓGICO

En este capítulo se presenta la metodología empleada y se describen en forma secuencial las actividades que se llevan a cabo en el desarrollo del presente trabajo especial de grado, para lograr el cumplimiento de los objetivos planteados en el mismo.

4.1 DIAGNÓSTICO CUANTITATIVO DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DE JABONES

4.1.1 Revisión de la literatura especializada en procesos de fabricación de jabones.

Se revisa la literatura especializada sobre procesos de fabricación y/o producción de jabón; se procede a revisar la carta de información técnica para la fabricación de jabón, así como también se revisan los manuales de procedimiento operativo estándar de manufactura de jabón. Por otro lado, se examinan los procedimientos operativos estándar de los análisis correspondientes a las especificaciones claves de liberación y a los parámetros de control del producto en estudio (humedad, acidez, porcentaje de triclorocarbalinida o % TCC, Vitamina E).

4.1.2 Familiarización con el proceso de fabricación de jabón.

Se interactúa con el personal presente en cada una de las etapas del proceso global de fabricación de jabones, de esta manera se pudo obtener una descripción general del proceso y conocimiento de los equipos empleados.

Una vez conocido el proceso global, se procedió a profundizar en la etapa en la cual se desarrolló la investigación, siendo ésta la fabricación de jabón, localizada en las áreas de pailas, secadora y mezclado de la planta de jabones.

Se realizaron inspecciones en el área de pesada de las materias primas, maxi batch y minilab (laboratorio de análisis ubicado en planta), con el apoyo de supervisores, operadores, ayudantes de fabricación, personal de mantenimiento e ingenieros, con la finalidad de conocer las diferentes etapas del proceso de elaboración del jabón, los equipos involucrados y sus respectivas funciones, las condiciones de operación y las labores que desempeñan los operadores. Se verifica el cumplimiento de las condiciones de operación indicadas en el manual de procedimiento operativo estándar de manufactura de jabón.

Se realizó un entrenamiento y calificación sobre los procedimientos operativos estándar de los análisis correspondientes a las especificaciones claves de liberación y a los parámetros de control del producto en estudio en el laboratorio fisicoquímico del departamento técnico, para tener conocimiento de los mismos y autorización para realizar los análisis de las variables relacionadas.

Todas estas acciones permitieron adquirir una información bastante amplia sobre el proceso de fabricación de jabón, lográndose una familiarización con los equipos, su funcionamiento y análisis a realizar, creando una idea general de la operación de la planta y de los diferentes factores que se relacionan con el proceso. Se realizó el diagrama de flujo del proceso indicando sus etapas.

4.1.3 Información de la situación inicial del proceso.

Para la recolección de datos experimentales fue necesaria la presencia en cada una de las etapas del proceso durante un período de tiempo continuo. Se recolectaron los datos de la fórmula de jabón seleccionada; tanto de producto en proceso como de producto final. Se obtuvieron en el mini - laboratorio (MiniLab), haciendo uso de los lotes fabricados en la planta de jabones.

El proceso de muestreo para obtener datos para estudiar la situación actual del proceso se realizó según los procedimientos operativos estándar de la empresa llamados “toma de muestra para análisis de ácidos grasos libres (FFA) de la viruta”, “toma de muestra en el área de fabricación de jabones para el laboratorio analítico” y por último “selección y toma de muestra de

producto terminado en el área de jabones”. Los procedimientos operativos estándar de la empresa indicaron que se debía tomar una muestra de jabón en proceso (viruta) cada hora y realizarles los análisis de humedad y ácidos grasos libres (acidez); así mismo indican que se debe tomar una muestra de producto terminado por turno (tres muestras por día) y realizarle los mismos análisis.

Con estos datos se elaboraron los gráficos de control, específicamente gráficos de valores individuales y rango móvil, e histogramas de frecuencia, de todas las variables involucradas en el estudio. Los gráficos fueron elaborados con el software estadístico MINITAB, ya que es el programa empleado por la empresa para tal fin.

Con los resultados anteriores se procedió a visualizar y diagnosticar las variables fuera de control, para poner mayor atención en las que presentaron dicha condición.

4.2 IDENTIFICACIÓN Y ANÁLISIS DE LAS POSIBLES CAUSAS QUE GENERAN LA VARIABILIDAD DE LOS PRINCIPALES PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS EN EL PROCESO DE FABRICACIÓN DE JABONES

4.2.1 Revisión de la bibliográfica sobre las técnicas usadas en la búsqueda de causas.

Se revisa la bibliografía especializada en determinación y búsqueda de causas, realización de tormenta de ideas, diagramas causa - efecto, diagramas de Ishikawa.

4.2.2 Identificación de los factores que afectan al proceso de fabricación.

Se realiza una observación detallada de todas las actividades que realizan los operadores involucrados en el proceso, así como también se verifica que cumplan con sus responsabilidades y con las indicaciones de la carta de información técnica para la fabricación de jabón, así como las del manual de procedimiento operativo estándar de manufactura de jabón. Se realizó un seguimiento detallado de todo el proceso de fabricación y se tomó nota de cualquier falta al cumplimiento de los procedimientos operativos estándar de manufactura y de análisis.

Se verifican el arranque, operación y mantenimiento de todos los equipos involucrados en el proceso, revisan los reporte de control de variables en la operación de los mismos, reportes de fallas. Se constata que los equipos que requieran calibración la hayan obtenido con su debida frecuencia.

4.2.3 Herramientas para la interpretación de información de Posibles Causas.

Generación de ideas a través de una tormenta de ideas en reunión realizada con el equipo de trabajo seleccionado para este proyecto (gerente de planta, supervisores de producción, ingeniero de procesos, analistas de laboratorio, supervisor del laboratorio, químico de transferencia de tecnología, entre otros).

Se realizan los diagramas causa - efecto necesarios para la identificación de los factores que afectan al proceso.

4.2.4 Confirmación de las causas que afectan el proceso.

Para confirmar cada una de las causas, se tomaron muestras de materias primas y se revisaron sus análisis respectivos, los tiempos de adición y agitación de las materias primas, se analizaron los datos reportados por los operadores, se chequeó si existen incumplimientos de procedimientos, el mantenimiento de los equipos en general y sus respectivas calibraciones certificadas, se verificó las pesadas de los ingredientes especiales tanto en la secadora como en mezclado. En algunos casos la confirmación fue realizada visualmente por impedimentos para la cuantificación.

Utilización de la Tabla 4.1 para la confirmación de causas, donde se lleva un registro de las causas confirmadas y los resultados obtenidos. En esta tabla se listan las causas por orden de prioridad de acuerdo al estado de control estadístico de cada variable. Se utilizaron herramientas estadísticas tales como histogramas de frecuencias y gráficos de control para verificar las causas que podían ser cuantificadas.

TABLA 4.1 FORMATO PARA LA CONFIRMACIÓN DE LAS CAUSAS DE LA VARIACIÓN DE LOS PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS DEL JABÓN

DEPARTAMENTO TÉCNICO		ÁREA PLANTA JABONES	EQUIPO DE TRABAJO:		
Nº	Causa	Método de confirmación	Quién	Variable afectada	Resultados obtenidos

(Fuente: Propia)

4.3 PLANTEAMIENTO Y VERIFICACIÓN DE LAS ACCIONES CORRECTIVAS QUE PERMITAN REDUCIR Y ESTABILIZAR LA VARIACIÓN DE LOS PARÁMETROS QUE DETERMINAN LA CALIDAD DEL PRODUCTO DESEADO

4.3.1 Planteamiento de alternativas de mejoras.

Nuevamente el equipo de trabajo seleccionado para este proyecto se reunió para una sesión de “tormenta de ideas”, con el fin de plantear acciones correctivas que solucionaran o mejoraran las causas confirmadas.

Haciendo uso de su experiencia y avanzados conocimientos en el proceso de fabricación de jabón se procedió a la realización de una lista de ideas o acciones correctivas que correspondían a las causas confirmadas, (ver Tabla 4.2). Se procedió a la etapa de implementación de las propuestas en orden de prioridad y tiempo de desarrollo.

TABLA 4.2 FORMATO DE ACCIONES CORRECTIVAS PARA LAS CAUSAS DE LA VARIACIÓN DE LOS PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS DEL JABÓN

DEPARTAMENTO TÉCNICO		ÁREA PLANTA JABONES	EQUIPO DE TRABAJO:		
Nº	Causa	Qué hacer	Quién	Resultados obtenidos	Estatus

(Fuente: Propia)

4.3.2 Confirmación y análisis de las acciones correctivas.

Supervisión de la ejecución de las acciones correctivas por parte de las personas asignadas en la lista de acciones correctivas.

Nuevamente se recopilaron datos para elaboración de los gráficos de control e histogramas de frecuencia. Se calcularon los índices de capacidad y desempeño, y se identificó en que zona de capacidad y control se encontraba el proceso para cada variable. Verificación de los avances obtenidos en cuanto a la disminución de la variabilidad de los parámetros fisicoquímicos y se compararon los resultados con la situación inicial del proceso.

4.4 ESTABLECER LA RELACIÓN COSTO - BENEFICIO QUE TRAERÍA A LA EMPRESA LAS SOLUCIONES ENCONTRADAS Y LA APLICACIÓN DE LAS MISMAS.

Se calcularon los costos que generan las pérdidas en general en el proceso. Una vez ejecutadas todas las acciones correctivas y verificada su puesta en marcha, se estimaron los costos que se generaron a raíz de ello. Se estimaron los beneficios económicos que producen a la empresa la producción de jabón generada luego de la ejecución de las acciones correctivas y se comparan con los beneficios económicos que se obtenían antes de la implementación de las mejoras propuestas.

En base a la producción promedio diaria se estima el tiempo de recuperación de la inversión realizada poniendo en marcha las soluciones planteadas, dividiendo la utilidad obtenida por la venta de la producción diaria entre el monto total invertido.

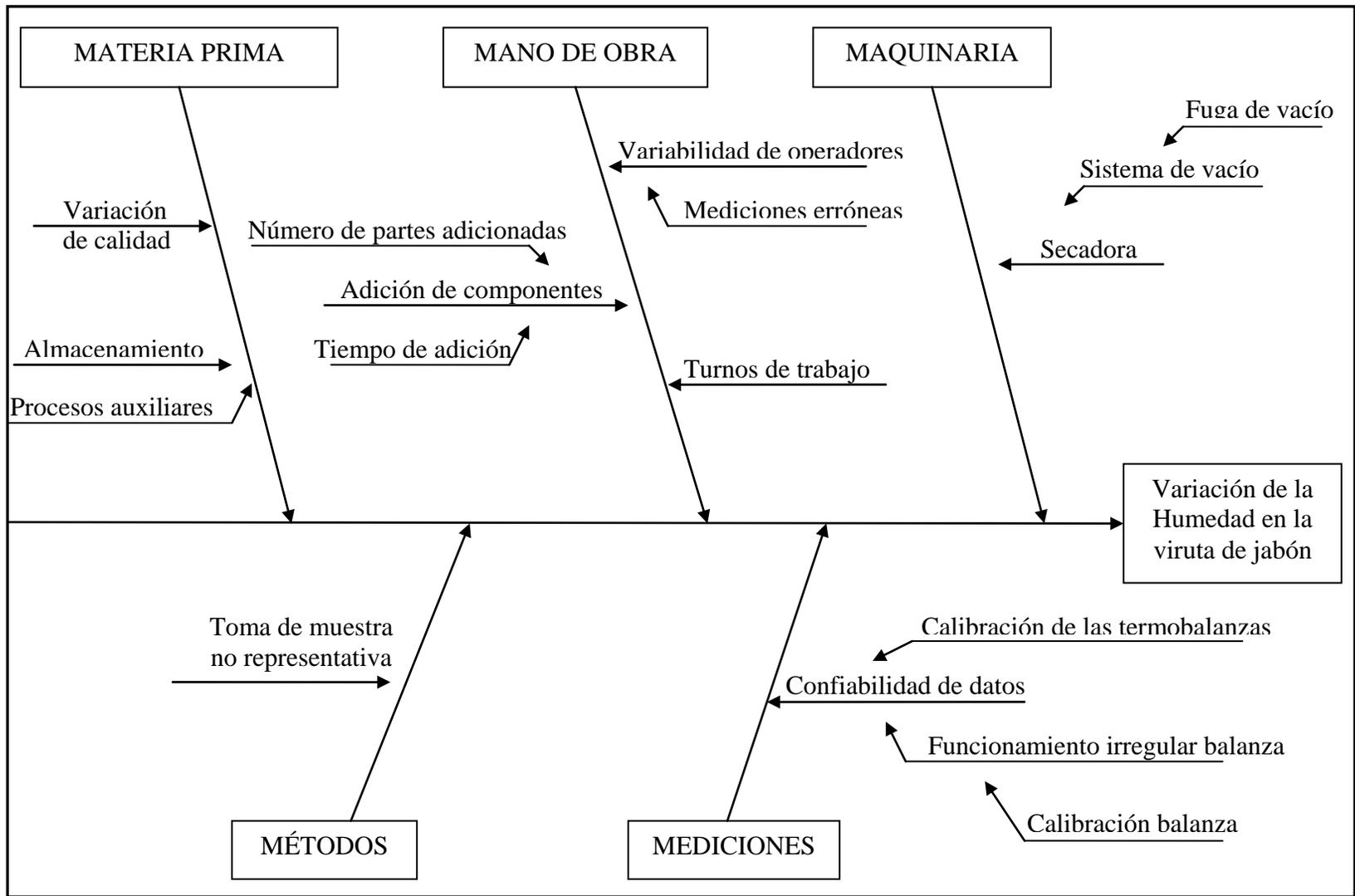


Figura 5.16 Diagrama causa - efecto de la variable humedad en la Viruta de jabón [Fuente: Propia]

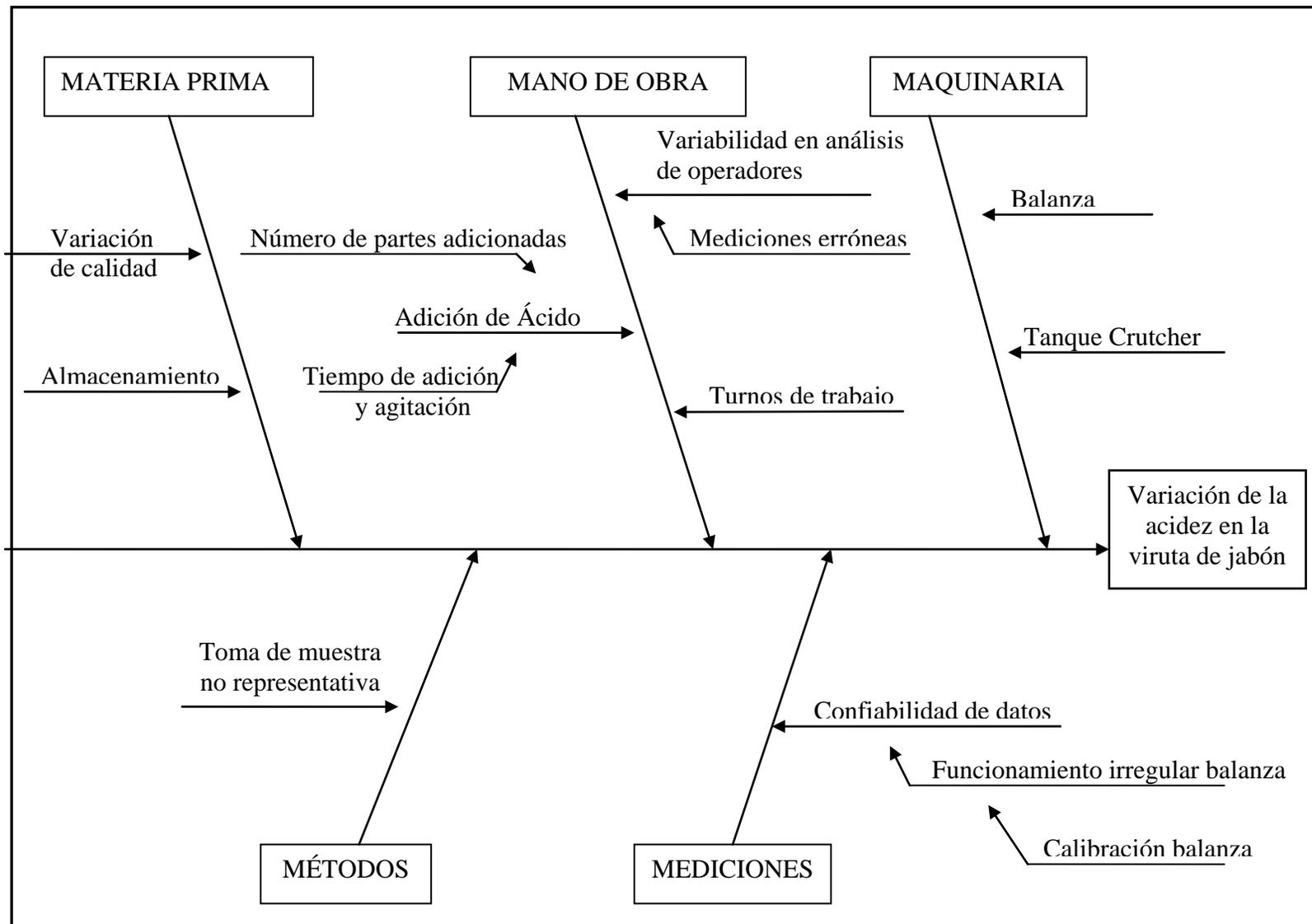


Figura 5.17 Diagrama causa - efecto de la acidez en la viruta de jabón [Fuente: Propia]

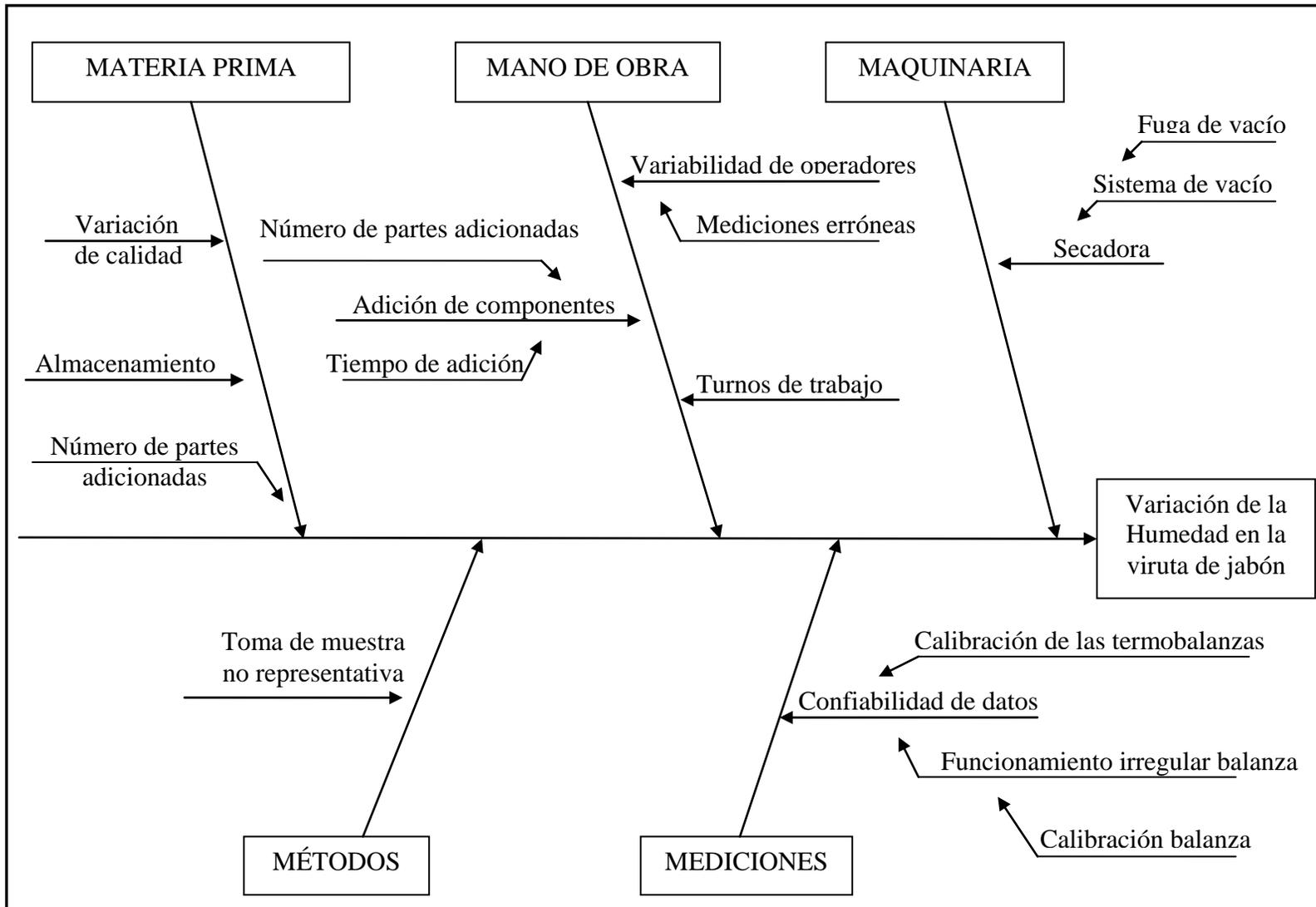


Figura 5.18 Diagrama causa - efecto de la variable humedad en el producto terminado prototipo A1 [Fuente: Propia]

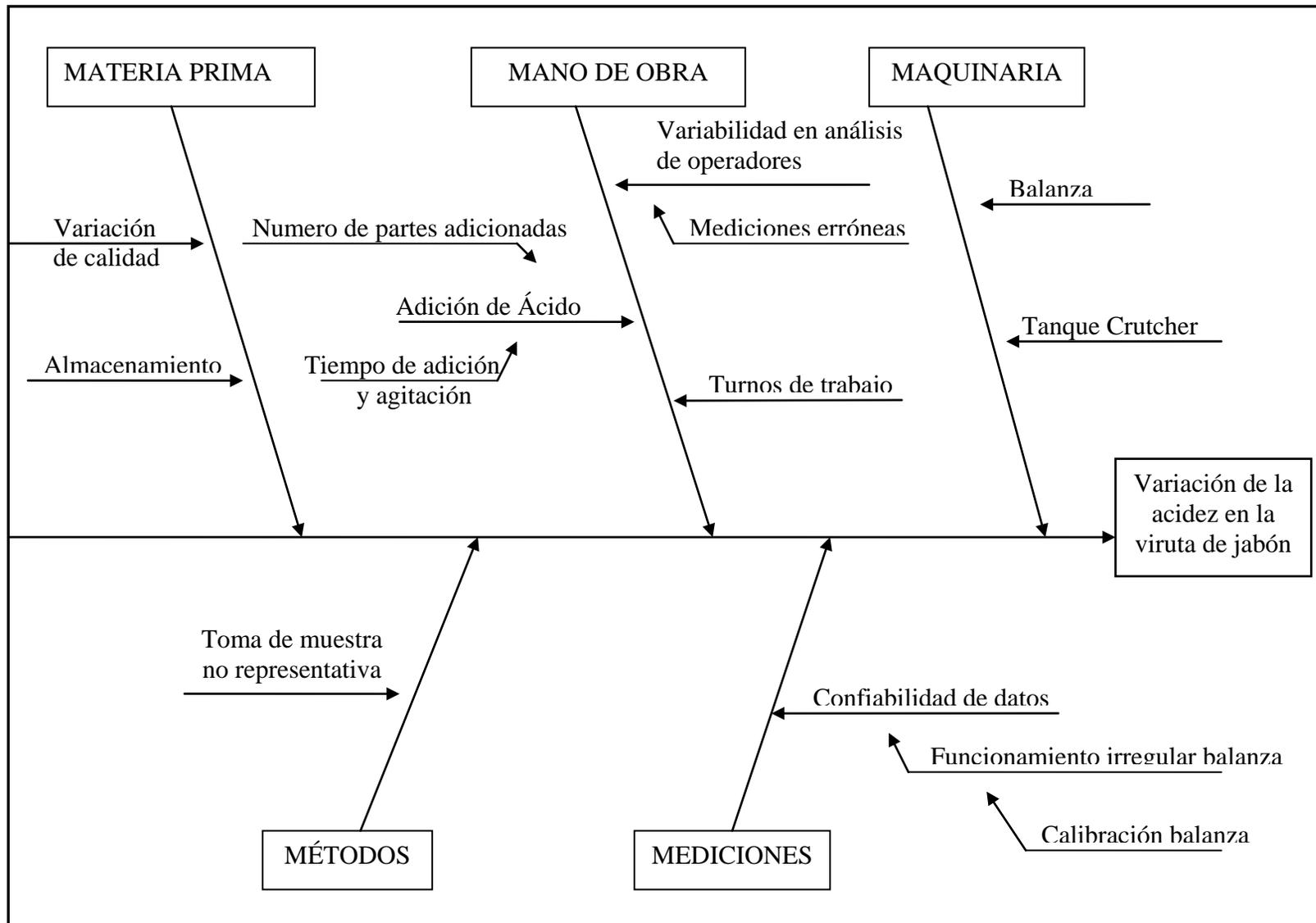


Figura 5.19 Diagrama causa - efecto de la acidez en el producto terminado prototipo A1 [Fuente: Propia]

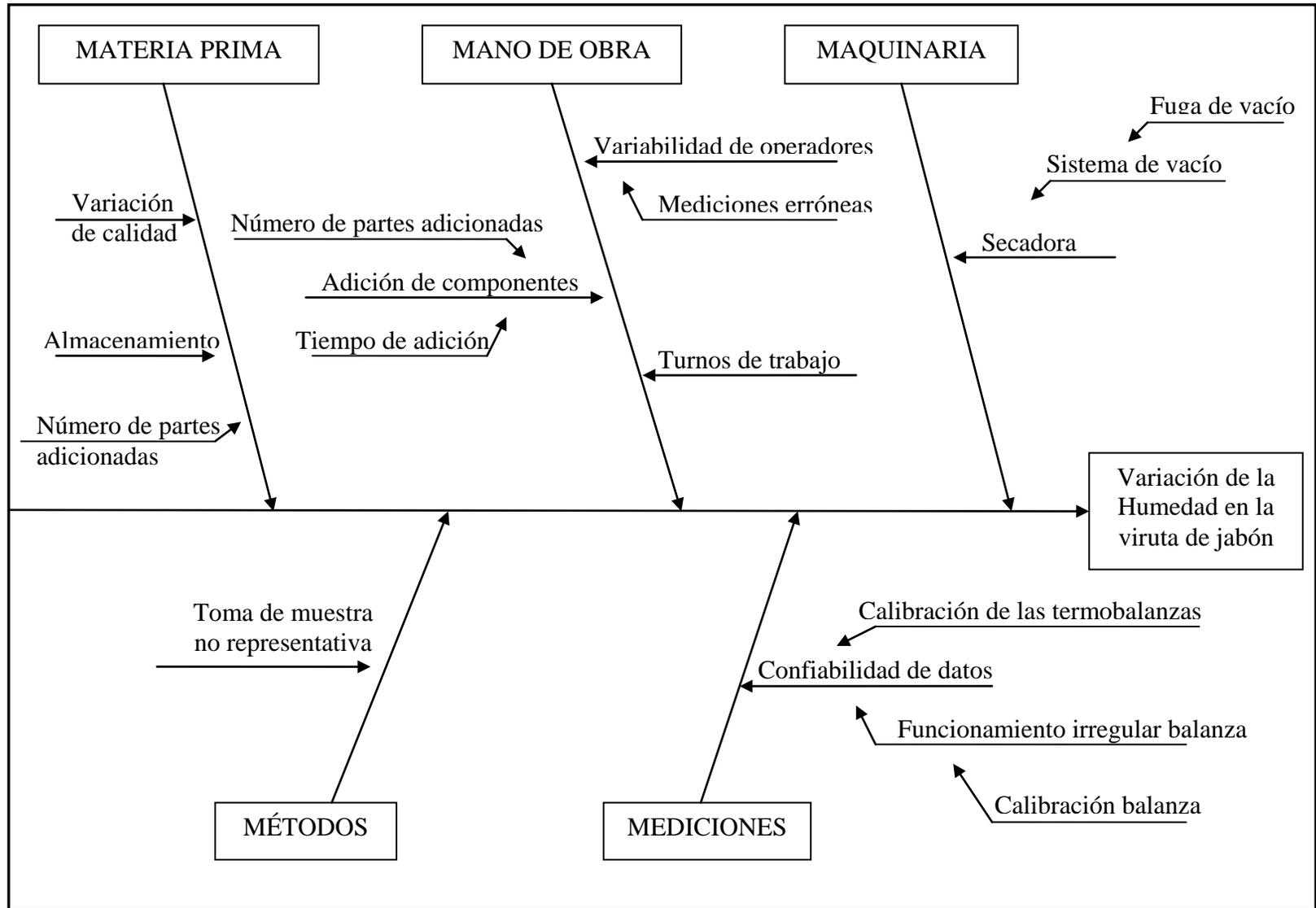


Figura 5.20 Diagrama causa - efecto de la variable humedad en el producto terminado prototipo A2 [Fuente: Propia]

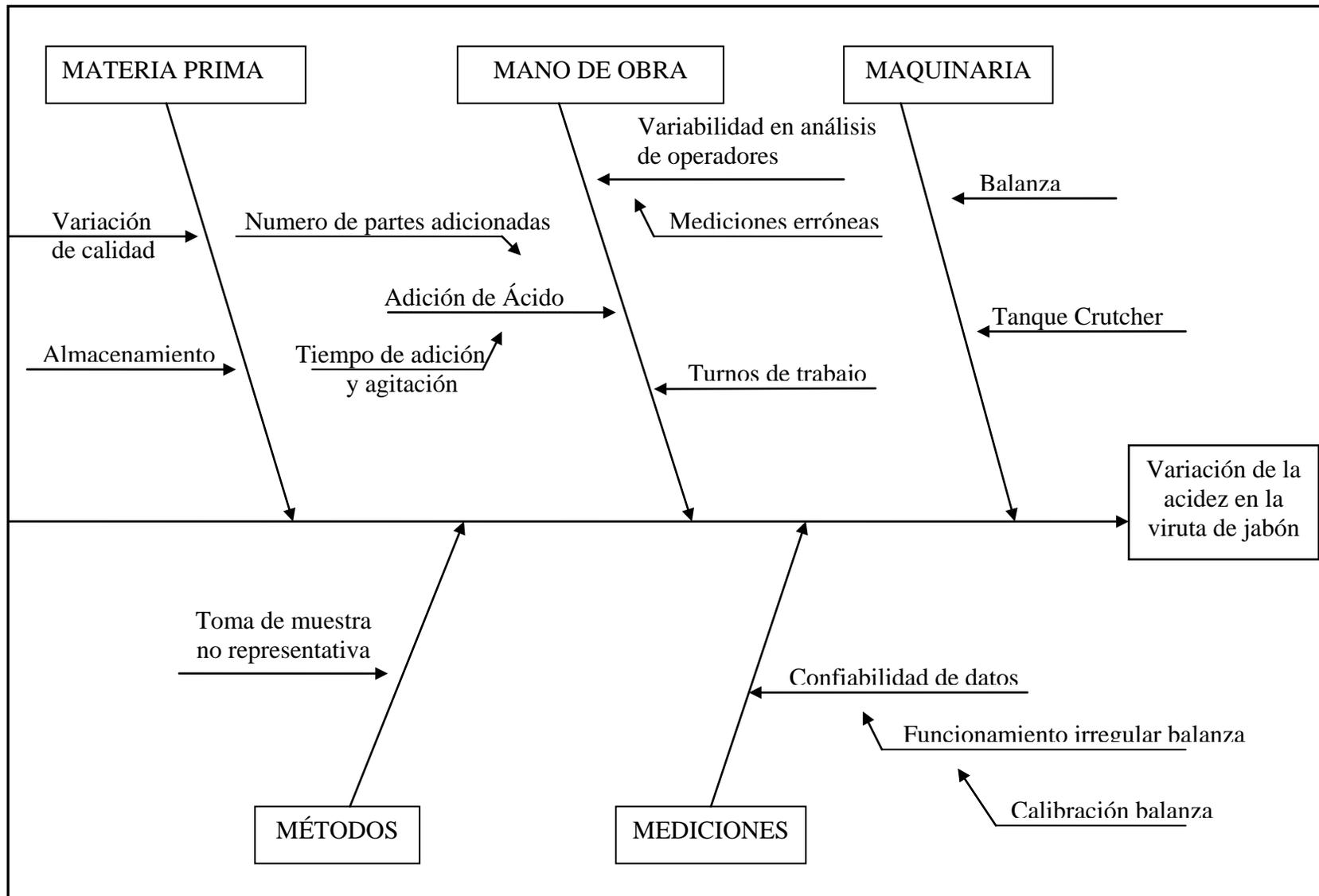


Figura 5.21 Diagrama causa - efecto de la acidez en el producto terminado prototipo A2 [Fuente: Propia]

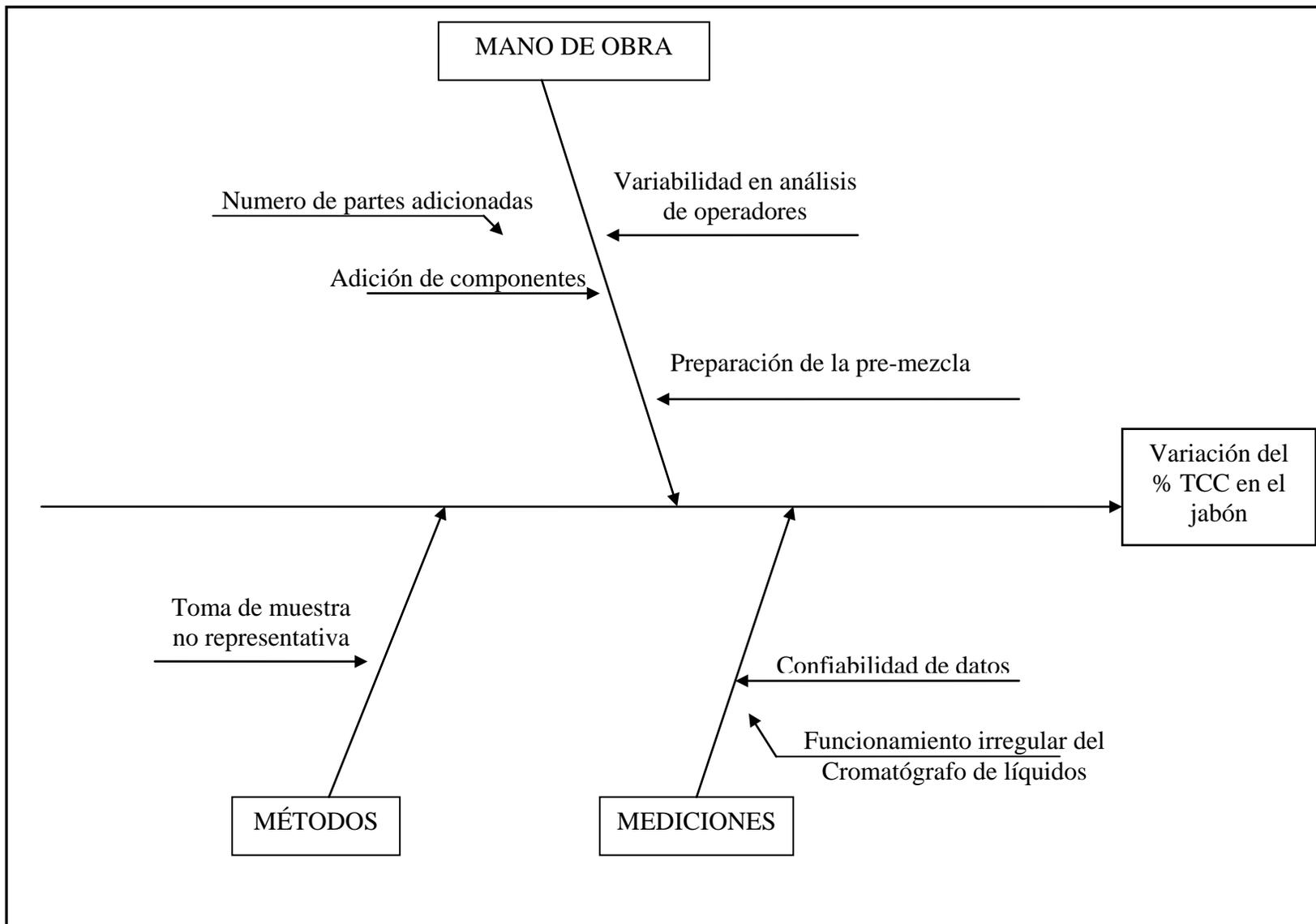


Figura 5.22 Diagrama causa - efecto del % TCC en el producto terminado prototipo A1 [Fuente: Propia]

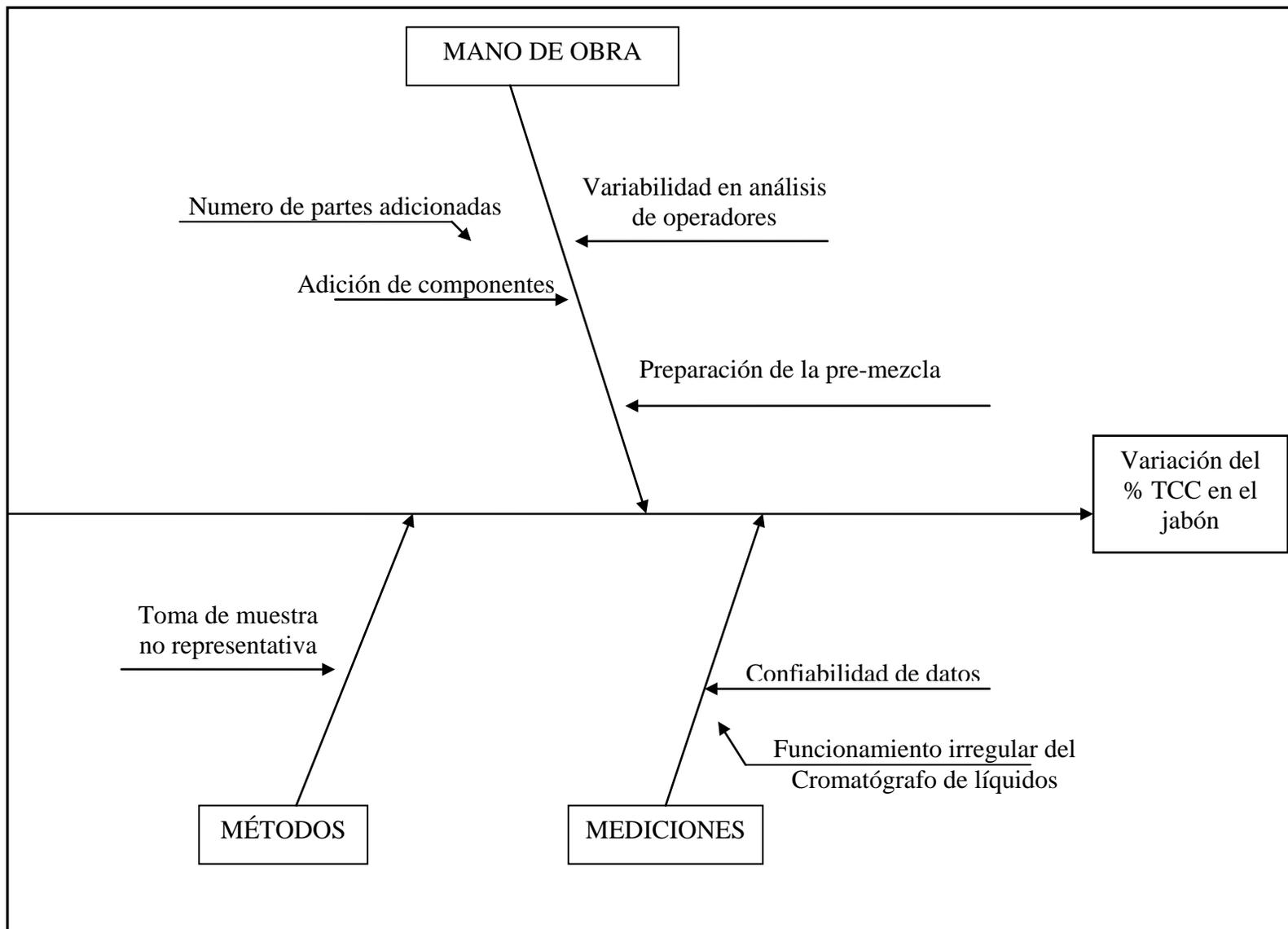


Figura 5.23 Diagrama causa - efecto del % TCC en el producto terminado prototipo A2 [Fuente: Propia]

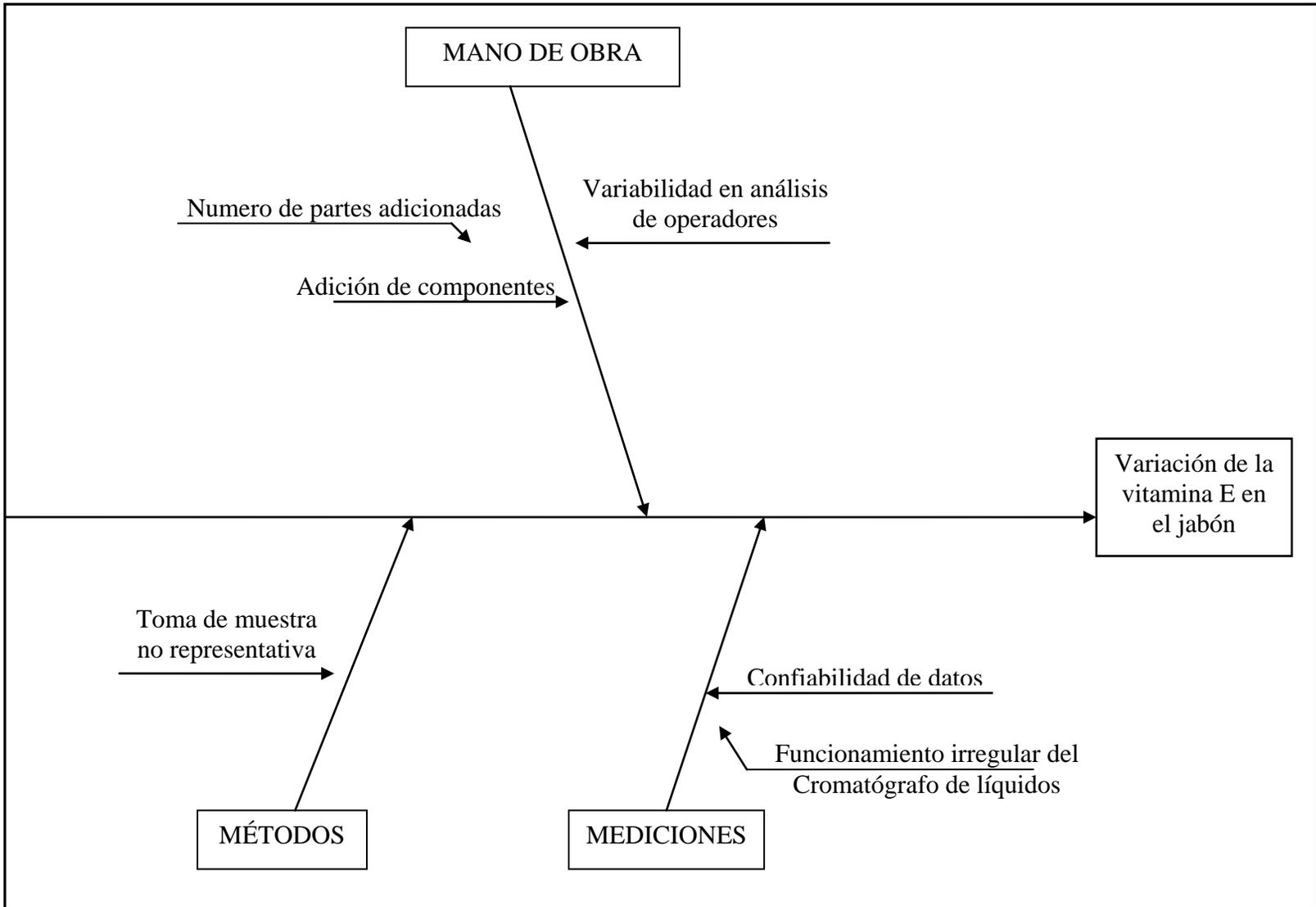


Figura 5.24 Diagrama causa - efecto de la vitamina E en el producto terminado prototipo A2 [Fuente: Propia]

Por medio del análisis de 5 de las 6M's: materia prima, maquinaria, mano de obra, métodos y mediciones, expuestas en los diagramas causa - efecto de las Figuras 5.16, 5.17, 5.18, 5.19, 5.20, 5.21, 5.22, 5.23 y 5.24 se determinarán las causas que tengan mayor influencia en el proceso.

MATERIA PRIMA

Variación de la Calidad

Las materias primas repercuten directamente en la elaboración de jabón, por lo cual era de vital importancia indagar que cumplieran con las especificaciones establecidas, debido a que una variación en ellas podría ser causa de un proceso fuera de control. Para confirmar que la variación de la calidad de la materia prima impacta en las variables humedad, acidez, se realizó una caracterización de las materias primas más importantes y presentes en mayor proporción en el jabón.

Los sebos y aceites son el componente principal y la materia prima presente en mayor proporción en los jabones, a éstas se le evalúa principalmente la acidez y el color Lovibond 1” o color de saponificación cada vez que ingresa una nueva carga a la empresa como lo dice el manual operativo estándar de manufactura de jabón.

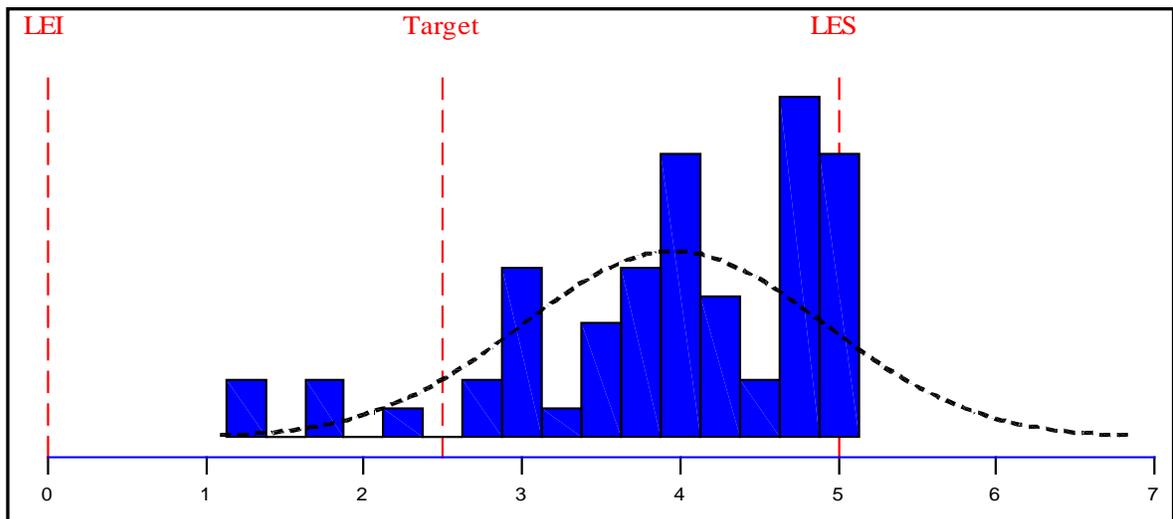


Figura 5.25 Histograma de frecuencia de la variable acidez en el sebo [Fuente: Propia]

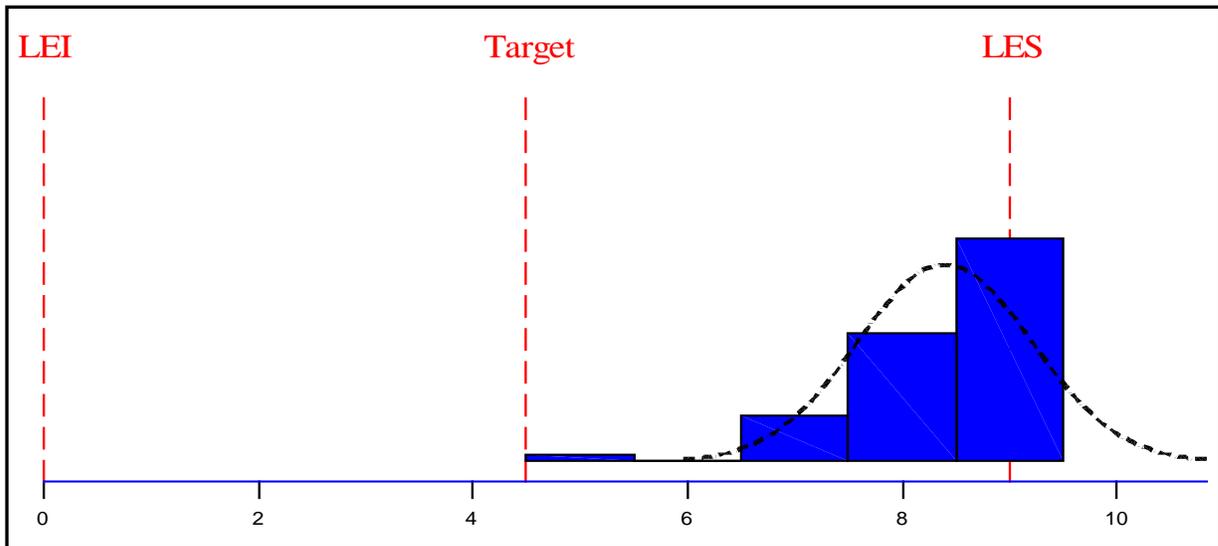


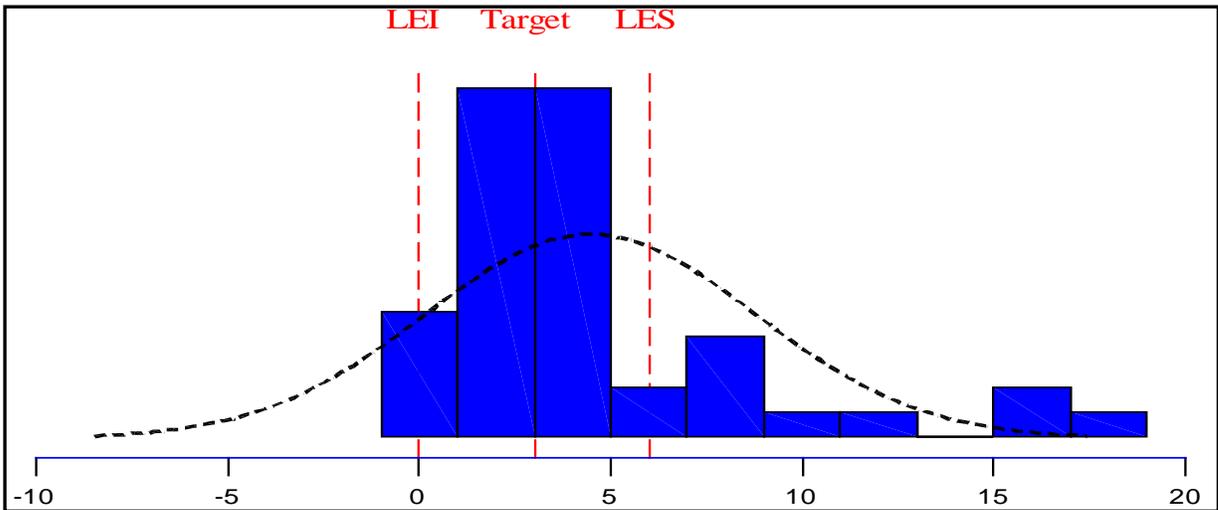
Figura 5.26 Histograma de frecuencia de la variable color lovibond 1'' en el sebo [Fuente: Propia]

Se puede visualizar en las Figuras 5.25 y 5.26 la distribución de los datos para las variables acidez y color Lovibond 1'', en estos también se observa que la distribución de datos es acampanada, así como que la media se encuentra extremadamente desplazada a la derecha del valor promedio nominal, aunque todos los valores se encuentran dentro de especificaciones los histogramas muestran que los datos se inclinan hacia el límite de especificación superior al punto de superarlo, por lo que existen datos fuera de especificación.

Después del sebo, el aceite palmiste es el componente que representa mayor porcentaje en el jabón, por lo cual es fundamental que se encuentren dentro de especificaciones.

Los parámetros fisicoquímicos cualitativos del aceite palmiste son el color de saponificación y la acidez. Los histogramas de frecuencias obtenidos para dichos parámetros, se presentan en las Figuras 5.27 y 5.28.

En los histogramas de las Figuras 5.27 y 5.28 se aprecia claramente que la media para ambas variables se encuentra desplazada a la derecha del valor nominal, que existe una gran cantidad de datos fuera de especificaciones y que la distribución de los datos no es del todo acampanada, esto indica que el aceite palmiste en ocasiones se ha encontrado fuera de especificaciones.



Figuras 5.27 Histograma de frecuencia de la variable acidez en el aceite palmiste [Fuente: Propia]

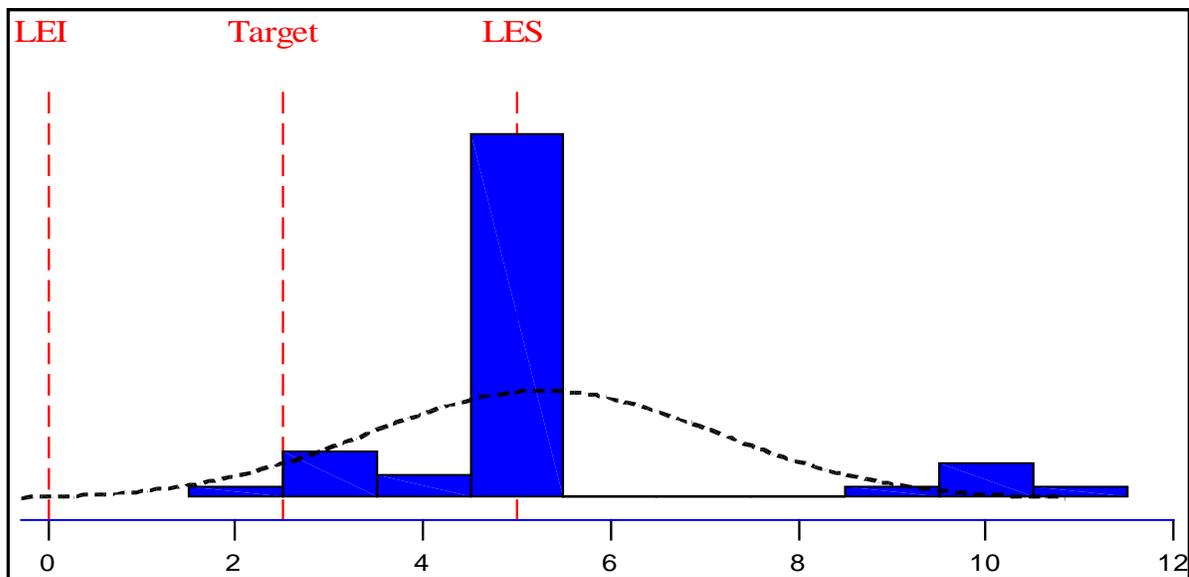


Figura 5.28 Histograma de frecuencia de la variable color de saponificación en el aceite palmiste [Fuente: Propia]

El ácido fosfórico es otra de las materias primas evaluadas porque forma parte importante en la elaboración del jabón. En las figuras 5.29 y 5.30 se muestran los histogramas de frecuencia de las variables gravedad específica y pureza del ácido fosfórico. En los histogramas se observa el comportamiento acampanado de los datos, también que la media en ambos casos está desplazada a la izquierda y no coincide con el target de las especificaciones, a pesar de esto los datos se encontraron dentro de los límites de especificación.

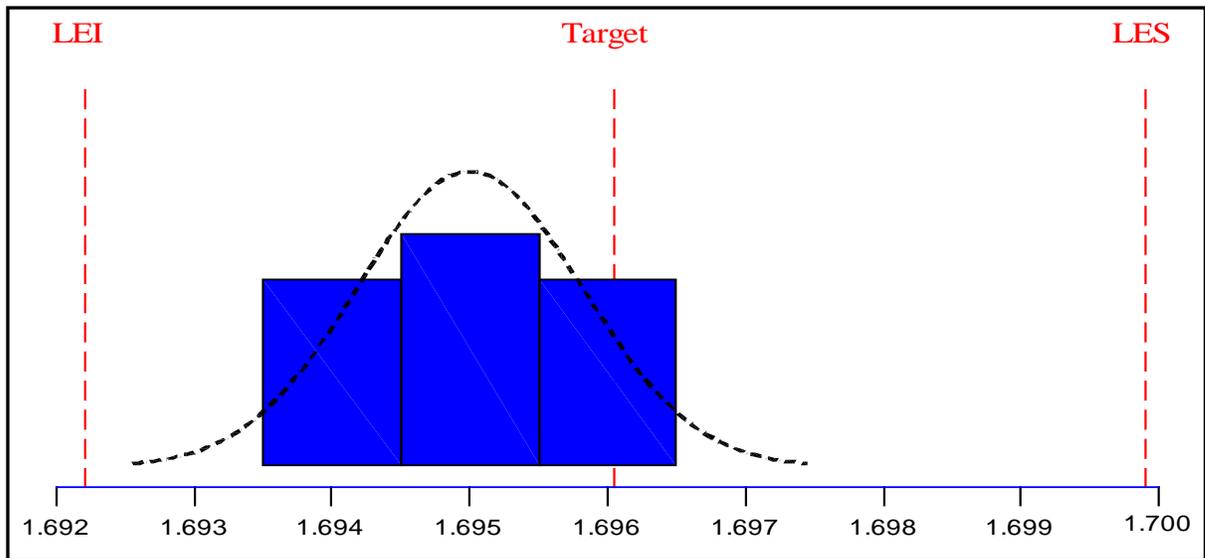


Figura 5.29 Histograma de frecuencia de la variable gravedad específica en el ácido fosfórico [Fuente: Propia]

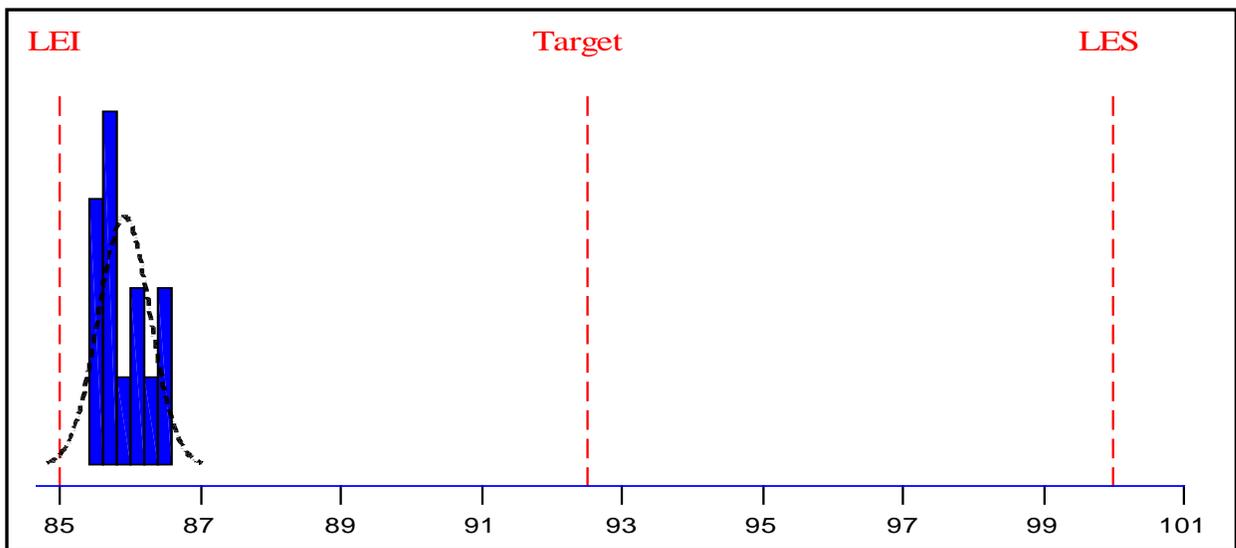


Figura 5.30 Histograma de frecuencia de la variable pureza en el ácido fosfórico [Fuente: Propia]

Como no todos los datos de los análisis de las materias primas mayoritarias del jabón se ubicaron dentro de especificaciones, se confirma que la materia prima es una causa atribuible a la variación de los parámetros fisicoquímicos del jabón, ya que, por ejemplo al utilizar materia prima con exceso de acidez, ésta se suma a la acidez que va adquiriendo el jabón en su preparación y así el producto resulta con exceso de este parámetro y por ende fuera de especificación.

MANO DE OBRA

El personal encargado de la fabricación del jabón trabaja durante las 24 horas del día por 363 días al año, distribuidos en tres turnos diarios que son cubiertos por cuatro grupos rotativos.

La manufactura del jabón es un proceso relacionado con el factor humano, ya que en todo el proceso tiene mucha participación el operador de forma manual y cada individuo posee prácticas distintas, algunas más efectivas que otras; por ello es importante verificar si la práctica de cada operador influye en la variabilidad de los parámetros fisicoquímicos del proceso.

Variabilidad en los análisis de los operadores

La variabilidad en los resultados de cada operador tiene gran importancia como causa asignable, ya que esto influencia en gran parte las variables humedad y acidez tanto en el producto en proceso como en el producto terminado, ya que son ellos los encargados de realizar la determinación de estos parámetros durante todo el proceso. En la Figura 5.31 se aprecia la variabilidad de los operadores para la variable humedad.

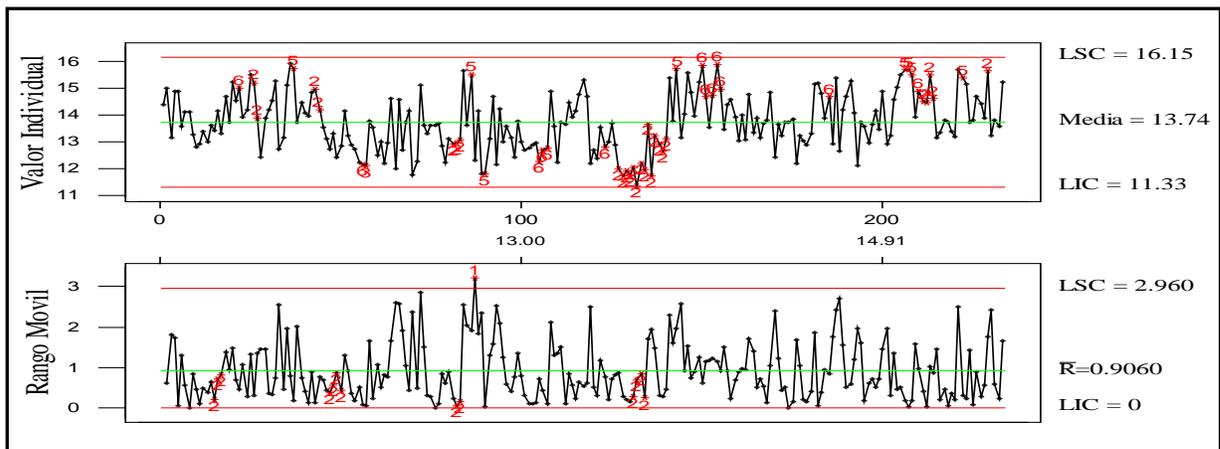


Figura 5.31 Gráfico de control de la variable humedad [Fuente: Propia]

En los diagramas de control evidenciados en la Figura 5.31, se observan puntos (1) fuera de los límites de control, puntos (2) presentan el patrón de estratificación, y los puntos (5) y (6) que se encuentran muy cercanos a los límites de control, a una distancia de dos y una desviación estándar respectivamente, demostrándose que el conjunto de datos de la variable humedad

arrojados por los operadores se encuentran fuera de control; por lo cual no se calcularán los índices de capacidad.

Para demostrar que la variabilidad de los datos anteriores se ve influenciada por el factor humano se presentan las Figuras 5.32 y 5.33, donde se aprecia el diagrama de control de un número de muestras, cuyo análisis fue realizado por los operadores y de forma adicional por un analista calificado por la empresa, bajo las mismas condiciones ambientales, con los mismos materiales y equipos de laboratorio, con el fin de evaluar estos resultados.

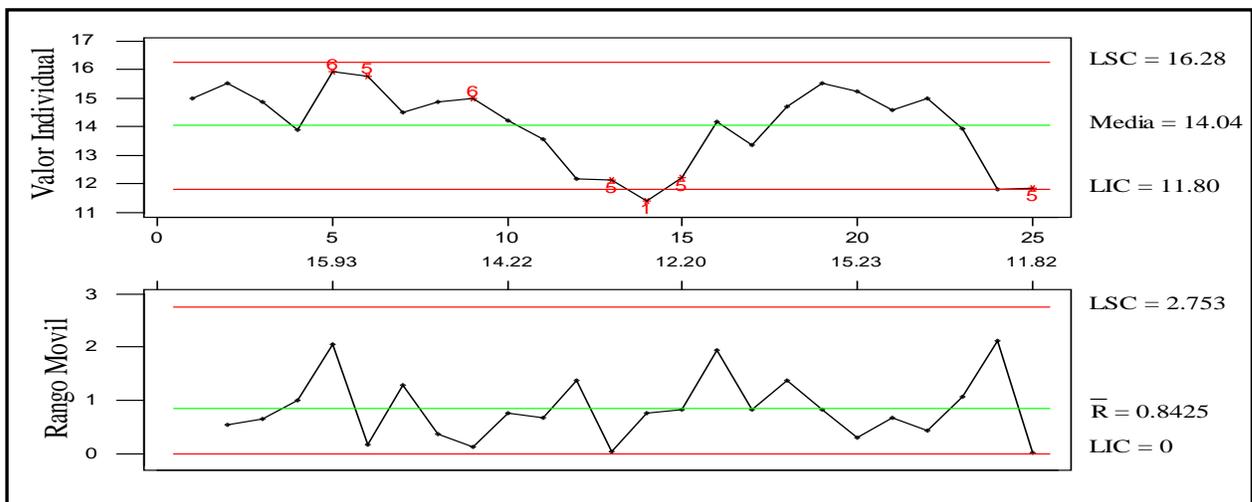


Figura 5.32 Gráfico de control de los análisis de humedad realizados por los operadores [Fuente: Propia]

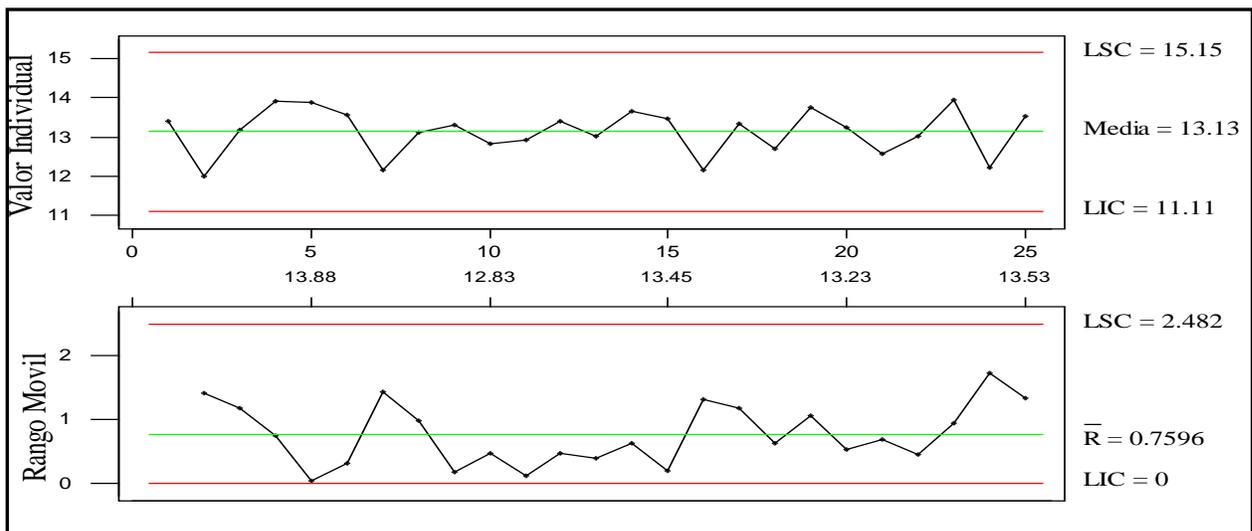


Figura 5.33 Gráfico de control de los análisis de humedad realizados por el analista calificado [Fuente: Propia]

En el diagrama de control de valores individuales de la Figura 5.32 se observa la presencia de los puntos (1), (5) y (6) que como se ha mencionado anteriormente indican patrones que caracterizan a los procesos fuera de control; indicando que los datos arrojados por los operadores se encuentran en condición fuera de control. Por otro lado en la Figura 5.33 que representa el diagrama de control de los datos arrojados por el analista calificado, no se observa ninguna condición fuera de control, por lo que los datos del analista se encuentran bajo control estadístico.

Una vez confirmado que existe una diferencia notable entre los datos de los operadores y el analista calificado se confirma que la variabilidad de los operadores en los análisis de humedad es una causa asignable del proceso de fabricación de jabón.

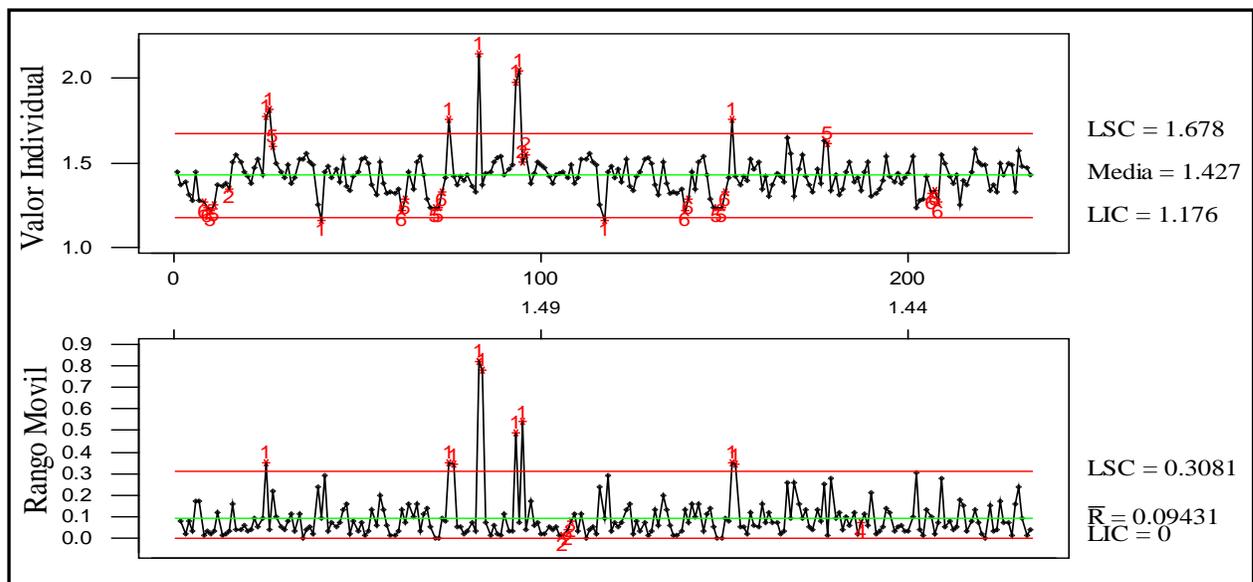
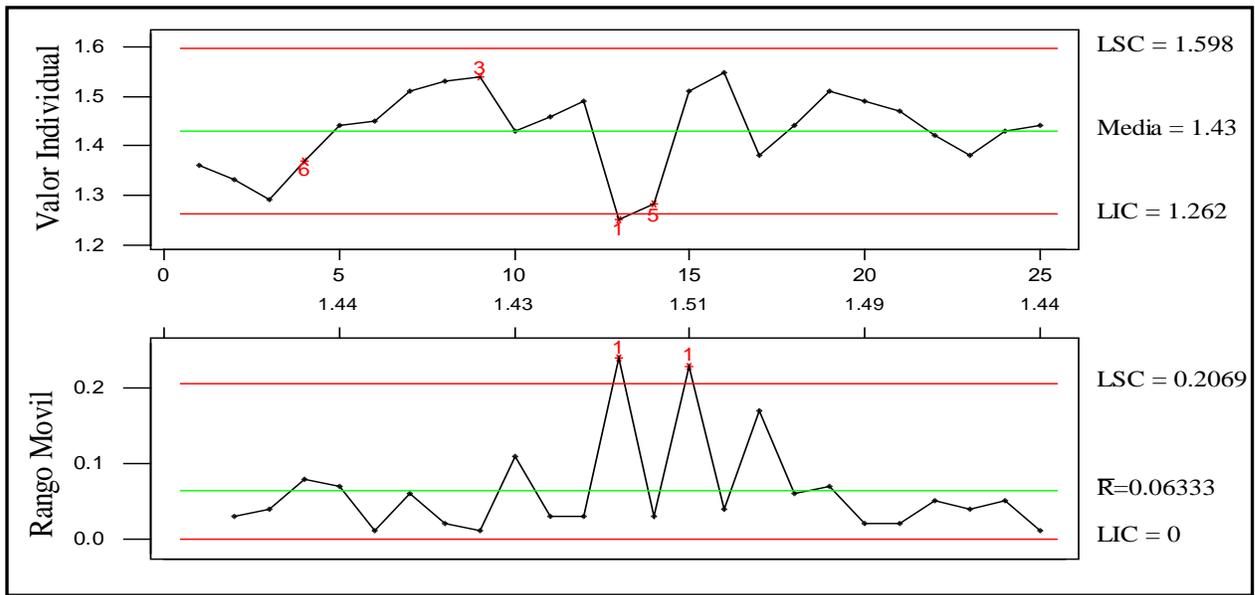


Figura 5.34 Gráfico de control de la variable acidez [Fuente: Propia]

En la Figura 5.34 se presenta el diagrama de control de la variable acidez, donde se aprecia la variabilidad provocada por los operadores. Evidentemente la variable acidez establece al proceso en estado fuera de control, quedando esto demostrado debido a la presencia de patrones característicos de esta condición representados por los puntos (1), (2), (5) y (6).

De la misma forma que se realizó para la humedad, en las Figuras 5.35 y 5.36 se expone la comparación entre los datos de un analista calificado y los operadores para la variable acidez.



Figuras 5.35 Gráfico de control de los análisis de acidez realizados por los operadores [Fuente: Propia]

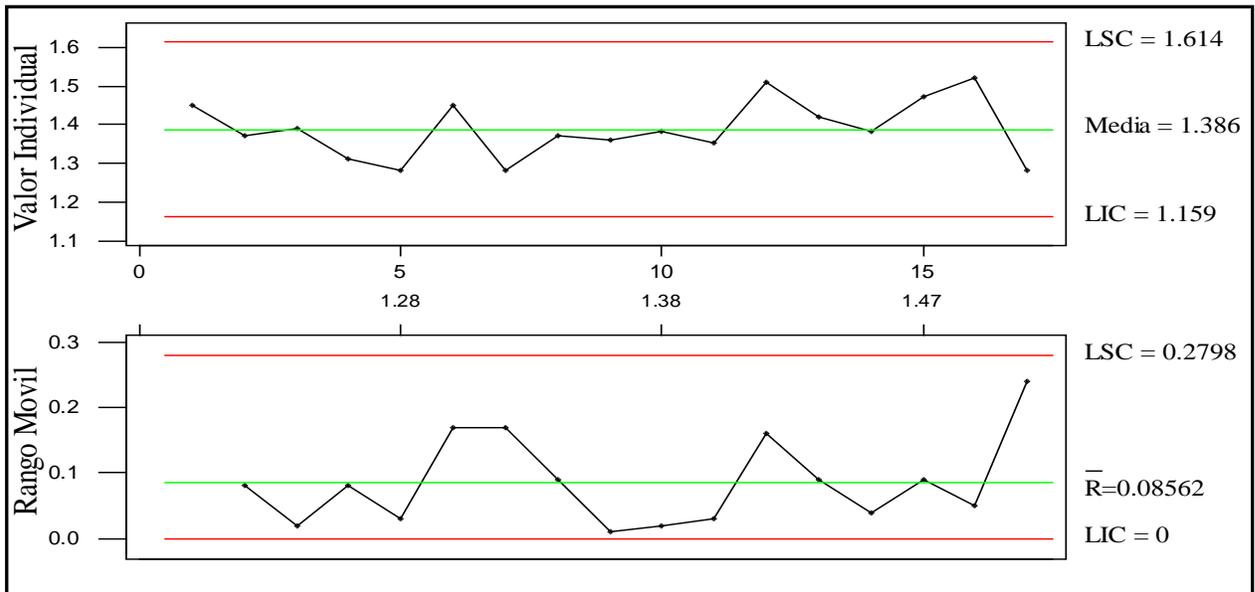


Figura 5.36 Gráfico de control de los análisis de acidez realizados por el analista calificado [Fuente: Propia]

En la Figura 5.36 se observa el proceso controlado para el analista, mientras que en la Figura 5.35 se observan los puntos (1), (3) y (6) que representan patrones de descontrol tanto en los diagramas de valor individual como en el de rango móvil para los operadores, razón por la cual se determina que el proceso está fuera de control para los operadores.

Según la comparación anterior, se confirma que la variabilidad de los datos obtenidos por los operadores para la variable acidez también es una causa atribuible, por lo cual queda como causa confirmada.

Turnos de trabajo

La disposición del personal puede estar influenciada significativamente por el turno de trabajo, esto se debe a que en algunas horas existe mayor cansancio físico o exceso de trabajo, situación que favorece las discrepancias de atención y por ende las variaciones de calidad del producto.

En la Tabla 5.2 se muestran los datos obtenidos por los operadores en los tres turnos de trabajo; así como también se muestran los estadísticos (media y desviación estándar).

TABLA 5.2 RESULTADOS OBTENIDOS POR LOS OPERADORES EN LOS DIFERENTES TURNOS DE TRABAJO PARA LAS VARIABLES ACIDEZ Y HUMEDAD

Variables	Turnos	Datos						Media	Desv. Std.
Acidez (%)	Primer Turno	1.33	1.37	1.37	1.38	1.37	1.43	1.38	0.0321
	Segundo Turno	1.52	1.58	1.52	1.54	1.49	1.49	1.52	0.0339
	Tercer Turno	1.45	1.38	1.39	1.43	1.39	1.36	1.40	0.0335
Humedad (%)	Primer Turno	13.63	13.11	13.48	13.49	12.48	12.44	13.11	0.5286
	Segundo Turno	12.38	12.5	13.24	13.08	13.82	13.15	13.03	0.5270
	Tercer Turno	14.03	13.1	13.82	12.88	12.72	13.11	13.28	0.5271

Fuente: Propia

En la Tabla 5.2 se aprecia que la diferencia entre las desviaciones estándar de cada turno es muy pequeña, por lo que se verifica que la variabilidad no se ve influenciada por el turno de trabajo, razón por la cual se descartan los turnos de trabajo como causa asignable de la variabilidad del proceso.

Adición de componentes

En el proceso de fabricación es necesario adicionarle al producto en proceso (viruta de jabón) ácido fosfórico, éste es adicionado en cantidades diferentes según el valor de alcalinidad que posea el jabón húmedo proveniente del proceso de saponificación, para obtener en todos los casos valores de humedad y acidez dentro de las especificaciones mostradas en la Tabla 5.1, por ello era importante evaluar si la variación en el número de partes adicionadas de este componente no afectaba las variables humedad y acidez en el producto en proceso. En la Tabla 5.3 se presentan los resultados obtenidos para las variables humedad y acidez en el producto en proceso.

TABLA 5.3 RESULTADOS OBTENIDOS PARA LAS VARIABLES ACIDEZ Y HUMEDAD DEPENDIENDO DE LA CANTIDAD DE ÁCIDO ADICIONADA

Ácido Fosfórico Adicionado (kg)	Variables	Datos					Media	Desv. Std.
14.50	Acidez (%)	1.51	1.69	1.61	1.44	1.46	1.54	0.1057
14.22		1.44	1.47	1.38	1.40	1.46	1.43	0.0387
12.10		1.53	1.85	1.92	2.01	1.10	1.68	0.3722
7.10		1.12	1.25	2.05	1.98	1.77	1.63	0.4251
7.15		0.99	1.17	1.64	1.30	1.81	1.38	0.3373
14.50	Humedad (%)	14.71	11.65	11.68	11.80	12.56	12.48	1.3010
14.22		14.16	13.87	14.63	14.07	14.85	14.32	0.4085
12.10		11.83	12.56	14.29	13.84	11.93	12.89	1.1199
7.10		12.15	14.74	12.95	11.89	13.29	13.00	1.1257
7.15		13.21	13.21	13.39	12.90	13.16	13.17	0.1756

Fuente: Propia

Con los datos obtenidos en la Tabla 5.3 se confirma que la adición de ácido fosfórico es una causa asignable de la variabilidad del proceso, debido a que la diferencia entre la desviación estándar entre los datos es muy grande, afectando a las variables acidez y humedad por igual.

Por otro lado para lograr el acabado final del jabón es necesario adicionarle al mismo ingredientes especiales tales como: colorantes y perfumes en la etapa de mezclado, estos

componentes deben ser adicionados según lo requerido por cada fórmula de jabón terminado. La incorporación de estos componentes en exceso podría afectar las variables humedad y acidez en el producto terminado, por ello se evalúa tal condición. Se muestran las Tablas 5.4 y 5.5 donde se presentan los resultados obtenidos.

TABLA 5.4 RESULTADOS OBTENIDOS PARA LAS VARIABLES ACIDEZ Y HUMEDAD A PARTIR DE LA CANTIDAD DE COLORANTE ADICIONADO

Cantidad de Colorante Adicionado (kg)	Variables	Datos					Media	Desv. Std.
0.356	Acidez (%)	1.76	1.32	1.51	1.46	1.94	1.60	0.2486
0.411		1.12	1.35	1.54	1.39	2.02	1.48	0.3353
0.398		1.87	1.62	1.10	1.52	1.28	1.48	0.2990
0.415		0.95	1.29	1.91	1.36	1.00	1.30	0.3835
0.369		1.28	1.45	2.14	1.34	1.20	1.48	0.3790
0.356	Humedad (%)	13.11	14.06	15.84	14.60	15.53	14.63	1.1080
0.411		15.40	12.60	14.69	12.70	12.32	13.54	1.4018
0.398		13.79	14.86	13.53	13.75	14.15	14.02	0.5216
0.415		12.75	13.98	11.75	14.71	11.26	12.89	1.4557
0.369		13.16	12.23	12.90	11.79	11.82	12.38	0.6251

Fuente: Propia

TABLA 5.5 RESULTADOS OBTENIDOS PARA LAS VARIABLES ACIDEZ Y HUMEDAD A PARTIR DE LA CANTIDAD DE PERFUME ADICIONADO

Cantidad de Perfume Adicionado (kg)	Variables	Datos					Media	Desv. Std.
0.123	Acidez (%)	1.76	1.32	1.51	1.46	1.94	1.60	0.2486
0.159		1.12	1.35	1.54	1.39	2.02	1.48	0.3353
0.198		1.87	1.62	1.10	1.52	1.28	1.48	0.2990
0.115		0.95	1.29	1.91	1.36	1.00	1.30	0.3835
0.148		1.28	1.45	2.14	1.34	1.20	1.48	0.3790
0.123	Humedad (%)	13.11	14.06	15.84	14.60	15.53	14.63	1.1080
0.159		15.40	12.60	14.69	12.70	12.32	13.54	1.4018
0.198		13.79	14.86	13.53	13.75	14.15	14.02	0.5216
0.115		12.75	13.98	11.75	14.71	11.26	12.89	1.4557
0.148		13.16	12.23	12.90	11.79	11.82	12.38	0.6251

Fuente: Propia

De igual forma que para la adición del ácido fosfórico, la diferencia entre la desviación estándar obtenida con los datos recopilados en las tablas 5.4 y 5.5 luego de la adición de ingredientes especiales es muy marcada, con ello se confirma que la adición en exceso de estos componentes es una causa asignable de la variabilidad del proceso.

La confirmación de las otras causas planteadas en los diagramas causa-efecto de las Figuras 5.16 a 5.24 se reportan en las tablas de confirmación de causas asociadas a la variabilidad de los parámetros fisicoquímicos del proceso de fabricación de jabón (ver apéndice A).

Una vez confirmadas las causas asignables que provocaban la variabilidad en los principales parámetros fisicoquímicos del proceso de fabricación de jabón, se reunió nuevamente al equipo de trabajo destinado para este proyecto, el cual después de analizar la información sobre la confirmación de las causas originó una lluvia de ideas para consolidar las acciones correctivas a tomar, empleando el formato de acciones correctivas (ver apéndice B), con el fin de disminuir la incidencia de las causas especiales sobre los parámetros fisicoquímicos.

Se confirmaron 3 causas especiales de variación, las cuales requirieron de la toma de las siguientes acciones correctivas:

- Revisión exhaustiva de la materia prima despachada a la empresa.
- Reanálisis de la materia prima en casos de no conformidad, (fuera de especificaciones).
- Apertura de un nuevo proceso de certificación de proveedores, con la finalidad de corroborar la certificación de los ya adscritos a la empresa y selección de nuevos proveedores con calidad certificada.
- Re - entrenamiento de los operadores en los procedimientos estándar de manufactura tanto de jabón como de análisis.

- Re - calificación de los operadores en los análisis a producto en proceso y producto terminado.
- Supervisión continua y más frecuente a los operadores en todas las etapas del proceso por parte de los supervisores de planta.
- Revisión de los reportes de control de todas las variables que se registran en las diferentes etapas del proceso.
- Instalación de un tanque de almacenamiento para el ácido fosfórico en el área de secado, para ayudar a facilitar las pesadas de este componente y mejor almacenamiento.
- Colocación de dos balanzas de precisión una en el área de secado y otra en mezclado, con la finalidad de reducir los errores de pesadas por parte de los operadores y por ende la adición en exceso tanto de ácido fosfórico como de ingredientes especiales.

Estas acciones correctivas se implementaron en el lapso de realización de este Trabajo Especial de Grado y con el objetivo de verificar las mejoras efectuadas al proceso mediante la implementación de estas acciones, se evalúan los diagramas de control e histogramas de frecuencias para las variables humedad y acidez en el producto en proceso y en el producto terminado A1 y A2.

En principio se buscara verificar el efecto de las acciones correctivas en el producto en proceso, empezando por la variable humedad en éste. En la Figura 5.37 se muestra el conjunto de gráficos del estudio de capacidad del proceso para la variable humedad en la viruta de jabón. En el se observa que gracias al efecto de las acciones correctivas el proceso se encuentra bajo control estadístico, mejoró la distribución de los datos en el histograma de frecuencias, la media del proceso se encuentra muy cercana al valor nominal registrando un valor de 13.58, presenta excelente distribución normal ya que la prueba probabilística se ajusta a una línea recta y por último el estudio de capacidad muestra que el proceso se ubica en la zona verde completamente capaz y controlado con una relación Cpk/Ppk igual a 1.14 y un Ppk mayor que 1.

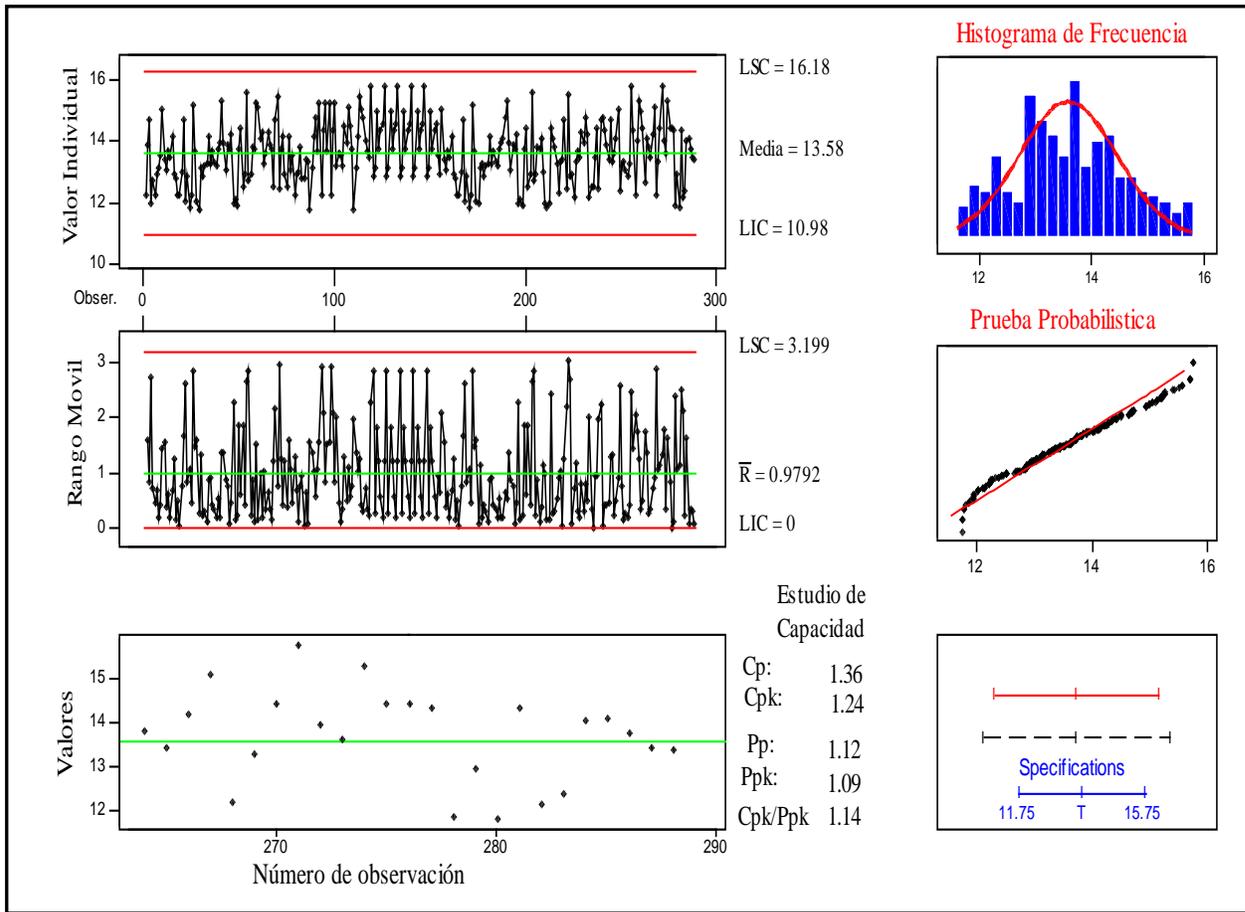


Figura 5.37 Conjunto de gráficos del estudio de capacidad del proceso para la variable **humedad en la viruta de jabón** [Fuente: Propia]

De igual forma se verifica el efecto de los cambios realizados sobre el proceso para la variable acidez en el producto en proceso. En la Figura 5.38 se muestra el estudio de capacidad del proceso para la variable acidez en la viruta de jabón. La media del proceso se encuentra muy cercana al valor nominal registrando un valor de 1.397, la distribución de los datos en el histograma de frecuencias se ajustó mejor a la forma acampanada, la prueba probabilística arrojó buena distribución normal ya que los datos se ajustaron a una línea recta, de igual manera que para la humedad el estudio de capacidad para la variable acidez determinó que el proceso se encuentra en la zona verde, buen proceso (capaz y controlado) reportándose una relación Cpk/Ppk igual a 1.22 y un Ppk mayor que 1.

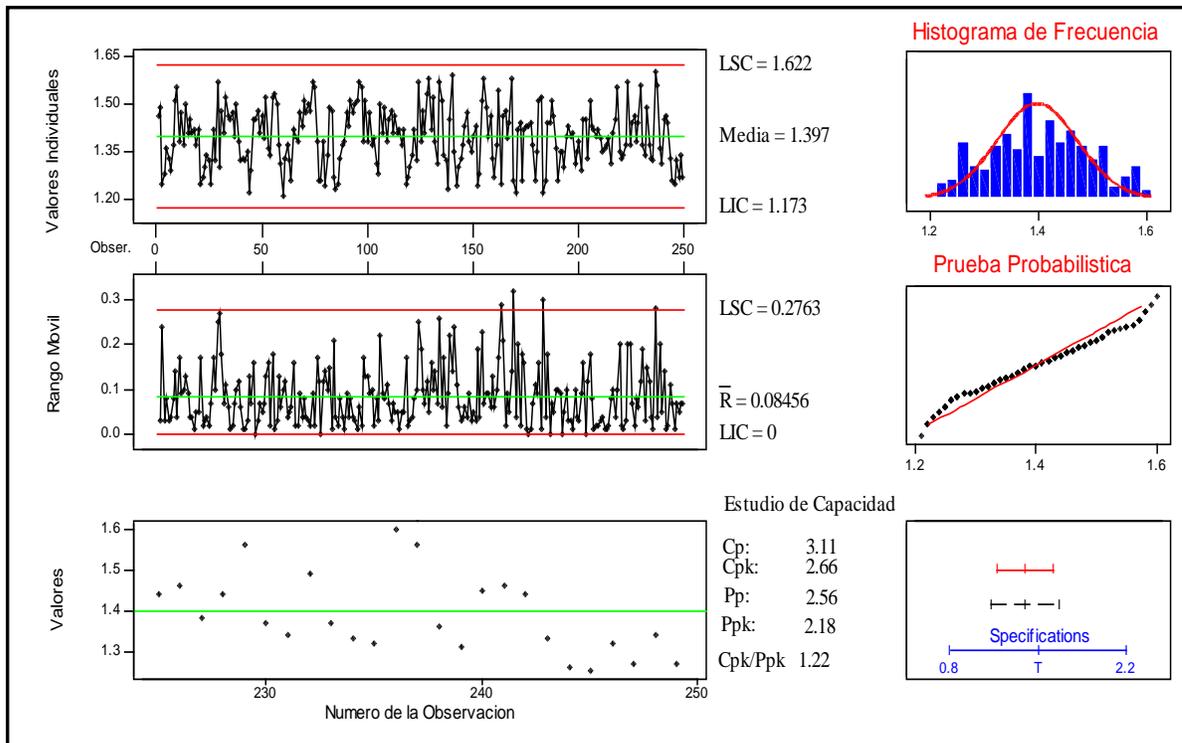


Figura 5.38 Conjunto de gráficos del estudio de capacidad del proceso para la variable **acidez en la viruta de jabón** [Fuente: Propia]

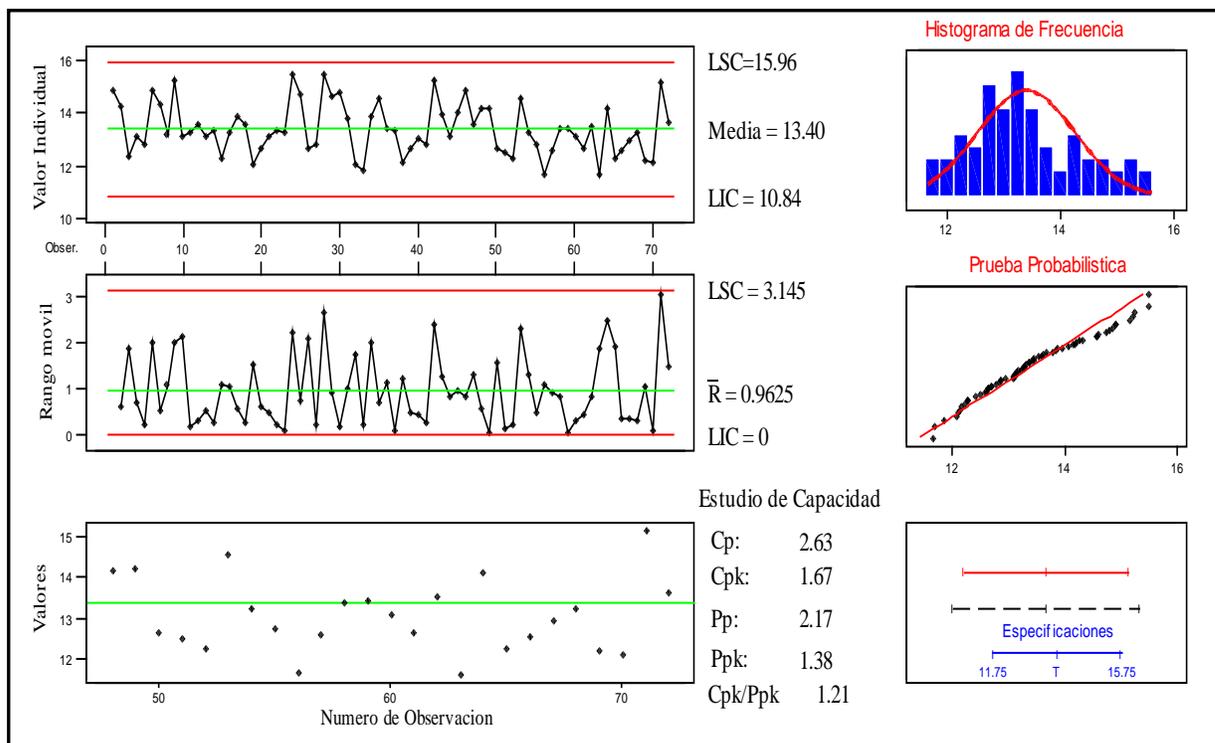


Figura 5.39 Conjunto de gráficos del estudio de capacidad del proceso para la variable **humedad en el producto terminado prototipo A1** [Fuente: Propia]

La Figura 5.39 muestra el estudio de capacidad del proceso para la variable humedad en el producto terminado prototipo A1. La media del proceso se encuentra muy cercana al valor nominal registrando un valor de 13.40, la distribución de los datos en el histograma de frecuencias se ajustó mejor a la forma acampanada, los datos se ajustaron a una distribución normal, el estudio de capacidad para la variable humedad determinó que el proceso se encuentra en la zona verde, buen proceso (capaz y controlado) reportándose una relación Cpk/Ppk igual a 1.21 y un Ppk de 1.38.

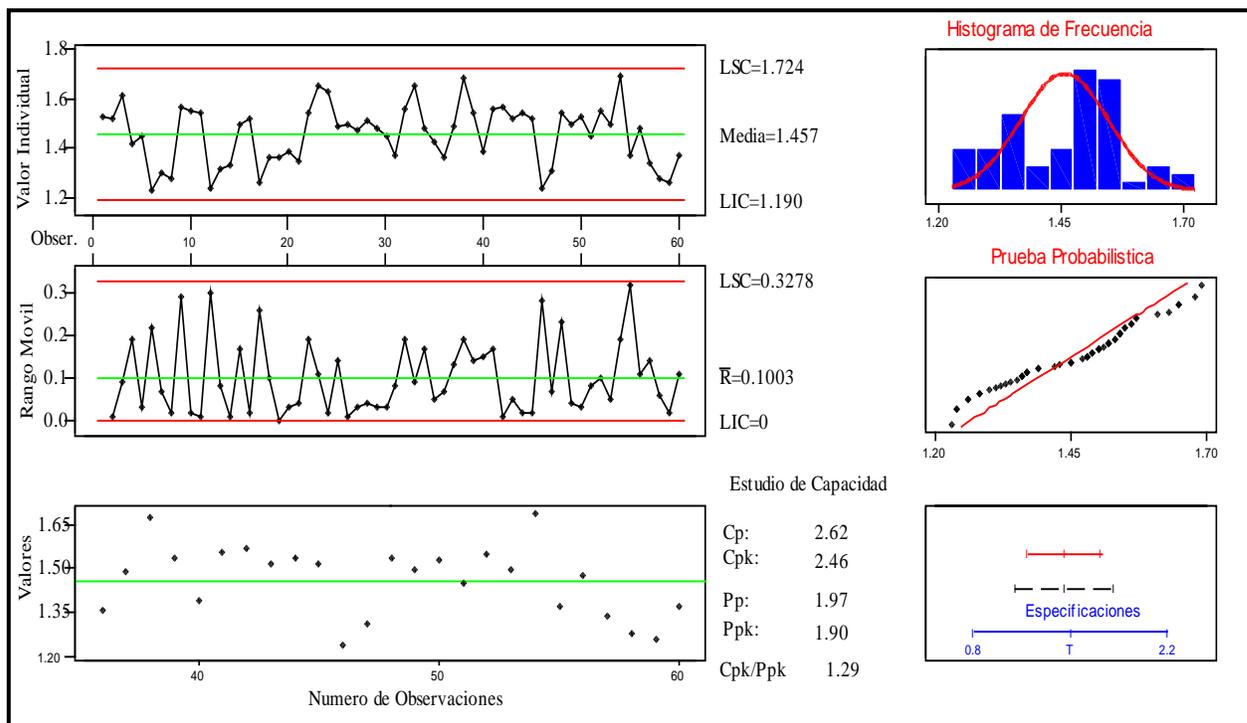


Figura 5.40 Conjunto de gráficos del estudio de capacidad del proceso para la variable acidez en el producto terminado prototipo A1 [Fuente: Propia]

En la Figura 5.40 se presenta el conjunto de gráficos del estudio de capacidad del proceso para la variable acidez en el producto terminado prototipo A1. Se observa que el proceso está totalmente en control, que la media del mismo se encuentra muy cercana al valor nominal registrando un valor de 1.457, la distribución de los datos en el histograma de frecuencias se ajustó mejor a la forma acampanada, la prueba probabilística arrojó resultados de buena distribución normal debido al ajuste de los datos a una línea recta, el estudio de capacidad para

esta variable determinó que el proceso se encuentra en la zona verde, (capaz y controlado) reportándose una relación Cpk/Ppk igual a 1.29 y un Ppk de 1.90.

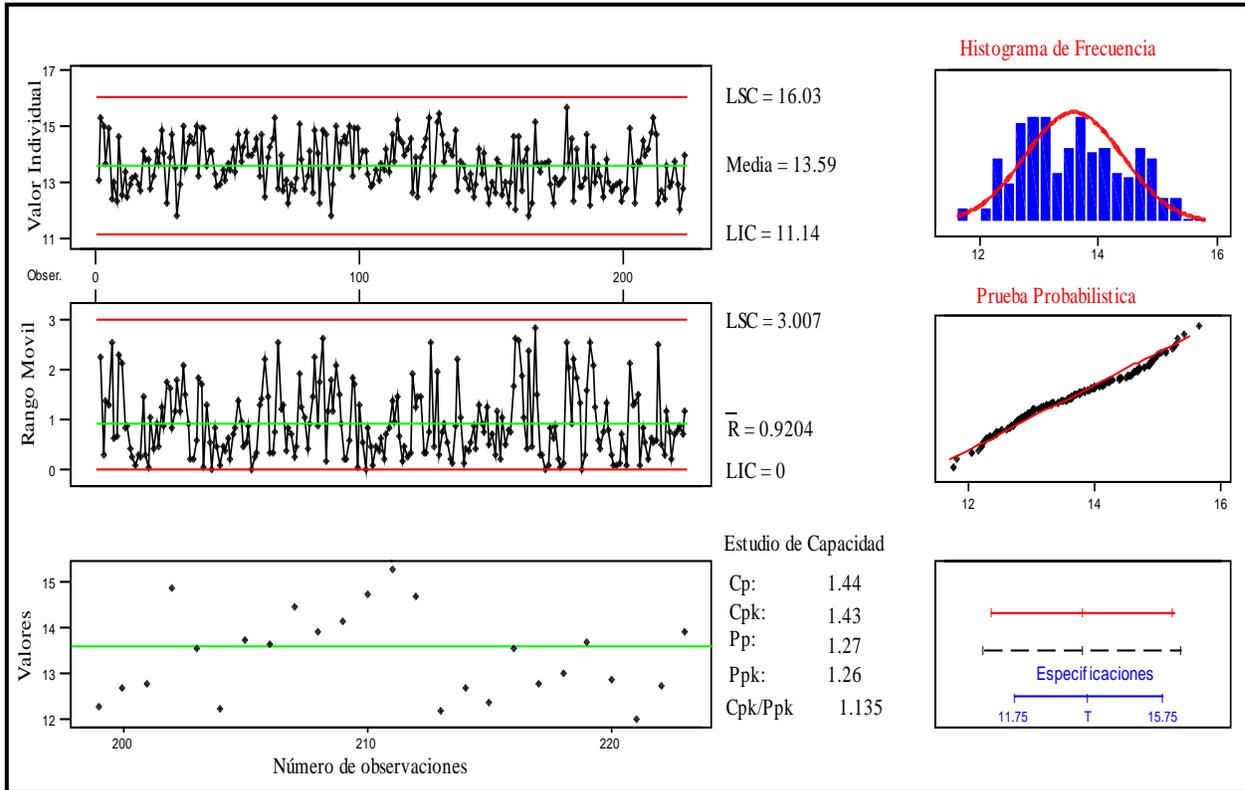


Figura 5.41 Conjunto de gráficos del estudio de capacidad del proceso para la variable **humedad en el producto terminado prototipo A2** [Fuente: Propia]

Evaluando el producto terminado prototipo A2 se presenta la Figura 5.41, donde se muestra el conjunto de gráficos del estudio de capacidad del proceso para la variable humedad para este producto. Se observa que el proceso se encuentra dentro de control estadístico, que la media del mismo se encuentra cercana al valor nominal registrando un valor de 13.59, el estudio de capacidad para esta variable determinó que el proceso se encuentra en la zona verde, (capaz y controlado) reportándose una relación Cpk/Ppk igual a 1.135 y un Ppk de 1.26.

Continuando con la evaluación del producto terminado prototipo A2 se muestra la Figura 5.42, donde se muestra el conjunto de gráficos del estudio de capacidad del proceso para la variable acidez para este producto. Se observa que el proceso se encuentra dentro de control

estadístico, que la media del mismo se encuentra cercana al valor nominal registrando un valor de 1.398, el estudio de capacidad para esta variable determinó que el proceso se encuentra en la zona verde, (capaz y controlado) reportándose una relación Cpk/Ppk igual a 1.15 y un Ppk de 1.04.

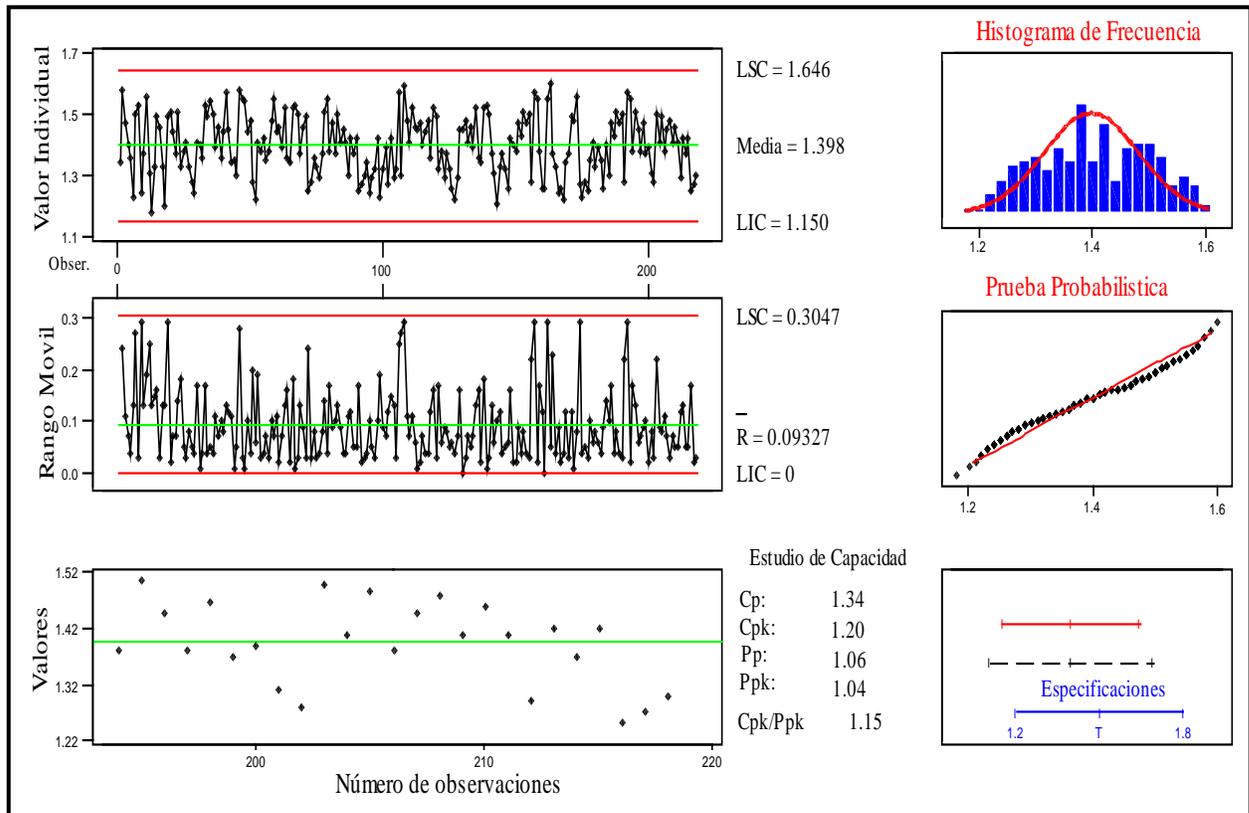


Figura 5.42 Conjunto de gráficos del estudio de capacidad del proceso para la variable **acidez en el producto terminado prototipo A2** [Fuente: Propia]

Para las variables % TCC y vitamina E no fue posible la confirmación de las causas que provocaban la variabilidad en las mismas, motivado a la falta de tiempo y la disponibilidad de cromatógrafo de líquidos para realizar la determinación de estos parámetros tanto en los productos terminados como en la pre-mezcla que se utiliza en el proceso. Adicionalmente no se contó con la autorización del departamento técnico de la empresa para realizar estos análisis, justificando que la realización de los mismos implica gastos excesivos de reactivos y tiempo de uso del cromatógrafo, así como también horas-hombre en la supervisión de los mismos. Por tales motivos no fue posible indagar en las causas de la variabilidad de estos parámetros ni proponer soluciones a esta problemática.

Para estimar la relación costo - beneficio que obtuvo la empresa con la implementación de las acciones correctivas planteadas por el equipo de trabajo fue necesario obtener los ingresos que origina la producción de jabones anualmente.

Considerante que la planta posee tres líneas de empacado de jabones y que cada línea produce 15 paletas de jabón, cada paleta contiene 48 cajas y sabiendo que en la empresa se labora las 24 horas del día distribuidos en tres turnos de trabajo, y que la producción de cada línea es por cada turno, se obtienen las cajas de jabón producidas por día, los resultados se reportan en la Tabla 5.6.

TABLA 5.6 TOTAL DE CAJAS DE JABÓN PRODUCIDAS POR DÍA

Turno	Cajas producidas por la línea 1	Cajas producidas por la línea 2	Cajas producidas por la línea 3	Total
Turno 1	720	720	720	2160
Turno 2	720	720	720	2160
Turno 3	720	720	720	2160
				6480

Fuente: Propia

Tomando en cuenta que cada caja lleva 72 pastillas de jabón y que la empresa labora 363 días al año, se obtiene el total de pastillas de jabón producidas por año, reportado en la Tabla 5.7.

TABLA 5.7 TOTAL DE PASTILLAS DE JABÓN PRODUCIDAS POR AÑO

Total de cajas diarias	Jabones por caja	Pastillas de Jabón por día	Días de producción al año	Pastillas de jabón producidas al año
6480	72	466.560	363	169.361.280

Fuente: Propia

TABLA 5.8 INGRESOS ANUALES POR LA PRODUCCIÓN DE JABÓN AL AÑO

Precio por pastilla de jabón (\$)	Ingresos anuales por total de pastillas de jabón (\$)
0.70	118.159.032,6

Fuente: Propia

En la Tabla 5.8 se muestran los ingresos por el total de pastillas de jabón producidas al año, de estos ingresos el 60.2 % costean los gastos de producción donde se incluyen la materia prima en general, la mano de obra, el consumo de energía de la planta, agua, vapor, reactivos utilizados en los análisis para la determinación de los parámetros fisicoquímicos, empaque y embalaje de los jabones. (Ver Tabla 5.9). En estos costos de producción también se incluyen los costos de reprocesamiento de jabones defectuosos o fuera de especificaciones, gastos excesivos de materia prima y paradas de planta, los que consumen un aproximado del 8.53 % de los costos de producción y son llamados costos indirectos. El otro 39.8 % representa la ganancia que recibe la empresa por la producción anual de pastillas de jabón de las fórmulas en estudio.

**TABLA 5.9 COSTOS DE PRODUCCIÓN GENERADOS POR
LA FABRICACIÓN DE JABÓN**

COSTOS DE PRODUCCIÓN GENERAL (\$)	71.131.737,58
COSTOS INDIRECTOS (\$)	6.067.537,21

Fuente: Propia

Con la implementación de las soluciones, cuya inversión se refleja en la Tabla 5.10, se obtuvo un incremento de la producción de un 30 % en la producción de pastillas de jabón por año y la disminución de 1.59 % en los costos indirectos de producción.

**TABLA 5.10 INVERSIÓN REALIZADA POR LA EMPRESA EN LA PUESTA EN
MARCHA DE LAS ACCIONES CORRECTIVAS DE LA VARIABILIDAD
DEL PROCESOS**

ACCIONES CORRECTIVAS	PORCENTAJE DE LA INVERSIÓN TOTAL (%)	INVERSIÓN (\$)
Re-entrenamiento y re-calificación de los operadores	15 %	7.387,49
Instalación del Tanque de almacenamiento del ácido fosfórico	45 %	22.162,46

Fuente: Propia

TABLA 5.10 (CONTINUACIÓN) INVERSIÓN REALIZADA POR LA EMPRESA EN LA PUESTA EN MARCHA DE LAS ACCIONES CORRECTIVAS DE LA VARIABILIDAD DEL PROCESOS

ACCIONES CORRECTIVAS	PORCENTAJE DE LA INVERSIÓN TOTAL (%)	INVERSIÓN (\$)
Análisis, re-análisis de la materia prima. (Reactivos y equipos)	20 %	9.849,98
Instalación de las balanzas de precisión en las áreas de secado y mezclado	13 %	6.402,49
Otros	7 %	3.447,49
Total inversión	100 %	49.249,91

Fuente: Propia

En la Tabla 5.11 se muestra el incremento de la producción y la ganancia que percibirá la empresa luego de un año de producción manteniendo las acciones correctivas implementadas.

TABLA 5.11 PROYECCIÓN DEL INCREMENTO EN LA PRODUCCIÓN Y EN LA GANANCIA

PRODUCCIÓN INICIAL (PASTILLAS DE JABÓN)	169.361.280
INCREMENTO DEL 30 % (PASTILLAS DE JABÓN)	50.808.384
PRODUCCIÓN ACTUAL (PASTILLAS DE JABÓN)	220.169.664
GANANCIA INICIAL (\$)	47.027.294,93
INCREMENTO DEL 30 % (\$)	14.108.188,48
GANANCIA FINAL (\$)	61.137.080,98

Fuente: Propia

Con base en la ganancia y llevando a ingresos por mes y luego por día se determinó que la empresa recuperó la inversión realizada en un tiempo de dos días, por lo que se comprueba que las acciones tomadas fueron efectivas no solo en el mejoramiento del proceso, reinsertándolo en el control estadístico y mejorando su capacidad sino que también aportaron un beneficio económico a la empresa con una mínima inversión.

**CAPÍTULO V
DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

En este capítulo se presentan los resultados obtenidos de las experiencias realizadas durante este trabajo según el esquema descrito anteriormente.

De las 18 fórmulas de jabón producidas en la empresa se pudo constatar por medio de información proporcionada por la compañía que los jabones con mayor tasa de producción son los del prototipo A, los cuales se fabrican a partir de 9 fórmulas diferentes que poseen características similares; así como también otras características que los diferencian marcadamente.

Los jabones escogidos para este estudio se dividen en dos grupos a los que se les llamara jabones prototipo A1; los cuales son un grupo de 7 fórmulas de jabón diferentes que poseen especificaciones iguales y características como el color y el olor que las diferencian entre si, y los jabones prototipo A2; conformado por 2 fórmulas de jabón diferentes que cuentan con las mismas especificaciones pero diferentes a las del grupo anterior. Adicionalmente cabe mencionar que el producto en proceso (viruta de jabón) también se tomará en cuenta en el estudio debido a que la empresa controla las especificaciones de las variables del mismo durante el proceso. En la Tabla 5.1 se muestran los valores correspondientes a las especificaciones de cada fórmula de jabón en estudio.

TABLA 5.1. ESPECIFICACIONES CLAVES DE LIBERACIÓN PARA LOS PRODUCTOS EN ESTUDIO

Producto	Humedad (%)	Ácidos Grasos Libres (Acidez) (%)	% TCC	Vitamina E (%)
Jabón Prototipo A1	(11.75-15.75)	(0.80 - 2.20)	(0.25 - 0.55)	-----
Jabón Prototipo A2	(11.75-15.75)	(1.20 - 1.80)	(0.08 - 0.12)	(0.11 - 0.19)
Producto en Proceso	(11.7 -15.75)	(1.22 - 1.82)	-----	-----

Fuente: Propia

Para cuantificar el proceso de fabricación de jabón se identificaron las variables humedad y ácidos grasos libres (acidez) como las especificaciones claves de liberación tanto del producto en proceso (viruta de jabón) como del producto terminado. Según la bibliografía consultada para evaluar un proceso es necesario recopilar una data de entre (100 - 300) muestras, por ello se recopiló una data de 185 muestras para el producto en proceso y 125 muestras para el producto terminado, durante un período de tiempo de 15 días, con las cuales se procedió a la construcción de los gráficos de control e histogramas de frecuencias.

El diagrama de control de la humedad en la viruta de jabón (Figura 5.1), representa la situación inicial de esta variable durante el año 2007. En el diagrama de valor individual se muestran los puntos (1) que se encuentran fuera de los límites de control a una distancia mayor a tres desviaciones estándar, los puntos (2) presentan el patrón de estratificación, los puntos (5) y (6) se encuentran muy cercanos a los límites de control, a una distancia de dos y una desviación estándar respectivamente. Adicionalmente se observan cambios repentinos de nivel tanto de forma creciente como decreciente en todos los puntos del diagrama. Con respecto al diagrama de rango móvil se notan los puntos (1) que se encuentran por encima del límite superior de control.

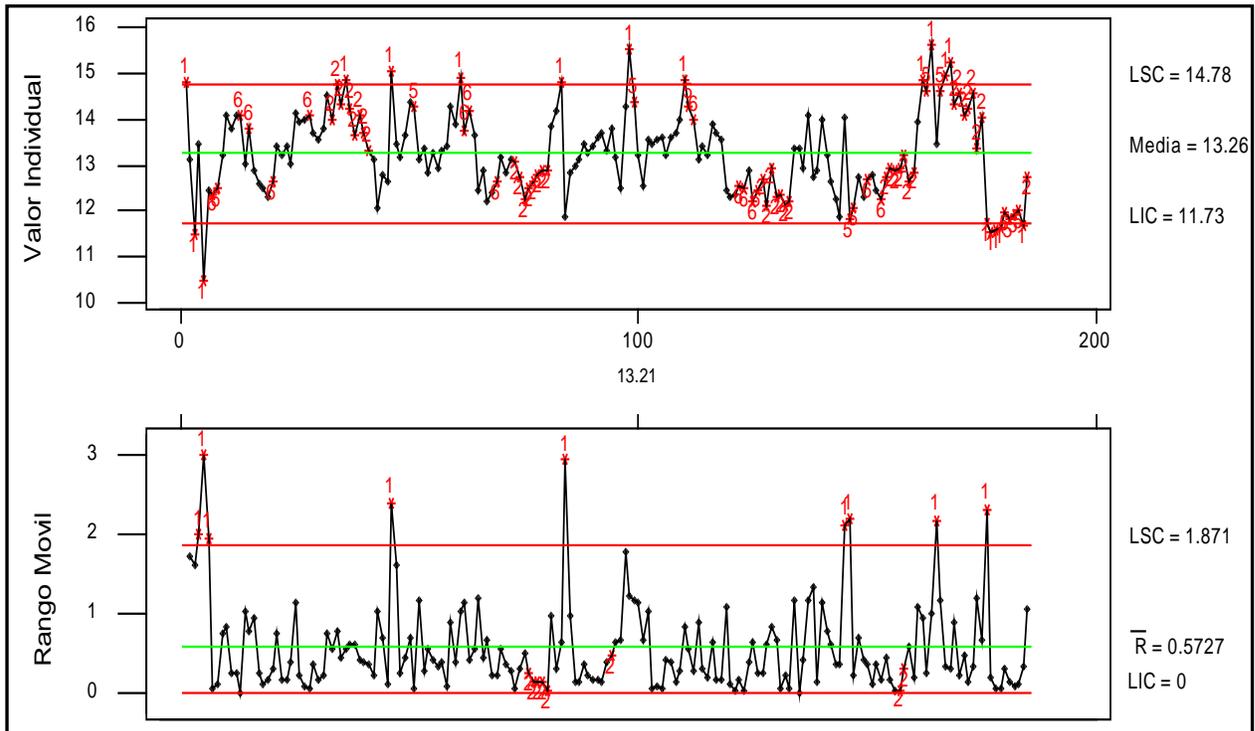


Figura 5.1. Gráfico de control de la variable humedad en la viruta de jabón [Fuente: Propia]

La presencia de los puntos antes descritos en el diagrama de control es señal de que se ha detectado una causa especial de variación; es decir, que el proceso es muy inestable probablemente debido a cambios continuos o mucha variación debido a materiales, mediciones, diferencias en las condiciones de operación de la maquinaria y desajustes, distintos criterios y capacitación de operarios, etc. Por tales razones se determina que el proceso esta fuera de control estadístico. Por haber detectado la presencia de causas especiales o atribuibles de variación no es posible presentar el estudio de capacidad del proceso para esta variable, ya que es requisito fundamental que el proceso esté bajo control estadístico.

La Figura 5.2 muestra el histograma de frecuencia de la variable humedad en la viruta de jabón, donde se observa que la media del proceso está desplazada hacia la izquierda, apreciándose que la misma no está centrada pero se encuentra dentro de los límites de especificaciones. Esto confirma aun más el estado de descontrol en el que se encuentra el proceso para la variable humedad en este producto.

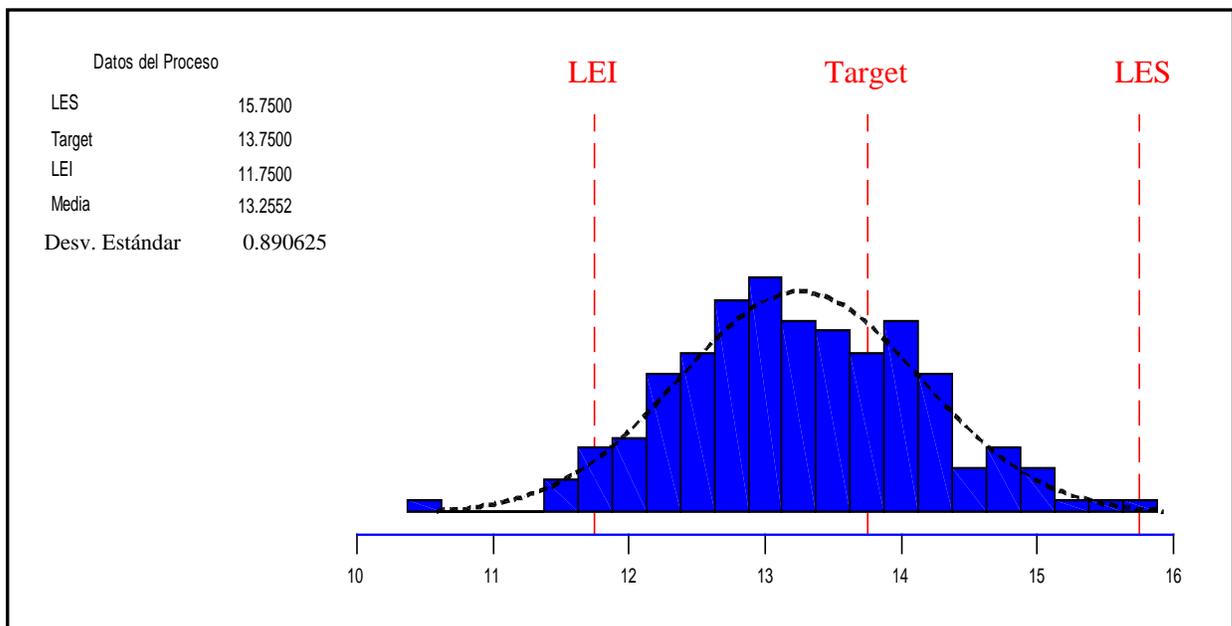


Figura 5.2. Histograma de frecuencia de la variable humedad en la viruta de jabón [Fuente: Propia]

Continuando con el análisis al producto en proceso durante el año 2007 se presenta la Figura 5.3 en la que se muestra el diagrama de control de la variable acidez.

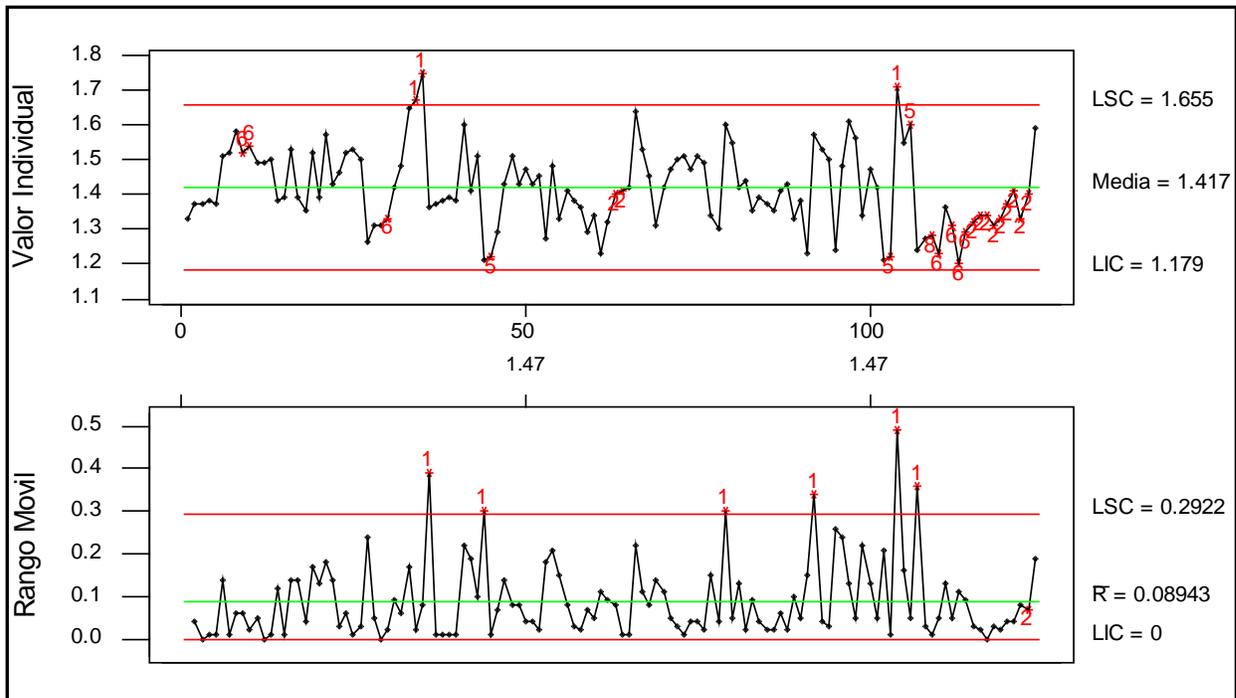


Figura 5.3 Gráfico de control de la variable acidez en la viruta de jabón [Fuente: Propia]

En el diagrama de valor individual se muestran los puntos (1) que representan desplazamientos o cambios de nivel en el proceso, que se encuentran fuera de los límites de control a una distancia mayor a tres desviaciones estándar, los puntos (2) presentan el patrón de estratificación, reflejado por la concentración de varios puntos en la parte central del gráfico, los puntos (5) y (6) se encuentran muy cercanos a los límites de control, a una distancia de dos y una desviación estándar respectivamente. Adicionalmente se observa con mucha frecuencia y muy marcados los cambios repentinos de nivel tanto de forma creciente como decreciente a lo largo del diagrama. En relación al diagrama de rango móvil se notan los puntos (1) que se encuentran por encima del límite superior de control. El proceso para la variable acidez también es inestable, presenta mucha variabilidad y por tanto se encuentra fuera de control estadístico.

En el histograma de frecuencias reflejado en la Figura 5.4 se confirma aun más el estado de descontrol del proceso para esta variable, ya que la media se encuentra desplazada a la izquierda pero aun dentro de las especificaciones de este producto. En el histograma se aprecia la distribución acampanada de los datos y que los porcentajes de frecuencias se ajustan a esta distribución.

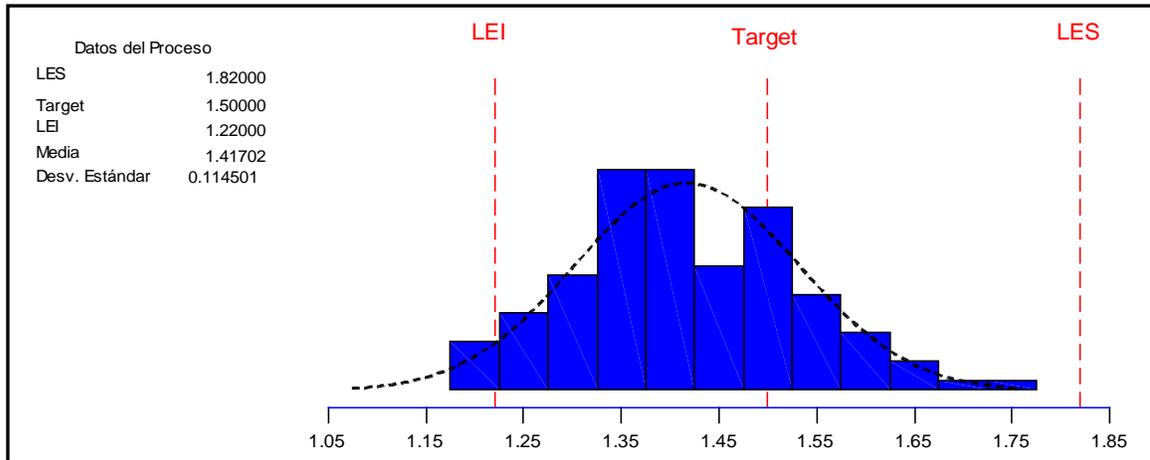


Figura 5.4 Histograma de frecuencia de la variable acidez en la viruta de jabón [Fuente: Propia]

Cuantificando el proceso de fabricación de jabón para el producto terminado cuyas especificaciones claves de liberación son las mismas que para la viruta de jabón, se muestra la Figura 5.5, donde para la variable humedad solo se aprecia el punto (6) que indica que un grupo aproximado de 4 valores se encuentra a una distancia de una desviación estándar del límite de control, pero su presencia no marca gran impacto en el control del proceso para esta variable debido a que el patrón de descontrol se presenta una sola vez y para poder ser tomada en cuenta se debe repetir el patrón de descontrol. Debido a que el proceso se encuentra controlado se realizó el estudio de capacidad del proceso para corroborar si cumple con las especificaciones.

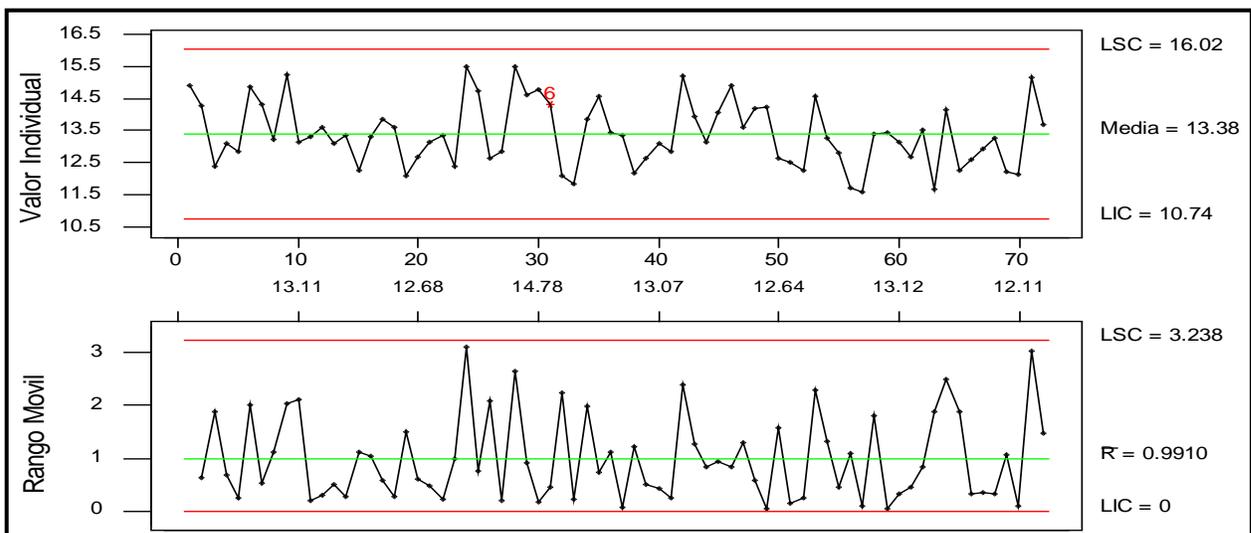


Figura 5.5 Gráfico de control de la variable humedad en los jabones prototipo A1 [Fuente: Propia]

En la Figura 5.6 se aprecia el histograma de frecuencias de la variable humedad para los jabones prototipo A1. Se observa en el histograma que la media se encuentra ligeramente desplazada a la izquierda, que el porcentaje de productos fuera de la especificación inferior es de 5.17 % y fuera de la especificación superior es de 0.89 % arrojando un porcentaje de productos fuera de especificaciones total de 6.06 %.

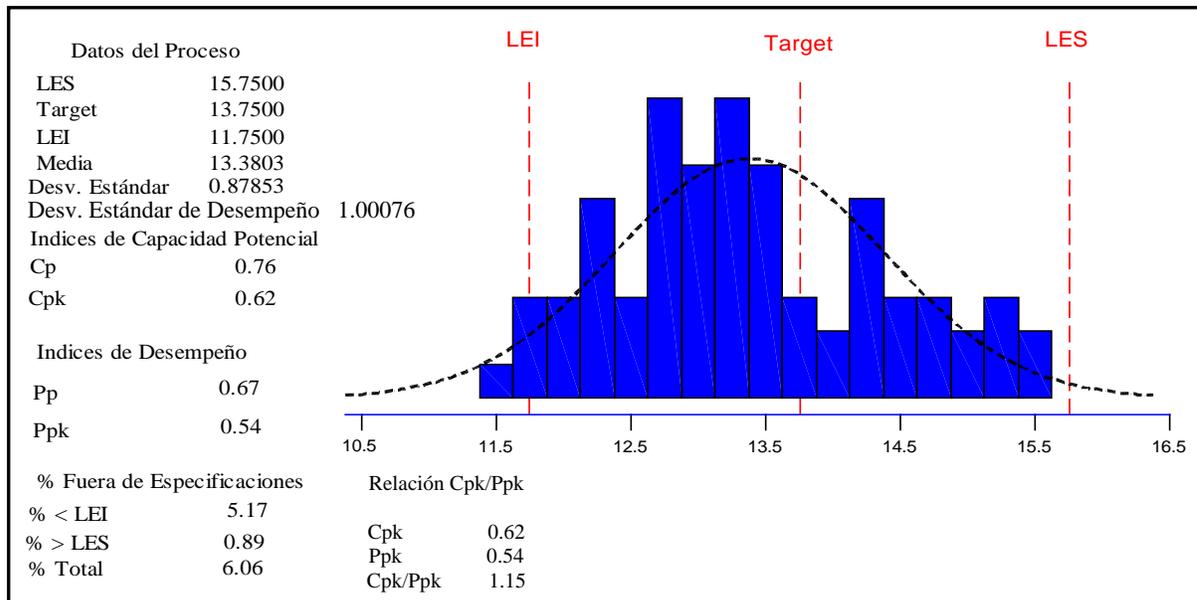


Figura 5.6 Histograma de frecuencia de la variable humedad en los jabones prototipo A1 [Fuente: Propia]

En este histograma se puede apreciar que los valores de Cp y Cpk son menores que 1,33 por lo que el proceso no es capaz de cumplir con las especificaciones de la variable humedad en los jabones prototipo A1, los índices de desempeño Pp y Ppk son menores que 1 por lo que también confirman que el desempeño del proceso no es óptimo. Por último la relación entre el índice de capacidad y el índice de desempeño es igual a 1.15 y con un Ppk igual a 0.54, se obtiene que el proceso se encuentre en la zona amarilla; es decir, el proceso es no capaz pero está controlado estadísticamente.

Para la variable acidez en los jabones prototipo A1 se presenta el gráfico de control (Figura 5.7), donde se aprecia al proceso para esta variable fuera de control, posiblemente debido a causas atribuibles o especiales ya que aparecen en el gráfico los puntos (1) que muestran puntos fuera de los límites de control, los puntos (5) y (6) que se encuentran muy cercanos a los límites

de control, a una distancia de dos y una desviación estándar respectivamente de los límites de control y los puntos (8) que se encuentran a una distancia de una desviación estándar de la línea central. Debido a que dicho proceso se encuentra fuera de control estadístico no será posible presentar el estudio de capacidad del mismo.

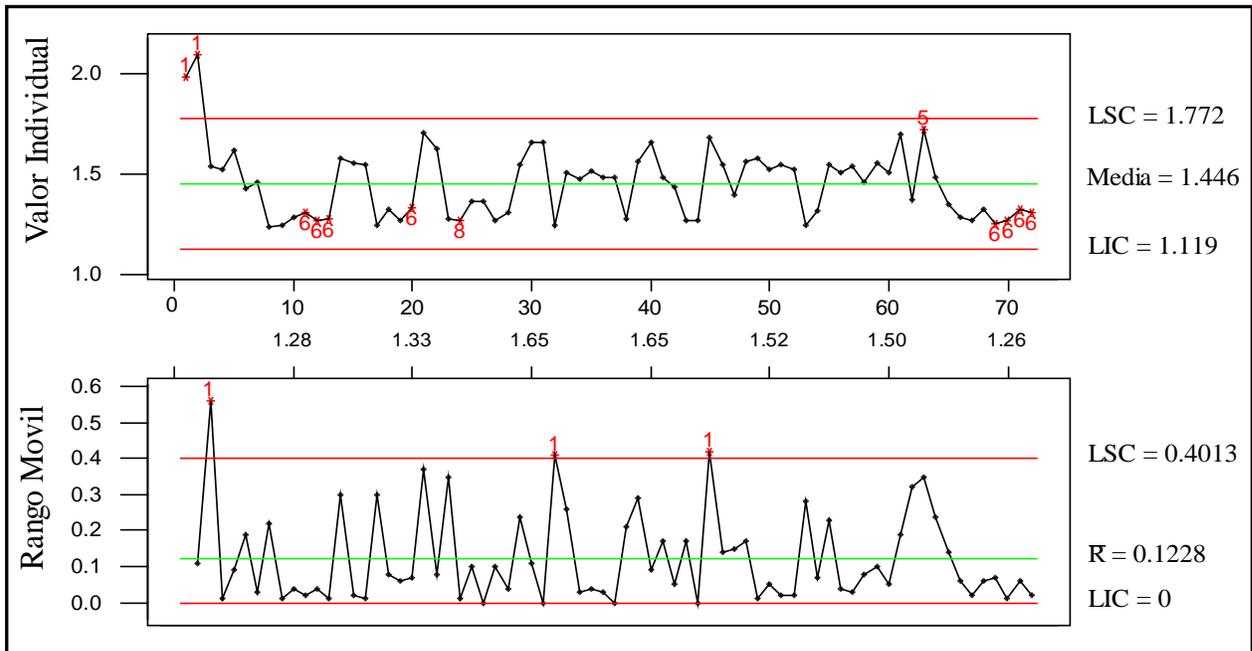


Figura 5.7 Gráfico de control de la variable acidez en los jabones prototipo A1 [Fuente: Propia]

En la Figura 5.8 se muestra para la variable acidez el histograma de frecuencias, en el que se aprecia que la media se desplaza a la izquierda y que el porcentaje de productos fuera de especificaciones es 0.01 %.

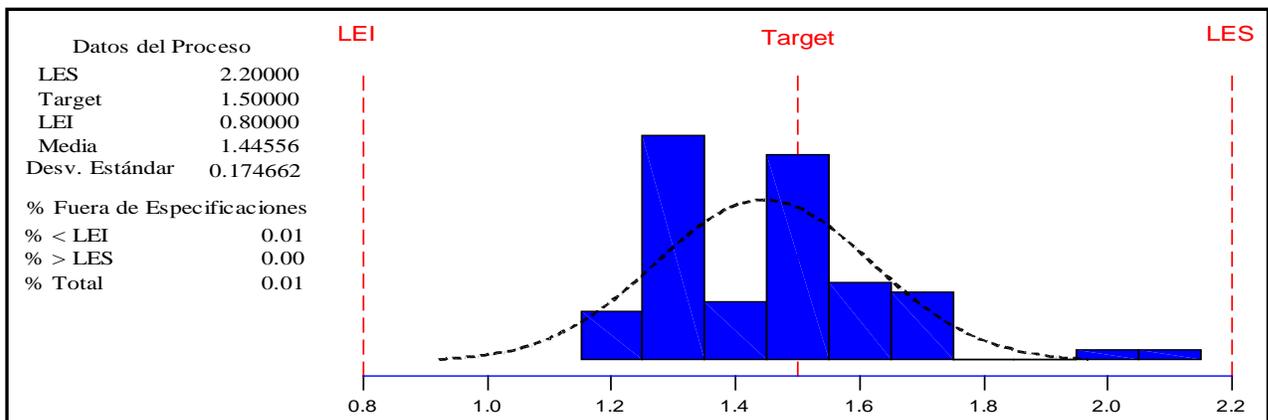


Figura 5.8 Histograma de frecuencia de la variable acidez en los jabones prototipo A1 [Fuente: Propia]

Evaluando ahora la situación inicial para los jabones prototipo A2 se muestra en la Figura 5.9, el gráfico de control del proceso para la variable humedad en los mismos.

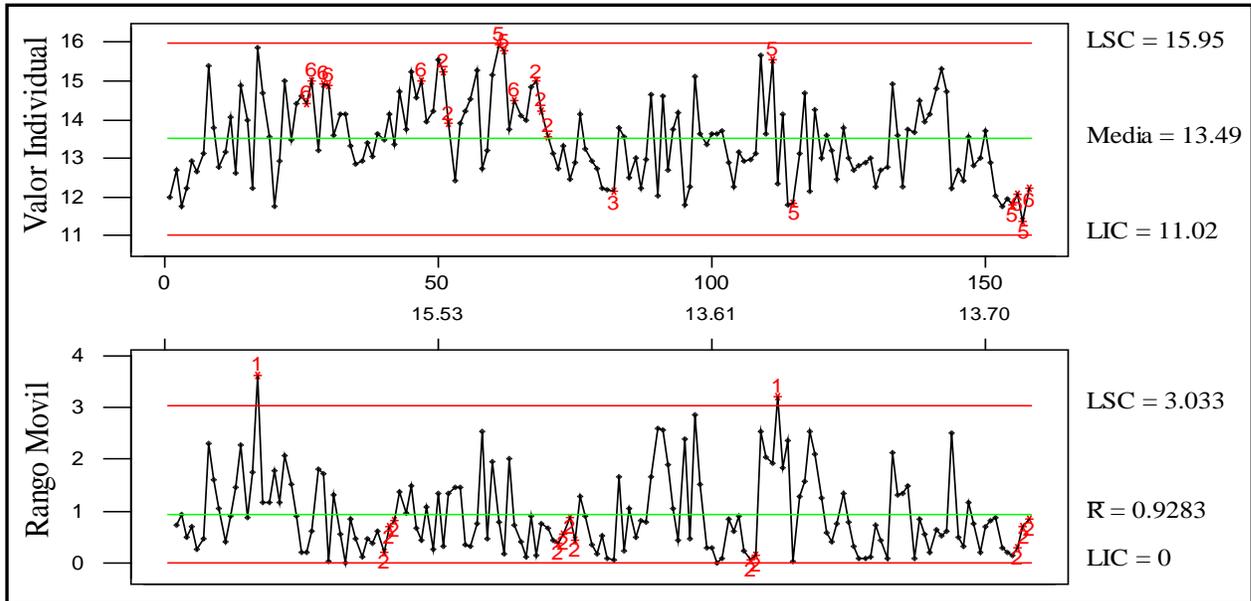


Figura 5.9 Gráfico de control de la variable humedad en los jabones prototipo A2 [Fuente: Propia]

En el diagrama de valor individual se muestran los puntos (2) que presentan el patrón de estratificación, los puntos (3) que representan el patrón de desplazamiento continuo en decrecimiento y los puntos (5) y (6) se encuentran muy cercanos a los límites de control, a una distancia de dos y una desviación estándar respectivamente. Con respecto al diagrama de rango móvil se notan puntos (1) por encima del límite superior de control y los puntos (2) que se encuentran a una distancia de dos desviaciones de la línea central. La presencia de estos puntos en el diagrama confirma que el proceso no se encuentra bajo control estadístico para esta variable, por lo que no se presenta el estudio de capacidad del proceso.

El histograma de frecuencias de la Figura 5.10 evidencia que la media del proceso para la variable humedad en los jabones prototipo A2 se encuentra ligeramente desplazada a la izquierda, y adicionalmente muestra que un total de 6.56 % de estos jabones se encuentra fuera de especificaciones, con un 4.98 % fuera de la especificación inferior y 1.58 % fuera de la especificación superior.

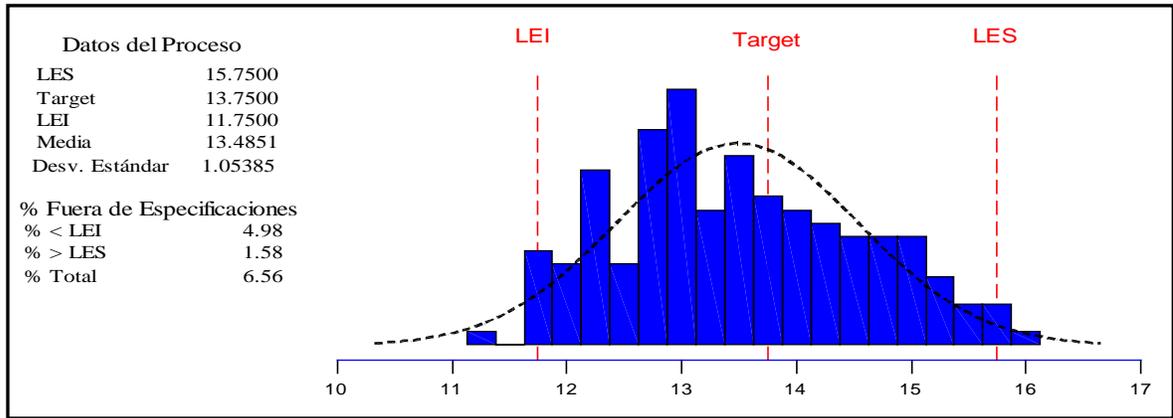


Figura 5.10 Histograma de frecuencia de la variable humedad en los jabones prototipo A2 [Fuente: Propia]

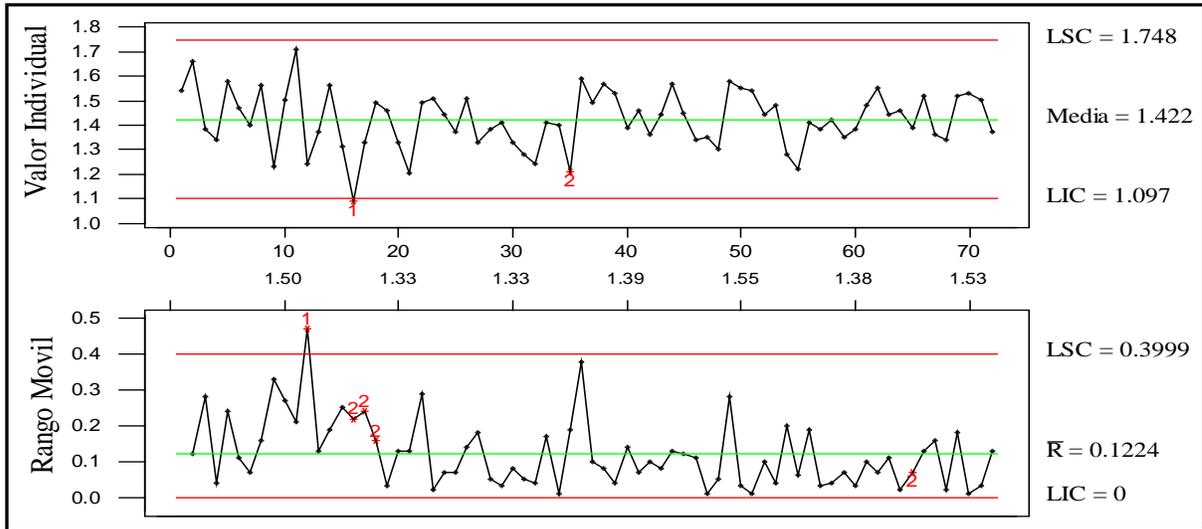


Figura 5.11 Gráfico de control de la variable acidez en los jabones prototipo A2 [Fuente: Propia]

La Figura 5.11 representa el diagrama de control del proceso para la variable acidez en los jabones prototipo A2. En el diagrama de valor individual se manifiestan el punto (1) fuera de los límites de control y el punto (2) que representa el patrón de estratificación. En relación al diagrama de rango móvil se notan puntos (1) por encima del límite superior de control y los puntos (2) distanciados a una o dos desviaciones estándar de la línea central. La presencia de estos puntos pone en manifiesto que el proceso se encuentra en descontrol, pero como se manifiestan con tan poca frecuencia se realizó el estudio de capacidad para corroborar en que estado de control estadístico se encuentra el proceso.

El estudio de capacidad del proceso reflejado en el histograma de frecuencias de la Figura 5.12 muestra que se obtuvo un valor de 0.92 y 0.68 para los índices de capacidad potencial Cp y Cpk respectivamente, mientras que para los índices de desempeño Pp y Ppk se obtuvieron valores de 0.86 y 0.63 respectivamente. Adicionalmente se observa un porcentaje total de estos jabones fuera de especificaciones de 2.91 %, teniendo que fue mayor el porcentaje fuera de la especificación inferior que de la superior. Esto indica que el proceso no es capaz de cumplir con las especificaciones de la variable acidez en este producto.

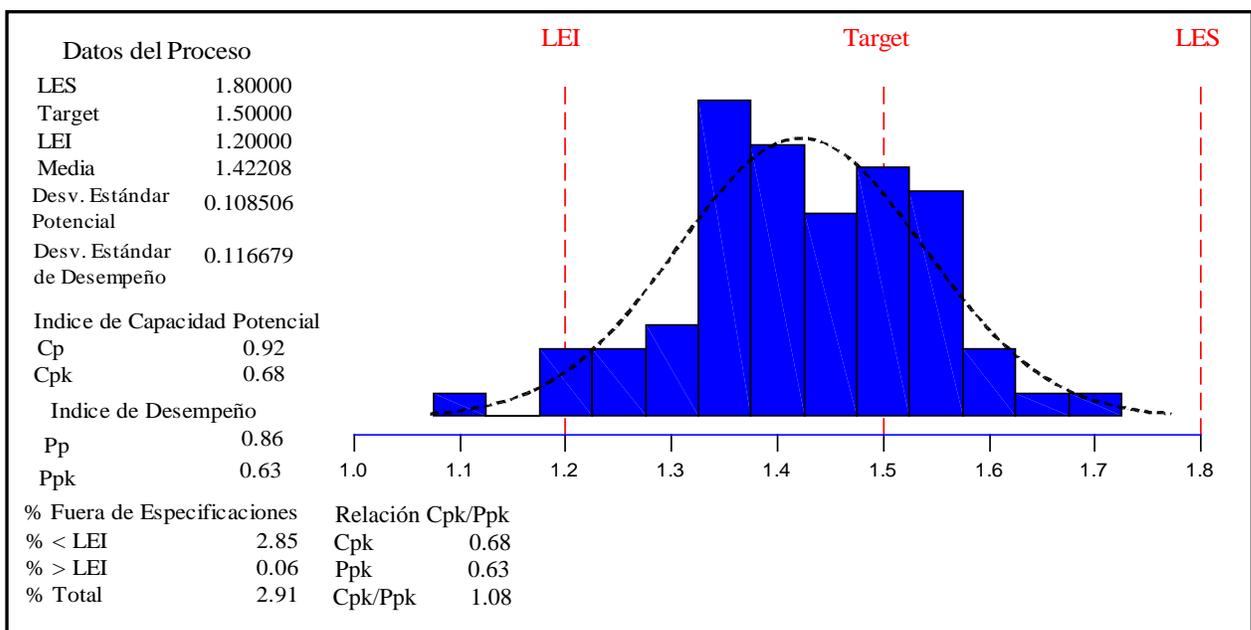


Figura 5.12 Histograma de frecuencia de la variable acidez en los jabones prototipo A2 [Fuente: Propia]

Para los productos terminados se evaluaron las variables % TCC y vitamina E, la primera de estas variables fue evaluada ya que es de suma importancia porque se refiere al porcentaje de agente activo antibacterial presente en los jabones y la segunda porque muestra la cantidad de nutrientes benéficos que proporciona el jabón a la piel. Se encontró que la planta no lleva un control estadístico de estas variables debido a que la frecuencia de análisis para las mismas es mínima y no es posible la realización de un diagrama de control ni un estudio de capacidad. Por ello se recopiló data suficiente realizando este análisis con mayor frecuencia y de forma paralela al realizado por el analista del laboratorio. En la Figura 5.13 se aprecia que el proceso para la variable % TCC en los productos terminados A1 se encuentra fuera de control estadístico, debido

a la presencia de puntos (1), que se encuentran fuera de los límites de control, los puntos (2) que presentan estratificación, los puntos (6) que se encuentran distanciados dos desviaciones estándar de los límites de control y los puntos (8) que se encuentran distanciados una desviación estándar de la línea central. Por tal razón no es posible realizar el estudio de capacidad del proceso para esta variable.

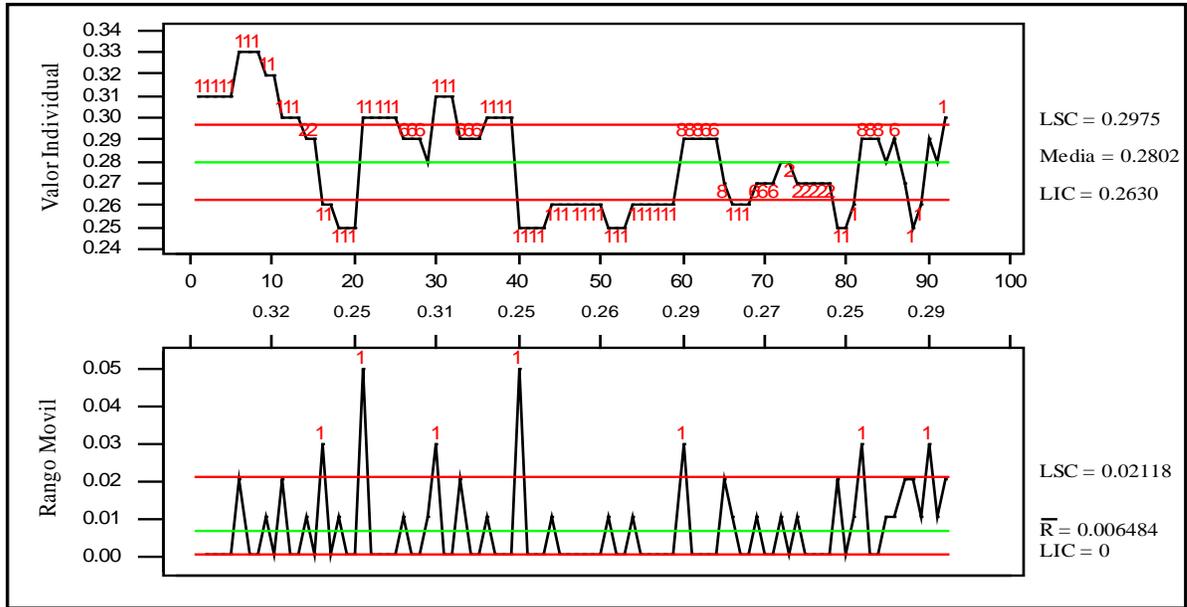


Figura 5.13 Gráfico de control de la variable % TCC en los productos terminados prototipo A1 [Fuente: Propia]

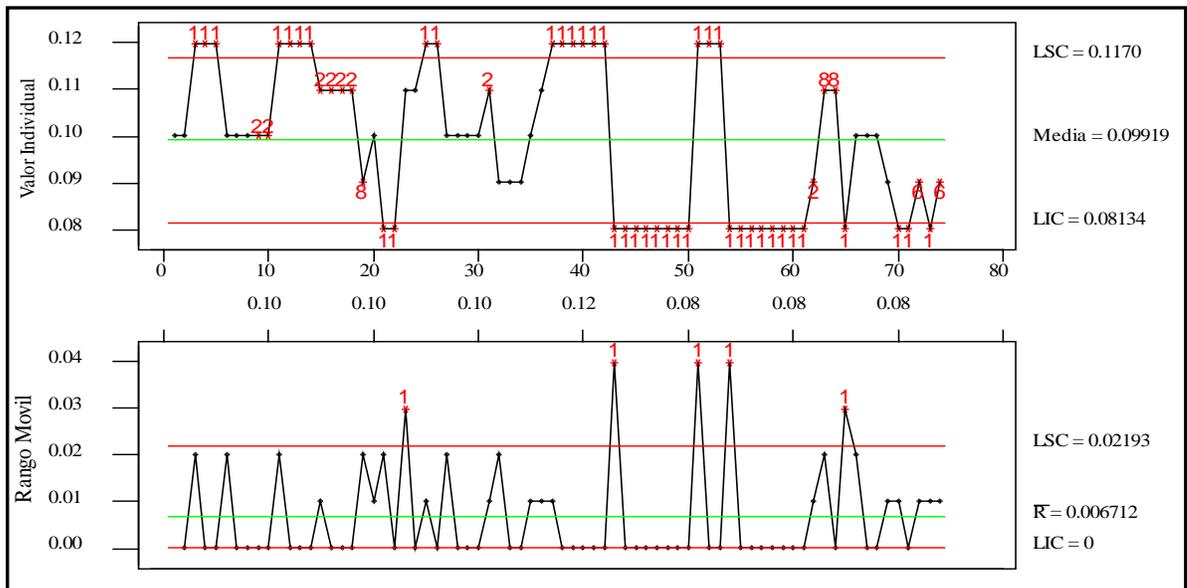


Figura 5.14 Gráfico de control de la variable % TCC en los productos terminados prototipo A2 [Fuente: Propia]

De igual forma en la Figura 5.14 que representa el diagrama de control de la variable % TCC para los jabones prototipo A2, se aprecia al proceso fuera de control estadístico debido a la presencia de los puntos (1) que se encuentran fuera de los límites de especificación y los puntos (2) que presentan patrón de estratificación en el diagrama de valores individuales y a su vez se confirma esta condición con la presencia de puntos (1) que se encuentran fuera de los límites de control en el diagrama de rango móvil. El estudio de capacidad de proceso no puede ser realizado debido a que el proceso se encuentra fuera de control estadístico.

En la Figura 5.15 se aprecia el diagrama de control del proceso para la variable vitamina E en los jabones prototipo A2. En el diagrama se observa la presencia de puntos fuera de los límites de control, denotados por los puntos (1), se observan también los puntos (2) que presentan patrón de estratificación, los puntos (6) que están distanciados de los límites de control por una desviación estándar y los puntos (8) que se alejan una distancia de una desviación estándar de la línea central. La presencia de estos puntos demuestra que el proceso para esta variable se encuentra fuera de control estadístico, razón por la cual no es posible realizar el estudio de capacidad.

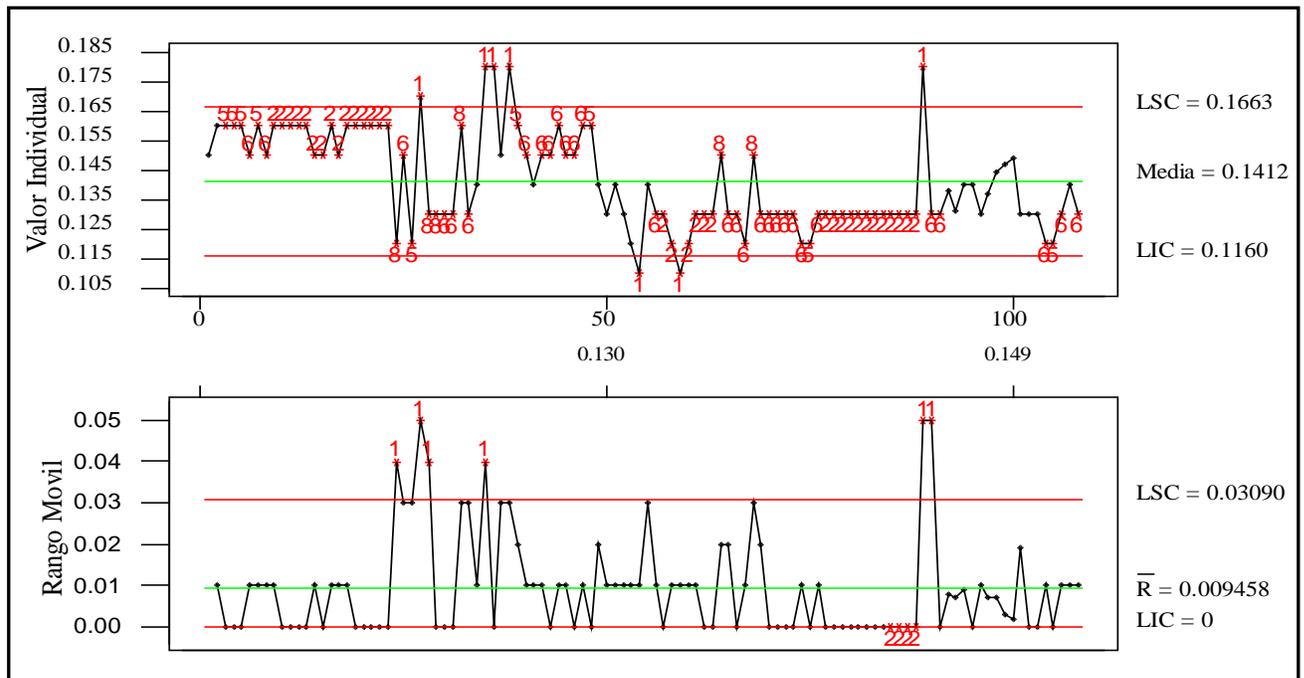


Figura 5.15 Gráfico de control de la variable vitamina E en los productos terminados prototipo A2 [Fuente: Propia]

Para la identificación de las causas que podrían estar ocasionando la variación en el proceso, se muestran los diagramas de causa - efecto de cada variable en estudio, donde se exponen las posibles causas según su correspondencia con las 6M's: maquinaria, mano de obra, materia prima, mediciones, métodos y medio ambiente.

Como se observa en las figuras 5.16, 5.18 y 5.20 la variabilidad de la humedad tanto en el producto en proceso como en el terminado se debe a una gran cantidad de causas, que van desde la alimentación de vapor a los intercambiadores de la secadora hasta las mediciones erróneas realizadas por los operadores.

Por su parte en las Figuras 5.17, 5.19 y 5.21 se muestran las causas que se pueden atribuir a la variabilidad de la acidez, que van desde la adición del ácido, el tiempo de agitación en el tanque crutcher hasta finalmente la variabilidad entre operadores.

Se muestra en la Figura 5.22 el diagrama causa - efecto que registra las posibles causas que originan la variabilidad del parámetro % TCC, estas causas van desde la variación en la preparación de la pre-mezcla, la variabilidad de los operadores y el número de partes incorporadas de este componente. En la Figura 5.23 se muestran las causas que dan origen a la variabilidad de la vitamina E en los jabones, esta variable puede verse afectada por la mala incorporación de la misma a la mezcla de jabón entre otras causas. Es importante evaluar si los métodos de determinación tanto de la vitamina E como del % TCC son causa de la variabilidad de estos parámetros, así como también si la frecuencia con la que se muestrea sea representativa de los jabones producidos.

APÉNDICE A

A continuación se muestran los formatos para la confirmación de las posibles causas que originan la variación de los parámetros fisicoquímicos del jabón.

APÉNDICE B

A continuación se muestran los formatos de las acciones correctivas para las causas que originan la variación de los parámetros fisicoquímicos del jabón.

APÉNDICE C

A continuación se muestra tabulados los datos que se utilizaron para analizar la situación inicial del producto en proceso.

TABLA C.1 DATOS PARA EL ANÁLISIS DEL PRODUCTO EN PROCESO

Turno	Acidez (%)	Humedad (%)	Turno	Acidez (%)	Humedad (%)
1	1.33	14.83	2	1.31	14.08
1	1.37	13.11	2	1.31	13.73
1	1.37	11.48	2	1.33	13.57
1	1.38	13.49	3	1.42	13.79
1	1.37	10.48	3	1.48	14.55
1	1.51	12.44	3	1.65	13.98
2	1.52	12.38	3	1.67	14.76
2	1.58	12.50	3	1.75	14.32
2	1.52	13.24	3	1.36	14.87
2	1.54	14.08	1	1.37	14.26
2	1.49	13.82	1	1.38	13.65
2	1.49	14.08	1	1.39	14.08
3	1.50	14.08	1	1.38	13.70
3	1.38	13.04	1	1.60	13.33
3	1.39	13.82	1	1.41	13.11
3	1.53	12.88	2	1.51	12.09
3	1.39	12.62	2	1.21	12.78
3	1.35	12.50	2	1.22	12.66
1	1.52	12.32	2	1.29	15.07
1	1.39	12.64	2	1.43	13.46
1	1.57	13.40	2	1.51	13.20
1	1.43	13.24	3	1.43	13.66
1	1.46	13.42	3	1.47	14.36
1	1.52	13.02	3	1.43	14.29
2	1.53	14.15	3	1.45	13.11
2	1.50	13.93	3	1.27	13.39
2	1.26	14.01	3	1.48	12.84
1	1.33	13.26	1	1.38	13.42
1	1.41	12.93	1	1.23	13.59

**TABLA C.1 (CONTINUACIÓN) DATOS PARA EL ANÁLISIS DEL PRODUCTO
EN PROCESO**

Turno	Acidez (%)	Humedad (%)	Turno	Acidez (%)	Humedad (%)
2	1.40	14.21	2	1.56	15.52
2	1.41	13.64	2	1.34	14.36
2	1.42	12.44	2	1.47	13.21
2	1.64	12.89	2	1.42	12.54
3	1.53	12.21	3	1.21	13.56
3	1.45	12.43	3	1.22	13.49
3	1.31	12.64	3	1.71	13.58
3	1.42	13.20	3	1.55	13.63
3	1.47	12.84	3	1.60	13.21
3	1.50	13.12	3	1.24	13.59
1	1.51	13.06	1	1.27	13.73
1	1.47	12.75	1	1.28	14.01
1	1.51	12.26	1	1.23	14.86
1	1.49	12.50	1	1.36	14.29
1	1.34	12.63	1	1.31	14.00
1	1.30	12.77	1	1.20	13.11
2	1.60	12.90	2	1.29	13.43
2	1.55	12.88	2	1.32	13.24
2	1.42	13.86	2	1.34	13.88
2	1.44	14.17	2	1.34	13.72
2	1.35	14.82	2	1.31	13.54
2	1.39	11.87	2	1.33	12.44
3	1.37	12.84	3	1.37	12.32
3	1.35	12.98	3	1.41	12.36
3	1.41	13.11	3	1.33	12.54
3	1.43	13.48	3	1.40	12.50
3	1.33	13.26	3	1.59	12.88
3	1.43	13.17	3	1.45	13.58
1	1.38	13.32	1	1.57	13.73
1	1.36	13.40	1	1.53	13.33
1	1.29	14.29	1	1.50	13.81
1	1.34	13.90	1	1.24	13.17
2	1.23	14.93	2	1.48	12.50
2	1.32	13.78	2	1.61	14.29

APÉNDICE D

A continuación se presentan los tabulados los datos utilizados para el análisis inicial del producto terminado prototipo A1.

**TABLA D.1 DATOS PARA EL ANÁLISIS DEL PRODUCTO TERMINADO
PROTOTIPO A1**

Turno	Acidez (%)	Humedad (%)	Turno	Acidez (%)	Humedad (%)
1	1.98	14.90	3	1.48	13.43
1	2.09	14.27	3	1.48	13.36
1	1.53	12.39	3	1.27	12.15
1	1.52	13.08	3	1.56	12.64
1	1.61	12.84	3	1.65	13.07
1	1.42	14.86	3	1.48	12.82
1	1.45	14.32	3	1.43	15.21
2	1.23	13.21	1	1.26	13.95
2	1.24	15.24	1	1.26	13.11
2	1.28	13.11	1	1.68	14.06
2	1.30	13.30	1	1.54	14.90
2	1.26	13.60	1	1.39	13.59
2	1.27	13.09	1	1.56	14.17
2	1.57	13.36	1	1.57	14.21
3	1.55	12.25	2	1.52	12.64
3	1.54	13.28	2	1.54	12.49
3	1.24	13.86	2	1.52	12.25
3	1.32	13.59	2	1.24	14.56
3	1.26	12.08	2	1.31	13.24
3	1.33	12.68	2	1.54	12.78
3	1.70	13.15	2	1.50	11.68
1	1.62	13.36	3	1.53	11.59
1	1.27	12.36	3	1.45	13.40
1	1.26	15.49	3	1.55	13.44
1	1.36	14.73	3	1.50	13.12
1	1.36	12.64	3	1.69	12.68
1	1.26	12.84	3	1.37	13.52
1	1.30	15.50	3	1.72	11.64

**TABLA D.1 (CONTINUACIÓN) DATOS PARA EL ANÁLISIS DEL PRODUCTO
TERMINADO PROTOTIPO A1**

Turno	Acidez (%)	Humedad (%)	Turno	Acidez (%)	Humedad (%)
2	1.54	14.60	1	1.48	14.15
2	1.65	14.78	1	1.34	12.25
2	1.65	14.32	1	1.28	12.58
2	1.24	12.06	1	1.26	12.94
2	1.50	11.84	1	1.32	13.26
2	1.47	13.84	1	1.25	12.20
2	1.51	14.56	1	1.26	12.11
2	1.32	15.15	3	1.46	15.00
2	1.30	13.66	3	1.39	13.18
2	1.31	11.96	3	1.52	14.91
2	1.42	12.68	3	1.36	14.88
2	1.20	11.75	3	1.34	13.57
2	1.32	12.23	3	1.42	14.12
2	1.57	12.92	3	1.45	14.12
3	1.30	12.66	1	1.52	13.29
3	1.59	13.11	1	1.53	12.83
3	1.48	15.40	1	1.50	12.93
3	1.41	13.79	1	1.37	13.40
3	1.31	12.75	1	1.31	13.02
3	1.42	13.16	1	1.51	13.64
3	1.45	14.06	1	1.38	13.45
1	1.41	12.60	2	1.32	14.15
1	1.49	14.86	2	1.33	13.33
1	1.38	13.98	2	1.32	14.70
1	1.41	12.23	2	1.35	13.75
1	1.52	15.84	2	1.22	15.23
1	1.52	14.69	2	1.29	14.56
1	1.56	13.53	2	1.45	15.00
2	1.51	11.75	3	1.35	13.93
2	1.49	12.90	3	1.51	14.20
2	1.25	14.98	3	1.54	15.53
2	1.16	13.48	3	1.43	15.22
2	1.45	14.39	3	1.29	13.88
2	1.48	14.60	3	1.24	12.42
2	1.41	14.40	3	1.24	13.88

APÉNDICE E

A continuación se presentan los tabulados los datos utilizados para el análisis inicial del producto terminado prototipo A2.

**TABLA E.1 DATOS PARA EL ANÁLISIS DEL PRODUCTO TERMINADO
PROTOTIPO A2**

Turno	Acidez (%)	Humedad (%)	Turno	Acidez (%)	Humedad (%)
1	1.54	13.58	1	1.38	14.86
1	1.66	13.40	2	1.41	13.98
1	1.38	15.20	2	1.33	12.23
1	1.34	13.02	2	1.28	15.84
1	1.58	15.27	2	1.24	14.69
1	1.47	14.98	2	1.41	13.53
1	1.40	13.62	2	1.40	11.75
2	1.56	14.92	2	1.21	12.90
2	1.23	12.38	3	1.59	14.98
2	1.50	13.00	3	1.49	13.48
2	1.71	12.32	3	1.57	14.39
2	1.24	14.63	3	1.53	14.60
2	1.37	12.50	3	1.39	14.40
2	1.56	12.32	3	1.46	15.00
3	1.31	11.96	3	1.36	13.18
3	1.09	12.68	1	1.44	14.91
3	1.33	11.75	1	1.57	14.88
3	1.49	12.23	1	1.45	13.57
3	1.46	12.92	1	1.34	14.12
3	1.33	12.66	1	1.35	14.12
3	1.20	13.11	1	1.30	13.29
1	1.49	15.40	1	1.58	12.83
1	1.51	13.79	2	1.55	12.93
1	1.44	12.75	2	1.54	13.40
1	1.37	13.16	2	1.44	13.02
1	1.51	14.06	2	1.48	13.64
1	1.33	12.60	2	1.28	13.45

**TABLA E.1 (CONTINUACIÓN) DATOS PARA EL ANÁLISIS DEL PRODUCTO
TERMINADO PROTOTIPO A2**

Turno	Acidez (%)	Humedad (%)	Turno	Acidez (%)	Humedad (%)
2	1.22	14.15	2	1.26	12.70
2	1.41	13.33	2	1.69	13.75
3	1.38	14.70	2	1.82	14.17
3	1.42	13.75	2	1.75	11.79
3	1.35	15.23	2	1.38	12.26
3	1.38	14.56	2	1.24	15.12
3	1.48	15.00	2	1.26	13.62
3	1.55	13.93	3	1.37	13.33
3	1.38	14.70	3	1.49	13.61
1	1.52	13.88	3	1.48	13.61
1	1.36	12.42	3	1.69	13.70
1	1.34	13.88	3	1.27	12.86
1	1.52	14.22	3	1.23	12.25
1	1.53	14.54	3	1.28	13.14
2	1.50	15.28	1	1.25	12.92
2	1.37	12.73	1	1.28	12.96
2	1.31	13.30	1	1.21	13.10
2	1.21	12.44	1	1.33	15.65
2	1.33	12.86	1	1.37	13.62
2	1.37	14.15	1	1.32	15.53
2	1.32	13.25	1	1.26	12.32
3	1.26	12.90	2	1.40	14.15
3	1.42	12.74	2	1.38	11.80
3	1.40	12.23	2	1.47	11.82
3	1.38	12.16	2	1.43	13.11
3	1.47	12.12	2	1.51	14.69
3	1.43	13.78	2	1.47	12.15
3	1.51	13.56	2	1.50	14.25
1	1.47	12.50	3	1.28	13.00
1	1.50	13.00	3	1.57	13.58
1	1.28	12.20	3	1.55	13.18
1	1.57	12.97	3	1.38	12.43
1	1.55	14.63	3	1.51	13.78
1	1.38	12.02	3	1.55	13.00
1	1.26	14.60	3	1.38	12.70

APÉNDICE F

A continuación se presentan los tabulados los datos utilizados para el análisis del sebo como materia prima.

TABLA F.1 DATOS PARA EL ANÁLISIS DEL SEBO COMO MATERIA PRIMA

Acidez (%)	Color Lovibond 1''	Acidez (%)	Color Lovibond 1''
4.09	9	4.03	8
4.09	9	4.22	9
3.74	9	1.76	8
4.32	9	3.02	9
4.36	9	4.60	9
4.36	8	2.95	8
4.85	8	3.06	9
4.85	7	4.65	9
4.83	8	3.52	9
4.11	8	4.88	9
4.12	7	4.88	9
4.12	7	4.88	9
4.74	8	4.93	9
4.93	7	4.77	9
4.09	8	4.85	9
1.34	7	3.83	9
3.88	7	3.96	9
3.40	9	2.85	9
4.78	9	3.24	9
4.56	8	4.87	9
2.65	7	2.95	9
2.27	8	2.97	9
4.85	8	1.18	8
3.82	9	3.70	8
3.74	9	2.90	9
4.89	8	4.12	9
4.96	8	4.14	9
4.85	9	4.88	8
4.85	9	3.75	8
4.96	9	4.95	9
3.46	5	3.51	8
1.76	8		

APÉNDICE G

A continuación se presentan los tabulados los datos utilizados para el análisis del aceite palmiste como materia prima.

TABLA G.1 DATOS PARA EL ANÁLISIS DEL ACEITE PALMISTE COMO MATERIA PRIMA

Acidez (%)	Color de Saponificación	Acidez (%)	Color de Saponificación
0.460	5.0	2.840	5.0
2.130	5.0	5.560	5.0
0.520	5.0	5.370	5.0
4.120	4.0	9.510	5.0
18.300	5.0	1.910	5.0
3.880	5.0	1.630	2.4
3.040	5.0	1.680	4.0
2.400	5.0	1.560	5.0
16.140	5.0	0.078	3.0
16.330	5.0	3.400	5.0
2.150	10.0	3.350	5.0
2.150	5.0	2.180	5.0
4.050	5.0	2.180	5.0
3.050	5.0	1.180	5.0
1.700	5.0	3.210	5.0
12.510	5.0	3.210	5.0
7.750	11.0	3.030	5.0
7.720	10.0	4.500	5.0
0.740	9.0	3.910	3.0
1.280	10.0	3.910	3.0
8.740	5.0	0.970	3.0
8.650	5.0	3.880	5.0

TABLA A.1 FORMATO PARA LA CONFIRMACIÓN DE LAS CAUSAS DE LA VARIACIÓN DE LOS PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS DEL JABÓN

DEPARTAMENTO TÉCNICO		ÁREA PLANTA JABONES		EQUIPO DE TRABAJO: Ada Stefanelli, Emilio Díaz, Alexis Colina, Blas Salas, Henry Rivero, Carolina Fernández.	
Nº	CAUSA	MÉTODO DE CONFIRMACIÓN	QUIÉN	VARIABLE AFECTADA	RESULTADOS OBTENIDOS
1	Variación de la Calidad	Realizar caracterización de las materias primas de mayor presencia en el jabón. Estudiar el comportamiento de los datos.	Carolina Fernández	Humedad y Acidez	Los análisis arrojaron que la variabilidad en las materias prima es una causa asignable que contribuye con la variabilidad del proceso.
2	Almacenamiento	Revisar hojas de especificaciones de almacenamiento de todas las materias primas y verificar condiciones	Carolina Fernández/L. Emilio Díaz	Humedad y Acidez	Se encontró que el almacén cumple con todas las condiciones de almacenamiento de materias primas de jabones, por ello esta causa no contribuye con la variabilidad del proceso.
3	Proceso Auxiliar	Verificar que se lleven a cabo estos procesos a las condiciones especificadas en el manual de procedimiento estándar de manufactura, y que se realicen los análisis correspondientes.	Carolina Fernández/ Blas Salas	Humedad y Acidez	Se verificó que a todas las grasas y aceites se les blanquea y desgoma antes de ser usadas, y que los análisis son realizados por el laboratorio de calidad cumpliendo siempre con especificaciones. Por esta razón no se confirma como causa asignable.
4	Adición de componentes	Monitorear las pesadas realizadas por los operadores para la adición de componentes. Chequear los tiempos de agitación.	Carolina Fernández/ Alexis Colina	Humedad y Acidez	No se cumple con el número de partes adicionadas ya que los operadores se exceden en las pesadas. El tiempo establecido por el procedimiento de fabricación para la agitación no se pudo corroborar ya que no es reportado por los operadores. Se confirma que la adición de componentes es una causa asignable de la variabilidad del proceso.
5	Variabilidad de operadores	Realizar un estudio de capacidad de los análisis de humedad y acidez realizados por los operadores, comparar con los datos obtenidos por un analista calificado.	Carolina Fernández	Humedad y Acidez	Se encontró que para las mismas muestras los operadores arrojaron valores que ubican al proceso como fuera de control, mientras que los resultados del analista calificado ubicaron al proceso bajo control estadístico y definen al proceso como capaz de cumplir con las especificaciones. Se confirma esta causa como contribuyente de la variabilidad del proceso.

TABLA A.1 (CONTINUACIÓN) FORMATO PARA LA CONFIRMACIÓN DE LAS CAUSAS DE LA VARIACIÓN DE LOS PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS DEL JABÓN

DEPARTAMENTO TÉCNICO		ÁREA PLANTA JABONES	EQUIPO DE TRABAJO: Ada Stefanelli, Emilio Díaz, Alexis Colina, Blas Salas, Henry Rivero, Carolina Fernández.		
Nº	CAUSA	MÉTODO DE CONFIRMACIÓN	QUIÉN	VARIABLE AFECTADA	RESULTADOS OBTENIDOS
6	Turno de trabajo	Monitorear estadísticamente muestras obtenidas por los operadores de cada turno tanto para la variable humedad como acidez.	Carolina Fernández	Humedad y Acidez	Se encontró que los turnos de trabajo no influyen en la variabilidad del proceso.
7	Sistema de vacío. Fuga de vacío	Monitoreo del proceso.	Carolina Fernández/ Operadores	Humedad y Acidez	No se encontró fallas en el sistema de vacío en el lapso de investigación del proyecto. Por ello no es una causa asignable.
8	Secadora y tanque crutcher	Verificar cronograma de mantenimiento.	Carolina Fernández	Humedad y Acidez	Los operadores realizan el mantenimiento de la secadora y el tanque crutcher en el lapso previsto en los procedimientos operativos estándar. No es causa asignable.
9	Calibración de las termobalanzas.	Verificar informes de calibración y mantenimiento periódico del equipo.	Carolina Fernández	Humedad y Acidez	El departamento de metrología de la empresa realizó de forma periódica las calibraciones pertinentes. No se confirma como causa asignable.
10	Calibración de la balanza ubicada en la secadora.	Verificar informes de calibración y mantenimiento periódico del equipo.	Carolina Fernández	Humedad y Acidez	Se verificó que departamento de metrología de la empresa realizó de forma periódica las calibraciones pertinentes No se confirma como causa asignable..
11	Calibración de la balanza ubicada en el área de mezclado.	Verificar informes de calibración y mantenimiento periódico del equipo.	Carolina Fernández	Humedad y Acidez	El departamento de metrología de la empresa realizó de forma periódica las calibraciones pertinentes. No se confirma como causa asignable.
12	Toma de muestra no representativa	Verificar los procedimientos de tomas de muestras aprobados por la empresa.	Carolina Fernández	Humedad y Acidez	La toma de muestra que realizan los operadores para la realización de todos los análisis y todos los estudios de capacidad realizados en la empresa están acordes con lo que dictan los manuales operativos de toma de muestra. No se confirma como una causa asignable.

**TABLA B.1 FORMATO DE ACCIONES CORRECTIVAS PARA LAS CAUSAS DE LA VARIACIÓN DE LOS
PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS DEL JABÓN**

FORMATO DE ACCIONES CORRECTIVAS					
DEPARTAMENTO TÉCNICO		ÁREA PLANTA JABONES		EQUIPO DE TRABAJO: Ada Stefanelli, Emilio Díaz, Alexis Colina, Blas Salas, Henry Rivero, Carolina Fernández.	
Nº	CAUSA	QUÉ HACER	QUIÉN	RESULTADOS OBTENIDOS	ESTATUS
1	Variabilidad en la calidad de la Materia Prima.	<p>Revisión exhaustiva de la materia prima despachada a la empresa.</p> <p>Reanálisis de la materia prima en casos de no conformidad, (fuera de especificaciones).</p> <p>Apertura de un nuevo proceso de certificación de proveedores, con la finalidad de corroborar la certificación de los ya adscritos a la empresa y selección de nuevos proveedores con calidad certificada.</p>	<p>Henry Rivero/ Blas Salas.</p> <p>Henry Rivero.</p> <p>Departamento Técnico/Gerencia de la planta.</p>	<p>La materia prima que llega a la empresa es profundamente analizada, es solo aprobada si se encuentra dentro de especificaciones, en caso contrario es rechazada, devuelta al proveedor con su respectivo aviso de calidad notificando la causa de la devolución (fuera de especificación).</p>	OK
2	Variabilidad en los operadores	<p>Re - entrenamiento de los operadores en los procedimientos estándar de manufactura tanto de Jabón como de análisis.</p> <p>Re - calificación de los operadores en los análisis a producto en proceso y producto terminado.</p>	<p>Emilio Díaz/ Henry Rivero/ Carolina Fernández</p>	<p>Se organizaron por turnos a los operadores, se procedió a realizar el re - entrenamiento con charlas sobre el proceso de fabricación de jabón, sus etapas, control estadístico e importancia de la calidad en los productos. Se realizó una parte práctica donde cada operador fue evaluado en el desempeño de su trabajo durante la fabricación de jabón y por último cada operador fue re-calificado en los análisis correspondientes en su área de desempeño.</p>	OK
2	Variabilidad en los operadores	<p>Supervisión continua y más frecuente a los operadores en todas las etapas del proceso por parte de los supervisores de planta.</p>	<p>Emilio Díaz/ Henry Rivero/ Carolina Fernández</p>		OK

TABLA B.1 (CONTINUACIÓN) FORMATO DE ACCIONES CORRECTIVAS PARA LAS CAUSAS DE LA VARIACIÓN DE LOS PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS DEL JABÓN

FORMATO DE ACCIONES CORRECTIVAS					
DEPARTAMENTO TÉCNICO		ÁREA PLANTA JABONES	EQUIPO DE TRABAJO: Ada Stefanelli, Emilio Díaz, Alexis Colina, Blas Salas, Henry Rivero, Carolina Fernández.		
Nº	CAUSA	QUÉ HACER	QUIÉN	RESULTADOS OBTENIDOS	ESTATUS
2	Variabilidad en los operadores	Revisión de los reportes de control de todas las variables que se registran en las diferentes etapas del proceso.	Emilio Díaz/ Henry Rivero/ Carolina Fernández	Con la supervisión continua del trabajo de los operadores y la revisión a tiempo de los reportes de las variables del proceso se mantuvo controlado al proceso durante el lapso de realización del presente trabajo identificando a tiempo las causas asignables de variación y tomando las acciones correctivas necesarias para su eliminación.	OK
3	Adición de componentes	<p>Instalación de un tanque de almacenamiento para el ácido fosfórico en el área de secado, para ayudar a facilitar las pesadas de este componente.</p> <p>Colocación de dos balanzas de precisión una en el área de secado y otra en mezclado, con la finalidad de reducir los errores de pesadas por parte de los operadores y por ende la adición en exceso tanto de ácido fosfórico como de ingredientes especiales.</p>	Alexis Colina/ Blas Salas	Se propuso la instalación se un tanque para el almacenamiento del ácido fosfórico en el área de secado, el mismo proporcionado de una tubería y válvulas de cierre rápido. La instalación de este dispositivo ayudó a los operadores a aumentar la precisión en las pesadas de este componente adicional a esto se instalaron balanzas de precisión con apreciación de 0.001 kg para así ajustarse mejor a las cantidades de ingredientes requeridas por fórmula.	OK

APÉNDICE H

A continuación se presentan los tabulados los datos utilizados para el análisis del ácido fosfórico como materia prima.

TABLA H.1 DATOS PARA EL ANÁLISIS DEL ÁCIDO FOSFÓRICO COMO MATERIA PRIMA

Gravedad Específica (g/cc)	Pureza (%)
1.694	86.00
1.694	86.19
1.694	85.52
1.696	85.75
1.695	86.27
1.696	85.76
1.696	85.63
1.694	86.52
1.696	85.85
1.695	85.54
1.695	85.76
1.695	85.53
1.695	86.59

CONCLUSIONES

1. - Se identificaron las causas que generan la variabilidad en el proceso para las variables humedad y acidez tanto en el producto en proceso como en los productos terminados.
2. - La variabilidad en la calidad de la materia prima, la variabilidad en los operadores y la adición de componentes fueron las causas confirmadas que ocasionan la variabilidad en los procesos para las variables humedad y acidez.
3. - El re-entrenamiento y la re-calificación de los operadores fue la acción correctiva clave para disminuir la variabilidad de la humedad y la acidez en todos los productos estudiados.
4. - La implementación de acciones correctivas sencillas a un bajo costo contribuyó a la disminución de la variabilidad, aumento de la producción, disminución de los costos indirectos de producción.
5. - Los índices de capacidad potencial y de desempeño señalan que el proceso recuperó su capacidad de cumplir con las especificaciones de las variables humedad y acidez, así como también logró mantenerse en estado de control estadístico.
6. - El control estadístico de procesos fue una herramienta eficaz y de implementación sencilla que contribuyó a que el proceso en general recuperara su estado de control y su capacidad de cumplir con las especificaciones del producto.
7. - Los índices de capacidad potencial y de desempeño indican que el proceso para las variables % TCC y vitamina E no es capaz de cumplir con las especificaciones fijadas por la empresa para estas variables.
8. - La supervisión constante de los operadores es de vital importancia para que estos cumplan con sus responsabilidades y no generen variabilidad entre ellos.

9. -La producción de pastillas de jabón se incremento en un 30 %, generando que la empresa obtenga una producción anual de pastillas de jabón aproximadamente igual a 220.169.664.
- 10.-La ganancia generada a la empresa es aproximadamente igual a 61.137.080,98 \$ al año.
- 11.-Se redujeron los costos indirectos de producción en un 1.56 %.

RECOMENDACIONES

1. - Instalar dispositivos que permitan cuantificar de manera más precisa las cantidades de materia prima utilizadas en la etapa de saponificación.
2. - Realizar seguimiento a las acciones correctivas ejecutadas.
3. - Implementación del software SPC en la planta de jabones para con el llevar el registro de todos los análisis realizados por los operadores y así llevar un control de la variabilidad generada por ellos y poder atacarla al momento.
4. - Instalación de una fuente generadora de vapor independiente para la planta de jabones, colocando una línea directa el área de saponificación y otra directa a los intercambiadores de calor en el área de secado.
5. - Aumentar la frecuencia de re-entrenamiento a los operadores, haciendo énfasis en la importancia que tiene la calidad del producto y la contribución de ellos a que esta aumente.
6. - Instalar dispositivos para ayudar a verificar las condiciones de operación del proceso, (temperaturas, caudales, presiones, entre otras).
7. - Aumentar la cantidad de muestras analizadas a la hora de determinar las variables % TCC y vitamina E para así llevar un control estadístico constante de estas variables.
8. - Implementar el método NIRS para la determinación del % TCC y vitamina E en los jabones.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. - BARRIOS, Mary. **“Elaboración de un plan de acción para reducir y estabilizar la variabilidad de los principales parámetros fisicoquímicos en el proceso de fabricación de la crema dental”**. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Química, 2007.
2. - BARRIOS, M; ORTIZ, F; ZAVALA, B. **“Diseño de herramientas para el control de procesos de producción de envases de vidrio”**. Universidad de Carabobo. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Industrial, 2007.
3. - BELLOSO, Amelia. **Curso: “Control Estadístico de Procesos”**. Valencia-Venezuela. Colgate Palmolive, C.A. 2006.
4. - BERTRAND, L. **“Control de Calidad. Teoría y Aplicaciones”**. Madrid-España: Ediciones Díaz Santos S.A., 1990.
5. - CONSULTORIA DE EMPRESAS PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD Y PRODUCTIVIDAD. **“Calidad Plena”**. Colgate Palmolive.
6. - CRUZ, V. A. **“Sistema de gestión de la calidad en el apoyo a la implementación de estrategias de producción ajustada”**. Universidad Nova de Lisboa, Portugal. Facultad de Ciencias y Tecnología, Departamento de Ingeniería Mecánica e Industrial, 2004.
7. - DELGADO, A.; GONZÁLEZ, D. **“Evaluación comparativa entre el proceso manual y automatizado en la fabricación de cremas dentales”**. Universidad de Carabobo. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Química, 2000.
8. - DE YAMAZAKI, Hermelinda. **“Círculos de Calidad”**. México. Editorial Grad, S.A. de C.V., 1995.

9. - FERRER, Jaime. **“Control Estadístico de Procesos”**. Valencia-Venezuela. VENSE, Venezolana de entrenamiento y servicio empresarial, C.A., 2005.
- 10.-FORTÍN, M. **“El Proceso de Investigación”**. Interamericana México, 1999.
- 11.-GÓMEZ, B; SEBRANGO, C; PÉREZ, G. **“Aplicación de las series de tiempo estructuradas a un proceso industrial para contribuir a la reducción de variabilidad”**. Centro Universitario José Martí Pérez y Unión Nacional de Ingenieros y Arquitectos de Cuba. Sancti Spiritus, Cuba, 2007.
- 12.-GUTIERREZ, H, DE LA VARA, R, **“Control Estadístico de la calidad y Seis Sigma”**. McGraw-Hill. Primera Edición. México 2004.
- 13.-HERNÁNDEZ y COLB. **“Metodología de la Investigación”**. McGraw-Hill -Interamericana. Colombia, 1991.
- 14.-HITOSHI, K. **“Herramientas básicas para el mejoramiento de la calidad”**. Bogota. Grupo Editorial Norma, 1992.
- 15.-ISAAC, Cira. **“Modelo de gestión integrada Calidad - Medioambiente (CYMA)”**. Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría, Facultad de Ingeniería Industrial. Cuba, 2007.
- 16.-MONTGOMERY, Douglas. **“Control Estadístico de la Calidad”**. México: Grupo Editorial Iberoamérica, 1991.
- 17.-MONTGOMERY, D. **“Probabilidad y Estadísticas aplicadas a la Ingeniería”**, México. Mc Graw hill Interamericana, 1996.
- 18.-OCHOA, Yenia. **“Diseño e implementación de un sistema de control estadístico de proceso para la variable peso en la línea de pan Bimbo de Venezuela, C. A., Planta**

Guarenas". Trabajo Especial de Grado. Inédito. Universidad Central de Venezuela, Caracas, 2003.

19.-PERETTI, Carlos. **"Guía de Control Estadístico de Procesos"**. Valencia-Venezuela. Colgate Palmolive, C.A., 2002.

20.-SALAS, Blas. **"Procedimiento de Manufactura de Jabones"**. Valencia-Venezuela. Colgate Palmolive, C.A, 2005.

21.-SAMPIERI, R. **"Metodología de la Investigación"**. 3ra. Edición. Editorial McGraw-Hill Interamericana. México, 2003.

22.-Sociedad Latinoamericana para la Calidad. **"Diagrama Causa y Efecto"**. (s.f.). [Página Web en línea]. [Consulta: 2007, Noviembre 10].

23.-SOIN, Sary. **"Control de Calidad Total"**. México: McGraw Hill, 1997.