

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ**  
**FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA**



PONTIFICIA  
**UNIVERSIDAD**  
**CATÓLICA**  
DEL PERÚ

**DIAGNÓSTICO Y PROPUESTA DE MEJORA DEL PROCESO  
DE CONTROL DE LA CALIDAD EN UNA EMPRESA QUE  
ELABORA ACEITES LUBRICANTES AUTOMOTRICES E  
INDUSTRIALES UTILIZANDO HERRAMIENTAS Y TÉCNICAS  
DE LA CALIDAD**

Tesis para optar el Título de **Ingeniero Industrial**, que presenta el bachiller:

**Francisco German Calderón Pozo**

**ASESORA: Lucy Gabriela Aragón Casas**

Lima, junio de 2014

## Resumen

El presente trabajo se desarrolla a partir de la situación actual en una empresa del rubro de elaboración de lubricantes automotrices e industriales. Este caso de estudio comprende específicamente el proceso de producción de un aceite lubricante industrial, el cual fue elegido mediante un análisis de demanda y utilidad perdida. Sin embargo, se puede aplicar a los otros tipos de aceites que comercializa la empresa.

El trabajo se inicia con un marco teórico sobre las metodologías, herramientas, diagramas que ayudarán a entender el contenido del informe, luego se hace una descripción sobre la organización de la empresa, los productos que comercializa, los requerimientos de los clientes, el proceso de elaboración de un aceite lubricante. Se establece que el proceso de estudio será el de la elaboración de Gear Oil 80w90, ya que es el que tiene la mayor utilidad perdida generada por las cantidades perdidas de producto.

Se hace un diagnóstico del proceso crítico en general, seguidamente se priorizan los problemas encontrados mediante Diagramas de Pareto y se muestran las causas de los problemas a través de Diagramas de Ishikawa. También se mencionan algunas oportunidades de mejora y se proponen soluciones.

Se diseñan las propuestas de mejora para el control de calidad de cada etapa del proceso productivo, entre estas se tienen gráficos de control, planes de muestreo por atributos, indicadores y el diseño experimental unifactorial.

Finalmente, se presenta la evaluación técnica y económica de las propuestas de mejora. Con la finalidad de establecer que propuestas de mejora son más factibles de implementar y evaluar la rentabilidad de la implementación de dichas mejoras propuestas.



PONTIFICIA  
UNIVERSIDAD  
CATÓLICA  
DEL PERÚ

TEMA DE TESIS

PARA OPTAR : Título de Ingeniero Industrial  
 ALUMNO : FRANCISCO GERMÁN CALDERÓN POZO  
 CÓDIGO : 2008.2322.9.12  
 PROPUESTO POR : Ing. Lucy Gabriela Aragón Casas  
 ASESORA : Ing. Lucy Gabriela Aragón Casas  
 TEMA : DIAGNÓSTICO Y PROPUESTA DE MEJORA DEL PROCESO DE CONTROL DE LA CALIDAD EN UNA EMPRESA QUE ELABORA ACEITES LUBRICANTES AUTOMOTRICES E INDUSTRIALES UTILIZANDO HERRAMIENTAS Y TÉCNICAS DE LA CALIDAD.  
 N° TEMA : 1148  
 FECHA : San Miguel, 07 de marzo de 2014



*Control*

JUSTIFICACIÓN

La venta de lubricantes en el Perú ha mejorado notablemente, según los reportes estadísticos del Ministerio de la Producción, publicados a finales del año 2013, el mercado de lubricantes creció cerca del 6%; asimismo, se proyecta una tasa de crecimiento anual de aproximadamente 20%. Es por ello que las empresas de este sector tendrán la oportunidad de generar mayores ingresos; pero, eso dependerá de la calidad del producto que se venda y la posibilidad de poder cubrir con la demanda del mercado<sup>1</sup>.

Actualmente en el país, el número de empresas que se preocupa por la calidad de sus productos se está incrementando. Según el Instituto para la Calidad de la Pontificia Universidad Católica del Perú<sup>2</sup>, 1642 compañías cuentan con algún tipo de certificación de la calidad, como ISO 9001, BAS Perú, que les permite tener un Sistema de Gestión de Calidad que ayuda a brindar un producto en óptimas condiciones al cliente.

<sup>1</sup> Tecnología Minera. *Novedades*. [en línea]. Enero 2014. [Consulta: 30 de enero de 2014]. Disponible en la web: <<http://www.tecnologiaminera.com/tm/d/novedad.php?id=192>>

<sup>2</sup> Empresas con calidad certificada. Centros de innovación tecnológica. *Perú Innova*. Boletín N°69. Diciembre 2012, p. 29.

Av. Universitaria N° 1801, San Miguel  
 T: (511) 626 2000  
[www.pucp.edu.pe](http://www.pucp.edu.pe)

PONTIFICIA  
UNIVERSIDAD  
CATÓLICA  
DEL PERÚ

- 2 -

Por otro lado, algunas empresas después de lograr la certificación no muestran mayor interés en la mejora de los procesos, por lo que el sistema puede quedarse estático<sup>3</sup>; este fenómeno se presenta de manera alarmante en empresas del sector manufacturero. Además, en muchas áreas de producción se reciben pedidos urgentes que deben ser entregados en el menor tiempo posible, lo que origina que se trabaje bajo presión y que se realice un control de calidad deficiente de los productos, debido a la falta de planificación, uso de técnicas inadecuadas, premura de entregar los productos a tiempo, entre otras causas.

La empresa en estudio se dedica principalmente a la elaboración de lubricantes, grasas, aditivos para la industria automotriz e industrial. Actualmente, la empresa se encuentra certificada bajo la Norma ISO 9001:2008. Sin embargo, la empresa considera que los reportes sobre la cantidad de productos defectuosos y las quejas de los clientes indican que es necesario mejorar los procesos vinculados a la elaboración de los productos. Entre estos procesos, los de control de la calidad presentan deficiencias considerables. En consecuencia, la empresa tiene interés en mejorar el control de la calidad antes, durante y después de la producción. Lo cual permitirá en una segunda etapa mejorar los otros procesos de la elaboración de aceites lubricantes.

*Causas*  
De acuerdo a la situación descrita, se justifica la aplicación de herramientas de calidad y técnicas de control estadísticos de procesos para mejorar el control de la calidad en la elaboración de los aceites lubricantes.

#### OBJETIVO GENERAL

Realizar un diagnóstico y mejorar el proceso de control de la calidad en una empresa que elabora aceites lubricantes automotrices e industriales mediante el uso de herramientas y técnicas de calidad.

#### OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Presentar los conceptos, metodologías y herramientas relacionados con la mejora del control de la calidad de los procesos.
- Describir el proceso de elaboración de lubricantes y el control de calidad que se realiza en la empresa. Se identifican los principales problemas y se priorizan aplicando herramientas y técnicas.
- Identificar las causas que originan los problemas identificados previamente, mediante el uso de herramientas cualitativas y cuantitativas.

<sup>3</sup> SALAS, Gonzalo. *Sistemas de gestión de la calidad. ¿Garantizan el éxito de la empresa?* [en línea]. Octubre 2011. [Consulta: 12 de enero de 2013]. Disponible en la web: <<http://www.gestiopolis.com/administracion-estrategia-2/sistemas-gestion-calidad-garantizan-exito-empresa.htm>>



Av. Universitaria N° 1801, San Miguel  
T: (511) 626 2000  
[www.pucp.edu.pe](http://www.pucp.edu.pe)

PONTIFICIA  
UNIVERSIDAD  
CATÓLICA  
DEL PERÚ

- 3 -

- Diseñar propuestas para mejorar el proceso de control de la calidad de las variables críticas asociadas a los problemas encontrados en la elaboración de lubricantes. Se empleará herramientas y técnicas de la calidad.
- Realizar una evaluación técnica y económica de las propuestas presentadas; para luego seleccionar la más conveniente para la empresa.

**PUNTOS A TRATAR****a. Marco Teórico**

Se presentarán las definiciones teóricas, herramientas y técnicas relacionados con el control, mejora y aseguramiento de la calidad, que se usarán en el desarrollo de la investigación.

**b. Descripción y diagnóstico de la empresa**

Se describirá la situación actual de la empresa y se explicará con mayor detalle, cómo se lleva a cabo la elaboración de los aceites lubricantes. Asimismo, se seleccionará y diagnosticará el proceso crítico. Luego, se identificarán los principales problemas y se priorizarán con herramientas y técnicas. Además, se propondrán oportunidades de mejora y soluciones.

**c. Propuestas de mejora**

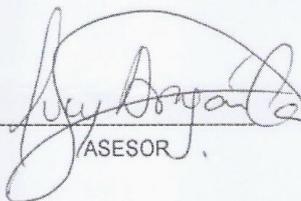
En base al diagnóstico realizado, se utilizarán herramientas y técnicas de calidad para diseñar propuestas que permitan mejorar el proceso de control de la calidad.

**d. Evaluación técnica y económica**

Se explicará qué aspectos técnicos presenta cada propuesta; asimismo, se realizará un análisis económico de las propuestas y luego se seleccionará la más conveniente para la empresa.

**e. Conclusiones y Recomendaciones**

*Máximo: 100 páginas*

  
ASESOR,



Av. Universitaria N° 1801, San Miguel  
T: (511) 626 2000

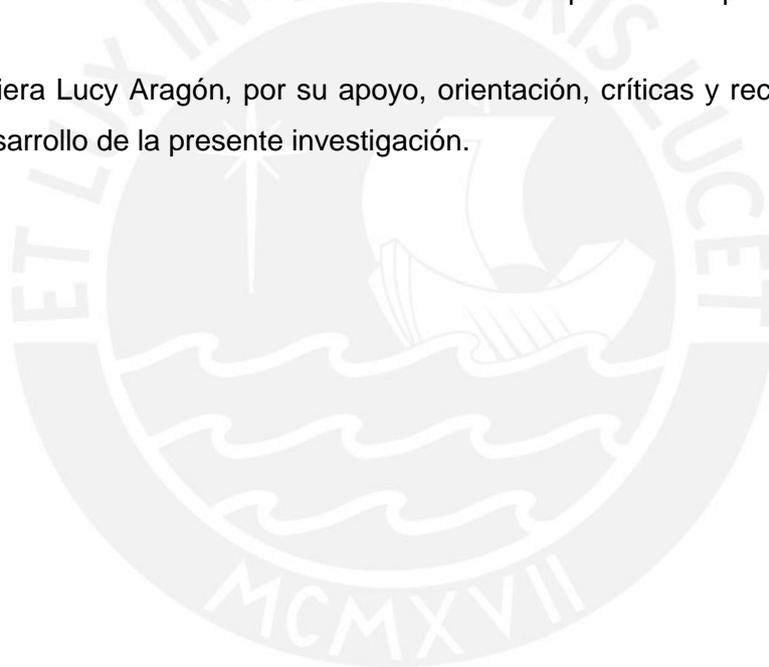
[www.pucp.edu.pe](http://www.pucp.edu.pe)

## AGRADECIMIENTOS

A mis padres Francisco y Yone por su permanente apoyo y orientación a lo largo de mi vida en los ámbitos personal y profesional. Sus consejos, ejemplos y experiencias me han ayudado a tomar decisiones y buscar la superación personal y profesional.

A mi hermana Ingrid, por su apoyo incondicional a lo largo de mi vida. Tus consejos me han ayudado a dar lo mejor de mí en cada problema que se presentaba. Asimismo, te deseo muchos éxitos en tu futuro desempeño como profesional.

A la ingeniera Lucy Aragón, por su apoyo, orientación, críticas y recomendaciones para el desarrollo de la presente investigación.



## ÍNDICE

ÍNDICE DE FIGURAS.....	iv
ÍNDICE DE TABLAS.....	vi
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO .....	2
1.1. Conceptos generales.....	2
1.1.1. Evolución de la calidad.....	2
1.1.2. Noción actual de calidad en productos.....	3
1.2. Herramientas para la mejora de la calidad.....	4
1.2.1. Hoja de inspección .....	5
1.2.2. Diagrama de afinidad.....	6
1.2.3. Diagrama de Pareto .....	7
1.2.4. Diagramas de Ishikawa o diagramas causa-efecto .....	8
1.3. Métodos estadísticos para el control y mejora de procesos .....	9
1.3.1. Gráficos de control.....	10
1.3.2. Muestreo de aceptación.....	16
1.3.3. Capacidad del proceso .....	19
1.3.4. Diseño experimental unifactorial .....	20
1.4. Otros conceptos.....	22
1.4.1. Evaluación de la medida del desempeño .....	22
CAPÍTULO II: DESCRIPCIÓN Y DIAGNÓSTICO DE LA EMPRESA.....	24
2.1. Descripción de la empresa.....	24
2.1.1. La Organización .....	24
2.1.2. Sector y actividad económica.....	27
2.1.3. Instalaciones y medios operativos.....	27
2.1.4. Recursos.....	28
2.1.5. El producto.....	29
2.1.6. Clientes.....	30
2.1.7. El proceso productivo.....	32
2.1.8. El control de calidad.....	35
2.2. Selección y diagnóstico del proceso crítico.....	36
2.2.1. Selección del producto crítico.....	36
2.2.2. Diagnóstico del proceso crítico.....	40
2.3. Priorización y análisis de problemas .....	44
2.3.1. Etapa 1: Requerimientos de insumos .....	44

2.3.2.Etapa 2: Mezclado .....	48
2.3.3.Etapa 3: Verificación de la homogeneidad de la muestra .....	53
2.3.4.Etapa 4: Envasado y almacenado de productos .....	57
2.4.Problemas críticos .....	62
2.5.Oportunidades de mejora .....	63
2.5.1.Herramientas de mejoramiento de la calidad .....	63
2.5.2.Indicadores de desempeño .....	64
2.6.Soluciones propuestas.....	64
CAPÍTULO III: PROPUESTAS DE MEJORA .....	66
3.1.Diseño de gráficos de control.....	66
3.1.1.Etapa 2: Mezclado .....	66
3.1.2.Etapa 3: Verificación de la homogeneidad de la muestra .....	70
3.1.3.Etapa 4: Envasado y almacenado de productos.....	72
3.2.Diseño de planes de muestreo e inspección.....	75
3.2.1.Inspección al 100% de envases .....	76
3.2.2.Muestreo de aceptación por atributos de envases .....	76
3.3.Diseño del procedimiento para la revisión del Sistema de Gestión de la Calidad .....	78
3.4.Diseño experimental unifactorial .....	81
3.4.1.Metodología a emplear para el diseño experimental unifactorial .....	81
3.4.2.El Experimento.....	81
3.4.3.Análisis estadístico del diseño de un solo factor (ANOVA).....	82
3.4.4.Comparación de parejas de medias de tratamientos.....	82
CAPÍTULO IV: EVALUACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA .....	84
4.1.Evaluación Técnica.....	84
4.1.1.Gráficos de control para las etapas del proceso.....	84
4.1.2.Planes de muestreo e inspección.....	85
4.1.3.Indicadores .....	85
4.1.4.Diseño de experimentos.....	85
4.2.Evaluación Económica.....	90
4.2.1.Costos de implementación estimados .....	90
4.2.2.Indicadores económicos.....	93

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	95
5.1.Conclusiones .....	95
5.2.Recomendaciones .....	96
5.2.1.Extensión de las propuestas de mejora a otros productos de la empresa.....	96
5.2.2.Implementación de la Metodología Seis Sigma.....	96
5.2.3.Mejorar la relación con el proveedor .....	96
5.2.4.Consideración de costos de la calidad .....	97
5.2.5.Métodos automáticos en los controles de calidad industrial .....	97
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	98



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Evolución histórica de la calidad. ....	3
Figura 1.2. Ciclo de mejora continua.....	4
Figura 1.3. Ciclo de solución del problema. ....	5
Figura 1.4. Uso de las herramientas de ingeniería de la calidad en la reducción de la variabilidad del proceso. ....	10
Figura 2.1. Mapa relacional del negocio de la empresa .....	25
Figura 2.2. Organigrama de la empresa. ....	26
Figura 2.3. Diagrama de flujo de la elaboración de aceites lubricantes. ....	33
Figura 2.4. Diagrama de Análisis de Procesos de la Elaboración de Gear Oil 80w90.....	34
Figura 2.5. Diagrama de Pareto de los principales lubricantes.....	37
Figura 2.6. Diagrama de Pareto- Utilidad perdida. ....	40
Figura 2.7. Diagrama de flujo de la elaboración de aceites lubricantes dividido por etapas.....	41
Figura 2.8. Diagrama de Pareto de problemas en el requerimiento de insumos. ....	45
Figura 2.9. Diagrama de Pareto de problemas valorados en el requerimiento de insumos. ....	46
Figura 2.10. Diagrama de Ishikawa de los agujeros/ cortes en envases. ....	47
Figura 2.11. Diagrama de Pareto de problemas en el mezclado.....	49
Figura 2.12. Diagrama de Pareto de problemas valorados en el mezclado.....	50
Figura 2.13. Diagrama de Ishikawa de la temperatura inadecuada de la mezcla. ....	51
Figura 2.14. Diagrama de Pareto de problemas en la verificación de la homogeneidad de la muestra.....	53
Figura 2.15. Diagrama de Pareto de problemas valorados en la verificación de la homogeneidad de la muestra.....	54
Figura 2.16. Diagrama de Ishikawa de los límites de especificación inadecuados. ....	55
Figura 2.17. Diagrama de Pareto de problemas en el envasado y almacenado de productos.....	58
Figura 2.18. Diagrama de Pareto de problemas valorados en el envasado y almacenado de productos.....	59
Figura 2.19. Diagrama de Ishikawa de agujeros en presentación final de envases.....	60
Figura 3.1. Prueba de Normalidad para la variable temperatura en el mezclado. ....	67
Figura 3.2. Gráfica de control para la variable temperatura en el mezclado.....	68

Figura 3.3. Gráfico de control c para disconformidades en la apariencia de la mezcla.....70

Figura 3.4. Gráfico de control c para disconformidades con valoración en la Verificación de la homogeneidad de la muestra.....72

Figura 3.5. Gráfico de control c para agujeros/cortes en presentación final en baldes.....73

Figura 3.6. Gráfico de control c para agujeros/cortes en presentación final en galones.....74

Figura 3.7. Gráfico de control c para agujeros/cortes en presentación final en frascos.....75

Figura 3.8. Gráfica de cajas para los tanques.....83



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1. Definiciones de calidad para diversos autores. ....	3
Tabla 1.2. Tipos de gráficos de control y sus usos.....	11
Tabla 1.3. Análisis de varianza para un diseño unifactorial.....	21
Tabla 2.1. Comparación entre monogrados y multigrados. ....	29
Tabla 2.2. Resultados de la encuesta realizada al cliente.....	31
Tabla 2.3. Valores de viscosidad SAE 40 a 100°C.....	35
Tabla 2.4. Demanda de productos en los últimos 6 meses.....	37
Tabla 2.5. Producción en los últimos 6 meses. ....	38
Tabla 2.6. Demanda no satisfecha de los principales productos.....	38
Tabla 2.7. Capacidad de producción.....	39
Tabla 2.8. Utilidad perdida. ....	39
Tabla 2.9. Problemas en la elaboración de Gear Oil 80w90. ....	42
Tabla 2.10 Valoración de los problemas de requerimiento de insumos.....	45
Tabla 2.11. Matriz de relación de los problemas de requerimiento de insumos con los datos y con las entrevistas. ....	46
Tabla 2.12. Valoración de los problemas en mezclado. ....	49
Tabla 2.13. Matriz de relación de los problemas del mezclado con los datos y con las entrevistas.....	50
Tabla 2.14. Valoración de los problemas en verificación de la homogeneidad de la muestra. ....	54
Tabla 2.15. Matriz de relación de los problemas de verificación de la homogeneidad de la muestra con los datos y con las entrevistas. ....	55
Tabla 2.16. Valoración de los problemas en el envasado y almacenado de productos.....	58
Tabla 2.17. Matriz de relación de los problemas de envasado y almacenado con los datos y con las entrevistas.....	59
Tabla 2.18. Relación entre los problemas de cada etapa y los requerimientos del cliente.....	62
Tabla 2.19. Soluciones propuestas a los problemas en cada etapa.....	65
Tabla 3.1. Ficha de control para gráfico de control de variables para el control de la temperatura .....	66
Tabla 3.2. Ficha de control para gráfico de control por atributos para la mezcla.....	69
Tabla 3.3. Ficha de control para gráfico de control por atributos para la verificación de la homogeneidad de la muestra.....	71

Tabla 3.4. Ficha de control para gráfico de control por atributos para el envasado y almacenado de productos.....	72
Tabla 3.5. Plan de muestreo de inspección simple. ....	76
Tabla 3.6. Plan de muestreo de inspección doble.....	76
Tabla 3.7. Cantidades de aceptación y rechazo de inspección normal-simple. ....	77
Tabla 3.8. Cantidades de aceptación y rechazo de inspección normal-doble. ....	77
Tabla 3.9. Plan de muestreo. AQL 2.5 % de inspección rigurosa-simple. ....	77
Tabla 3.10. Plan de muestreo. AQL 2.5 % de inspección rigurosa-doble.....	77
Tabla 3.11. Plan de muestreo. AQL 2.5 % de inspección reducida-simple.....	78
Tabla 3.12. Plan de muestreo. AQL 2.5 % de inspección reducida-doble. ....	78
Tabla 3.13. Capacidad de los tanques.....	81
Tabla 3.14. Resultados del experimento.....	82
Tabla 3.15. Tabla de análisis de varianza. ....	82
Tabla 3.16. Método de la mínima diferencia significativa. ....	83
Tabla 4.1. Comparación de los gráficos de control que se usaran en cada etapa del proceso.....	86
Tabla 4.2. Comparación de las alternativas de planes de muestreo. ....	87
Tabla 4.3. Evaluación técnica del experimento unifactorial. ....	89
Tabla 4.4. Puntajes otorgados a cada gráfico de control utilizado en cada etapa. ..	89
Tabla 4.5. Puntajes otorgados a cada propuesta de planes de muestreo. ....	90
Tabla 4.6. Puntajes otorgados a cada propuesta de indicador.....	90
Tabla 4.7. Costos de capacitación totales.....	91
Tabla 4.8. Costos reales de diseño.....	92
Tabla 4.9. Costos anuales de inversión en el proyecto. ....	94
Tabla 4.10. Costos por mes de inversión en el proyecto.....	94

## INTRODUCCIÓN

La empresa en estudio se dedica principalmente a la elaboración de lubricantes, grasas, aditivos para la industria automotriz e industrial; dichos productos se elaboran en lotes en el área de producción, siguiendo los procedimientos establecidos; también, se encuentra certificada bajo la Norma ISO 9001:2008. La empresa considera que el control de calidad que se realiza antes de envasarlos es insuficiente, el cual solamente consiste en comparar el producto obtenido con un patrón de otro producto; no se tiene un método, ni herramientas establecidas para tener un control de la calidad en la producción en tres etapas importantes: antes, durante y después de la producción.

De acuerdo a la situación descrita, se justifica la aplicación de herramientas de calidad y control estadístico de procesos en la elaboración de los aceites, para mejorar el control de la calidad en la elaboración de los aceites.

En el primer capítulo, se presentará la información relevante para este estudio; tales como conceptos, metodologías y herramientas relacionados con la mejora de la calidad.

En el segundo capítulo, se describirá la situación actual de la empresa y se explicará con mayor detalle, cómo se lleva a cabo la elaboración de los aceites lubricantes. Asimismo, se seleccionará y diagnosticará el proceso crítico. Luego, se identificarán los principales problemas y se priorizarán con herramientas y técnicas. Además, se propondrán oportunidades de mejora y soluciones.

En el tercer capítulo, se utilizarán herramientas y técnicas de calidad para diseñar propuestas que permitan mejorar el proceso de control de la calidad.

En el cuarto capítulo, se explicará qué aspectos técnicos presenta cada propuesta; asimismo, se realizará un análisis económico de las propuestas y luego se seleccionará la más conveniente para la empresa. En el último capítulo, se presentan las conclusiones del estudio realizado y las recomendaciones.

# CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO

## 1.1. Conceptos generales

Para el desarrollo óptimo de la tesis, es necesario presentar las definiciones y conceptos de las metodologías, herramientas y diagramas que serán útiles en la explicación de los capítulos.

### 1.1.1. Evolución de la calidad

En primer lugar, las definiciones de los enfoques históricos de la calidad (Evans 2008:5-10) son las siguientes:

- *Control de calidad*: Se refiere a las técnicas y actividades de carácter operacional utilizadas para satisfacer los requisitos de la calidad. Es decir, solo mide la calidad del producto para asegurar que el cliente no reciba productos defectuosos (Evans 2008:18).
- *Aseguramiento de la calidad*: Son todas las actividades planificadas y sistemáticas necesarias para generar confianza en que el producto o servicio cumple con los requisitos de la calidad. (ISO 9000:2005). La calidad se orienta a los procesos productivos que aseguren que los productos cumplan con las especificaciones.
- *Sistema de gestión de calidad*: Se utiliza para dirigir y controlar una organización con respecto a la calidad (ISO 9000:2005). Asimismo, es responsable de la satisfacción y expectativas del cliente; para ello, se apoya en herramientas como las siguientes: medición y evaluación de la calidad, entrenamiento, comunicación y asociación con proveedores.
- *Modelo de gestión de la excelencia*: Está orientada a la excelencia en el manejo de los clientes, en su adquisición, satisfacción, lealtad, preferencia y expansión del negocio (Evans 2008:10). Se busca lograr resultados.

La definición actual de calidad que propone la Real Academia Española (RAE) es la siguiente: “Propiedad o conjunto de propiedades inherentes a algo, que permiten juzgar su valor”. Asimismo, las herramientas de calidad son metodologías utilizadas para el análisis de datos que permiten mejorar diariamente los procedimientos, los sistemas, el costo y la eficiencia relacionados con los trabajos realizados. En el transcurso del siglo XX la calidad ha sufrido numerosos cambios que se ven reflejados en la figura 1.1.

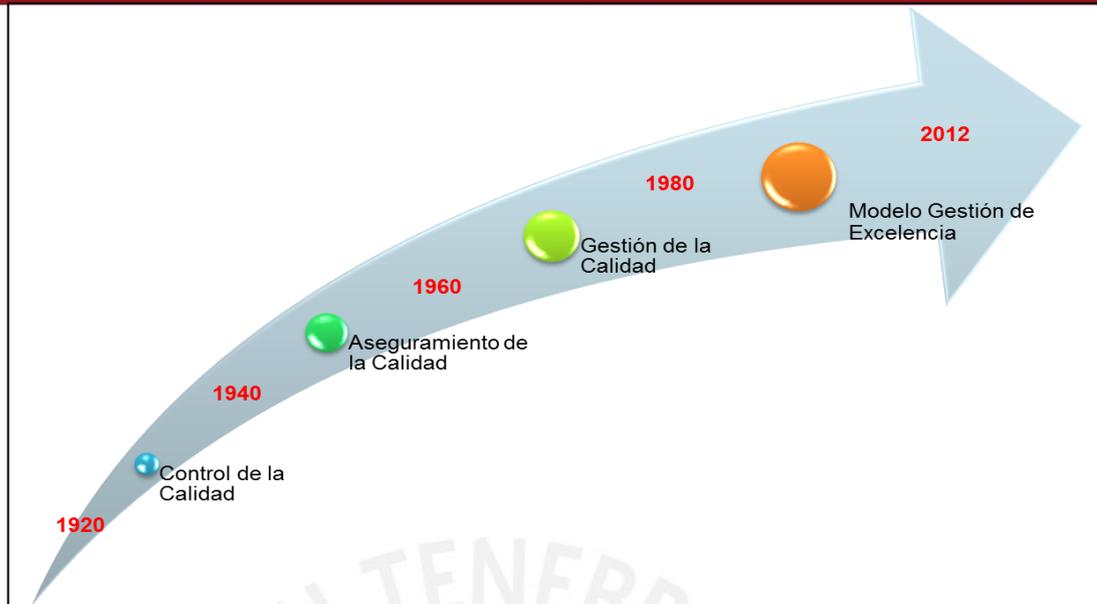


Figura 1.1. Evolución histórica de la calidad.

Fuente: Evans (2008)

Elaboración propia

### 1.1.2. Noción actual de calidad en productos

El comienzo de toda gestión de calidad, consiste en captar las exigencias de los clientes y analizar la forma de ofrecerles soluciones que respondan a sus necesidades. Con base en este principio, desde finales de la década de los ochenta hasta el siglo XXI, los expertos han desarrollado definiciones aceptadas de calidad; tal como se muestra en la tabla 1.1.

Tabla 1.1. Definiciones de calidad para diversos autores

Autor	Definiciones de calidad para los autores
Genichi Taguchi (1986)	Los productos ofrecidos deben ser atractivos al cliente y mejores que los de la competencia.
Edward Demming (1989)	Se deben ofrecer productos a bajo costo que superen las necesidades y expectativas del consumidor a lo largo de la vida del producto.
Armand Feigenbaum (1991)	La calidad tiene que estar orientada hacia la excelencia, en vez de seguir el enfoque tradicional orientado hacia los fallos.
Kaoru Ishikawa (1994)	La calidad empieza y termina por la capacitación. El control de calidad que no muestra resultados no es control.
Philip B. Crosby (2002)	Deben cumplirse las normas y requerimientos. El lema es “hacerlo bien a la primera vez y procurar cero defectos”.
Claus Moller (2004)	No es solo la calidad de los productos y servicios lo importante; también, es esencial la calidad de las personas que entregan los productos y servicios. La calidad del producto y del servicio depende de los esfuerzos de los individuos y grupos.

Fuente: Instituto Centroamericano de Administración Pública (2011)

La definición de calidad que propone la Norma ISO 9000:2005 es la siguiente: “grado en el que un conjunto de características inherentes cumple con los

requisitos” (ISO 9000:2005); además, de este concepto se extraen dos palabras muy importantes que vale la pena definir: *característica* que es un rasgo diferenciador y *requisito* que es la necesidad o expectativa establecida, generalmente implícita u obligatoria.

## 1.2. Herramientas para la mejora de la calidad

La identificación de problemas, su análisis y la búsqueda de soluciones a estos problemas forma parte de las distintas metodologías utilizadas en el proceso de mejora, por parte de las organizaciones exitosas, como es el caso de las compañías japonesas. Es más fácil alcanzar resultados esperados cuando se utilizan herramientas apropiadas para el propósito perseguido. Según Kaoru Ishikawa, con el uso de un grupo de sencillas herramientas se pueden resolver el 80 % de los problemas de una organización (1986). Ishikawa recopiló siete herramientas: diagrama de Pareto, diagrama de Ishikawa o Causa-Efecto, histograma, hoja de inspección, gráficos de control, diagrama de dispersión y estratificación.

Cabe resaltar que cada organización puede utilizar las herramientas que considere más convenientes para la mejora de sus procesos. Es por eso que, en la realización de esta tesis, se consideró el uso de algunas de estas herramientas básicas porque son las que mejor se ajustan a la realidad de la empresa, las cuales son: diagrama de Pareto, diagrama causa-efecto, hoja de inspección y gráficos de control. En la década de los sesenta, el Dr. Deming publicó un simple, pero profundo diagrama para ilustrar el ciclo de mejora continua (1989), el cual se muestra en la figura 1.2.



Figura 1.2. Ciclo de mejora continua  
Fuente: Deming (1989)

Para solucionar un problema que se presente, se puede seguir la metodología que se muestra en la figura 1.3; la cual indica que hay una etapa de planificación que trata de sacar la mayor información posible del problema e idear soluciones; luego, se implementan dichas soluciones y es necesario que los resultados obtenidos tras la puesta en marcha sean verificados para no volver a tener inconvenientes; como último paso, se debe estandarizar la solución a todo el sistema para que sea más fácil ubicar las fallas que se presentan en el futuro.

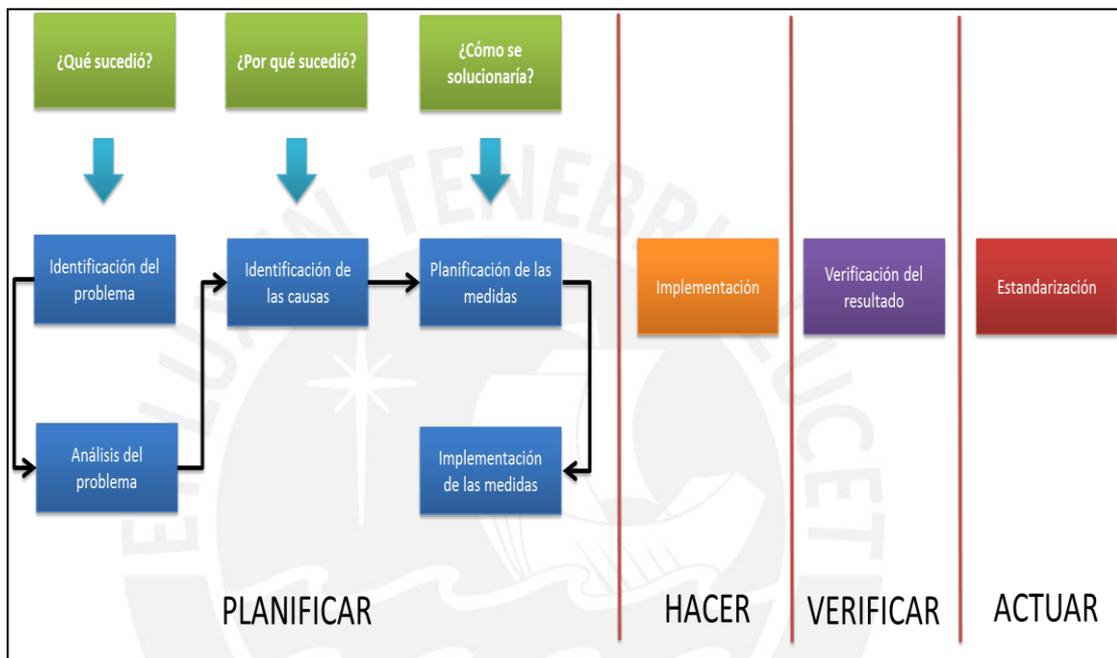


Figura 1.3. Ciclo de solución del problema  
Fuente: Deming (1989)  
Elaboración propia

### 1.2.1. Hoja de inspección

Un aspecto crítico en la solución de problemas es una apropiada documentación sobre el tema; para ello, hay que recoger los datos con mucho cuidado y atención. Una herramienta muy apropiada para dicho fin es la hoja de inspección (Asaka 1992: 155), la cual se utiliza para reunir datos obtenidos en la observación de las muestras con el fin de empezar a detectar tendencias; una característica que presenta es que asegura la confiabilidad y validez de los datos; además, empieza el proceso de convertir opiniones en hechos. Asimismo, dicha herramienta es muy útil para contestar a la pregunta “¿qué tan frecuentemente ocurren ciertos eventos?”

Los pasos para su elaboración son los siguientes (Asaka 1992: 152):

1. Se determina claramente el proceso a observar; la atención tiene que estar enfocada hacia el análisis de las características de dicho proceso. Por ejemplo, para una empresa manufacturera se pueden registrar los tipos de defectos que tienen sus productos. En el anexo 1, tabla A.1, se muestra dicho ejemplo.
2. Definir el período de tiempo durante el cual serán recolectados los datos. Pueden ser horas, semanas, etc.
3. Diseñar una forma que sea clara y fácil de usar, tiene que haber suficiente espacio para registrar los datos.
4. Obtener los datos de una manera consistente y honesta.

Las ventajas de utilizar esta herramienta son las siguientes:

- Se obtienen datos mediante un proceso simple y eficiente.
- Proporciona información fácil de comprender por cualquier trabajador de una organización.
- Refleja rápidamente las tendencias y patrones presentes en los datos.

### 1.2.2. Diagrama de afinidad<sup>1</sup>

Este diagrama está diseñado para reunir hechos, opiniones e ideas que se encuentran desorganizados. Asimismo, ayuda a agrupar aquellos elementos que están relacionados de forma natural. Como resultado, cada grupo se une alrededor de un tema o concepto clave (Asaka 1992: 240). Un ejemplo de dicho diagrama se muestra en el anexo 1, figura A.1.

Elaboración del diagrama de afinidad (Asaka 1992: 237):

1. *Establecer el tema:* El equipo o grupo debe determinar el tema que será atendido. Se debe presentar en un lugar visible durante el tiempo de aplicación de la técnica.
2. *Reunión de información:* Los datos se pueden reunir en una sesión tradicional de lluvia de ideas; también, podría ser por observación directa, entrevista y cualquier otro material de referencia.
3. *Transferir datos a fichas:* Los datos reunidos son desglosados en frases independientes con un solo significado evidente y una sola frase registrada en cada ficha.

---

<sup>1</sup> El Diagrama de afinidad fue creado por Kawakita Jiro.

4. *Agrupar las fichas en grupos similares:* Las fichas deberán colocarse en una pizarra o papelógrafo, de tal manera que se puedan ver fácilmente. Luego, los miembros del equipo agrupan las fichas de acuerdo a su similitud.
5. *Identificar con un título cada agrupación:* Mediante un consenso se asigna un nombre a cada grupo, este título debe transmitir el significado de las fichas en muy pocas palabras.
6. *Presentación del diagrama de afinidad terminado:* Después de que los grupos estén ordenados y con su respectivo título; se debe realizar una breve discusión con la finalidad de confirmar la relación de los grupos y sus elementos.

Las ventajas de utilizar esta herramienta son las siguientes:

- Organizar y ordenar las ideas.
- Aclarar y simplificar ideas.
- Agrupar los problemas, causas o soluciones de origen común.

### 1.2.3. Diagrama de Pareto <sup>2</sup>

El principio de este diagrama enfatiza el concepto de lo vital contra lo trivial, es decir, el 20% de las variables causan el 80% de los efectos, lo que significa que existen unas cuantas variables vitales y muchas variables triviales (Besterfield: 2009: 79). Un proceso tiene innumerables variables que repercuten en el resultado; sin embargo, no todas pueden ser controladas (por ejemplo el clima, el tipo de cambio, la inflación, etc.); por ello, es importante describir las que sí son controlables. De estas variables controlables; no todas son importantes, generalmente hay unas cuantas que son vitales (20%) y son las que causan el 80% del resultado.

El procedimiento para elaborar un diagrama de Pareto es el siguiente (Besterfield: 2009: 80):

1. Determinar el tiempo que se asignará para recabar datos. Se pueden requerir desde unas cuantas horas hasta varios días.
2. Elaborar una hoja de trabajo que permita la recopilación de datos.
3. Anotar la información de acuerdo a la frecuencia en forma descendente en la hoja de trabajo diseñada, la cual debe tener las columnas de actividad, frecuencia, frecuencia acumulada y porcentaje de frecuencia acumulada.

---

<sup>2</sup> Vilfredo Federico Pareto (15 de julio de 1848, París- 19 de agosto de 1923, Ginebra) fue un sociólogo, economista y filósofo italiano. Pareto realizó importantes contribuciones al estudio de la economía y de la sociología, especialmente en el campo de la distribución de la riqueza y el análisis de las elecciones individuales.

4. Vaciar los datos de la hoja de trabajo en la gráfica de Pareto, la cual es una gráfica de barras acompañada de una serie de datos acumulados.
5. Proyectar la línea acumulativa comenzando de cero hacia el ángulo superior derecho de la primera columna. La línea acumulativa termina cuando se llega a un nivel de 100% en la escala de porcentajes.
6. Trazar una línea paralela al eje horizontal cuando la frecuencia acumulada es del 80%

Las ventajas de usar esta herramienta se listan a continuación:

- Indica qué problemas se deben resolver primero.
- Representa en forma ordenada la ocurrencia del mayor al menor impacto de los problemas o áreas de oportunidad de mejora.
- Es el primer paso para la realización de mejoras.
- Facilita el proceso de toma de decisiones porque cuantifica la información que permite efectuar comparaciones basadas en hechos verdaderos.

#### 1.2.4. Diagrama de Ishikawa<sup>3</sup> o diagrama causa-efecto

La finalidad de esta herramienta es ayudar a los equipos de mejora a detectar los diferentes tipos de causas que influyen en un problema; se seleccionan los principales y se jerarquizan. Un diagrama bien detallado tomará la forma de una espina de pescado, de allí su otro nombre. Las principales características que presenta son que el problema se coloca en el lado derecho del diagrama y para cada efecto surgirán diversas categorías de causas principales que podrán ser resumidas en las llamadas 4 M, que son: máquina, material, método y medida. En el anexo 1, figura A.2, se muestra un ejemplo.

Los pasos para la elaboración del diagrama de Ishikawa (Asaka 1992:142):

1. *Definición del problema:* Se coloca en el cuadro que representa la cabeza del pescado.
2. *Determinación de los conjuntos de causas:* De la línea en la que se colocó el recuadro del problema, salen flechas referidas a la mano de obra, los métodos, los materiales y la maquinaria.
3. *Participación de los integrantes del grupo en una sesión de lluvia de ideas:* Cada persona debe indicar exactamente a qué conjunto de causas pertenece la

<sup>3</sup> Kaoru Ishikawa (Japón, 1915 – 1989), era un profesor japonés de química industrial, administración de empresas y verdaderamente experto en el control de calidad. Se le considera el padre del análisis científico de las causas de problemas en procesos industriales y da nombre al diagrama Ishikawa, cuyo gráfico agrupa por categorías todas las causas de los problemas.

idea que propuso. El esquema final de la sesión de lluvia de ideas debe reflejarlas agrupadas para facilitar el análisis.

4. *Revisión de ideas:* Se identifica la “espinas” con las causas de mayor frecuencia y se priorizan de acuerdo a su recurrencia. Para ello, se puede utilizar el diagrama de Pareto que distingue a las que tienen mayor criticidad.

Las ventajas de usar esta herramienta se listan a continuación (Asaka 1992:149):

- Ayuda a mantener la discusión centrada en el tema y a enfocar la atención de los participantes en el problema.
- Los miembros del grupo, al participar en la construcción de un diagrama causa-efecto, observan cosas nuevas y aprenden unos de otros.
- Los diagramas detallados son material técnico útil para hacer y revisar estándares técnicos, estándares operativos, estándares de inspección y otras referencias estándares.

### **1.3. Métodos estadísticos para el control y mejora de procesos**

El control estadístico de procesos, el muestreo de aceptación y el diseño de experimentos son herramientas que combinan la tecnología estadística y de ingeniería para analizar los problemas de la calidad y mejorar el desempeño de los procesos de producción. La carta de control es una de las principales técnicas del control estadístico de procesos (en el apartado 1.3.1 de este mismo capítulo se brindará una mayor explicación de su uso) y el muestreo de aceptación guarda una estrecha relación con la inspección y prueba del producto (se hablará más de esta herramienta en el acápite 1.3.2 del primer capítulo). Un experimento diseñado, en el cual se ahondará más en el apartado 1.3.4 de este capítulo, es muy útil para descubrir las variables clave que influyen en las características de la calidad que son de interés en el proceso. El objetivo principal de utilizar estos conocimientos de ingeniería de la calidad es la reducción sistemática de la variabilidad en las características claves del producto. Para lograrlo, se van introduciendo estos métodos de manera paulatina; en las primeras etapas, cuando el muestreo de aceptación es la principal técnica en uso, las unidades que no cumplan con las especificaciones constituyen un porcentaje elevado de la salida del proceso. Después, al incluir el control estadístico, el proceso se estabilizará y la variabilidad se reducirá. Además, se mejora el desempeño del producto y se obtiene una

posición competitiva fortalecida. Para obtener niveles mínimos de variabilidad de los procesos se utilizan los experimentos diseñados estadísticamente en conjunto con el control estadístico de procesos. Esta secuencia se ilustra mejor en la figura 1.4.

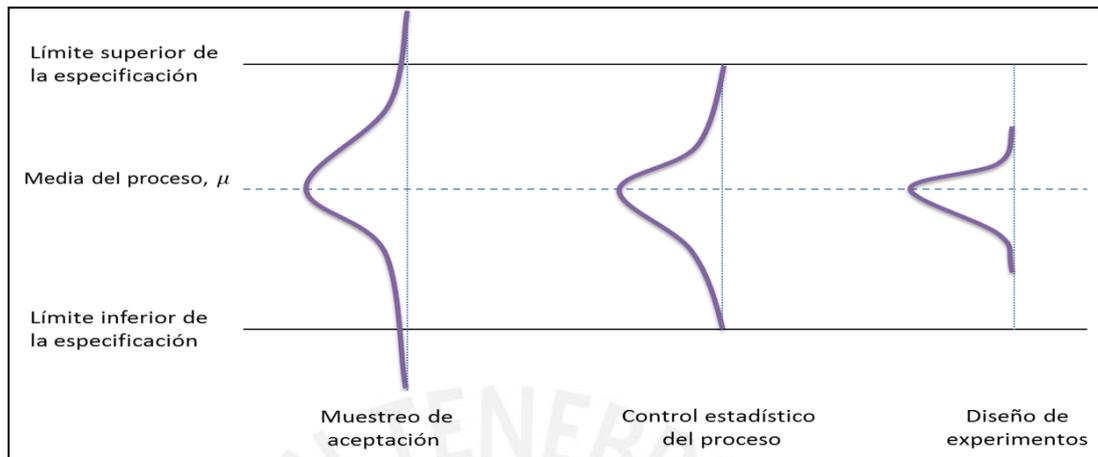


Figura 1.4. Uso de las herramientas de ingeniería de la calidad en la reducción de la variabilidad del proceso  
Fuente: Montgomery (2005)

### 1.3.1. Gráficos de control

Son herramientas estadísticas más complejas que permiten obtener un mejor conocimiento del comportamiento de un proceso a través del tiempo. Se utilizan cuando se desea predecir las tendencias en un proceso, determinar si un proceso es estable o no y para analizar la influencia de las variables sobre el desarrollo del proceso (Montgomery: 2005: 163). Un gráfico de control es usado para representar datos visualmente, con límites de control calculados tomando datos de un proceso mediante muestras e introduciendo promedios de las muestras en fórmulas apropiadas. Dichos límites son los siguientes: límite de control superior (LCS) y límite de control inferior (LCI) (Montgomery: 2005: 156). Estos son colocados equidistantes a ambos lados de la línea e indican el promedio de un proceso. En el anexo 2, se muestra un ejemplo.

Es muy útil graficar el diagrama de control porque permite determinar si los promedios de las muestras caen dentro o fuera de los límites de control y saber si forman trayectorias “anormales”. La fluctuación de los puntos dentro de los límites resulta de la variación de las causas comunes en un sistema y solo pueden ser afectados cambiando este sistema (Montgomery: 2005: 159-160). En caso se tuviera puntos fuera de los límites de control o formando trayectorias “anormales”, se puede decir que estos son originados por causas especiales o asignables, además, no son parte de la forma normal de operar el proceso. A continuación se presentan ocho reglas sugeridas por Juran (2002) para hallar dichas anomalías (en

el anexo 3 se encuentra la imagen de las zonas en las que se divide un gráfico de control):

- Un punto fuera de la zona A
- Nueve puntos seguidos en la zona C o más allá
- Seis puntos seguidos con aumento o disminución estables
- Catorce puntos seguidos alternando arriba y abajo
- Dos de cada tres puntos seguidos en la zona A o más allá
- Cuatro de cada cinco puntos seguidos en la zona B o más allá
- Quince puntos seguidos en la zona C (arriba y debajo de la línea central)
- Ocho puntos seguidos a ambos lados de la recta central

Los gráficos de control se clasifican en dos grandes categorías: gráficos de control de variables (Montgomery 2005: 207-259) y gráficos de control de atributos (285-310); además, dentro de esta clasificación se encuentran distintos tipos de gráficas. Las más usadas se pueden apreciar en la tabla 1.2.

Tabla 1.2. Tipos de gráficos de control y sus usos.

Categoría	Tipo de gráfico	Cantidad estadística	Aplicación
Gráficos de control de variables	Gráfico $\bar{x} - R$	Media y rango	Monitorear el control promedio del proceso o nivel de calidad medio
	Gráfico $\bar{x} - S$	Media y desviación estándar	Monitorear la variabilidad del proceso
	Gráfico $I - RM$	Lecturas individuales y rangos móviles	Monitorear el proceso usando un tamaño de muestra $n=1$ . Es decir, la muestra consta de una unidad individual. Por ejemplo, cuando se muestrea algún tipo de líquido que tiene comportamiento homogéneo.
	Gráfico $\bar{x} - R$	Mediana y rango	Evaluar el comportamiento del proceso a partir de la mediana y del rango. Se utiliza en procesos que muestren estabilidad estadística.
Gráficos de control de atributos	Gráfico p	Porcentaje de defectuosos	Reflejar gráficamente el número de unidades defectuosas en muestras de tamaño variable (fracción defectuosa)
	Gráfico np	Número de defectuosos de la muestra	Graficar precisamente las unidades disconformes y no el porcentaje que estas representan, siendo constante el tamaño de la muestra
	Gráfico c	Número de defectos	Plasmar gráficamente el número de defectos aparecidos en un producto de tamaño fijado o unidad previamente definida sobre un cierto período de tiempo
	Gráfico u	Número de defectos por unidad de área	Evidenciar gráficamente el número de defectos que aparecen en un producto de tamaño variable sobre un período de tiempo (por ejemplo, irregularidades en las etiquetas de los frascos)

Fuente: Asaka (1992)

## A. Gráficos de control-variables

Muchas características de la calidad se pueden expresar en términos de una medición numérica. Por ejemplo, el diámetro de una tapa podría medirse con un micrómetro y expresarse en milímetros. A una característica particular medible de la calidad, tal como el peso o volumen, se le llama variable, por lo general, es necesario monitorear el valor medio y su variabilidad. A continuación, se procederá a explicar tres principales gráficos de control.

### **Gráfico $\bar{x} - R$**

Esta gráfica se utilizar para registrar la variación del valor promedio de las muestras. (Besterfield 2009: 182). La característica que se escoja para elaborar una gráfica  $\bar{x}$  y R debe ser medible y expresable en números. Se da gran prioridad a la selección de aquellas características que están dando problemas en términos de producción y/o costo. Un diagrama de Pareto es útil para establecer prioridades (2009:188).

Los pasos para elaborar la gráfica son los siguientes (Besterfield 2009: 187):

1. Seleccionar la característica de calidad
2. Escoger el grupo racional
3. Reunir los datos
4. Determinar en forma tentativa la línea central y los límites de control
5. Establecer la línea central y los límites de control revisados
6. Alcanzar el objetivo

El procedimiento detallado y las fórmulas que se utilizarán se encuentran en el anexo 4.

Las ventajas de utilizar esta gráfica son las siguientes (Besterfield 2009: 186):

- Permitir un fácil entendimiento de los datos, porque las gráficas presentan claridad y consistencia
- Evitar que el producto llegue con defectos al cliente
- Detectar y corregir variaciones de calidad a tiempo

### **Gráfico $\bar{x} - S$**

Una gráfica s es más exacta que una R porque se calcula usando todos los datos y no solo los valores altos y bajos. Cuando los tamaños de subgrupo son

menores que 10, ambas gráficas retratan gráficamente la misma variación; sin embargo, cuando el tamaño de subgrupo aumenta hasta 10 o más, los valores extremos tienen una influencia exagerada sobre la gráfica R. Por lo mismo, se debe usar la gráfica s para tamaños mayores de subgrupo (Besterfield 2009:202).

Elaborar y utilizar cartas de control  $\bar{x}$  y S necesita la misma secuencia de pasos que para las cartas  $\bar{x}$  y R, excepto porque se tiene que calcular el promedio muestral  $\bar{x}$  y la desviación estándar muestral de cada muestra. Luego de calcular  $\sigma$ , se procede a hallar los parámetros de la carta S (Montgomery 2005: 239-244):

$$\text{(UCL) límite de control superior} = B_6\sigma$$

$$\text{Línea central} = c_4\sigma$$

$$\text{(LCL) límite de control inferior} = B_5\sigma$$

Los valores para los factores  $B_6$ ,  $B_5$  y  $c_4$ , se utilizan para obtener los límites de control  $3\sigma$  para gráficas  $\bar{x}$  y s a partir de  $\bar{s}$ . Se hallan ingresando con el tamaño n del grupo al anexo 5.

Las ventajas de utilizar esta gráfica son (Montgomery 2005: 239)

- Trabaja con un tamaño de muestra n moderadamente grande. Por ejemplo,  $n > 10$  o 12, es decir, que el tamaño de los subgrupos es mayor.
- Trabaja con tamaños de muestra n, variables.

### **Gráfico I – RM**

Este tipo de gráfica es utilizada cuando las características a medir en cualquier punto en el tiempo son relativamente homogéneas; por ejemplo, en algún tipo de mezcla líquida. Se toma subgrupos de tamaño 1 (Montgomery 2005: 249). La línea central se basa en el promedio de los datos y los límites de control se basan en la desviación estándar (+/- 3 sigmas).

Pasos para calcular y graficar los límites de control (Montgomery 2005: 250-251):

1. Hallar los límites de control de datos individuales. Las fórmulas se encuentran en el anexo 6.

2. Calcular los límites de control del rango móvil. Las fórmulas se encuentran en el anexo 6.
3. Interpretar el gráfico de control: Se debe tener cuidado al interpretar patrones en la carta del rango móvil. Los rangos móviles están correlacionados y esta correlación con frecuencia puede inducir un patrón de corridas o ciclos en la carta. Sin embargo, las mediciones individuales de la carta  $\bar{x}$  no están correlacionadas y cualquier patrón que aparezca se debe investigar con atención.

Las ventajas de utilizar esta gráfica son las siguientes (Montgomery 2005: 249):

- Monitorea el proceso cuando se usa la tecnología de inspección y medición automatizada y no hay ninguna base racional para hacer subgrupos.
- Controla el proceso cuando las mediciones repetidas del proceso difieren únicamente por el error de laboratorio o de análisis, como en muchos procesos químicos.
- Controla una variable cuyas mediciones diferirán muy poco y producirán una desviación estándar que se será demasiado pequeña.

## **B. Gráficos de control-atributos**

Existen características de la calidad que se clasifican como conformes o disconformes respecto de las especificaciones. En esos casos, es común utilizar la terminología “defectuoso” o “no defectuoso”. A este tipo de características se les llama atributos (Besterfield 2009: 316). En las siguientes líneas, se darán los lineamientos para elaborar las cuatro cartas de control para atributos de mayor uso; las cuales son las siguientes: carta de control para la fracción disconforme o carta p, carta de control de número de unidades no conformes o carta np, carta de control de disconformidades o carta c y carta de control para disconformidades por unidad o carta u.

### ***Gráfico de control p***

La gráfica p se usa para datos consistentes en la proporción de cantidad de ocurrencias de un evento entre la cantidad total de ocurrencias. Se usa para presentar la fracción o porcentaje de no conformes en un producto, características de calidad o grupo de características de calidad (Besterfield 2009: 317). Los procedimientos generales que se aplican a las gráficas de

control para variables también se aplican a la gráfica p. En el anexo 7, se muestran los pasos detallados.

Las ventajas de utilizar esta gráfica son (Besterfield 2009: 318):

- La gráfica p es una gráfica de control extremadamente versátil. Se puede usar para controlar una característica de la calidad, un grupo de características del mismo tipo, o bien para controlar todo el producto.
- Permite evaluar el desempeño de calidad de un operador, grupo de operadores o de la administración.
- El tamaño de subgrupo de la gráfica p puede ser variable o constante.

### **Gráfico de control np**

La gráfica de número de conformes, o gráfica np, es casi igual a la gráfica p; sin embargo, no se usan las dos para el mismo objetivo. Uno de los límites de una gráfica np es el requisito que el tamaño de subgrupo sea constante. Ese tamaño de muestra debe indicarse en la gráfica para que los que la vean tengan un punto de referencia (Besterfield 2009: 337). La construcción del gráfico np se basa en el hecho de que np tiene una distribución binomial con parámetros n y p, donde n es el tamaño de la muestra y p es la probabilidad de encontrar un artículo defectuoso (Montgomery 2005: 297). En el anexo 8, se muestra el procedimiento seguido para elaborar esta gráfica.

Las ventajas de utilizar esta gráfica son (Besterfield 2009: 337):

- Es más fácil de comprender, por el personal de operación, que la gráfica p.
- Los resultados de la inspección se anotan directamente en la gráfica sin hacer más cálculos.

### **Gráfico de control c**

La gráfica de no conformidades controla el conteo de no conformidades dentro del producto o servicio. Un artículo se clasifica como unidad no conforme ya sea que tenga una o muchas no conformidades. Esta gráfica se basa en la distribución de Poisson, por ello, se deben cumplir dos condiciones: la primera es que la cuenta promedio de no conformidades debe ser mucho menor que la cuenta total posible de no conformidades y la segunda es que las ocurrencias sean independientes. La gráfica c se aplica cuando el tamaño de subgrupo es una unidad inspeccionada igual a uno (Besterfield 2009: 339-340). El

procedimiento para trazar una gráfica c es similar al de la gráfica p y se muestra en el anexo 9.

Las ventajas de utilizar esta gráfica son las siguientes (Besterfield 2009: 340):

- Llama la atención de la administración sobre cualquier cambio en el promedio.
- Como las gráficas de cuenta de no conformidades se suelen aplicar a los errores, son muy efectivas para evaluar la calidad de las áreas funcionales de finanzas, ventas, servicio al cliente, etc.
- Proporciona información sobre la aceptación del producto antes de enviarlo al cliente.

#### **Gráfico de control u**

La gráfica u es matemáticamente equivalente a la gráfica c. Cuando se presentan casos en los que varía el tamaño de subgrupo, entonces la gráfica u (cuenta de no conformidades por unidad) es la gráfica adecuada. También, se puede usar la gráfica u cuando el tamaño de subgrupo es constante. El procedimiento para elaborar un gráfica de este tipo es similar al de una tipo c y se muestra en el anexo 10.

La ventaja de utilizar esta gráfica es (Besterfield 2009: 348):

- En la gráfica u, la escala es continua; mientras que, para la gráfica c es discreta. Esta diferencia permite tener más flexibilidad en la gráfica u, porque el tamaño del subgrupo puede variar.

### **1.3.2. Muestreo de aceptación**

El muestreo de aceptación (Montgomery 2005: 680-682) se ocupa de la inspección y toma de decisiones respecto de los productos, además, se puede utilizar en varias etapas de la producción. Esta herramienta tiene tres aspectos importantes que deben tomarse en cuenta: Primero, la misión de este muestreo es dictaminar los lotes, no estimar la calidad, segundo, los planes de muestreo de aceptación no proporcionan ninguna forma directa de control de calidad, tercero, la mayor eficacia del muestreo de aceptación se presenta cuando se utiliza como herramienta de auditoría para asegurar que la salida de un proceso cumple con los requerimientos.

Existen diferentes maneras de clasificar los planes de muestreo de aceptación, la clasificación principal es por atributos y variables. Las variables son características de la calidad que se miden en una escala numérica; mientras que los atributos son característicos de la calidad que se expresan en una base “pasa, no pasa”. En la presente investigación, se trabajará con este último tipo.

#### A. Definiciones previas

- *AQL (Acceptable quality level)*: Es el nivel de calidad más pobre del proceso del proveedor, que el consumidor consideraría aceptable como promedio del proceso. Se define como tasa de fracción de defectos  $q_0$ .
- *LTPD (Lot tolerance percent defective)*: Este nivel es llamado porcentaje de defectivos tolerables en el lote. Surge cuando la tasa de fracción de defectos ( $q_1$ ) es mayor que  $q_0$ , lo cual no lo hace aceptable.
- $\alpha$ : La probabilidad de rechazar un lote bueno.
- $1-\alpha$ : La probabilidad de aceptar un lote con fracción de defectos igual a AQL.
- $\beta$ : La probabilidad de aceptar lotes con fracción defectuosa igual a LTPD.
- *AOQ (Average outgoing quality)*: Se basa en la calidad media de salida y mide la fracción de defectuosos esperado en un lote.
- *ATI (Average total inspection)*: Se refiere a la inspección total promedio que mide la cantidad de unidades inspeccionadas en promedio.
- *AOQL (Average outgoing quality limit)*: Es el límite de calidad media de salida que indica la peor calidad promedio posible que resultaría del programa de inspección.

A continuación, se explicará el sistema de muestreo de aceptación para atributos que se utiliza en el Perú; el cual es la Norma Técnica Peruana NTP-ISO 2859-1:2013 PROCEDIMIENTO DE MUESTREO PARA INSPECCIÓN POR ATRIBUTOS, publicada el 19 de julio de 2013.

#### B. NTP-ISO 2859-1:2013

En la Norma Técnica Peruana NTP-ISO 2859-1:2013 PROCEDIMIENTO DE MUESTREO PARA INSPECCIÓN POR ATRIBUTOS, se encuentra una colección de esquemas de muestreo que comprende tres tipos de muestreo: el muestreo único, el muestreo doble y el muestreo múltiple. Antes de explicar los

procedimientos y reglas de cambio, es necesario explicar el concepto de puntaje de cambio, que se utiliza en los diferentes planes.

### ***Puntaje de cambio<sup>4</sup>***

El cálculo del puntaje de cambio se debe comenzar al iniciar la inspección normal, a menos que la autoridad responsable lo especifique de otra manera.

El puntaje de cambio debe ser fijado en cero al principio y actualizado luego de la inspección de cada lote posterior en la inspección normal original.

#### a) Planes de muestreo simple:

- 1) Cuando el número de aceptación es 2 o más, se agrega 3 al puntaje de cambio si el lote hubiera sido aceptado cuando el nivel de calidad aceptable (NCA) hubiera sido un nivel más riguroso; de lo contrario, se vuelve a colocar el puntaje de cambio en cero.
- 2) Cuando el número de aceptación es 0 o 1, se agrega 2 al puntaje de cambio si el lote es aceptado; de lo contrario, se coloca el puntaje de cambio en cero.

#### b) Planes de muestreo doble y múltiple:

- 1) Cuando se usa un plan de muestreo doble, se agrega 3 al puntaje de cambio si el lote es aceptado después de la primera muestra; de lo contrario, se vuelve a colocar el puntaje de cambio en cero.
- 2) Cuando se usa un plan de muestreo múltiple, se agrega 3 al puntaje de cambio si el lote es aceptado en la tercera muestra; de lo contrario, se vuelve a colocar el puntaje de cambio en cero.

Para cada tipo de plan, se determina la inspección normal, la inspección rigurosa o la inspección reducida. Al principio de la actividad de inspección se utiliza la inspección normal, los otros dos tipos se eligen según la dinámica<sup>5</sup> mostrada en el anexo 11. Asimismo, el procedimiento para utilizar de la manera correcta las tablas de la NTP-ISO 2859-1:2013 se muestra en el anexo 11.

---

<sup>4</sup> NTP-ISO 2859-1:2013, pág. 20.

<sup>5</sup> NTP-ISO 2859-1:2013, pág. 18-21.

### 1.3.3. Capacidad del proceso

La capacidad del proceso está relacionada con la uniformidad del mismo. Entonces, la variabilidad del proceso es una medida de la uniformidad de la salida. Para estimar la capacidad de un proceso es necesario cumplir con dos condiciones: la primera es que el proceso esté bajo control estadístico, esto se cumple cuando se han eliminado del proceso las causas asignables hasta el grado en que los puntos de la gráfica de control permanecen dentro de los límites de control. La segunda consideración es que la distribución de los datos sea Normal; es decir, los puntos están hacia uno y otro lado de la línea central en forma aleatoria, sin que haya puntos que se salgan de los límites de control y formando una curva normal (Besterfield 2009:207).

Asimismo, es necesario tener una forma cuantitativa simple para expresar la capacidad del proceso. Las más utilizadas son índice de capacidad potencial del proceso ( $C_p$ ) e índice de capacidad real del proceso ( $C_{pk}$ ). En las siguientes líneas, se dará mayor detalle de su definición, utilización e interpretación.

#### A. Índice de capacidad potencial del proceso ( $C_p$ )

Este indicador no toma en cuenta la media observada del proceso y para una característica de la calidad con límites tanto superior como inferior de la especificación (USL y LSL, respectivamente), se denota como:

$$C_p = \frac{USL - LSL}{6\sigma}$$

La extensión  $6\sigma$  del proceso es la definición básica de la capacidad del proceso. Por lo general, la desviación estándar  $\sigma$  del proceso es desconocida y debe sustituirse con una estimación de  $\sigma$ . Para estimar  $\sigma$  se emplea de manera típica la desviación estándar muestral  $S$  (Montgomery 2005:357-358). Los tres casos de interés respecto del  $C_p$  y las especificaciones del proceso se desarrollan a continuación: si  $C_p > 1$ , esto significa que el proceso utiliza mucho menos del 100% de la banda de tolerancia; por consiguiente, en este proceso se producirá un número reducido de unidades disconformes. Cuando  $C_p = 1$ , el proceso utiliza toda la banda de tolerancia, en una distribución Normal esto implicaría cerca de 0.27% (o 2700 ppm) de unidades disconformes. Por último, cuando se tiene un  $C_p < 1$ , el proceso utiliza más del 100% de la banda de tolerancia; en este

caso el proceso es muy sensitivo al rendimiento y se producirá un gran número de unidades disconformes (Montgomery 2005:217-218).

### B. Índice de capacidad real del proceso (Cpk)

Es un indicador del desempeño real del proceso y toma en cuenta la media del mismo. Se denota como:

$$Cpk = \text{mínimo} \left\{ \frac{UCL - \hat{\mu}}{3\hat{\sigma}}, \frac{\hat{\mu} - LCL}{3\hat{\sigma}} \right\}$$

Donde:

$$C_{pu} = \frac{UCL - \hat{\mu}}{3\hat{\sigma}} ; \text{ está referido a la especificación superior}$$

$$C_{pl} = \frac{\hat{\mu} - LCL}{3\hat{\sigma}} ; \text{ está referido a la especificación inferior}$$

En general, si  $C_p = C_{pk}$ , el proceso está centrado en el punto medio de las especificaciones y, cuando  $C_{pk} < C_p$ , el proceso está descentrado (Montgomery 2005:363). Un valor de  $C_{pk} = 1$  es una norma de facto e indica que el proceso está obteniendo un producto fabricado conforme a las especificaciones. Un valor de  $C_{pk}$  menor que 1 indica que el proceso obtiene productos que no están fabricados conforme a las especificaciones. Un valor de  $C_{pk} = 0$  indica que el promedio es igual a uno de los límites de especificación. (Besterfield 2009:230).

#### 1.3.4. Diseño experimental unifactorial

El diseño experimental (Herrera 2011:25-27) es una de las herramientas más aplicadas en el mejoramiento y optimización de un proceso. Además, mediante una técnica llamada análisis de varianza, se cuantifica el efecto de diferentes tratamientos sobre una variable respuesta que es el objeto de interés. El principal objetivo del análisis de los datos en un diseño experimental es cuantificar y evaluar la importancia de las fuentes de variación atribuida a distintos niveles de uno o varios tratamientos.

El análisis de varianza, instituido por R.A. Fisher, es un procedimiento sistemático que transforma la variabilidad total (suma de cuadrados totales) en variabilidad explicada por los distintos tratamientos y una variabilidad inexplicable que se

produce por la presencia inevitable de discrepancias entre lo que se observa y lo que debiera ser.

El diseño unifactorial se utiliza cuando las observaciones  $y_{ij}$  de una variable respuesta de interés sufren la influencia de cierto factor, el cual se puede presentar en  $a$  niveles diferentes de forma que para cada uno de ellos se realizan muestras independientes de tamaño  $n_i$ , con  $i$  que presenta los distintos niveles del factor de interés. También,  $N$  representa el total general de observaciones en todos los niveles,  $y_{i\cdot}$  representa el total para el  $i$ -ésimo nivel del factor y  $Y_{\cdot\cdot}$  es el gran total. Para el diseño unifactorial, el modelo tiene la forma:

$$y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij} \quad \text{con } i=1, \dots, a \text{ y } j=1, \dots, n$$

Donde:

$y_{ij}$  es la  $j$ -ésima observación del  $i$ -ésimo factor.

$\mu$  es un parámetro común a todos los tratamientos al que se llama media global.

$\tau_i$  es un parámetro único del tratamiento  $i$ -ésimo al que se le llama efecto del tratamiento  $i$ -ésimo.

$\varepsilon_{ij}$  es un componente del error aleatorio.

El experimento debe llevarse a cabo en orden aleatorio para que el ambiente en el que se apliquen los tratamientos sea lo más uniforme posible. Los objetivos serán probar la hipótesis apropiada acerca de las medias de los tratamientos y estimarlas. También, es necesario realizar un análisis de varianza para un diseño unifactorial, tal como se muestra en la tabla 1.3. Las fórmulas utilizadas en dicha tabla se encuentran en el anexo 12.

Tabla 1.3. Análisis de varianza para un diseño unifactorial

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F de Fisher	Valor p
Tratamiento	$a-1$	$SS_{\text{tratamientos}}$	$\frac{SS_{\text{tratamiento}}}{a-1}$	$f = \frac{\frac{SS_{\text{tratamiento}}}{a-1}}{\frac{SS_{\text{error}}}{N-a}}$	P(F>f)
Error	$N-a$	$SS_{\text{error}}$	$\frac{SS_{\text{error}}}{N-a}$		
Total	$N-1$	$SS_{\text{total}}$			

Fuente: Herrera (2011)

Se requiere una prueba de hipótesis si una variación, debido a los tratamientos, es significativamente mayor que el error experimental aleatorio. Para la prueba de hipótesis, se utiliza una región crítica de un lado en la cola de la derecha. La hipótesis nula  $H_0$  se rechaza para una probabilidad de un error tipo I de la siguiente forma:

$$f > F_{[\alpha(a-1);(N-a)]}$$

Donde:

$F_{[\alpha(a-1);(N-a)]}$  es el valor crítico de la distribución Fisher para un nivel de significancia igual a  $\alpha$ .

## 1.4. Otros conceptos

### 1.4.1. Evaluación de la medida del desempeño

La organización debe tener conocimiento de los métodos estadísticos aplicados. Si una empresa realiza el análisis del proceso, este debe incluir el uso de herramientas estadísticas descriptivas e indicadores que permitan que las mediciones realizadas cobren importancia puesto que se basan en hechos objetivos (Herrera 2011:19-20). Además, se evita tomar decisiones erradas que generen altos costos de falta de calidad.

Para aplicar esta evaluación, se deben conocer algunos conceptos relacionados a la medida del desempeño que permitirán la recolección y análisis de datos de una forma más eficiente y coherente. Dichos conceptos<sup>6</sup> son los siguientes:

- **Unidad:** Es un ítem que está en proceso o al final del proceso. Los ítems pueden ser productos manufacturados, lotes, muestras en un proceso continuo, una transacción o servicios que son prestados a clientes internos o externos. Algunos ejemplos son los siguientes: un balde de lubricante, un documento en un proceso administrativo, una venta realizada o un despacho de un proveedor.
- **Defecto:** Un producto fuera de especificación, cualquier fallo en la prestación de un servicio o en una transacción en un proceso administrativo. Algunos ejemplos son los siguientes: el color de un lubricante fuera de la especificación, un documento mal revisado, etc.

<sup>6</sup> Álvarez, Héctor, 2003, pág. 2

- **Defecto por oportunidad:** Es la posibilidad que un producto o servicio tenga un fallo o defecto.

Una métrica muy importante es la cantidad de defectos por millón de oportunidades porque son los potenciales defectos que deben ser prevenidos para evitar su ocurrencia. Algunas indicaciones para definir defectos por oportunidad son:

- **Enfocarse a los defectos o fallos rutinarios:** Esto se refiere a que defectos extremadamente raros no deberían ser considerados oportunidades.
- **Grupos muy relacionados puede considerarse como una sola categoría de oportunidad:** Es recomendable agrupar defectos o fallos en categorías para simplificar la tarea de análisis y el manejo de los mismos.
- **Ser consistente:** Se debe considerar el uso de definiciones estándar de defectos por oportunidad y tratar de desplegarlas a lo largo de la organización.

El procedimiento para el cálculo de la medida o nivel de desempeño (Herrera 2011:19-20) consiste en determinar inicialmente los factores críticos de calidad (FCC) de la organización que consiste en cualquier parte de la unidad o servicio que esté expuesta a generar una no conformidad. Luego, este valor se multiplica por una muestra de artículos producidos (MAP) de tal manera que se obtenga el total de defectos factibles (TDF= FCCxMAP). Finalmente, se toma el número de fallas presentes en el proceso (NC) y se divide entre el total de defectos factibles (TDF) y esto a su vez se multiplica por un millón para obtener los defectos por millón de oportunidades (DPMO). La formulación se presenta en el anexo 13.

Existen formas tradicionales para obtener información que permita calcular la medida DPMO. Los factores críticos de calidad (FCC) se determinan mediante técnicas de muestreo aleatorio de clientes externos e internos del proceso en cada una de las etapas del mismo.

## CAPÍTULO II: DESCRIPCIÓN Y DIAGNÓSTICO DE LA EMPRESA

### 2.1. Descripción de la empresa

#### 2.1.1. La Organización

La empresa, fundada en el año 1992 en el Perú, se dedica a la fabricación de lubricantes, grasas, aditivos y otros productos para la industria automotriz e industrial. La organización ha logrado alcanzar el mercado internacional en países como Bolivia, Chile, Ecuador y Paraguay y los principales clientes son distribuidoras y estaciones de servicio. Para más información acerca del perfil empresarial, ver anexo 14.

Las áreas y unidades orgánicas se muestran en el organigrama de la empresa, ver figura 2.2. Tras realizar el análisis a dicho diagrama, se observa que es una organización descentralizada verticalmente<sup>7</sup>, en la cual la autoridad de toma de decisiones se delega en la cadena de mando hasta donde sea posible. También se puede observar que se tiene un representante de la dirección ISO, quien se encarga de supervisar el desempeño del Sistema de Gestión de Calidad. Es importante resaltar que la descentralización ayuda a mejorar la respuesta y creatividad de las personas cuando la compañía se enfrenta a competencia intensa. La empresa mantiene relación con los “actores principales” que se muestran en el mapa relacional del negocio de la empresa en la figura 2.1. Las flechas indican una relación de correspondencia, es decir, que la empresa recibe beneficios tangibles o intangibles de parte de ellos y viceversa. Los participantes son:

**Accionistas:** En este caso la empresa es una sociedad anónima cerrada; además, es una empresa formada por capitales peruanos. Se realizó una inversión aproximada de diez millones de nuevos soles para ponerla en marcha.

**Colaboradores:** Actualmente la empresa cuenta con 150 trabajadores.

**Proveedores:** La empresa cuenta con proveedores para rubros como aditivos, aceites básicos, insumos químicos, envases, cajas, transporte.

**Estado:** Dentro de este grupo se encuentran los organismos supervisores como el Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería (OSINERGMIN), el Ministerio de Trabajo (MINTRA), que se encarga de velar por el cumplimiento de los derechos de los trabajadores y la Superintendencia Nacional de Aduanas y de

<sup>7</sup> La descentralización vertical menciona que el poder se delega hacia abajo hasta los gerentes de línea. (Mintzberg, en Mintzberg y Quinn, 1993, pp. 380-381).

Administración Tributaria (SUNAT), que se encarga recaudar los tributos y regular las actividades aduaneras de comercio exterior de la empresa.

**Competencia:** La principal competencia proviene de empresas extranjeras como Castrol, Shell y MobilOil, que tienen un alto nivel de producción. En menor cantidad de producción, se encuentran las empresas nacionales como: ISOPETROL S.A., Procesadora de Gas Pariñas S.A.C y PECSA.

**Comunidad:** La empresa ha dado trabajo en las áreas de producción, almacén y etiquetado a personas que viven en Ancón.

**Medio Ambiente:** Dentro de la planta se mantiene la limpieza y el orden, también se realiza reciclaje de papeles, plástico, cartón y vidrio. Para ello, se cuenta con cilindros de colores debidamente rotulados.

**Clientes:** Dentro de los principales clientes se encuentran estaciones de servicio, talleres de autos, empresas que venden maquinaria pesada, distribuidoras y supermercados.

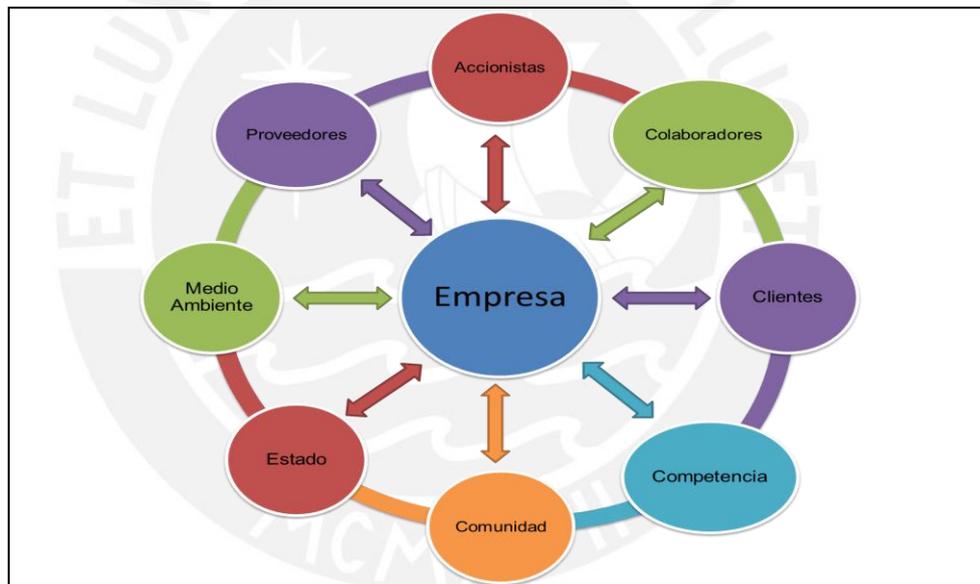


Figura 2.1. Mapa relacional del negocio de la empresa  
Elaboración propia.

Por otro lado, la configuración de la estructura de esta empresa se parece mucho a una burocracia mecánica<sup>8</sup>, ya que presenta las siguientes características:

- En el área de producción se tienen tareas simples y repetitivas como el sellado y el tapado de frascos, ya que el operario solo tiene que utilizar la máquina selladora y la máquina tapadora para cumplir el objetivo. Además, la capacitación brindada a los operarios tiene una duración de una semana.
- Existen jefes en las siguientes áreas: producción, almacén, control de calidad y mantenimiento.

<sup>8</sup> Ver anexo 15.

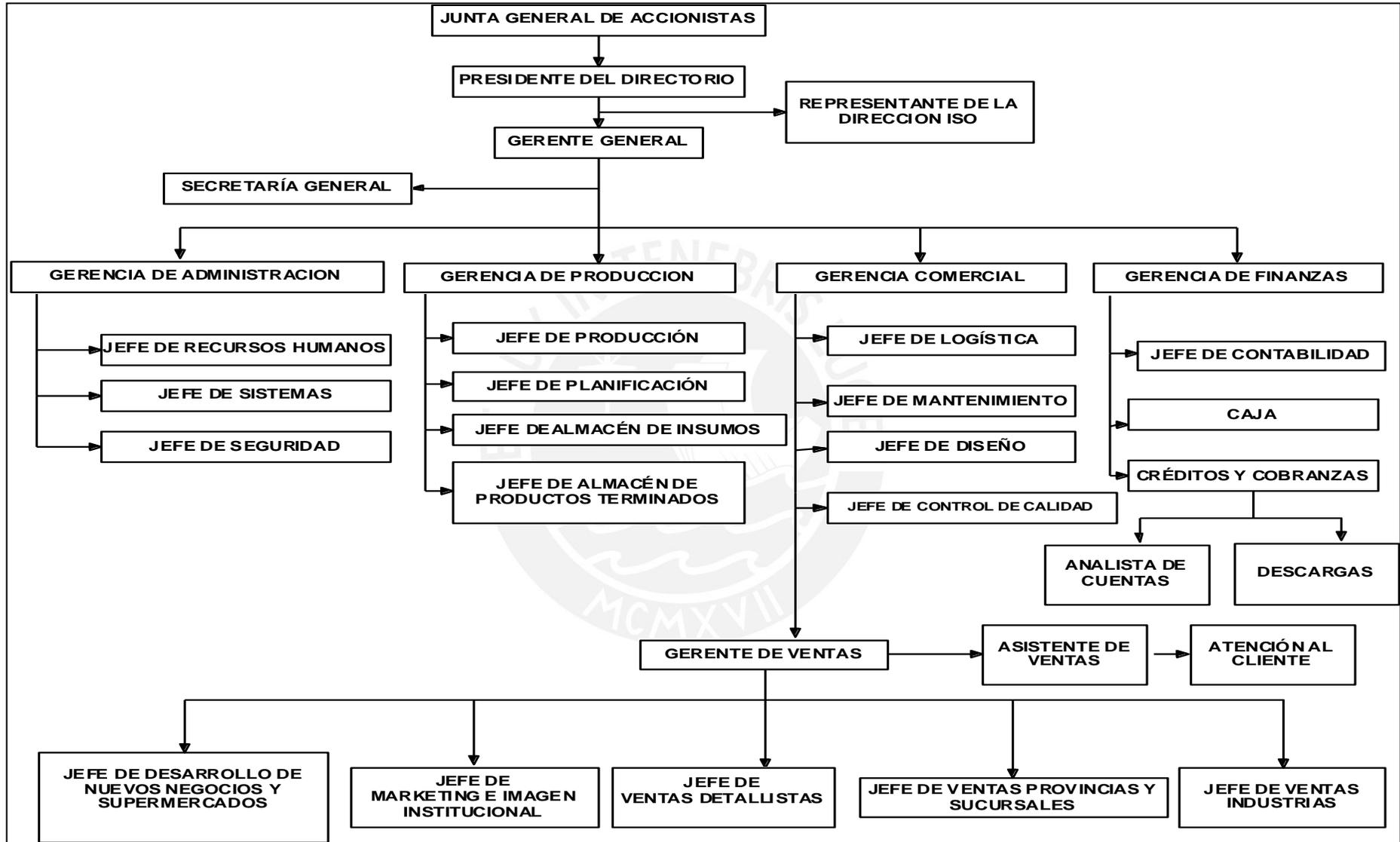


Figura 2.2. Organigrama de la empresa.  
Elaboración propia

- Las actividades primarias de la empresa son las siguientes: logística, producción, marketing y ventas. Mientras que las actividades de apoyo son el abastecimiento, los recursos humanos, la contabilidad y finanzas.
- La estructura técnica está representada por ingenieros y administradores industriales, quienes se encargan de planificar y controlar el trabajo; ingenieros y técnicos de sistemas que se encargan del mantenimiento del equipo informático; ingenieros químicos y químicos encargados del control de calidad; técnicos electricistas y mecánicos, que se encargan del mantenimiento de equipos e infraestructura.
- En la mayoría de las áreas existen asistentes que colaboran en la realización de diferentes tareas.

### 2.1.2. Sector y actividad económica

Según la Clasificación Industrial Internacional Uniforme (CIIU), el sector al que pertenece es el manufacturero (C) y la codificación es 1920, que corresponde a la fabricación de productos refinados de petróleo.

### 2.1.3. Instalaciones y medios operativos

#### A. Descripción de la planta

El área del terreno donde se ubica la organización es de 30 600 m<sup>2</sup>; en dicho espacio se encuentra lo siguiente:

- Instalaciones para el personal: Comprende las oficinas, la sala de reuniones, la sala de ventas, el comedor, estacionamientos, canchas deportivas, servicios higiénicos, vestidores, duchas y las áreas verdes.
- Zona de tanques de almacenamiento: Se cuenta con 18 tanques de almacenamiento de aceites básicos, extractos, kerosene y petróleo ubicados en los exteriores del área de producción.
- Zona de tanques del área de producción: Conformada por los tanques de la zona de aceites (8), tanques de la zona de acuosos (5) y tanques de la zona de grasas (6).
- Laboratorio de control de calidad: Se encuentra en el segundo piso del área de producción. Aquí se realiza la formulación de cantidades de insumos que se utilizarán en la elaboración de productos, el análisis de las muestras de aceites previos al envasado y diferentes ensayos para comprobar las propiedades de los productos.

- Almacenes de insumos: Existen cuatro almacenes donde se conservan galoneras, frascos, tapas, baldes, cajas e insumos químicos; también, se cuenta con un patio de descarga.

## B. Tipo de distribución de la planta

En la planta, se tiene una distribución por proceso o función<sup>9</sup> ya que presenta las siguientes características:

- Se elaboran aceites lubricantes en lotes.
- La demanda es fluctuante, ya que no todos los meses se vende la misma cantidad de aceites.
- El volumen de producción es de bajo a medio y se tienen aproximadamente 170 productos.
- El equipamiento que se utiliza en la fabricación es polifuncional, pues dependiendo del envase en el que se venderá el aceite, se puede requerir de una secuencia de operaciones diferente.
- Las operaciones y equipos que corresponden a una misma clase de operación y/o máquina se agrupan en un área común (distinta a la de otras actividades) Se tiene zona de mezclado, zona de dosificado, zona de encajonado.
- Los operarios son multifuncionales, ya que pueden realizar diversas actividades dentro del proceso productivo.

## C. Maquinaria

Entre la principal maquinaria utilizada en la planta, se encuentran las bombas que suministran un caudal de aceite, kerosene o petróleo a una determinada presión. También, se cuenta con dosificadoras de aceite para diferentes presentaciones como baldes, galones y frascos; para sellar el producto final, se utilizan máquinas tapadoras y capsuladoras. La descripción de la maquinaria utilizada en la empresa se detalla en el anexo 16.

### 2.1.4. Recursos

En la elaboración de aceites automotrices e industriales, la principal materia prima es el aceite básico, el cual se encuentra codificado por la empresa para una mejor

---

<sup>9</sup> Muther, Richard, 1977, pág. 29

identificación; también se utilizan aditivos. Ambos se encuentran detallados en los anexos 17 y 18. Para envasar los aceites, se utilizan frascos, galones y baldes.

### 2.1.5. El producto

La empresa elabora lubricantes automotores, industriales, de 2 tiempos y de 4 tiempos; líquidos para frenos, aditivos y grasas. Los productos de mayor importancia para la empresa son los lubricantes. Por ello, se procederá a explicar cuáles son los tipos de aceites lubricantes que se comercializan:

- *Aceites lubricantes automotrices*: Dependiendo del uso que se les dé pueden ser los siguientes: motor a diesel o gasolina, transmisión manual o automática, sistema de la dirección, etc.; así como la viscosidad que se requiere y las especificaciones que deban cumplir. Son mezclas de dos o más aceites básicos <sup>10</sup>y diferentes aditivos que tienen la misión de lubricar y proteger el motor del automóvil al generar, una película separadora de las partes móviles y disminuyendo, así, el desgaste.
- *Aceites lubricantes industriales*: Al igual que los lubricantes automotrices son elaborados con aceites básicos y aditivos; se utilizan para reducir fricción y desgaste, enfriar partes mecánicas, proteger contra la herrumbre y la corrosión, eliminar ruidos y prolongar la vida de los equipos industriales.

Tanto los aceites lubricantes automotrices como los aceites lubricantes industriales pueden ser de dos tipos: monogrados y multigrados; esta diferencia se debe a los grados SAE<sup>11</sup> que representan un nivel de viscosidad y medidas a determinadas temperaturas. En la tabla 2.1, se muestra una comparación entre dichos tipos de lubricantes.

Tabla 2.1. Comparación entre monogrados y multigrados.

Tipo de lubricante	Características	Uso	Denominación
Monogrado	Poseen un solo grado de viscosidad (de invierno o de verano).	En zonas sometidas a pocos cambios de temperatura ambiente a lo largo del año.	SAE0W(invierno)- SAE 50(verano)

<sup>10</sup> Aceites básicos: Se obtienen por destilación del petróleo, seguido por el proceso de extracción de parafinas e hidrotreatmento, cuya severidad es determinante según la aplicación.

<sup>11</sup> SAE: Acrónimo en inglés de Society of Automotive Engineers (Sociedad de Ingenieros Automotores).

Tipo de lubricante	Características	Uso	Denominación
<b>Multigrado</b>	Es la combinación de dos grados de viscosidad: uno para su aplicación en frío y otro para altas temperaturas.	Para mantener estable la viscosidad frente a cambios de temperatura	Se identifican por dos grados SAE, uno que corresponde a bajas temperaturas y otro a altas temperaturas. Por ejemplo: SAE 5W40, esto indica que el aceite se comporta como un SAE 5W cuando el motor se encuentra frío y como un SAE 40 cuando el aceite del motor se encuentra entre 60°C y 85°C durante el funcionamiento del motor.

Elaboración propia

### 2.1.6. Clientes

Los clientes de la empresa son estaciones de servicio, talleres de autos, empresas que venden maquinaria pesada, distribuidoras y supermercados; los cuales a su vez harán llegar los productos al usuario final. Para la distribución de los productos, se utiliza un sistema de distribución multicanal, en el cual se han establecido dos canales de marketing para llegar a sus clientes:

- *Canal de marketing directo:* A través de representantes de ventas que van a estaciones de servicio, talleres de autos, empresas que venden maquinaria pesada y les ofrecen los productos que tienen en el catálogo.
- *Canal de marketing indirecto:* A través de distribuidoras y supermercados, ya que ellos se encargan de colocar el producto en el mercado.

En el 2012, la empresa realizó una encuesta de valoración a los 27 principales clientes<sup>12</sup> para conocer cuáles eran las características del producto que más valoraban (el modelo de las preguntas se encuentra en el anexo 19). A continuación, en la tabla 2.2, se muestran los resultados obtenidos.

<sup>12</sup> Información proporcionada por el área de ventas, la cual se encuentra en su registro de clientes.

Tabla 2.2. Resultados de la encuesta realizada al cliente.

Cliente	Comunicación	Producto				Precio	Tiempo	Trato
		Color adecuado	Denominación de temperatura correcta	Presentación en buen estado	Entrega de cantidad acordada			
Cliente 1	2	4	3	3	3	5	3	2
Cliente 2	3	5	5	5		4	5	4
Cliente 3	1	4	4	4	4	4	5	4
Cliente 4	3	5	5	5	5	5	5	3
Cliente 5	4	4	5	4	2	4	5	5
Cliente 6	5	5	5	5	5	5	5	5
Cliente 7	3	3	3	3	3	3	3	3
Cliente 8	4	4	4	4	4	4	5	4
Cliente 9	3	5	5	5	5	5	5	5
Cliente 10	4	2	4	4	4	2	4	4
Cliente 11	3	2	3	3	3	3	3	2
Cliente 12	4	4	4	2	2	4	4	4
Cliente 13	4	4	4	4	4	4	2	4
Cliente 14	2	4	4	4	2	4	4	4
Cliente 15	3	3	3	2	3	3	4	3
Cliente 16	4	4	4	4	4	4	2	2
Cliente 17	2	4	4	4	4	4	5	4
Cliente 18	5	4	5	5	4	4	5	5
Cliente 19	4	4	4	4	3	4	4	4
Cliente 20	4	4	5	4	4	5	3	2
Cliente 21	2	4	4	4	4	4	4	4
Cliente 22	4	4	4	4	4	4	4	4
Cliente 23	4	4	4	4	4	5	4	4
Cliente 24	1	5	5	5	5	5	2	5
Cliente 25	3	3	3	3	2	3	3	3
Cliente 26	3	5	5	5	5	5	5	5
Cliente 27	4	3	4	4	4	4	4	4
	3.3	3.9	4.1	4.0	3.7	4.1	4.0	3.8

Elaboración propia

Luego de observar los resultados, se puede concluir que para el cliente los requisitos más importantes son los siguientes:

- **Denominación de temperatura correcta:** Obtuvo el mayor puntaje promedio de 4.1. Este requisito significa que, si se trata de un aceite lubricante multigrado, se debe indicar en la etiqueta las temperaturas para las que fue elaborado. Asimismo, en la etiqueta de un aceite monogrado también se debe indicar la temperatura en la que se recomienda su uso.
- **Presentación en buen estado:** Consiguió el puntaje promedio de 4.0. Este requisito se refiere a que la presentación del lubricante, sea en balde, galón o frasco; se encuentre en condiciones adecuadas que permitan su conservación en los almacenes del cliente.
- **Precio:** Obtuvo el puntaje promedio de 4.0. Significa que la empresa venda sus productos a un precio justo y acorde al mercado. Además, el cliente valora que se otorguen descuentos por compras de grandes cantidades.
- **Entrega de cantidad acordada:** Consiguió el puntaje promedio de 4.0. Este requisito se refiere a que el plazo de entrega desde la emisión de la orden de compra hasta la entrega en el local del cliente sea respetado.

### 2.1.7. El proceso productivo

El proceso para elaborar un aceite lubricante, monogrado o multigrado, incluye generalmente las siguientes actividades: solicitar y despachar insumos, bombear aceites básicos, adicionar aditivos, mezclar, verificar la homogeneidad de la muestra, autorizar el envasado, dosificar según el tipo de envase, sellar y tapar las presentaciones finales, encajonar y almacenar. A continuación, se describen brevemente las actividades mencionadas:

- Solicitar insumos: El asistente de producción, con la orden de producción, solicita al almacén la entrega de los aditivos, envases, tapas, cajas que se usarán en la producción.
- Despachar insumos: Los operarios de almacén se encargan de llevar los insumos hacia la zona de producción luego de recibir la orden.
- Bombear aceites básicos: Siguiendo la formulación que se encuentra en la orden de producción, un operario del área productiva procede a bombear los aceites básicos provenientes de los tanques madre.
- Adicionar aditivos: Luego del bombeo de aceites básicos, el mismo operario de producción adiciona los aditivos según la formulación.
- Mezclar: El mezclado de los aceites básicos y los aditivos se realiza mediante una paleta que se encuentra dentro del tanque, la cual es accionada por un operario.
- Verificar la homogeneidad de la muestra: Un operario se encarga de llevarle una muestra del lote producido al analista de control de calidad, quien comprueba que la muestra sea homogénea y tenga el color y viscosidad adecuados. Luego, le entrega al jefe de calidad el reporte de verificación; él lo revisa y, si cumple con los requisitos establecidos, autoriza el envasado.
- Autorizar el envasado: El jefe de calidad y el jefe de producción autorizan el envasado.
- Dosificar según tipo de envase: Los operarios se encargan de preparar la máquina dosificadora según el tipo de envase e inician el dosificado.
- Sellar y tapar las presentaciones finales: Cuando se tiene un envase lleno, los operarios proceden al sellado y tapado manual del mismo.
- Encajonar: Los operarios colocan los galones y frascos en cajas para su conservación.
- Almacenar: Los baldes, las cajas de galones y las cajas de frascos son trasladados los operarios hacia el almacén de productos terminados.

Este proceso de elaboración se observa en el diagrama de flujo de la figura 2.3. Cabe resaltar que durante el proceso, se realizan inspecciones y un control de calidad, los cuales serán descritos en el siguiente acápite.

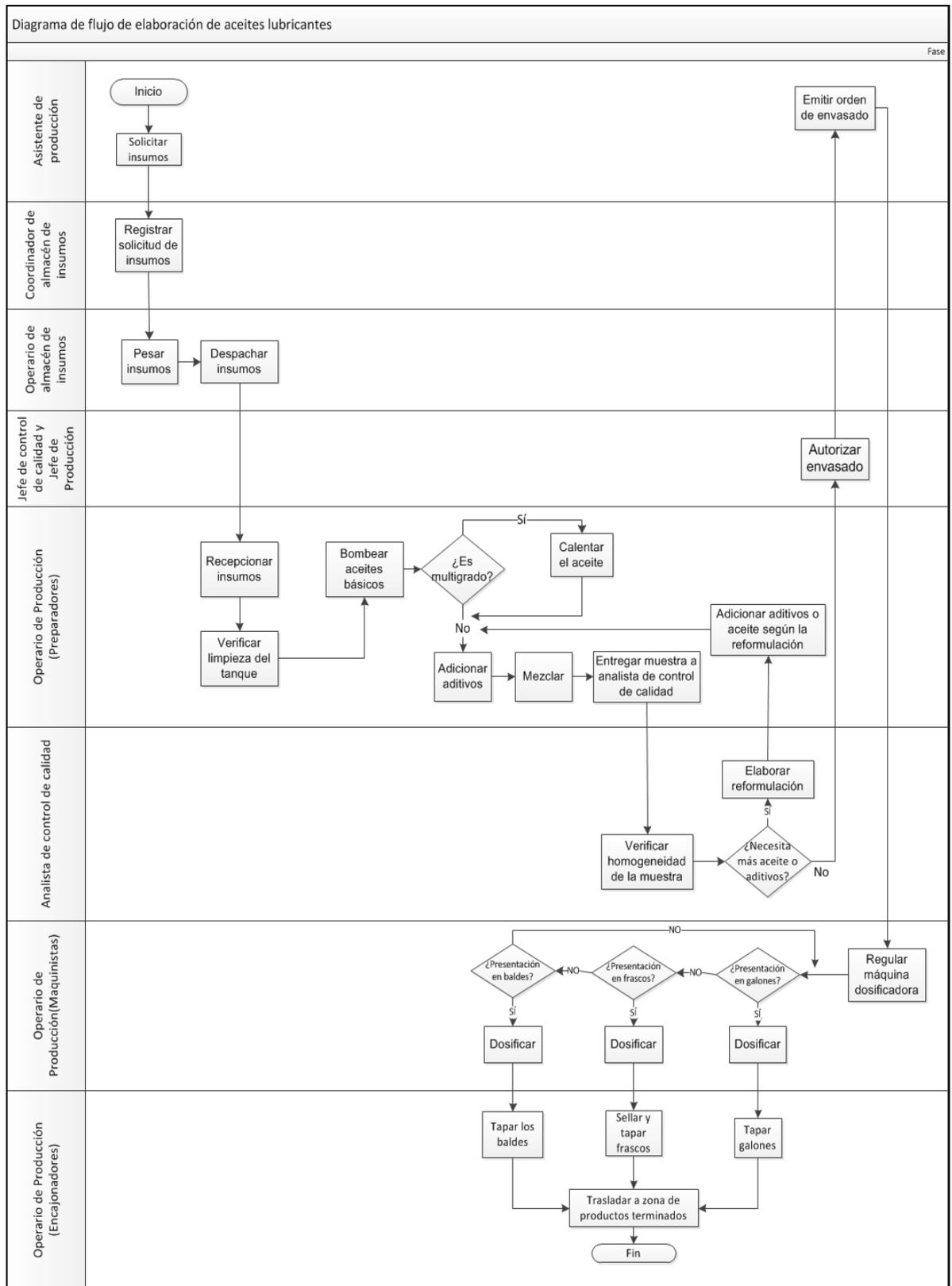


Figura 2.3. Diagrama de flujo de la elaboración de aceites lubricantes  
Elaboración propia

También, se elaboró un Diagrama de Análisis de Procesos (DAP) del producto Gear Oil 80w80, el cual se muestra en la figura 2.4. Este diagrama es representativo del proceso productivo, pues, en la elaboración de aceites lubricantes automotrices e industriales, se sigue la misma secuencia de actividades.

DIAGRAMA N° 1		HOJA N° 1		RESUMEN							OPERARIO/MATERIAL/MÁQUINA	
OBJETO: GEAR OIL 80W90				ACTIVIDAD	ACTUAL	PROPUESTA	ECONOMIA					
ACTIVIDAD: ELABORACIÓN Y ENVASADO				OPERACIÓN	○		<b>X</b>					
				TRANSPORTE	⇨							
				DEMORA	D							
				INSPECCIÓN	□							
				ALMACENAMIENTO	▽							
MÉTODO: Actual / Propuesto												
LUGAR: Producción												
CANTIDAD: 1800 GAL												
FECHA: 06/11/2012 Nro. TANQUE: TM-004												
Elaborado por: MAI / AVB				Aprobado Por: RVB			Version: 00					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	HORA	TIEMPO	○	⇨	D	□	▽	OBSERVACIÓN			
<b>Requerimiento de insumos</b>												
<b>Requerimiento de insumos</b>												
Pesado de insumos		08:40	1 M	○								
Despacho de insumos		11:00	10 M	○	⇨							
Verificación del despacho de Insumos (Firmar)		11:37	30 M	○							Se trae los insumos de acuerdo al requerimiento del operario	
Verificación Limpieza TK			1 M	○							Superv: Desp:	
<b>Mezclado</b>												
<b>Bombeo de aceites basicos:</b>												
1350 Temp: 28°C	1256 GAL	11:40	30 M	○							Oper: Desp:	
1423 Temp: 28°C	430 GAL	11:38	25 SEG	○								
<b>Adición de Aditivos</b>												
1052 Temp: 35°C	70,2 GAL	01:51	2,15 M	○								
1491 Temp: 35°C	1 GAL	01:59	13 SEG	○								
1152 Temp: 35°C	40 GAL	02:00	2 M	○								
<b>Verificación de la homogeneidad de la mezcla</b>												
Verificación de la homogeneidad de la mezcla		02:40	1,27 M	○								
Inspección de muestra		02:44	16 M	○							OK	
Entrega de la hoja de Inspección y Aprobado		03:00	1 M	○								
<b>Envasado y almacenado de productos</b>												
<b>Orden de Envasado Presentación: BALDE</b>												
Regulación de la maquina		04:42	1 M	○								
Dosificado	111 BALDES	04:51	3 M	○	⇨							
Tapadora	111 BALDES	04:55	11 M	○							1 OPERARIO	
Traslado de balde	111 BALDES	04:55	2M	○							1 OPERARIO	
Llevar parihuela	111 BALDES	04:55	4 M	○							CADA BALDE 16,920 KG	
Culminación de envasado		05:11		○								
<b>Orden de Envasado Presentación: GALON</b>												
Regulación de la maquina		09:35		○							07/01/2011	
Dosificado	399 GAL	09:40	5 M	○								
Selladora	399 GAL	09:44	33 M	○							1 OPERARIO	
Tapado	399 GAL	09:44	80M	○								
Encajonado	399 GAL	09:44	18M	○							1 OPERARIO	
Culminación de envasado		09:50	15 M	○							1 OPERARIO	
Culminación de envasado		10:52		○								
<b>Orden de Envasado Presentación: FRASCO</b>												
Regulación de la maquina		10:55	1.30M	○	⇨							
Dosificado	4032 UNID	10:57	120M	○							1 OPERARIO	
Selladora	4032 UNID	10:58	33.6M	○							2 OPERARIOS	
Tapado	4032 UNID	10:58	35M	○							1 OPERARIO	
Encajonado	4032 UNID	10:58	16.8M	○							1 OPERARIO QUE TAMBIÉN ALMACENA	
<b>ALMUERZO</b>												
Culminación de envasado		12:00	45M	○								
Reporte a Almacen		02:29		○								
Reporte a Almacen		05:30	14M	○							Cantidad Reportada: 4032 FRA 1/4GAL 399 GALONES Y 111 BALDES DE 8/5 GAL	
<b>TOTAL (minutos)</b>				490.75 M	24	4	1	6	1			
Temperatura de Mezcla: Aceites Motores y Multigrados=55°C Granex= 100°C Aditivos Preparados= 120°C Industriales = Ambiente												

Figura 2.4. Diagrama de Análisis de Procesos de la Elaboración de Gear Oil 80w90 Elaboración propia

En el DAP, se puede observar que el proceso se ha dividido en 4 etapas: requerimiento de insumos, mezclado, verificación de la homogeneidad de la mezcla, y envasado y almacenado de productos. Asimismo, el tiempo total de producción es de 490 minutos con 75 segundos.

### 2.1.8. El control de calidad

Los operarios realizan inspecciones al producto a lo largo del proceso productivo. Antes de bombear los aceites básicos, ellos verifican la limpieza del tanque, de tal manera que no existan restos de otro tipo de lubricante que pueda malograr la nueva mezcla. Otra inspección se realiza en el envasado, pues los operarios llevan un registro de los defectos que se presentan en los envases como agujeros o cortes, para que luego sean analizados por el área de control de calidad.

Por otro lado, el analista del área de control de calidad realiza controles a cada lote de lubricante producido en el laboratorio. Los controles que realiza incluyen las pruebas de color y viscosidad. Ambas pruebas se realizan luego del mezclado y antes del envasado; un operario toma una muestra del aceite elaborado y se la entrega al analista de calidad. A continuación se describen las pruebas:

- *Color*: El analista de control de calidad realiza una comparación del color del lubricante elaborado con un patrón del mismo aceite mediante pruebas en microscopio.
- *Viscosidad*: El analista de calidad utiliza un viscosímetro para medir la resistencia de un líquido a fluir. Además, para el sector automotriz se utiliza una tabla de viscosidades cinemáticas (cSt) elaborada por la Sociedad de Ingenieros Automotrices (SAE) basada en los aceites que tienen una viscosidad SAE 40°C a 100°C. Esta, se muestra en la tabla 2.3; que sirve de patrón para saber si un aceite cumple con el rango establecido.

Tabla 2.3. Valores de viscosidad SAE 40 a 100°C.

Viscosidad SAE	Viscosidad Mínima (cSt) a 100°C	Viscosidad Máxima (cSt) a 100°C
0W- 40	12.50	16.29
5W - 40	12.50	16.29
10W - 40	12.50	16.29
15W - 40	12.50	16.29
20W- 40	12.50	16.29
25W - 40	12.50	16.29

Fuente: SAE

Estas pruebas son útiles para saber si el producto necesitará una reformulación, lo que llevaría a que se adicione más cantidad de aceite básico o aditivos, dependiendo de las indicaciones del jefe de control de calidad. Estas dos pruebas se realizan antes del envasado. Además, a manera de investigación, para mejorar la calidad de los productos, se llevan a cabo seis pruebas en el laboratorio de calidad: cizalladura, compatibilidad química, corrosión, dispersión, estabilidad para el almacenamiento y oxidación. La descripción de cada una se muestra en el anexo 20.

## 2.2. Selección y diagnóstico del proceso crítico

En este apartado, el objetivo es determinar cuál es el producto más crítico, con el fin de determinar los problemas y las oportunidades de mejora. Según Besterfield (2009), los costos de calidad son un medio para detectar oportunidades para llevar a cabo mejoras en la calidad y definir prioridades mediante un análisis de Pareto. Sin embargo, para la administración de la empresa en estudio, es difícil medir el costo real de la calidad debido a una serie de dificultades que se listan a continuación:

- No se ha capacitado y preparado adecuadamente al personal que ejecuta la toma de datos en el análisis de los costos de calidad.
- No se han organizado las áreas para introducir el análisis de los costos de calidad. Tampoco se han clasificado los costos por áreas de trabajo.
- No existe la interrelación adecuada entre el departamento de calidad y el departamento de contabilidad para la toma y análisis de los datos.

Entonces, por todo lo expuesto anteriormente, se prefirió aplicar un método que utilice información disponible en la empresa. A continuación, se realizará un análisis general de los productos que vende la empresa; seguidamente, se seleccionará aquel que genera mayor utilidad perdida y, finalmente, se analizará el proceso de elaboración del producto elegido.

### 2.2.1. Selección del producto crítico

Debido a los, aproximadamente, 26 lubricantes que vende la empresa, fue necesario elegir los productos que tuvieron mayor demanda por parte de los clientes desde junio de 2012 hasta junio de 2013. Para ello, se realizó un diagrama

de Pareto, el cual se muestra en la figura 2.5. La lista completa de productos se encuentra en el anexo 21.

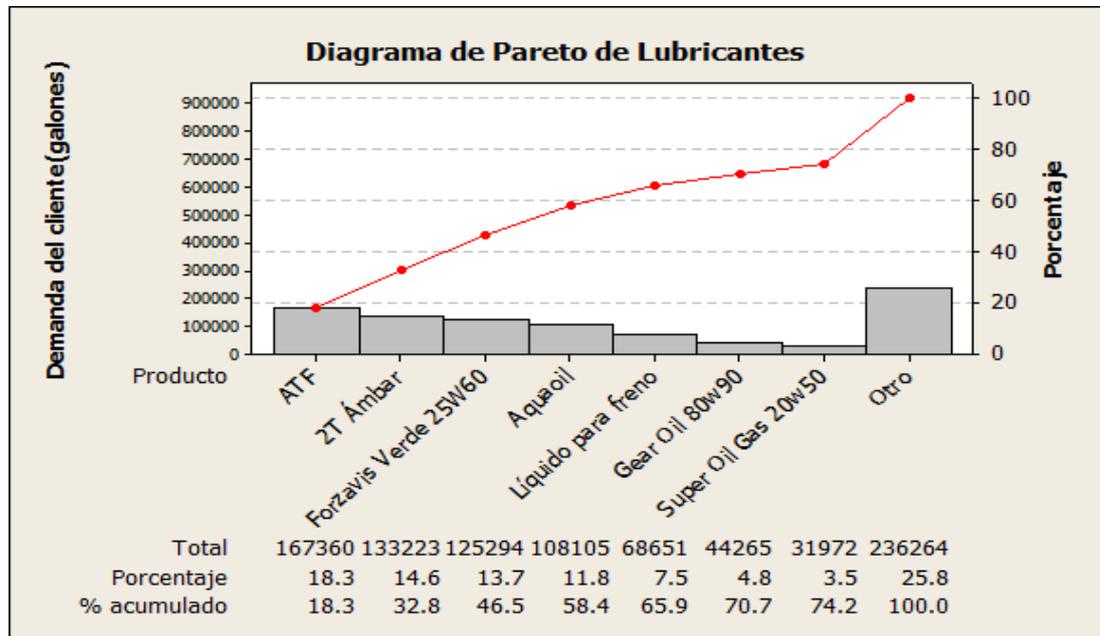


Figura 2.5. Diagrama de Pareto de los principales lubricantes  
Elaboración propia

El análisis se enfocará en 80% de los productos (los más importantes) y se presentará su demanda, su capacidad de producción, etc. Es necesario mencionar que dicho análisis será realizado con base en los últimos seis meses, ya que se dispone de la información necesaria de dicho período. A continuación, se muestra, en la tabla 2.4, la demanda de los productos en el último período de seis meses.

Tabla 2.4. Demanda de productos en los últimos 6 meses.

DEMANDA DEL CLIENTE (galones)							
Producto	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	TOTAL
<b>ATF</b>	10280	14471	17267	28258	4865	11474	86615
<b>2T Ámbar</b>	9084	12683	5481	14480	13280	12689	67697
<b>Forzavis Verde 25W60</b>	9098	12095	14493	9329	9694	9697	64406
<b>Aquaoil</b>	11453	15549	14458	2449	9058	7853	60820
<b>Líquido para freno</b>	7212	4416	2927	5785	4413	5462	30215
<b>Gear Oil 80w90</b>	3627	4131	3888	3582	3636	3161	22025
<b>Super Oil Gas 20w50</b>	2439	3070	3006	2470	2377	2198	15560

Elaboración propia

De la tabla anterior, se puede verificar que el producto ATF es el que posee una mayor demanda semestral de 866615 galones. Por otro lado, el producto Super Oil Gas 20w50 es el que posee menor cantidad semestral demandada de 15560

galones. La demanda atendida por la empresa es igual a la cantidad producida y esta se muestra en la tabla 2.5. Se puede apreciar que los productos atendidos fueron los mismos que para la demanda del cliente y en la misma proporción, aunque no todo lo que el cliente pidió fue entregado.

Tabla 2.5. Producción en los últimos 6 meses.

DEMANDA ATENDIDA(galones)							
Producto	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	TOTAL
<b>ATF</b>	10200	14400	17200	28200	4800	11400	86200
<b>2T Ámbar</b>	9000	12600	5400	14400	13200	12600	67200
<b>Forzavis Verde 25W60</b>	9000	12000	14400	9240	9600	9600	63840
<b>Aquaoil</b>	11400	15500	14400	2400	9000	7800	60500
<b>Líquido para freno</b>	7150	4345	2860	5720	4345	5394	29814
<b>Gear Oil 80w90</b>	3600	4100	3855	3550	3605	3130	21840
<b>Super Oil Gas 20w50</b>	2350	2955	2900	2375	2275	2100	14955

Fuente: Registro de producción de la empresa (2013)  
Elaboración propia

De acuerdo con los resultados obtenidos en las tablas 2.4 y 2.5, se puede verificar que para cada producto hay una porción de la demanda que no ha sido satisfecha por la empresa durante el período establecido, ello se muestra en la tabla 2.6. Según la opinión de los responsables del área de producción, la demanda no ha sido satisfecha, en su totalidad, debido a los problemas ocasionados por:

- Cantidades excesivas de productos defectuosos.
- Pérdida de tiempo por reprocesos.
- Métodos inadecuados de verificación de la homogeneidad de las muestras.

Tabla 2.6. Demanda no satisfecha de los principales productos

Demanda no satisfecha(galones)			
Producto	Demanda cliente	Demanda atendida	Demanda no satisfecha
<b>ATF</b>	86615	86200	415
<b>2T Ámbar</b>	67697	67200	497
<b>Forzavis Verde 25W60</b>	64406	63840	566
<b>Aquaoil</b>	60820	60500	320
<b>Líquido para freno</b>	30215	29814	401
<b>Gear Oil 80w90</b>	22025	21840	185
<b>Super Oil Gas 20w50</b>	15560	14955	605

Elaboración propia

Para complementar el estudio, se presenta en la tabla 2.7, la capacidad de producción máxima semestral de cada producto en la empresa con la finalidad de verificar la cantidad de capacidad que no fue aprovechada.

Tabla 2.7. Capacidad de producción  
**CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN(galones)**

Producto	Capacidad semestral	Producción semestral	Capacidad no utilizada	Capacidad desaprovechada
<b>Gear Oil 80w90</b>	24000	21840	2160	9.00%
<b>Líquido para freno</b>	31200	29814	1386	4.00%
<b>2T Ámbar</b>	69600	67200	2400	3.00%
<b>Aquaoil</b>	62400	60500	1900	3.00%
<b>Forzavis Verde 25W60</b>	64800	63840	960	1.00%
<b>Super Oil Gas 20w50</b>	15000	14955	45	0.30%
<b>ATF</b>	86400	86200	200	0.23%

Fuente: Registro de producción de la empresa (2013)  
 Elaboración propia

De acuerdo con los resultados obtenidos en la tabla 2.7, se puede apreciar que la capacidad de producción nominal de la empresa, para los productos elegidos, es mayor que la producción real en todos los casos. Entonces, a partir de ella se puede concluir que existe una suficiente capacidad de trabajo, pero que debido a causas que serán analizadas más adelante, no se pudo atender toda la demanda. El Gear Oil 80w90 es el que posee mayor porcentaje de capacidad no aprovechada.

Con el objetivo de determinar el producto crítico para conseguir un resultado más preciso, es necesario representar las producciones perdidas de cada producto en función de una misma unidad. La unidad en común que se utilizará, para este caso, será la utilidad perdida que se genera debido a las cantidades perdidas por cada producto. Asimismo, se representará la utilidad unitaria de cada producto y la utilidad que la empresa deja de percibir. Lo descrito se muestra en la tabla 2.8.

Tabla 2.8. Utilidad perdida

Producto	Producción perdida(gal)	Utilidad unitaria(S/.)	Utilidad perdida(S/.)	Frec. Acumulada
<b>Gear Oil 80w90</b>	2160.00	34.00	73440.00	22.90%
<b>Aquaoil</b>	1900.00	38.30	72770.00	45.60%
<b>2T Ámbar</b>	2400.00	28.00	67200.00	66.55%
<b>Líquido para freno</b>	1386.00	44.80	62092.80	85.92%
<b>Forzavis Verde 25W60</b>	960.00	38.70	37152.00	97.50%
<b>ATF</b>	200.00	32.40	6480.00	99.52%
<b>Super Oil Gas 20w50</b>	45.00	34.00	1530.00	100.00%

Elaboración propia

A partir de los datos de la tabla 2.8, se procede a elaborar el diagrama de Pareto.

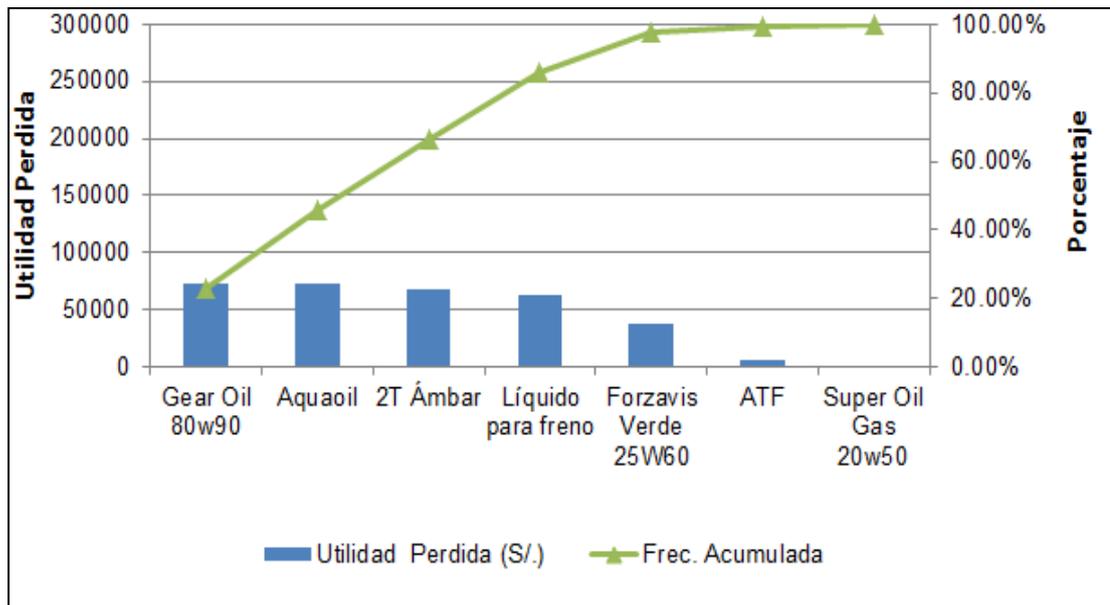


Figura 2.6. Diagrama de Pareto- Utilidad perdida  
Elaboración propia

Se puede apreciar, de la figura 2.6 y de la tabla 2.8, que los productos Gear Oil 80w90, Aquaoil y 2T Ámbar, son los que generan una mayor utilidad perdida, debido a la capacidad de producción desaprovechada. Se establece que el proceso crítico es la fabricación de Gear Oil 80w90, pues la utilidad perdida y la demanda no satisfecha son mayores respecto a los demás productos. Los siguientes capítulos se centrarán fundamentalmente en el proceso crítico, es decir, que los estudios, métodos, herramientas propuestas en la investigación se realizará sobre la producción de Gear Oil 80w90, el cual es un aceite multigrado. Asimismo, se puede replicar este análisis para los otros aceites del mismo tipo que ocupan el 35% de la venta.

### 2.2.2. Diagnóstico del proceso crítico

El objetivo de este apartado es determinar los problemas y oportunidades de mejora del proceso de elaboración de Gear Oil 80w90. Para ello, se ha dividido en cuatro etapas el diagrama de flujo presentado en la figura 2.3. El diagrama de flujo con las etapas se muestra en la figura 2.7. Además, se elaboró un Diagrama de Análisis de Procesos (DAP) del producto elegido para observar las actividades de cada etapa, el cual se muestra en el acápite 2.1.7.

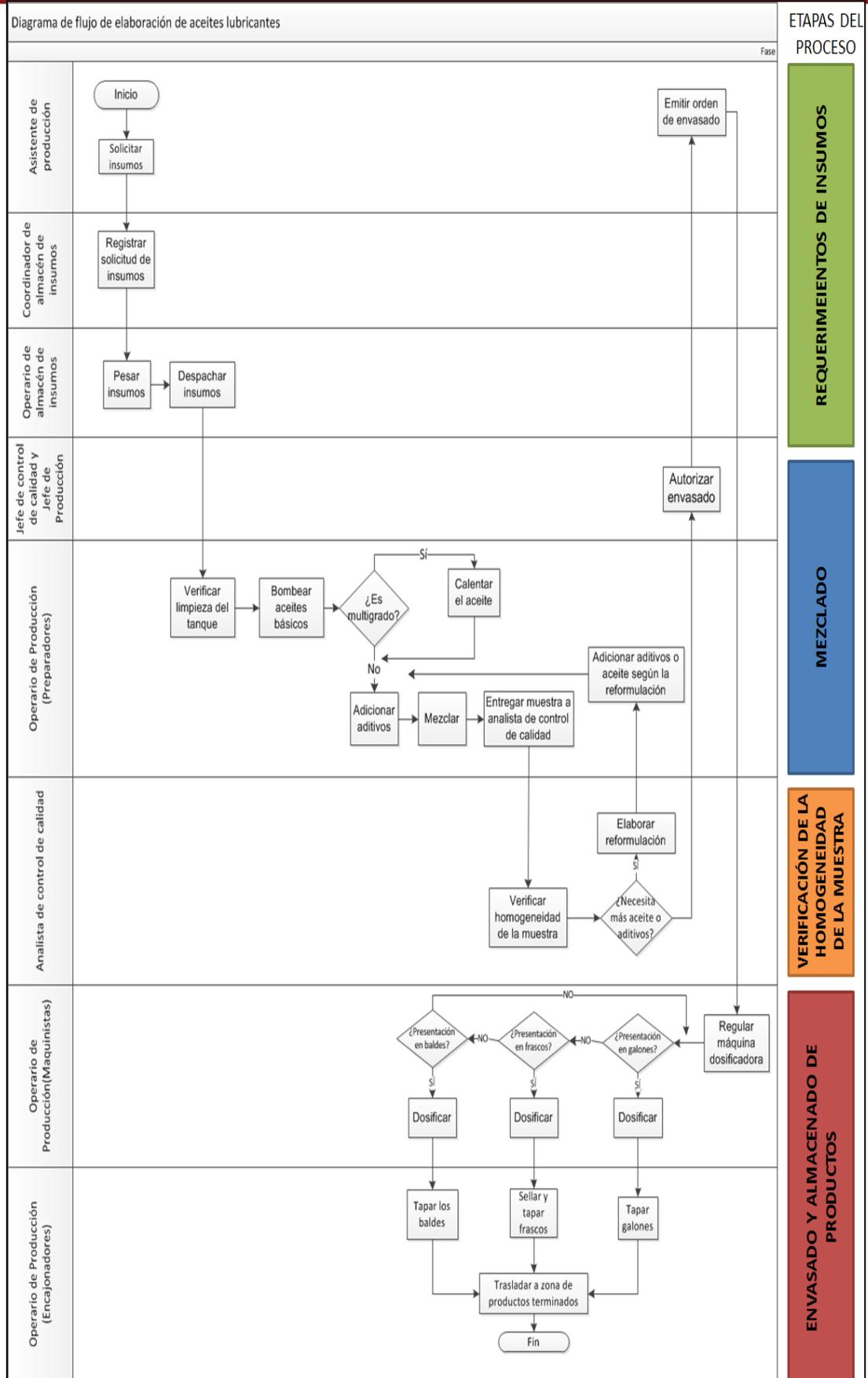


Figura 2.7. Diagrama de flujo de la elaboración de aceites lubricantes dividido por etapas  
Elaboración propia

A continuación, se describen las cuatro etapas:

1. **Etapa 1:** *Requerimiento de insumos.* Involucra las actividades de pesado y despacho de insumos; también, el bombeo de aceites básicos.
2. **Etapa 2:** *Mezclado.* En esta etapa, se adicionan los aditivos que se mezclarán con los aceites básicos.
3. **Etapa 3:** *Verificación de la homogeneidad de la muestra.* Para ello, se utiliza patrones de aceites lubricantes. Si el producto no cumple con las especificaciones establecidas por el Laboratorio de Calidad, se procede a realizar reprocesos hasta conseguir un óptimo resultado.
4. **Etapa 4:** *Envasado y almacenado de productos.* Esta fase involucra la regulación de la máquina dosificadora, el dosificado y el transporte hacia el almacén de productos terminados.

Luego de analizar el diagrama de flujo y el diagrama de actividades de proceso, de entrevistar a los responsables de los procesos y realizar inspecciones a la planta, se encontraron problemas en cada etapa, las cuales se muestran en la tabla 2.9.

Tabla 2.9. Problemas en la elaboración de Gear Oil 80w90

Etapa	Problemas
1.Requerimiento de insumos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cantidades inadecuadas</li> <li>• Envases defectuosos</li> </ul>
2. Mezclado	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Falta de utilización de límites de control</li> <li>• Deficiente control de la temperatura</li> </ul>
3.Verificación de la homogeneidad de la muestra	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Utilización única de límites de especificación para control de procesos</li> <li>• Utilización de la vista para discernir si el producto cumple con condiciones de color</li> </ul>
4.Envasado y almacenado de productos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Obtención de productos defectuosos</li> <li>• Muchos operarios realizan la actividad</li> </ul>

Elaboración propia

A continuación, se describen los problemas listados previamente:

### 1. Etapa 1: Requerimiento de insumos

- **Cantidades inadecuadas:** Los operarios encargados del despacho de insumos no tienen un adecuado control en la dosificación de insumos porque tienen que atender gran cantidad de pedidos a la vez y disponen de muy poco tiempo para hacerlo, lo que ocasiona que cometan errores al calcular la cantidad exacta que deberán entregar.

- **Envases defectuosos:** Este problema se refiere a que cuando un operario de almacén está llevando los envases al área de dosificado, se da cuenta de que algunos tienen agujeros o están “chancados”, por lo que procede a desecharlos, lo cual se convierte en pérdidas para la empresa.

## 2. Etapa 2: Mezclado

- **Falta de control del proceso:** No se cuenta con información estadística que permita conocer el comportamiento del proceso a través del tiempo.
- **Deficiente control de la temperatura:** El mezclado se debe realizar en un rango de temperaturas establecido previamente; sin embargo, el operario que realiza esta actividad no posee una herramienta que le indique en qué momento la temperatura está fuera del rango. Por otro lado, hay indicios de que la temperatura tiene un comportamiento variable, porque no se encuentra dentro de las especificaciones.

## 3. Etapa 3: Verificación de la homogeneidad de la muestra

- **Utilización única de límites de especificación para control de procesos:** En la planta se ha cometido el error de utilizar los límites de especificación para controlar el proceso; sin embargo, estos son límites que se deberían considerar para rechazar un producto individual en última instancia.
- **Utilización de la vista para discernir si el producto cumple con condiciones de color:** El problema de trabajar con los patrones para verificar la homogeneidad de los aceites es que el analista de control de calidad utiliza la vista para discernir si el producto cumple con las especificaciones de color establecidas; entonces, no es un método muy confiable, porque existen factores como la luz, el estado de ánimo del encargado, entre otros, que pueden hacer variar la respuesta.

## 4. Etapa 4: Envasado y almacenado de productos

- **Obtención de productos defectuosos:** Uno de los operarios encargado del envasado registra, en un formato impreso, todos los productos defectuosos encontrados luego del envasado en una corrida en la línea de producción. Sin embargo, no se registran todas las no conformidades que pueden tener las muestras. Por ejemplo, una galonera puede tener orificios, mientras que la tapa no se puede enroscar correctamente

porque presenta rebabas que impiden el correcto acople. En este caso, el operario debe registrar la que se presenta con mayor frecuencia, mientras que la otra no conformidad ya no se registra.

- Muchos operarios realizan la actividad: Actualmente, las actividades en el envasado de Gear Oil 80w90 se realizan de forma manual. Los expertos creen que existen tiempos muertos al realizar las actividades; además, realizan actividades que no agregan valor.

### 2.3. Priorización y análisis de problemas

Luego de verificar cuáles son los problemas que afectan a cada etapa, luego de entrevistar a los responsables de la planta y revisar los registros de la empresa, y previamente a la implementación de cualquier mejora respecto del control del proceso; es necesario determinar cuáles son los principales problemas. Primero, se priorizarán los problemas con los diagramas de Pareto. Después, se compararán dichos problemas con el análisis realizado en 2.2.2 y se seleccionarán aquellos que deben ser estudiados. Más adelante, se utilizará el diagrama de Ishikawa para clasificar las causas de esos problemas y se determinarán cuáles son las causas más importantes que se deberán atacar. Finalmente, se proponen soluciones a los problemas principales.

Para realizar el análisis de los problemas se utilizaron registros de la empresa. En las etapas 1 y 4, se utilizó una base de datos genérica, la cual se considera valiosa porque en ella se registraron defectos que afectan a diversos tipos de productos; por ejemplo, en la planta se usan los mismos envases (frascos, galones, baldes) para todos los productos. Por otra parte, en las etapas 1 y 2 se utilizó una base de datos que contenía solamente los defectos del Gear Oil 80w90.

#### 2.3.1. Etapa 1: Requerimientos de insumos

Según los registros de la empresa, en esta etapa existían varios problemas. Por ello, para realizar el análisis de priorización, primero, se realizó un diagrama de afinidad, ya que muchos de los defectos eran muy parecidos; variando solamente, por ejemplo, en el tipo o tamaño de envase; además, la causa de dichos problemas era la misma. El diagrama de afinidad se encuentra en el anexo 22. Luego, se realizó un diagrama de Pareto con dichos problemas en los insumos (aceites básicos, aditivos, frascos, baldes, tapas para baldes, tapas

para frascos, sellos para frascos, cajas) en el período comprendido entre junio del 2012 y junio del 2013, lo cual se muestra en la figura 2.8. Cabe destacar que los principales defectos son agujeros o cortes en envases (frascos, galones y baldes); estos son atributos. A partir de este diagrama se buscará dar mayor atención a los principales factores causantes de las no conformidades en la etapa de Requerimiento de insumos.

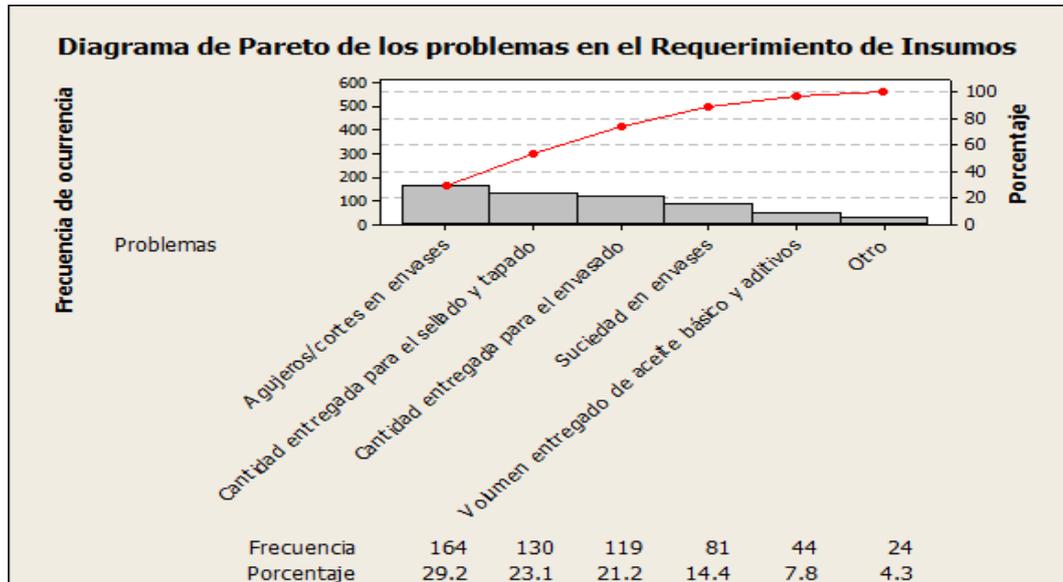


Figura 2.8. Diagrama de Pareto de problemas en el requerimiento de insumos  
Elaboración propia

Los diagramas de Pareto se definen a partir de las frecuencias que se presentaron entre junio del 2012 y junio del 2013. No obstante, esto no solo se limita al análisis de frecuencias, ya que también se puede aplicar el análisis de Pareto por valoración; considerando los defectos que requieren de acciones correctivas más costosas (más recursos, tiempo, mano de obra, proveedores). Por ello, también, se formuló el diagrama de Pareto siguiendo este análisis, con la valoración del 1 al 5<sup>13</sup>, mostrada en la tabla 2.10 (ver figura 2.9).

Tabla 2.10 Valoración de los problemas de requerimiento de insumos

Problema	Valoración
Agujeros/cortes en envases	4
Suciedad en envases	3
Defectos del aceite básico	5
Defectos en aditivos	5
Cantidad entregada para el sellado y tapado	3
Volumen entregado de aceite básico y aditivos	4
Cantidad entregada para el envasado	3

Elaboración propia

<sup>13</sup> Este puntaje fue considerado luego de conversar con el jefe de producción y el jefe de calidad, quienes priorizaron los problemas.

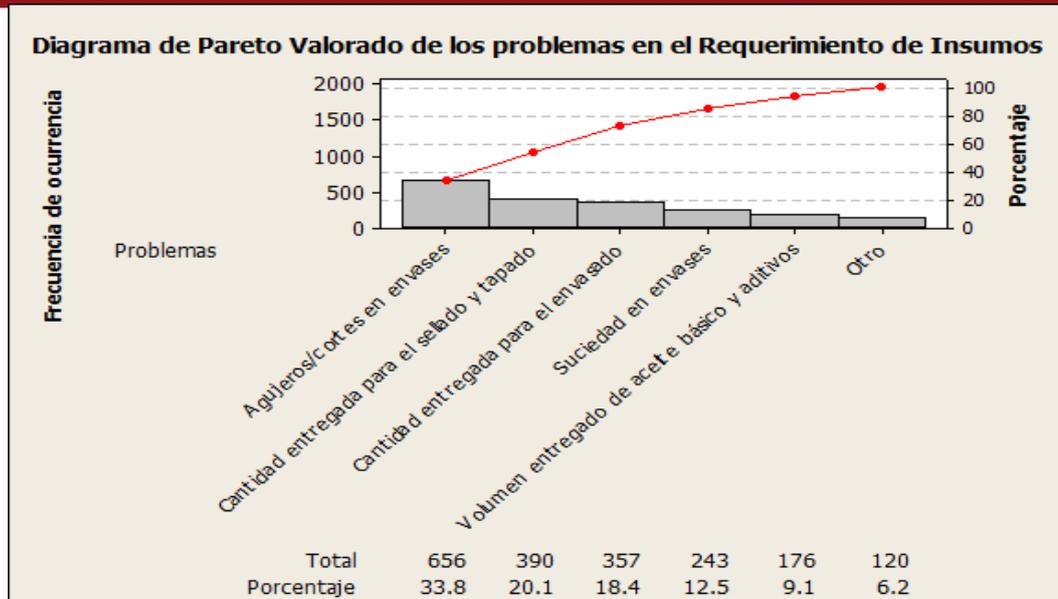


Figura 2.9. Diagrama de Pareto de problemas valorados en el requerimiento de insumos  
Elaboración propia

De acuerdo con el diagrama de Pareto valorado que se muestra en la figura 2.9, el 80% son los tres principales problemas. El primer problema, agujeros/ cortes en presentación final de envases, coincide con uno de los problemas identificado por los expertos en el apartado 2.2.2. El segundo problema, cantidad entregada para el sellado y tapado y el tercer problema, cantidad entregada para el envasado, están relacionados con el problema de cantidades inadecuadas que son proveídas por los operarios de almacén.

Luego de realizar las entrevistas a los operarios y supervisores para conocer la descripción de los problemas que se presentan en esta etapa y elaborar los Diagramas de Pareto con las frecuencias de ocurrencias de los problemas; se elaboró una matriz en donde se muestra si los problemas están relacionados con los datos recogidos, o con las versiones de los trabajadores o, en todo caso, con ambas (ver tabla 2.11).

Tabla 2.11. Matriz de relación de los problemas de requerimiento de insumos con los datos y con las entrevistas

Problemas de la etapa 1	Problemas identificados en el Diagrama de Pareto de frecuencias	Entrevistas a expertos
Envases defectuosos	X	X
Cantidades inadecuadas	X	X

Elaboración propia

Se puede observar que ambos problemas están sustentados por la frecuencia de ocurrencia y por las entrevistas realizadas a los expertos de la planta. A

continuación, se presentará un análisis del problema más relevante: agujeros/cortes en envases, cuyo objetivo del análisis es identificar las causas principales del problema. Para ello, primero, se realizó una lluvia de ideas con el personal de la planta y, luego, se realizó un diagrama de Ishikawa, el cual se muestra en la figura 2.10. Las causas están agrupadas en las siguientes categorías: proveedor, personal, métodos y entorno. Finalmente, se decidió conjuntamente con el jefe de producción y el jefe de calidad que la causa más importante es la falta de inspección de los envases que llegan. Para la empresa es poco factible exigir al proveedor que realice una inspección a los envases que salen de su planta; sin embargo a largo plazo se sugiere que se reconsidere esta inspección como parte de las condiciones de envío con el proveedor.

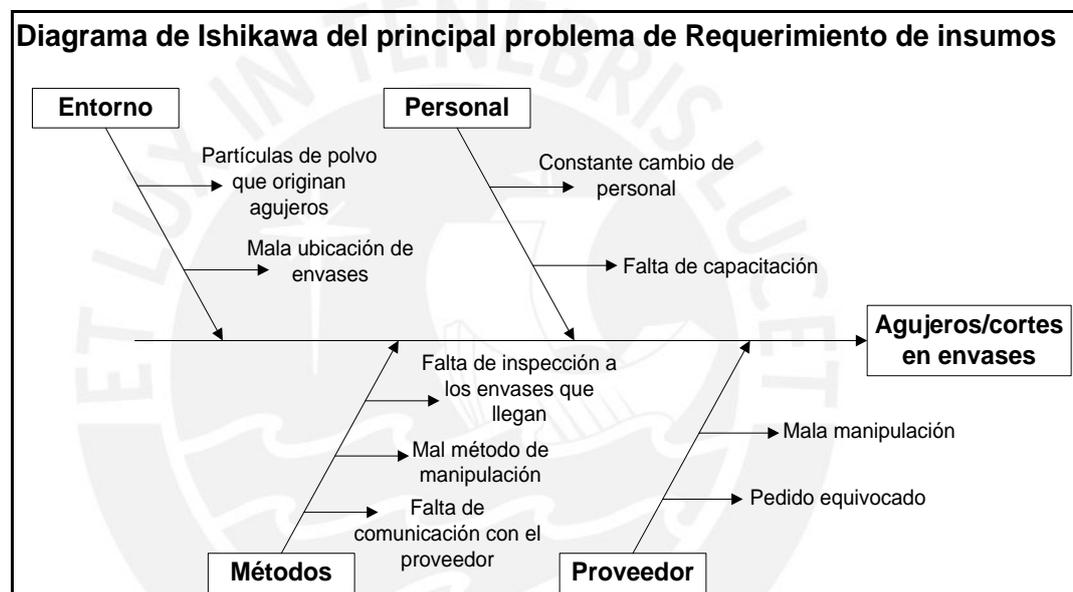


Figura 2.10. Diagrama de Ishikawa de los agujeros/ cortes en envases  
Elaboración propia

A continuación, se describirán las causas por cada categoría:

- **Entorno:** Dentro de esta categoría, se encuentran las siguientes causas:
  - *Partículas de polvo que originan agujeros:* Se refiere a que las partículas de polvo llegan a los envases causando su deterioro y luego haciendo que aparezcan agujeros.
  - *Mala ubicación de envases:* Los operarios, antes del envasado, colocan los envases cerca de la zona de producción; sin embargo, los lugares donde los ubican no son los adecuados, porque son lugares de alto tránsito de montacargas; además, se apilan de una forma incorrecta que puede causar que las columnas de baldes o bolsas de frascos y galones se caigan.

- **Personal:** Dentro de esta categoría se encuentran las siguientes causas:
  - *Constante cambio de personal:* Debido a que las condiciones de trabajo no son las adecuadas para los operarios, estos se van de la empresa luego de unos pocos meses de trabajo. Entonces, se busca nuevo personal que no tiene experiencia en el manejo de envases.
  - *Falta de capacitación:* A los nuevos operarios no se les brinda la capacitación adecuada en manipulación de materiales, por ello, pueden cometer algunos errores que originen que los envases se malogren.
  
- **Métodos:** Dentro de la categoría se encuentran las siguientes causas:
  - *Falta de inspección de los envases que llegan:* Los operarios de almacén no realizan una revisión cuidadosa a los envases que llegan del proveedor. Ellos mencionan que no tienen tiempo para hacerlo.
  - *Mal método de manipulación:* Muchos de los operarios se guían de su experiencia para transportar los envases y desestiman las recomendaciones que se les dan acerca de las buenas prácticas de manipulación de materiales.
  - *Falta de comunicación con el proveedor:* La empresa no mantiene una relación horizontal con sus proveedores; por lo tanto, no le comunica cuáles son sus verdaderas necesidades y cómo lo podrían atender mejor. Esto se debe a que los proveedores no la consideran un cliente importante.
  
- **Proveedor:** Dentro de esta categoría se encuentran estas causas:
  - *Mala manipulación:* El proveedor no tiene el suficiente cuidado al armar los lotes de envases que serán enviados a la empresa. Por otro lado, los encargados del transporte, también, maltratan los materiales.
  - *Pedido equivocado:* Luego de revisar el registro de pedidos a proveedores del área de Logística, se ha verificado que, en ocasiones, el proveedor ha enviado envases en menor cantidad de lo requerido.

### 2.3.2. Etapa 2: Mezclado

El mezclado se lleva a cabo en los tanques de lubricantes que se encuentran en el área de Producción de la Planta, las inspecciones de calidad se realizan cada dos horas aproximadamente. En la figura 2.11 se pueden apreciar los problemas que se presentaron durante junio del 2012 y junio del 2013. Como se

puede apreciar, las no conformidades respecto al mezclado fueron debido a rechazos por temperatura inadecuada de la mezcla, atributos de apariencia, color y olor de la mezcla, y por mezclar aditivos inadecuados. Cabe resaltar que este análisis se puede aplicar para el resto de líneas y productos que se elaboran en la empresa.

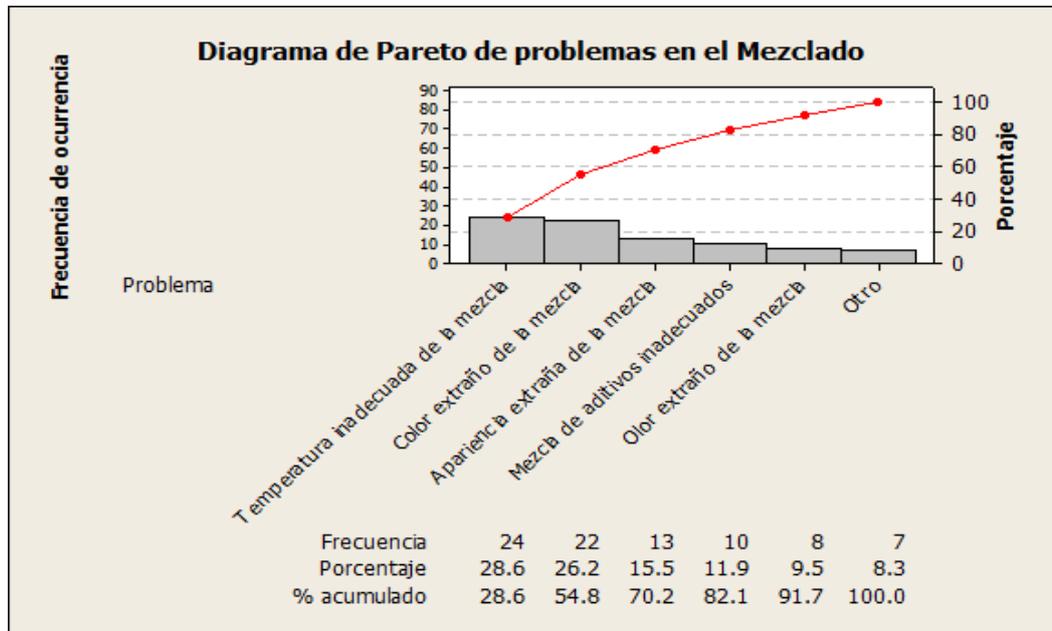


Figura 2.11. Diagrama de Pareto de problemas en el mezclado  
Elaboración propia

A continuación, se muestra en la tabla 2.12, la valoración otorgada a cada problema:

Tabla 2.12. Valoración de los problemas en mezclado

Problema	Valoración
Apariencia extraña de la mezcla	5
Olor extraño de la mezcla	3
Color extraño de la mezcla	4
Temperatura inadecuada de la mezcla	4
Material extraño en la mezcla	5
Mezcla de aditivos inadecuados	5

Elaboración propia

En el diagrama de Pareto de problemas valorados que se muestra en la figura 2.12, se puede apreciar que el 80% está conformado por temperatura inadecuada de la mezcla, seguida de color extraño de la mezcla y apariencia extraña de la mezcla.

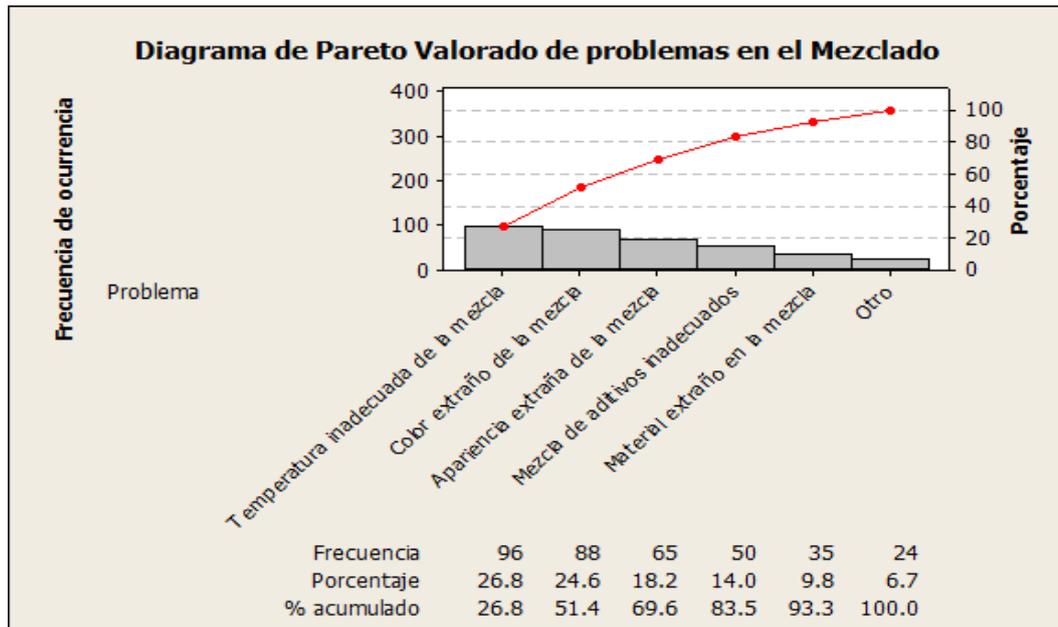


Figura 2.12. Diagrama de Pareto de problemas valorados en el mezclado  
Elaboración propia

El primer problema, temperatura inadecuada de la mezcla, coincide con uno de los problemas identificado por los expertos en el apartado 2.2.2. El segundo problema, color extraño de la mezcla, y el tercer problema, apariencia extraña de la mezcla, están relacionados con la falta de control del proceso.

Tal y como se realizó para la etapa de requerimiento de insumos, se elaboró una matriz en donde se muestra si los problemas de mezclado están relacionados con los datos recogidos, con las versiones de los trabajadores o, en todo caso, con ambas (ver tabla 2.13).

Tabla 2.13. Matriz de relación de los problemas del Mezclado con los datos y con las entrevistas

Problemas de la etapa 2	Problemas identificados en el Diagrama de Pareto de frecuencias	Entrevistas a expertos
Falta de control del proceso	X	X
Deficiente control de la temperatura	X	X

Elaboración propia

Se puede observar que el deficiente control de la temperatura y la falta de control del proceso son problemas mencionados por los operarios y corroborados con los datos brindados por el Diagrama de Pareto. Luego de identificar el problema más relevante, temperatura inadecuada de la mezcla, se realizó una lluvia de ideas con el personal de la planta para identificar las causas del problema. Después, se elaboró un diagrama de Ishikawa del principal problema del mezclado, el cual se muestra en la figura 2.13; las

categorías que se consideraron fueron las siguientes: máquinas e instrumentos, personal, métodos y medida. Se decidió, conjuntamente con el jefe de producción y el jefe de calidad, que la causa más importante es la no existencia de límites de control de temperatura, debido a que el proceso tiene mucha variabilidad; por ello, es necesario estabilizar el proceso y reducir dicha variabilidad. Los expertos quisieran que el proceso tenga un control con herramientas estadísticas.

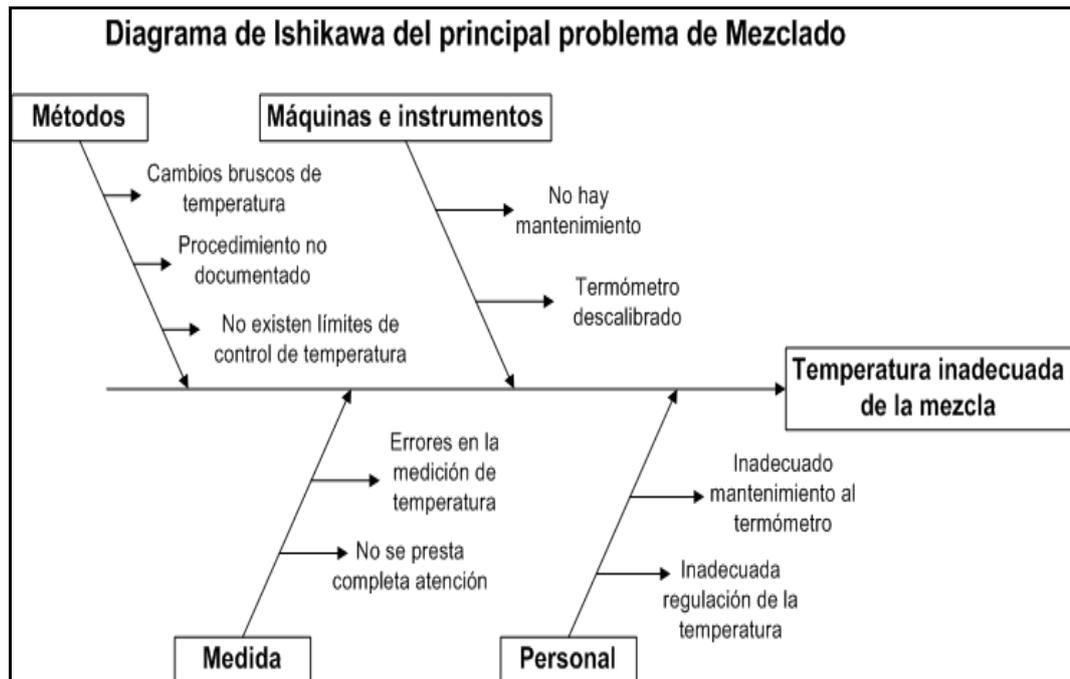


Figura 2.13. Diagrama de Ishikawa de la temperatura inadecuada de la mezcla  
Elaboración propia

Ahora, se describirán las causas por cada categoría:

- **Métodos:** Dentro de esta categoría, se encuentran las siguientes causas:
  - *Cambios bruscos de temperatura:* Se refiere a que existen ocasiones en las que el operario encargado de la mezcla del lubricante se da cuenta de que la temperatura a la que está trabajando es la incorrecta y cambia bruscamente la temperatura a una menor o mayor de la actual.
  - *Procedimiento no documentado:* Para la elaboración de lubricantes no se tiene un procedimiento establecido; los operarios solo siguen hojas de preparación, que son “recetas” en las que se mencionan los ingredientes y pasos a seguir. Sin embargo, no le dan la importancia debida al control de la temperatura.

- *No existen límites de control de temperatura:* Los operarios que se encargan del mezclado se basan en la experiencia para controlar la temperatura y que no se exceda la temperatura límite de mezclado que se menciona en la hoja de preparación.
- **Máquinas e instrumentos:** Dentro de esta categoría, se encuentran las siguientes causas:
  - *No hay mantenimiento:* Debido a la constante producción en la planta, los encargados de mantenimiento no siguen el plan de mantenimiento elaborado. Entonces, los tanques donde se elabora la mezcla pueden tener averías que originan que la temperatura no sea la correcta.
  - *Termómetro descalibrado:* Esto se refiere a que el instrumento de medición que se utiliza para medir la temperatura no se encuentra calibrado correctamente. Por lo tanto, los operarios tienen que hacer cálculos para hallar la verdadera temperatura en la que se encuentra la mezcla.
- **Medida:** Dentro de esta categoría se encuentran las siguientes causas:
  - *Errores en la medición de la temperatura:* Como se explicó en la anterior causa de máquinas e instrumentos, el termómetro está descalibrado. Entonces, los operarios pueden cometer errores al realizar los cálculos para hallar la verdadera temperatura de trabajo, de manera tal, que podrían estar trabajando en una temperatura inadecuada.
  - *No se presta completa atención:* Esto se refiere a que los operarios regulan la temperatura y dejan la mezcla desatendida por aproximadamente 2 horas para realizar otras actividades. Por ello, si ocurre un problema, son avisados por otros compañeros y tienen que correr para solucionar el problema.
- **Personal:** Dentro de esta categoría se encuentran las siguientes causas:
  - *Inadecuado mantenimiento del termómetro:* Esto se refiere a que el personal encargado del mantenimiento no cumple con lo establecido en el “Procedimiento de mantenimiento de instrumentos”. Además, los operarios no tienen el suficiente cuidado al manipular el termómetro, ya que colocan encima objetos que no pertenecen a un área de trabajo.

- *Inadecuada regulación de la temperatura:* Existen ocasiones en las que los operarios son presionados para sacar la mezcla en el menor tiempo posible, por ello, cometen errores al regular la temperatura y, cuando se dan cuenta, ya es muy tarde y la mezcla sale mal.

### 2.3.3. Etapa 3: Verificación de la homogeneidad de la muestra

La verificación de la homogeneidad de la muestra se realiza durante el mezclado y después del mismo. Mientras se realiza la producción, es el operario quien verifica si el color y la apariencia del lubricante es el correcto; además, cada cierto tiempo un analista de laboratorio se acerca a los tanques para tomar muestras con el objetivo de saber cómo está la apariencia del aceite. Luego de finalizado el mezclado, el operario obtiene una muestra del lubricante recién preparado y lo lleva hacia el laboratorio de calidad para entregárselo al analista, quien determina si el lubricante cumple con los límites de especificación y si tiene la viscosidad y el color adecuados; de ser correcto, le pide autorización al jefe de control de calidad para iniciar el envasado. En la figura 2.14, se pueden apreciar los problemas que se presentaron durante el tiempo que duró el estudio. Cabe resaltar que la principal no conformidad se origina cuando el atributo color es diferente al de patrón, mientras que; el segundo problema grave proviene de utilizar límites de especificación inadecuados. Sin embargo, un punto favorable de la producción es que no ha habido muchos casos de separación de la mezcla.

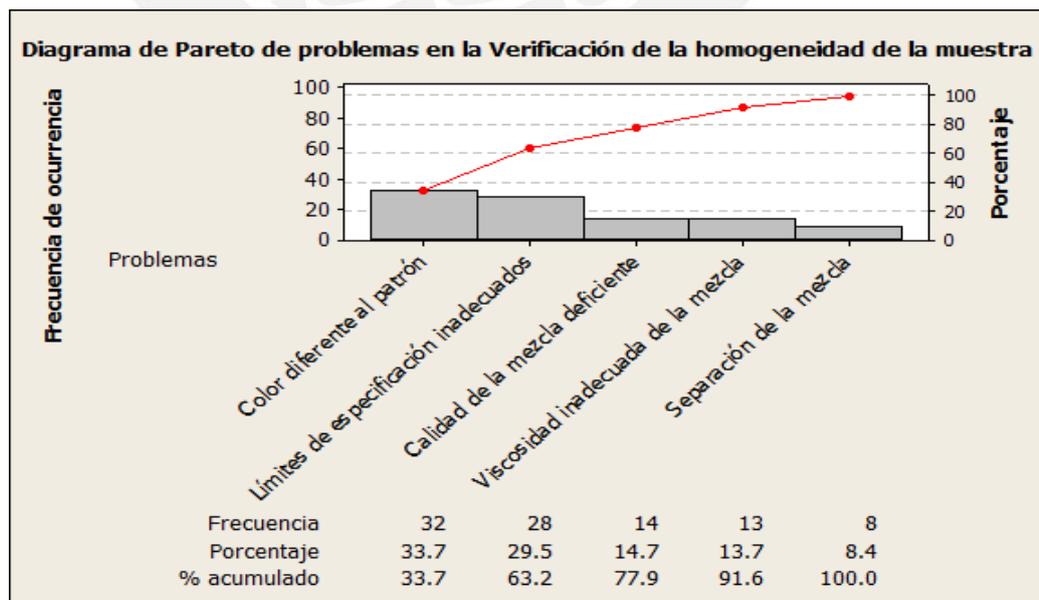


Figura 2.14. Diagrama de Pareto de problemas en la verificación de la homogeneidad de la muestra  
Elaboración propia

Seguidamente, se muestra, en la tabla 2.14, la valoración otorgada a cada problema.

Tabla 2.14. Valoración de los problemas en verificación de la homogeneidad de la muestra

Problema	Valoración
Límites de especificación inadecuados	4
Viscosidad inadecuada de la mezcla	3
Color diferente al patrón	3
Separación de la mezcla	5
Calidad de la mezcla deficiente	4

Elaboración propia

En el diagrama de Pareto de problemas valorados que se muestra en la figura 2.15, se puede apreciar que el 80% representa los tres principales problemas. El primer problema, límites de especificación inadecuados, coincide con uno de los problemas identificado por los expertos en el apartado 2.2.2. El segundo problema, color diferente al patrón, también está relacionado con un problema identificado previamente. El tercer problema, calidad de la mezcla deficiente, no se ha podido verificar.

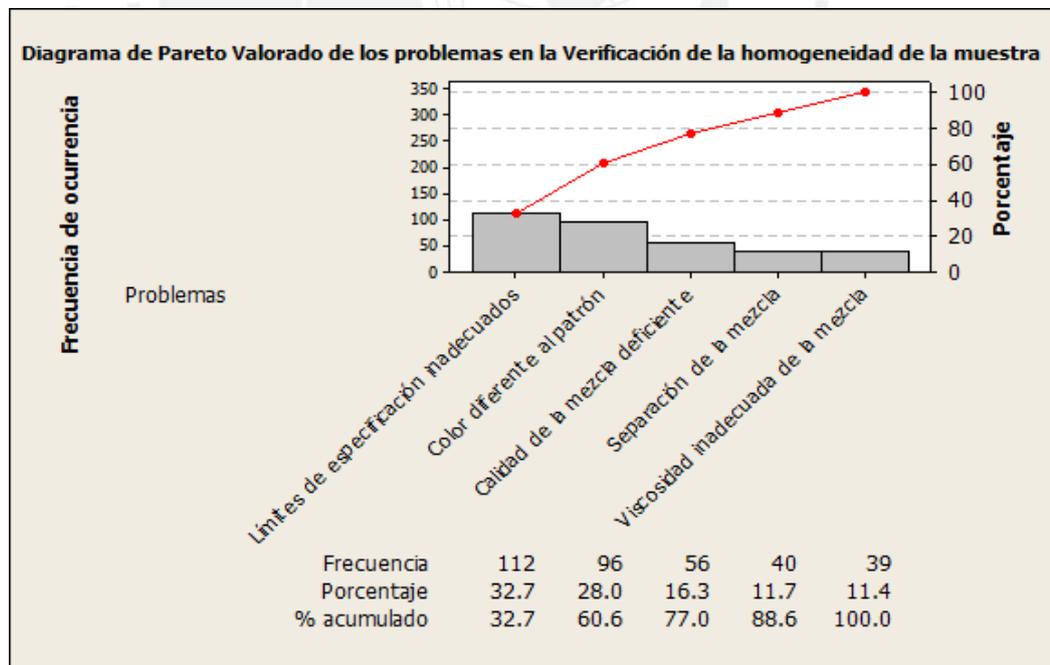


Figura 2.15. Diagrama de Pareto de problemas valorados en la verificación de la homogeneidad de la muestra.  
Elaboración propia.

Continuando con el análisis realizado en las etapas previas, se elaboró una matriz en donde se muestra si los problemas de verificación de la

homogeneidad de la muestra están relacionados con los datos recogidos, con las versiones de los trabajadores o, en todo caso, con ambas (ver tabla 2.15).

Tabla 2.15. Matriz de relación de los problemas de verificación de la homogeneidad de la muestra con los datos y con las entrevistas

Problemas	Problemas identificados en el Diagrama de Pareto de frecuencias	Entrevistas a expertos
Utilización única de límites de especificación para control de procesos	X	X
Utilización de la vista para discernir si el producto cumple con condiciones de color	X	X

Elaboración propia.

Se puede observar que, en la planta, actualmente, se está dando un mal uso a los límites de especificación. Asimismo, el comentario de los operarios de la planta acerca de la utilización de la vista para discernir si el producto cumple con las condiciones de color está relacionado con el problema mostrado en el Pareto acerca de los colores diferentes del patrón. El principal problema es que los límites utilizados por la empresa son inadecuados. El siguiente paso que hay que realizar es identificar las principales causas del problema. Por ello, primero, se realizó una lluvia de ideas con el personal de la planta. Luego, se construyó el diagrama de Ishikawa que se muestra en la figura 2.16. Las categorías utilizadas son las siguientes: máquina, personal, métodos y material. Finalmente, se decidió, conjuntamente con el jefe de producción y el jefe de calidad, que las causas más importantes eran la falta de un equipo de verificación adecuado y la falta de gráficos de control.

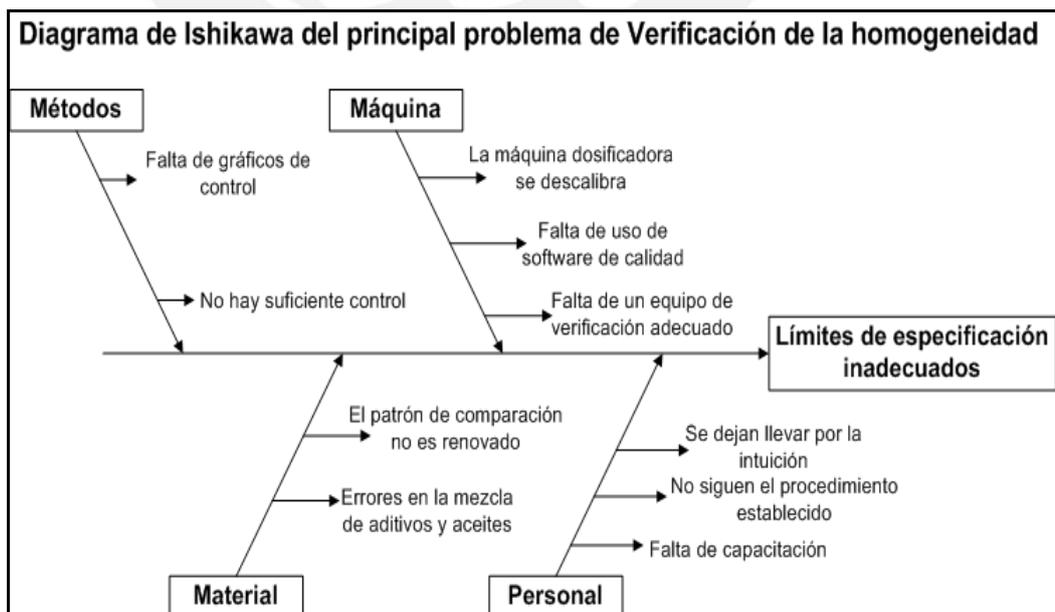


Figura 2.16. Diagrama de Ishikawa de los límites de especificación inadecuados  
Elaboración propia

Ahora, se describirán las causas por cada categoría:

- **Métodos:** Dentro de esta categoría se encuentran las siguientes causas:
  - *Falta de gráficos de control:* El área de calidad no ha considerado la utilización de gráficos de control por atributos para las disconformidades que podrían ocurrir.
  - *No hay suficiente control:* Esto se refiere a que el analista de calidad solo aparece después de que la mezcla ha sido elaborada, no realiza inspecciones durante la elaboración de la mezcla.
  
- **Máquina:** Dentro de esta categoría se encuentran las siguientes causas:
  - *La máquina dosificadora se descalibra:* Como en la planta se tienen máquinas dosificadoras que se utilizan para envasar diferentes productos lubricantes, se ha dado el caso de que, luego de envasar un lubricante monogrado y se va a envasar un lubricante multigrado, los operarios se olvidaron de volver a regular la dosificadora para envasar el otro tipo de lubricante. Los operarios recién se dan cuenta de este error al final del envasado.
  - *Falta de uso de software de calidad:* En el área de control de calidad no se utiliza ningún software para realizar el análisis estadístico. Tampoco se tiene un programa para el control documentario.
  - *Falta de un equipo de verificación adecuado:* En el área de calidad, no se cuenta con equipos que permitan comprobar qué color de la mezcla es el adecuado, esto se hace con la vista y el criterio del analista.
  
- **Material:** Dentro de esta categoría se encuentran las siguientes causas:
  - *Errores en la mezcla de aditivos y aceites:* Los operarios de almacén que recién ingresan a trabajar a la empresa cometen errores al llevar insumos al área de producción debido a que estos se encuentran codificados. Asimismo, los operarios de producción se dan cuenta de que han utilizado un insumo incorrecto luego de agregarlo a la mezcla.
  - *El patrón de comparación no es renovado:* Esto se refiere a que el patrón, con el cual se verifica si el color es correcto, no es cambiado por uno nuevo cada cierto tiempo. De esa manera, puede perder sus características principales como color, textura, viscosidad.

- **Personal:** Dentro de esta categoría se encuentran las siguientes causas:
  - *Falta de capacitación:* Los asistentes de calidad y producción no han recibido una adecuada capacitación en temas de control y verificación de procesos, uso de herramientas de la calidad y mejora de procesos. Además, los operarios no han recibido una charla de la importancia de cumplir con los límites de especificación.
  - *No siguen el procedimiento establecido:* Se refiere a que los analistas de calidad se dejan llevar por la experiencia y no siguen el “Procedimiento de verificación de la homogeneidad de la mezcla”.
  - *Se dejan llevar por la intuición:* Se refiere a que los analistas de calidad, al comparar el color del patrón con el de la mezcla elaborada, establecen que el color es correcto por intuición.

#### 2.3.4. Etapa 4: Envasado y almacenado de productos

El envasado y almacenado de productos se realiza con la autorización del jefe de control de calidad y el jefe de producción. El envasado empieza, normalmente, con los baldes porque tienen mayor volumen, luego, continua con los galones y, finalmente, se utilizan los frascos. En esta parte de la producción participan varios operarios porque no está tan automatizada, por ejemplo, en el sellado de frascos participan dos operarios, para avanzar más rápido. Se realizó un diagrama de afinidad con los problemas más resaltantes, el cual se muestra en el anexo 23. Asimismo, se realizó un diagrama de Pareto con dichos problemas, los cuales se presentaron durante los dos semestres de estudio (ver figura 2.17). Las dos principales no conformidades están relacionadas con los siguientes atributos: presentación final en frascos “chancados” y agujeros/cortes en presentación final de baldes y cajas “chancadas”. Por tanto, es necesario encontrar soluciones para evitar tener presentaciones que aumenten la cantidad de productos defectuosos y que no puedan ser vendidos a los clientes.

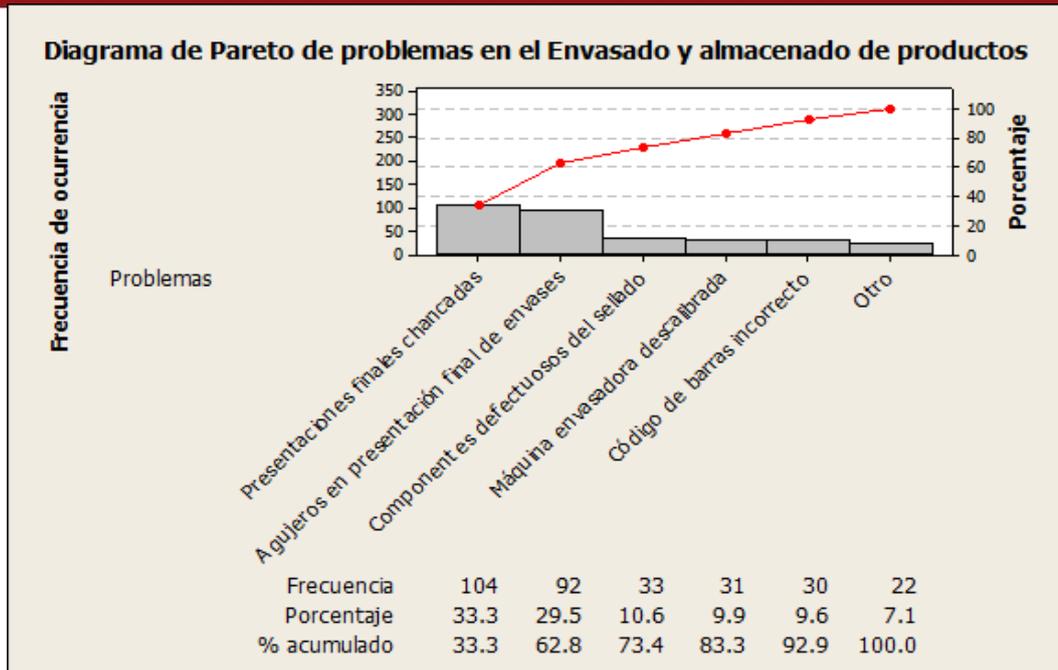


Figura 2.17. Diagrama de Pareto de problemas en el envasado y almacenado de productos  
Elaboración propia

A continuación, se muestra en la tabla 2.16, la valoración otorgada a cada problema:

Tabla 2.16. Valoración de los problemas en el envasado y almacenado de productos

Problema	Valoración
Agujeros/ cortes en presentación final de envases	5
Presentación final en envases sucios	3
Presentaciones finales chancadas	4
Componentes defectuosos del sellado	4
Máquina envasadora descalibrada	4
Código de barras incorrecto	2

Elaboración propi.

Tras analizar el diagrama de Pareto de problemas valorados que se muestra en la figura 2.18, se aprecia que el 80% está conformado por los siguientes problemas: agujeros en presentación final de envases, presentaciones finales “chancadas” y componentes defectuosos del sellado.

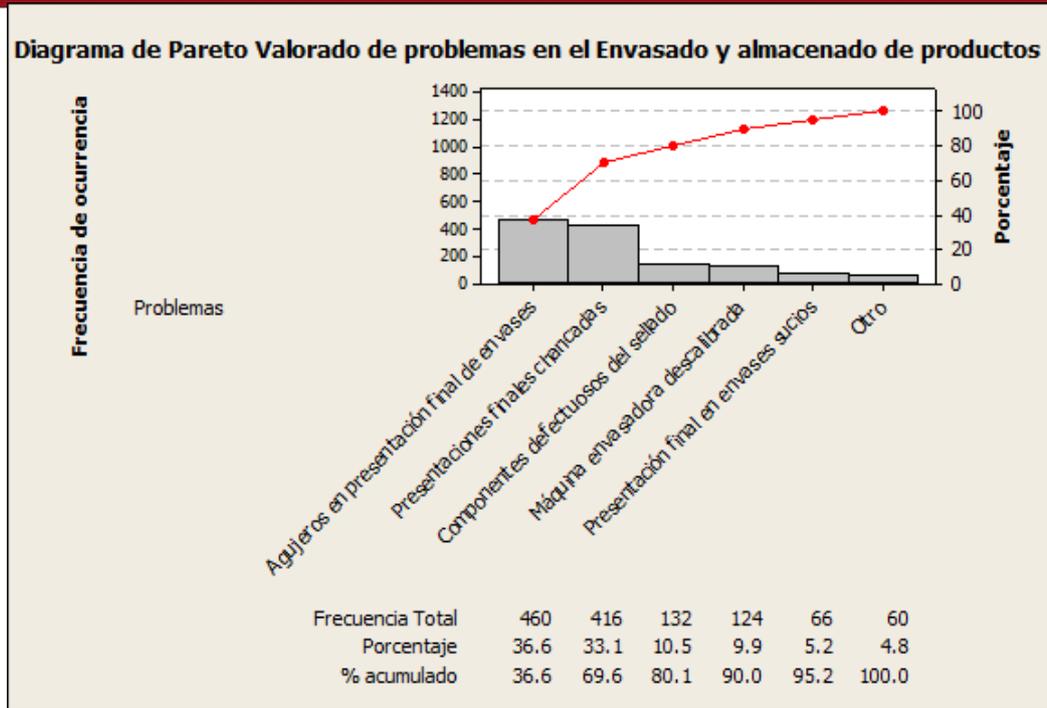


Figura 2.18. Diagrama de Pareto de problemas valorados en el envasado y almacenado de productos  
Elaboración propia

El primer problema, agujeros en presentación final de envases y el segundo problema, presentaciones finales chancadas coinciden con uno de los problemas identificado por los expertos en el apartado 2.2.2, en tanto que el tercer problema, componentes defectuosos del sellado, no se ha podido verificar.

Para la última etapa, también, se elaboró una matriz en donde se muestra si los problemas del envasado y almacenado de productos están relacionados con los datos recogidos, o con las versiones de los trabajadores o, en todo caso, con ambas (ver tabla 2.17).

Tabla 2.17. Matriz de relación de los problemas de envasado y almacenado con los datos y con las entrevistas

Problemas	Problemas identificados en el Diagrama de Pareto de frecuencias	Entrevistas a expertos
Obtención de productos defectuosos	X	X
Muchos operarios realizan la actividad		X

Elaboración propia

Se puede observar que la obtención de productos defectuosos es un problema mencionado por los operarios y también tiene la mayor frecuencia de ocurrencia en el Diagrama de Pareto.

A continuación, se va a presentar un análisis del problema más relevante: agujeros en presentación final de envases con la finalidad de identificar las causas principales del problema. Primero, se realizó una lluvia de ideas con el personal de la planta, luego, se elaboró un diagrama de Ishikawa, el cual se muestra en la figura 2.19. Las categorías utilizadas son las siguientes: máquina, personal, métodos y entorno. Por último, se decidió conjuntamente con los expertos de la planta que la causa más importante es la falta de inspección de los envases, la cual será atendida en esta tesis y cuyo diseño de planes de muestreo se propondrá.

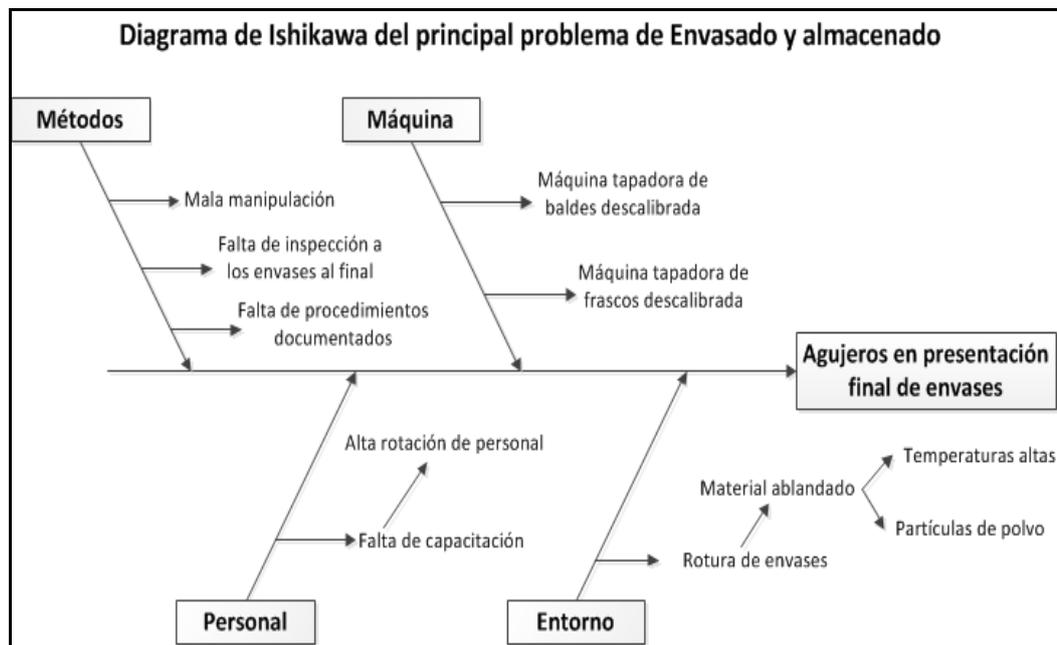


Figura 2.19. Diagrama de Ishikawa de agujeros en presentación final de envases  
Elaboración propia

Ahora, se describirán las causas por cada categoría:

- **Métodos:** Dentro de esta categoría se encuentran las siguientes causas:
  - *Mala manipulación:* Algunos operarios por la premura de atender a tiempo los pedidos, no tienen cuidado al colocar los envases en las dosificadoras, lo que ocasiona que se caigan los envases y se dañen.
  - *Falta de inspecciones a los envases al final:* Luego de elaborar un lote de producción, los operarios de dicha área se dedican a elaborar otros productos. Asimismo, los operarios de almacén no realizan inspecciones a los envases que guardan.

- *Falta de procedimientos documentados:* Esto se refiere a que no existe un procedimiento de inspección de lotes finales de productos.
- **Máquina:** Dentro de esta categoría se encuentran las siguientes causas:
  - *Máquina tapadora de baldes descalibrada:* En la planta se utilizan este tipo de máquinas para envasar diferentes tipos de lubricantes en baldes. Cuando los operarios mueven esta máquina de un tanque hacia otro, se puede alterar la posición correcta en donde se debe colocar el balde, por lo que el operario rompe la tapa del balde cuando lo intenta cerrar.
  - *Máquina tapadora de frascos descalibrada:* En la planta, se utiliza esta máquina para tapar frascos de diferentes volúmenes; en consecuencia, los operarios se olvidan de regularla para los frascos de Gear Oil 80w90, por lo que al final de la línea pueden salir frascos mal cerrados o con la boca del envase “chancado”.
- **Personal:** Dentro de esta categoría se encuentran las siguientes causas:
  - *Falta de capacitación:* A los nuevos operarios no se les brinda la capacitación adecuada en manipulación de máquinas dosificadoras, por ello, pueden cometer algunos errores que involucran la aparición de disconformidades en los envases.
  - *Alta rotación de personal:* Debido a que las condiciones de trabajo no son las adecuadas para los operarios, estos se van de la empresa luego de unos pocos meses de trabajo. Entonces, se busca nuevo personal que no tiene experiencia en el manejo de las máquinas dosificadoras y que, por tanto, comete errores al regularlas.
- **Entorno:** Dentro de esta categoría se encuentran las siguientes causas:
  - *Rotura de envases:* Se originan porque el material del envase se ablanda debido al polvo y a las temperaturas altas.
  - *Polvo:* Esto se refiere a que en el ambiente donde se encuentran los envases existen partículas de polvo que dañan el cuerpo del envase.
  - *Temperaturas altas:* Esto se refiere a que, en las zonas de producción donde se colocan los envases, las temperaturas presentes son altas debido a la presencia de los tanques y a la caldera; lo cual ocasiona que algunos frascos se dilaten y aparezcan agujeros ante un leve golpe.

## 2.4. Problemas críticos

Primero se realizó la selección y diagnóstico del proceso crítico, luego se priorizó los problemas en cada etapa productiva. Ahora, es necesario verificar si existe una relación entre los requisitos del cliente, los cuales se muestran en el acápite 2.1.6, y los problemas hallados. Para ello, se utilizará la tabla 2.18, en la cual se ha marcado con un aspa los requisitos que se ven afectados por cada problema mencionado.

Tabla 2.18. Relación entre los problemas de cada etapa y los requerimientos del cliente

Problemas	Color adecuado del producto	Producto con temperatura correcta	Presentación final del lubricante en condiciones óptimas	Precio adecuado
<b>Etapa1: Requerimiento de insumos</b>				
Cantidades inadecuadas de insumos	X	X		
Envases defectuosos			X	
<b>Etapa 2: Mezclado</b>				
Falta de control del proceso	X	X		
Deficiente control de la temperatura		X		
<b>Etapa 3: Verificación de la homogeneidad de la muestra</b>				
Utilización única de límites de especificación para control de procesos	X	X		
Utilización de la vista para discernir si el producto cumple con condiciones de color	X			
<b>Etapa 4: Envasado y almacenado de productos</b>				
Obtención de productos defectuosos	X	X	X	
Muchos operarios realizan la actividad				X

Elaboración propia

En la tabla 2.18, se puede observar lo siguiente:

- **En la etapa de requerimiento de insumos:** Las cantidades inadecuadas de insumos afectan al color del producto, ya que, si se dosifican mal los aditivos, se puede obtener un color diferente a lo esperado por el cliente; también, se ve afectada la temperatura, ya que a mayor cantidad de aceites o aditivos se

necesitará aumentar la temperatura. El otro problema está relacionada con los envases defectuosos, que afectan a la presentación final de los lubricantes.

- **En la etapa de mezclado:** La falta de control del proceso está relacionada con el color adecuado del producto y la temperatura a la cual se tienen que mezclar los aditivos y el aceite para obtener un lubricante multigrado.
- **En la verificación de la homogeneidad de la muestra:** En la planta, se utilizan de manera incorrecta los límites de especificación, porque se hace uso de ellos para controlar los procesos; sin embargo, según la teoría, esto no se debería realizar. Este problema afecta al color y temperatura adecuados del producto. Asimismo, la utilización de la vista para discernir si el producto cumple con las condiciones de color está estrechamente relacionado con el color adecuado que espera el cliente.
- **En el envasado y almacenado de productos:** El problema de obtener productos defectuosos involucra tener un color o temperatura inadecuados; asimismo, está relacionado con las presentaciones finales de los productos.

Como se observa en la tabla 2.18, todos los problemas afectan a una o más características. La obtención de productos defectuosos es, el principal problema, puesto que afecta a tres de los principales requerimientos del cliente: color adecuado del producto, producto con temperatura correcta y presentación final del lubricante en condiciones óptimas.

En conclusión, todos los problemas deben ser considerados para su solución a corto o largo plazo.

## 2.5. Oportunidades de mejora

A continuación se presentan tres aspectos en los que se puede mejorar: las herramientas de mejoramiento de la calidad, indicadores de desempeño y capacidad del proceso, los cuales están relacionados con el análisis de los procesos y la mejora continua.

### 2.5.1. Herramientas de mejoramiento de la calidad

Para desarrollar el ciclo PHVA (*Planear-Hacer-Verificar-Actuar*) de la norma ISO 9001 y lograr la mejora continua, es necesario contar con herramientas y técnicas de calidad que permitan mejorar los procesos. Actualmente, solo se utiliza un diagrama de Causa-Efecto para analizar las posibles causas que

originan que exista una diferencia en el stock de aceites básicos, es decir, que el volumen ocupado por los aceites básicos en los tanques de almacenamiento, el cual es medido por un analista de calidad, sea distinto de la cantidad que aparece en los registros electrónicos del almacén. Este es el único caso en el que se observa un intento de identificar causas raíces en un problema.

### 2.5.2. Indicadores de desempeño

El área de producción de la planta en estudio evalúa, mediante el indicador de tiempo estándar (t.est.), el tiempo requerido para que los operarios plenamente calificados y adiestrados, y trabajando a un ritmo normal, lleven a cabo las actividades que formen parte de la elaboración de los aceites lubricantes. Además, se utiliza el PPM, que evalúa la cantidad de productos defectuosos sobre la cantidad de productos obtenidos en la muestra, precisamente, este último, por sí, no dice mucho acerca de la causa, sino solo informa de la cantidad de defectos. Para el indicador de PPM, un producto, ya sea con un defecto no tan severo o con muchos defectos rechazables, constituye, de igual manera, un producto defectuoso. Actualmente, la planta no utiliza índices de capacidad del proceso ( $C_p$  y  $C_{pk}$ ), los cuales permiten la evaluación del proceso, así como, analizar cuándo el proceso requiere de mantenimiento y cuándo es necesario el cambio de cierto parámetro de la operación. Asimismo, el área de producción no cuenta con ningún indicador que constituya una herramienta de decisión y no solo de evaluación.

*Oportunidad de mejora:* En el procedimiento para la revisión del Sistema de Gestión de la Calidad, mencionado anteriormente, se podría incluir los índices de capacidad del proceso. Asimismo, se podría implementar un indicador que mida la variabilidad por parte del sistema de medición.

## 2.6. Soluciones propuestas

En este apartado se muestran las soluciones propuestas a los diferentes problemas por etapa, las cuales serán desarrolladas en el capítulo III. En la tabla 2.19 se encuentran las soluciones propuestas a los problemas de cada etapa.

Tabla 2.19. Soluciones propuestas a los problemas en cada etapa

Problemas	Soluciones propuestas
<b>Etapas 1: Requerimiento de insumos</b>	
Cantidades inadecuadas	Implementar hoja de inspección para conocer la frecuencia de ocurrencia de dicho evento en los siguientes meses; además, brindar una adecuada capacitación a los operarios para que sepan dosificar adecuadamente los insumos; y, asimismo, brindarles herramientas de pesado adecuadamente calibradas. Se espera que, en la hoja de inspección, la cantidad de eventos disminuya al transcurrir los siguientes meses. En el anexo 24, se encuentra el modelo de hoja de inspección.
Envases defectuosos	Realizar inspecciones a los lotes de envases enviados por el proveedor y mejorar la comunicación con él. Asimismo, se pueden buscar otros proveedores que brinden envases de buena calidad y a buen precio.
<b>Etapas 2: Mezclado</b>	
Falta de control del proceso	Se deben implementar cartas de control de variables y atributos para el control de la producción, con el objetivo de poder detectar de manera más efectiva la presencia de variaciones debido a causas atribuibles al proceso.
Deficiente control de la temperatura	Se deben implementar cartas de control de variables para el control de la temperatura, para poder detectar de manera más efectiva la presencia de variaciones y reducir la variabilidad existente.
<b>Etapas 3: Verificación de la homogeneidad de la muestra</b>	
Utilización única de límites de especificación	Se deben implementar cartas de control por atributos, ya que ofrecen una mayor eficiencia a la hora de detectar anomalías en la producción, de tal manera que se evite tener productos defectuosos en dos o tres corridas más adelante.
Utilización de la vista para discernir si el producto cumple con condiciones de color	Se debe utilizar un fotocolorímetro para determinar la concentración de sustancias disueltas en el aceite. Se miden los colores del patrón, que presenta una concentración de sustancia conocida, y se compara con la muestra del aceite recién mezclado. Se mide la cantidad de color de cada uno y, según su relación, se determina la concentración de la muestra.
<b>Etapas 4: Envasado y almacenado de productos</b>	
Obtención de productos defectuosos	Se deben registrar todos los defectos que se pueden presentar en cada corrida; asimismo, se debe implementar indicadores y gráficos de control de atributos c. También, se puede implementar el muestreo por aceptación de atributos para inspeccionar los lotes de los envases; para ello, se utilizará las tablas NTP-ISO 2859-1:2013. Primero, se realizará la inspección normal y luego si se requiere se puede aumentar la rigurosidad.

Elaboración propia

## CAPÍTULO III: PROPUESTAS DE MEJORA

En el segundo capítulo, se seleccionaron y describieron los problemas más importantes presentes en el proceso de elaboración del Gear Oil 80w9. A continuación, se presentarán las propuestas de mejora. Es importante resaltar que el presente estudio da los lineamientos para su aplicación a partir de los datos actuales de la producción. Entonces, si la implementación se llevase a cabo, los datos deberán obtenerse cuando el proceso se encuentre estable y en condiciones óptimas.

### 3.1. Diseño de gráficos de control

#### 3.1.1. Etapa 2: Mezclado

**Primera propuesta:** “Diseño de cartas de control de variables para el control de la temperatura”.

Se va a diseñar una gráfica de control para controlar estadísticamente el proceso de mezclado. En este caso, se consideró que la temperatura depende de las condiciones que se programen en el tanque de mezclado, por lo que se recomienda contar con un gráfico para dicha variable.

#### *Descripción del diseño de Gráficos de control para variables*

En el presente trabajo, se determinarán los límites de control para la temperatura en el mezclado. Los valores del proceso a partir de los cuales se calcularon los límites constituyen valores donde la producción se toma como estable (sin fallas en los tanques, sin inconvenientes con las mezcladoras). A continuación, se describe la ficha de control para el uso de la primera propuesta:

Tabla 3.1. Ficha de control para gráfico de control de variables para el control de la temperatura

Gráfico de control de variables para el control de la temperatura	
Tipo de Gráfico	Lecturas individuales. Gráfico I-MR.
Sujeto de control	Proceso: Se controla la temperatura del lubricante mientras se realiza el mezclado.
Característica de calidad	Temperatura (°C)
Variable a controlar	Temperatura (°C)
Estadístico a aplicar	Tanto para la parte “I” y la parte “MR” es la media.
Gráfico I	LCS=75.17 $\bar{x}$ =58.2 LCI=41.23
Gráfico MR	LCS(Parte “MR”)=20.84 $\overline{MR}$ =6.38 LCI(Parte “MR”)=0

Gráfico de control de variables para el control de la temperatura	
Cantidad de unidades por muestra(Subgrupo)	1 unidad.
Frecuencia del muestreo	Se realiza cada hora que se realiza el mezclado. Para fijar los límites de control y para analizar el comportamiento de la variable se necesitan como mínimo 30 muestras.
Tipo de muestreo	Las muestras se tomarán mientras se realiza el mezclado.
Instrumento a aplicar	El subgrupo se colecta en una botella de 50 ml en instantes muy cercanos en el tiempo, como una hora; de tal manera que se asegure la homogeneidad de las condiciones dentro del subgrupo. También, se utiliza una termocupla para medir la temperatura.
Forma de medición o calificación	Un operario de producción toma la muestra y se la lleva al analista de calidad para que mida la temperatura y proceda a registrarla.
Acciones en caso de detectar fuera de control	Se procede a analizar las causas de dichos puntos fuera de control, luego, se deben excluir las muestras y recalculan los límites de control de prueba. Se debe realizar otra inspección, si el problema persiste, y, avisar al jefe de producción para que se reajuste la temperatura.

Elaboración propia

- Prueba de normalidad:** Se realizó una prueba de normalidad a 30 muestras de la variable temperatura analizada en la línea de producción. En el anexo 25, se encuentran las muestras usadas en los análisis de normalidad. La figura 3.1 muestra los resultados de la prueba. Se puede apreciar que el valor “p” es mayor a 0.05, que, para un nivel de confianza del 95% (elegido por el autor), permite concluir que la variable analizada se ajusta a una distribución Normal. Debido a ello, se puede aplicar los pasos para la obtención de los gráficos de control.

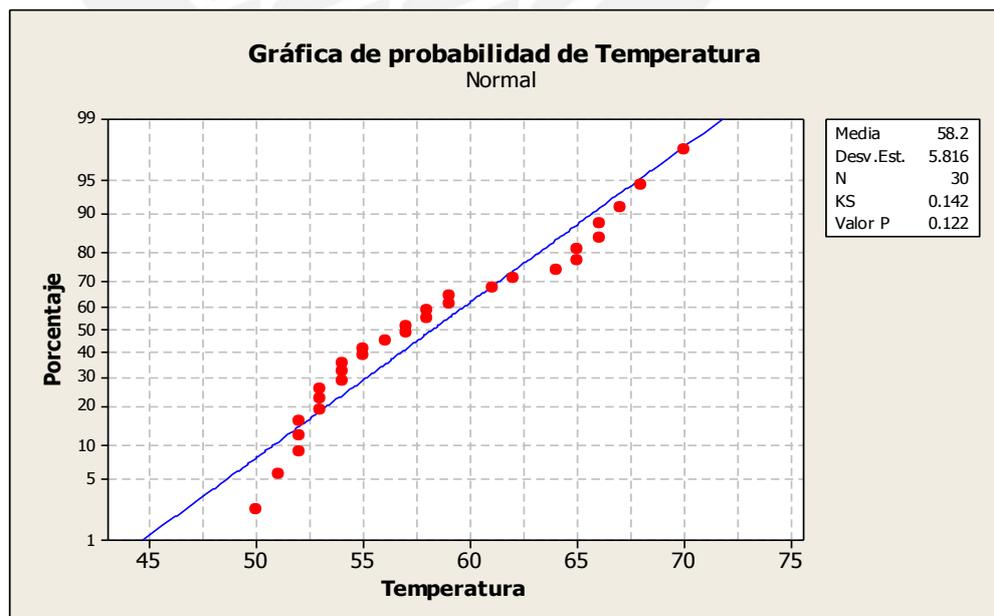


Figura 3.1. Prueba de Normalidad para la variable temperatura en el Mezclado

Elaboración propia

- Cálculo de los límites de control:** Luego de validar los datos elegidos, se formulan los límites y gráficos de control de la temperatura con la distribución normal respectiva. En la figura 3.2, se muestra la carta de control a partir de las 30 muestras tomadas. La variabilidad del resultado de esta medición depende de lo que indique el termómetro digital y lo que registre el analista de calidad.

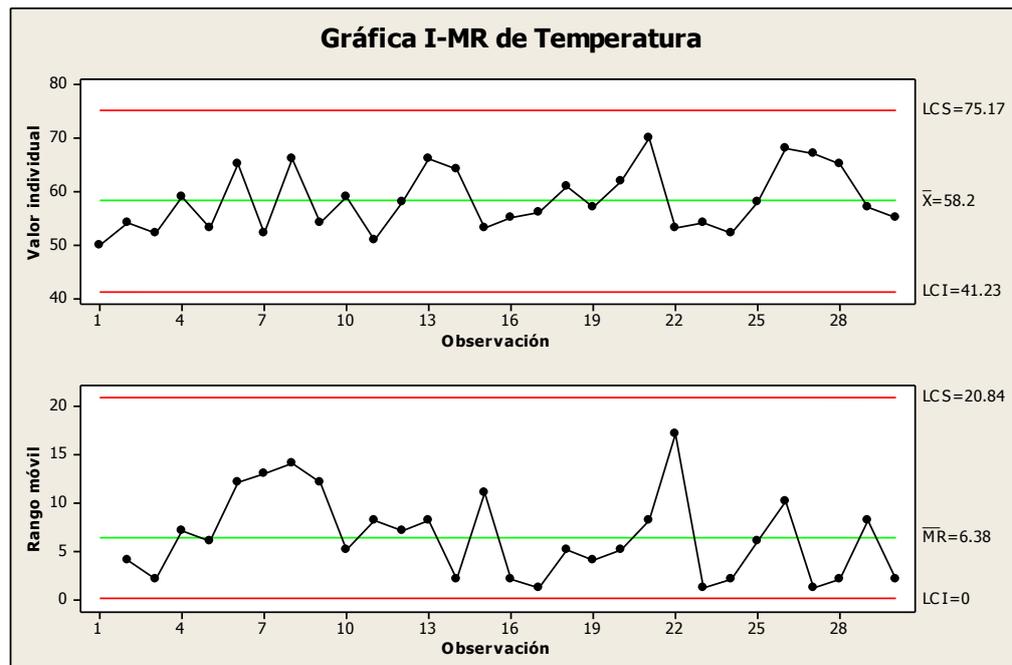


Figura 3.2. Gráfica de control para la variable temperatura en el Mezclado Elaboración propia

- Análisis de la gráfica de control:** Se puede observar en la figura 3.2, que no existe ninguna muestra fuera de los límites de control en ambos gráficos del valor individual y del rango móvil. En el gráfico del valor individual se observa que hay una tendencia de crecimiento, desde la observación 15 a la 21; sin embargo, no llega a estar fuera de los límites de control. Este fenómeno se debe a que el operador no prestó atención al aumento de la temperatura. En el gráfico de rango móvil se puede observar que en las observaciones 16 a la 22, también, existe una tendencia de crecimiento, aunque no llega a estar fuera de los límites de control. Asimismo, en ambos gráficos, se observa que no hay más de seis valores de las medias, en muestras consecutivas, que estén al mismo lado de la gran media. En siete muestras consecutivas no hay más de dos medias fuera y del mismo lado de los límites de control. En conclusión, el proceso está bajo control estadístico y, de esta forma, quedan establecidos los límites de control.

**Segunda propuesta:** “Diseño de cartas de control por atributos para el control de la mezcla”.

Tal como se presentó en el diagrama de Pareto del mezclado, una de las mayores disconformidades se debe a que la mezcla presenta una apariencia extraña (defecto en atributo). Para ello, sería ideal contar con una herramienta que permita el control de los defectos para poder detectar las fallas en el mezclado antes de que se hagan presentes en la verificación de la homogeneidad de la mezcla; de esta manera se podría solucionar un problema en un paso previo.

#### *Descripción del diseño de gráfico de control c*

Se consideró la utilización de la gráfica de control c, considerando fijo el tamaño de muestra. Para la formulación se tomaron 25 muestras (anexo 26), conseguidas desde junio del 2012 hasta junio del 2013, las cuales toman en cuenta cuántas veces se tuvo una apariencia diferente, por motivos de color, textura y olor. A continuación, se describe la ficha de control para el uso de la segunda propuesta.

Tabla 3.2. Ficha de control para gráfico de control por atributos para la mezcla

<b>Gráfico de control por atributos para el control de la mezcla</b>	
Tipo de Gráfico	Gráfico de control por atributos.
Sujeto de control	Producto: Se controla la apariencia de la mezcla.
Características de calidad	Apariencia del lubricante.
Variable a controlar	Apariencia de la mezcla.
Estadístico a aplicar	Media de defectos.
Límites superior	LCS=6.488
Línea media	$\bar{c}=2.12$
Límites inferior	LCI=0
Cantidad de unidades por muestra(Subgrupo)	1 unidad
Frecuencia del muestreo	Se realiza cada hora que se realiza el mezclado. Para armar la gráfica se necesitan como mínimo 25 muestras.
Tipo de muestreo	Las muestras se tomarán mientras se realiza el mezclado.
Instrumento a aplicar	Para recolectar la muestra se utiliza una botella de 50 ml en instantes muy cercanos en el tiempo, como una hora; de tal manera, que se asegure la homogeneidad de las condiciones dentro del subgrupo.
Forma de medición o calificación	Un operario de producción toma la muestra y se la lleva al analista de calidad para que realice la comparación con el patrón del lubricante.
Acciones en caso de detectar fuera de control	Si existen puntos fuera de control, se procede a analizar las causas. Luego de encontrar causas asignables, se deben excluir las muestras y recalcular los límites de control de prueba.

Elaboración propia

En la figura 3.3, se puede ver que, en promedio, se tienen 2 disconformidades observadas en las muestras:

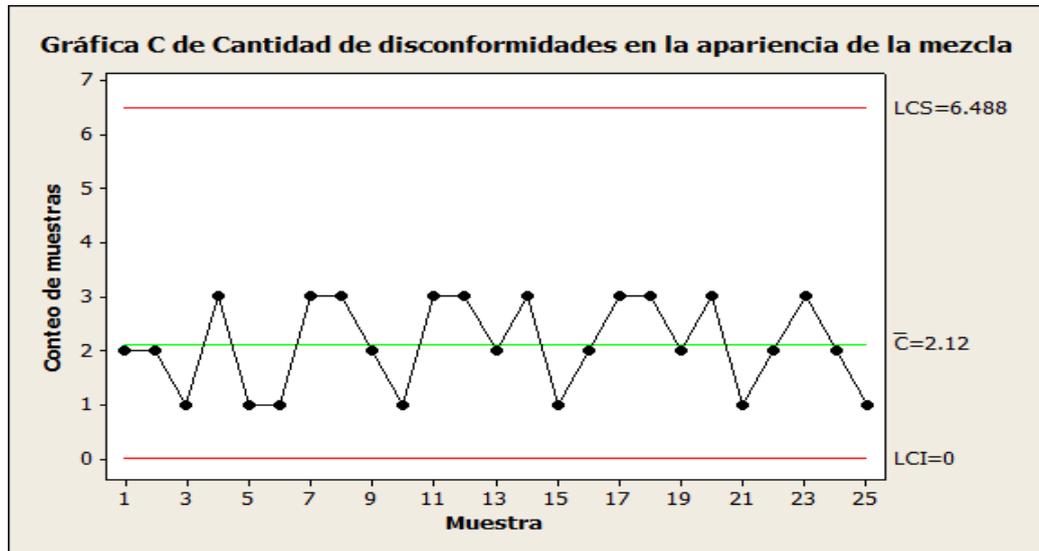


Figura 3.3. Gráfico de control c para disconformidades en la apariencia de la mezcla  
Elaboración propia

### 3.1.2. Etapa 3: Verificación de la homogeneidad de la muestra

**Tercera propuesta:** “Diseño de cartas de control por atributos para la verificación de la homogeneidad de la muestra”.

Actualmente, la verificación del color de la muestra la realiza el analista de calidad luego del mezclado; para ello, compara la muestra con un patrón que proviene del mismo tipo de lubricante que fue elaborado por otra compañía. El principal problema de esta etapa es que solamente se tienen límites de especificación para verificar la homogeneidad de la muestra. Esto se debe a que no se ha considerado la utilización de gráficos de control por atributos para realizar un control de la homogeneidad de la muestra.

#### *Descripción del diseño de gráfico de control c*

Para el control de los defectos en el color del lubricante es conveniente contar con una herramienta, de tal manera, que se evite su presencia en el producto final. Para ello, se plantea la formulación de una carta de control c a través de un sistema de deméritos que considera, fijo el tamaño de muestra. Para su formulación, se tomaron 25 muestras, las cuales se muestran en el anexo 27. A continuación, se describe la ficha de control para el uso de la tercera propuesta.

Tabla 3.3. Ficha de control para gráfico de control por atributos para la verificación de la homogeneidad de la muestra

<b>Gráfico de control por atributos para la verificación de la homogeneidad de la muestra</b>	
Tipo de Gráfico	Gráfico de control por atributos.
Sujeto de control	Producto: Se controla el color de la mezcla.
Características de calidad	Color del lubricante.
Variable a controlar	Color de la mezcla.
Estadístico a aplicar	Media de defectos.
Límites superior	LCS=15.25
Línea media	$\bar{c}=7.2$
Límites inferior	LCI=0
Cantidad de unidades por muestra(Subgrupo)	1 unidad
Frecuencia del muestreo	Se realiza cada vez que se termina de mezclar el aceite básico con los aditivos. Como mínimo, se toman 25 muestras.
Tipo de muestreo	Las muestras se tomarán mientras se realiza el mezclado.
Instrumento a aplicar	El subgrupo se colecta en una botella de 50 ml en instantes muy cercanos en el tiempo, como una hora; de tal manera, que se asegure la homogeneidad de las condiciones dentro del subgrupo. Para verificar si el color es correcto, se utilizará el fotocolorímetro que se encontrará en el laboratorio de calidad.
Forma de medición o calificación	<p>Un operario de producción toma la muestra y se la lleva al analista de calidad para que realice la comparación con el patrón del lubricante en el fotocolorímetro. También, se presenta un sistema de valoración de acuerdo con la severidad del defecto, el cual fue propuesto luego de sostener una conversación con el jefe de calidad de la planta. La valoración se propone de la siguiente manera:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 20: cuando se tiene un color extremadamente diferente a lo aceptable. Se tiene que volver a elaborar el lubricante (rango rojo).</li> <li>• 15: cuando se tiene un color moderadamente diferente. Se tiene que adicionar más aditivo o aceite básico(rango naranja o amarillo)</li> <li>• 10: cuando se tiene un color con cierta diferencia. Se puede adicionar un poco más de aditivo (rango amarillo o verde).</li> <li>• 1: cuando la diferencia de color no es tan notoria (rango verde).</li> </ul>
Acciones en caso de detectar fuera de control	Si existen puntos fuera de control, se procede a analizar las causas. Luego de encontrar causas asignables, se deben excluir las muestras y recalcular los límites de control de prueba. Si el problema continua, se debe comunicar al jefe de calidad para que se haga una reformulación en la cantidad de aditivos para utilizar en la producción del lubricante.

Elaboración propia

A partir de la valoración mostrada anteriormente, se elaboró la gráfica de control mostrada en la figura 3.4, el cual se elaboró con el apoyo del inspector de calidad. Al observar la gráfica, se puede deducir que no se han presentado problemas con un puntaje de 20.

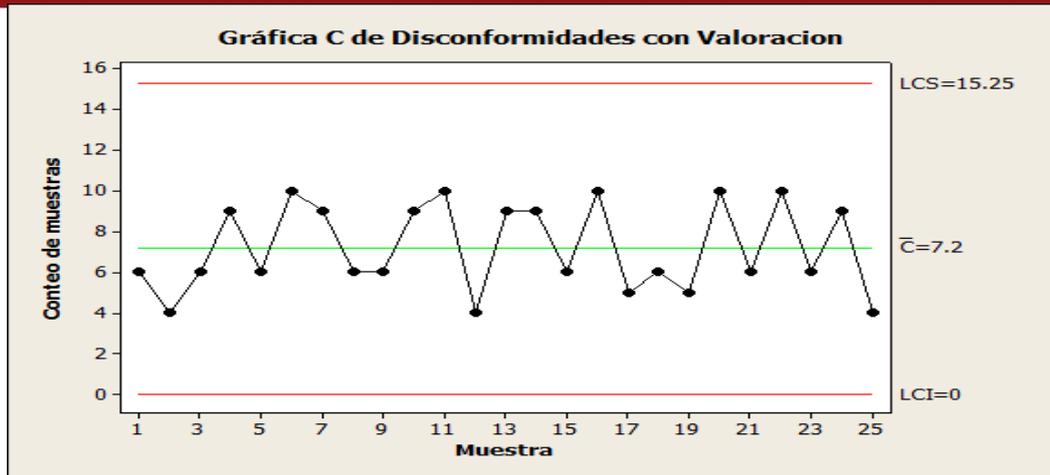


Figura 3.4. Gráfico de control c para disconformidades con valoración en la Verificación de la homogeneidad de la muestra  
Elaboración propia

### 3.1.3. Etapa 4: Envasado y almacenado de productos

**Cuarta propuesta:** “Diseño de cartas de control por atributos para el envasado y almacenado de productos”.

Tras analizar el diagrama de Pareto de problemas para esta parte de la producción, se verifica que las principales disconformidades provienen de agujeros o cortes en las presentaciones finales de baldes, galones y frascos; por ello, se debe implementar un control antes del almacenado, mediante gráficos de control de atributos. En este caso, se empleará el gráfico de control c. En el anexo 28, se presentan las muestras a partir de las cuales se realizaron los gráficos de control c.

*Descripción del diseño de gráficos de control c*

A continuación, se describe la ficha de control para usar la cuarta propuesta.

Tabla 3.4. Ficha de control para gráfico de control por atributos para el envasado y almacenado de productos

Gráfico de control por atributos para el envasado y almacenado de productos			
Tipo de Gráfico	Gráfico de control por atributos.		
Sujeto de control	Proceso: Control de presentaciones finales de envases antes de trasladar los productos al almacén.		
Características de calidad	Presentaciones finales de baldes, galones y frascos.		
Variable a controlar	Envases de baldes, galones, frascos.		
Estadístico a aplicar	Media de disconformidades.		
Límites superior	Baldes: LCS=7.126	Galones: LCS=7.437	Frascos: LCS=8.196
Línea media	Baldes: $\bar{c}=2.44$	Galones: $\bar{c}=2.6$	Frascos: $\bar{c}=3$
Límites inferior	Baldes: LCI=0	Galones: LCI=0	Frascos: LCI=0
Cantidad de unidades por muestra (Subgrupo)	1 unidad		

Gráfico de control por atributos para el envasado y almacenado de productos	
Frecuencia del muestreo	El muestreo se realiza antes de almacenar las presentaciones finales de baldes, galones y frascos. Como mínimo, se toman 25 muestras.
Tipo de muestreo	Las muestras se tomarán antes de empezar con el almacenado. También, se aplicará un plan de muestreo e inspección que se encuentra detallado en el acápite 3.2.
Instrumento a aplicar	Para la toma de datos, los operarios se encargan de revisar manualmente los baldes, galones y frascos, registran en una hoja de inspección los hallazgos y se lo entregan al analista de calidad para que elabore la gráfica en Minitab 16.
Forma de medición o calificación	Los operarios revisan manualmente si existen disconformidades, como agujeros o cortes, en las 3 presentaciones finales del lubricante. Luego, registran dicha información en una hoja de verificación. El analista de calidad se encargará de elaborar las gráficas y analizarlas.
Acciones en caso de detectar fuera de control	Si existen puntos fuera de control, se procede a analizar las causas. Luego de encontrar causas asignables, se deben excluir las muestras y recalcular los límites de control de prueba. Se debe realizar inspecciones y, si el problema continúa, se debe comunicar al jefe de producción que existen presentaciones finales de envases “chancadas” o con agujeros para que se calibren mejor las máquinas dosificadoras.

Elaboración propia.

A continuación, se muestran los límites y gráficos de control de los atributos evaluados por cada tipo de presentación (balde, galón y frasco).

Disconformidades (agujeros/cortes) en baldes

La muestra de tamaño fijo fue de 25 grupos obtenidos durante diversas fechas entre junio del 2012 y junio del 2013. La gráfica de control c para este caso se muestra en la figura 3.5. Se puede observar que el c promedio es de 2.44, que representarían 3 baldes.

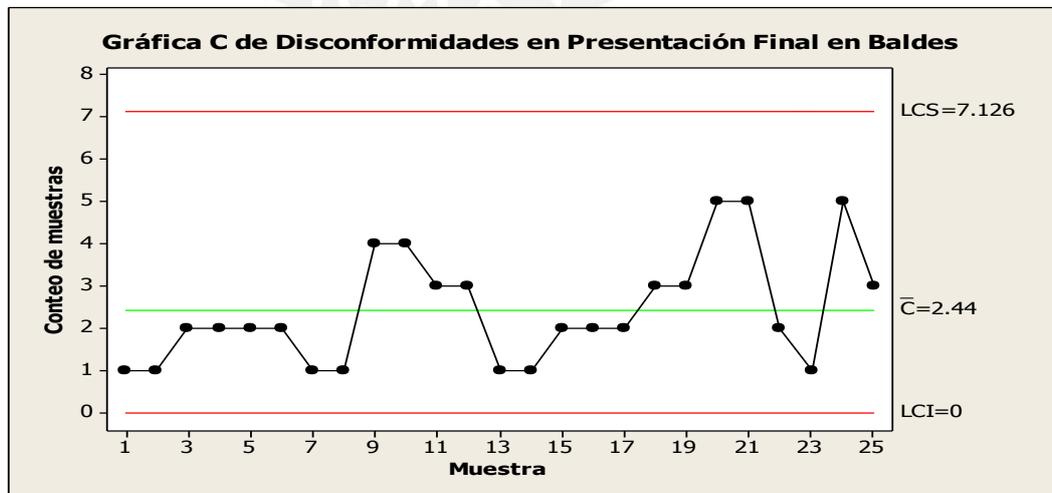


Figura 3.5. Gráfico de control c para agujeros/cortes en presentación final en baldes

Elaboración propia

En la figura 3.5, se observa que, desde la muestra 1 a la muestra 9, hay 8 puntos seguidos por debajo de la línea central. Esto se debe a que los operarios trasladaban los baldes en columnas sin utilizar ningún tipo de transporte, por lo cual algunos baldes se “chancaron” y se ocasionaron, así, una o dos disconformidades. Luego, en el mes de octubre del 2012, se proporcionó una capacitación sobre cómo se deben transportar los envases y qué cuidados requieren; por ello, disminuyó el nivel de disconformidades de la muestra 10 a la 12. A partir de la muestra 14 a la 20, existe una tendencia de aumento estable, lo cual se debe a que entraron nuevos operarios a trabajar a la planta y no tenían buen manejo de los envases.

### Disconformidades (agujeros/cortes) en galones

Se tomaron 25 muestras conseguidas durante junio del 2012 y junio del 2013. La gráfica de control c para esta presentación se muestra en la figura 3.6. El  $\bar{c}$  promedio es 2.6 y, equivaldría a 3 galones.

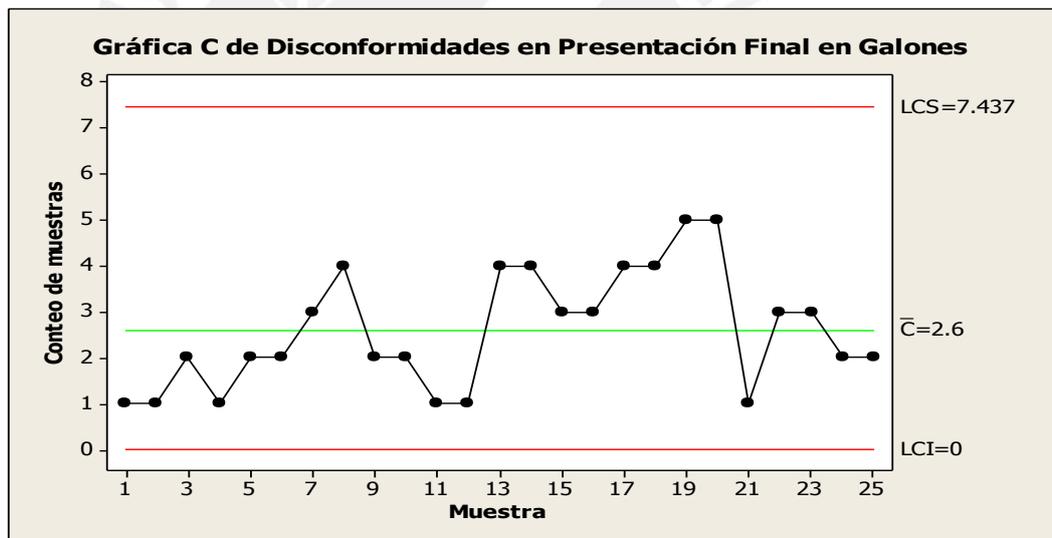


Figura 3.6. Gráfico de control c para agujeros/cortes en presentación final en galones

Elaboración propia

En la figura 3.6, se observa que existe una tendencia de crecimiento desde la muestra 5 hasta la muestra 8. Asimismo, desde la muestra 12 hasta la muestra 20, hay también un crecimiento de disconformidades. Cabe resaltar que se usaron dos máquinas envasadoras diferentes para cada período en el que se tomaron las muestras. Por otro lado, las máquinas tenían problemas de calibración; en consecuencia, los defectos de cortes y agujeros en los galones aumentaron. Cuando se tomaron las muestras desde la 17 hasta la 20, se estaban usando galones antiguos; es decir, galones que sobraron de una

producción de hace 1 año. Se tuvieron que usar dichos galones porque la empresa se quedó desabastecida de galones en dicho período.

### Disconformidades (agujeros/cortes) en frascos

Se tomaron 25 muestras durante junio del 2012 y junio del 2013. La gráfica de control c para esta presentación se muestra en la figura 3.7. El c promedio es 3, además, se puede observar que, en algunos casos, se tienen valores de 5, que están por encima del promedio.

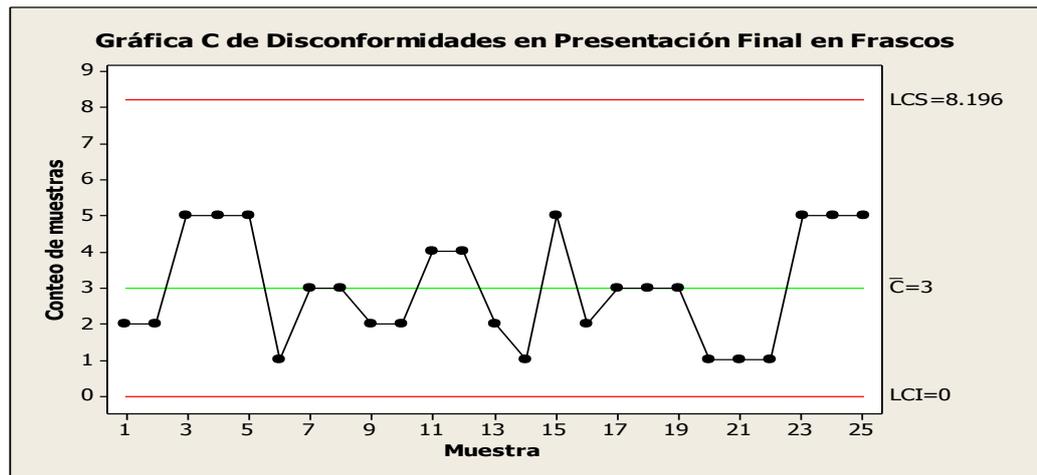


Figura 3.7. Gráfico de control c para agujeros/cortes en presentación final en frascos  
Elaboración propia

En la figura 3.7, se aprecia que de la muestra 5 a la muestra 6, hubo una caída de disconformidades. Esto se debe a que el operario tuvo más cuidado al manipular los frascos. Este comportamiento, también se presenta desde la muestra 12 hasta la muestra 14. Por otro lado, de la muestra 22 a la muestra 24, hay un claro crecimiento de disconformidades. Esto se debe a que, en la fecha en la que se tomó dicha muestra (segunda semana de junio), se tenía que producir un gran lote; entonces los operarios estaban apurados por terminar, por lo que no tuvieron mucho cuidado al manipular los frascos, y causaron que algunos se “chanquen” o tengan pequeños agujeros.

## 3.2. Diseño de planes de muestreo e inspección

Tal como se mencionó en el punto 2.12.4, en la etapa de envasado y almacenado de productos, existe la preocupación de hallar envases defectuosos después de haber colocado el lubricante en un envase. Además, no se tiene definida una inspección adecuada de los envases a utilizar; por ello, se considera que se debe utilizar la inspección al 100 % o el muestro de aceptación por atributos.

### 3.2.1. Inspección al 100% de envases

Esta metodología consiste en verificar la totalidad de los productos. Una inspección al 100% permite aceptar solo piezas de la calidad especificada. Kaoru Ishikawa plantea que es necesario repetir entre siete u ocho veces el control 100% para que el mismo sea efectivo. Cabe resaltar que se puede lograr un buen resultado con este método, porque se puede realizar con facilidad y fiabilidad. Este método consistiría en inspeccionar 120 baldes, 420 galones y 4080 frascos que se utilizan en un turno de 9 horas.

### 3.2.2. Muestreo de aceptación por atributos de envases

Para empezar, es necesario definir el lote en el que llegan los baldes, galones y frascos; para luego obtener el número adecuado de muestras. En la presente tesis, se ha estimado *lotes de inspección*<sup>14</sup>, para lo cual se ha considerado que se utilizan 120 baldes, 420 galones y 4080 frascos en un turno de producción de 9 horas; entonces, se definirán los lotes de inspección de la siguiente manera: 30 baldes, 210 galones y 2040 frascos. Para un turno, se cruzó la información de las cantidades que se utilizarán con las tablas de la NTP-ISO 2859:2013 PROCEDIMIENTOS DE MUESTREO PARA INSPECCIÓN POR ATRIBUTOS (ver anexo 29) y se determinó la cantidad de muestras a inspeccionar por tipo de presentación en todo el turno, para un nivel II. La inspección de nivel II se realizará al menos una vez semanal, por el analista de calidad para “verificar” la calidad de los envases. Asimismo, se considerarán alternativas de muestreo simple y doble.

Tabla 3.5. Plan de muestreo de inspección simple

Turno de 9 horas			
Lote	Unid	Letra clave	Muestra
30	baldes	D	8
210	galones	G	32
2040	frascos	K	125

Elaboración propia

Tabla 3.6. Plan de muestreo de inspección doble

Turno de 9 horas			
Lote	Unid	Letra clave	Muestra
30	baldes	D	5
210	galones	G	20
2040	frascos	K	80

Elaboración propia

En la tabla 3.5, se expone el plan de muestreo de optarse por una inspección simple. En la tabla 3.6, se presenta el plan de muestreo en el caso de elegir

<sup>14</sup> El lote de inspección se determina para hallar el número de muestras en las tablas NTP-ISO 2859-1:2013. No se debe confundir con el lote en el que llegan los envases.

una inspección doble. Esto se calculó para un AQL de 2.5% para una inspección normal, que fue definido tras una reunión sostenida entre el autor de la tesis, los asistentes de control de calidad, el jefe de control de calidad y el jefe de producción.

*Dinámica del plan de muestreo*

Las tablas 3.7 y 3.8 muestran las cantidades de aceptación y rechazo de cada inspección que, corresponden a una inspección normal. Tal como se mencionó en el Capítulo I, existen otros dos tipos de inspecciones, la rigurosa y la reducida, los cuales se deberán adoptar cuando sucedan las condiciones mencionadas en el mismo capítulo. Las tablas 3.9 y 3.10 muestran los planes de control para una inspección rigurosa, mientras que, las tablas 3.11 y 3.12 son para una inspección reducida. Es importante saber que el objetivo de todo proceso es mantenerse en la inspección reducida.

Tabla 3.7. Cantidades de aceptación y rechazo de inspección normal-simple

Turno de 9 horas			
Lote	Unid	Ac	Re
8	baldes	0	1
32	galones	2	3
125	frascos	7	8

Elaboración propia

Tabla 3.8. Cantidades de aceptación y rechazo de inspección normal-doble

Turno de 9 horas				
Unid	Muestra	c	Muestreo 1	Muestreo 2
baldes	5	Ac	0	-
		Re	1	-
galones	20	Ac	0	3
		Re	3	4
frascos	80	Ac	3	8
		Re	7	9

Elaboración propia

Tabla 3.9. Plan de muestreo. AQL 2.5 % de inspección rigurosa-simple

Turno de 9 horas			
Lote	Unid	Ac	Re
8	baldes	0	1
32	galones	1	2
125	frascos	5	6

Elaboración propia

Tabla 3.10. Plan de muestreo. AQL 2.5 % de inspección rigurosa-doble

Turno de 9 horas				
Unid	Muestra	c	Muestreo 1	Muestreo 2
baldes	5	Ac	0	-
		Re	1	-
galones	20	Ac	0	1
		Re	2	2
frascos	80	Ac	2	6
		Re	5	7

Elaboración propia

Tabla 3.11. Plan de muestreo. AQL 2.5 % de inspección reducida-simple

Turno de 9 horas				
Letra clave	Lote	Unid	Ac	Re
D	3	baldes	0	1
G	13	galones	1	3
K	50	frascos	3	6

Elaboración propia

Tabla 3.12. Plan de muestreo. AQL 2.5 % de inspección reducida-doble

Turno de 9 horas					
Letra clave	Unid	Muestra	c	Muestreo 1	Muestreo 2
D	baldes	2	Ac	0	-
			Re	1	-
G	galones	8	Ac	0	0
			Re	3	4
K	frascos	32	Ac	1	4
			Re	5	7

Elaboración propia

### 3.3. Diseño del procedimiento para la revisión del Sistema de Gestión de la Calidad

#### 1. Objetivo

Definir los pasos y requisitos mínimos para la preparación y ejecución de la Revisión del Sistema de Gestión de Calidad. Asegurar la efectividad del sistema de gestión de la calidad, teniendo por objetivo la mejora continua.

#### 2. Alcance

Aplica al área de producción y al área de calidad de la empresa.

#### 3. Responsabilidades

##### Gerente General:

- Realizar la Revisión del Sistema de Gestión de la Calidad (QMR)
- Hacer seguimiento a las oportunidades de mejora detectadas durante la Revisión del Sistema de Gestión de la Calidad.

##### Jefe de Control de Calidad:

- Realizar la Revisión del Sistema de Gestión de la Calidad (QMR).
- Presentar un informe para la Revisión del Sistema de Gestión de la Calidad que incluya:

- a. Evaluación descriptiva del estado del Sistema de Gestión de la calidad.
- b. Acciones de seguimiento de revisiones/auditorías previas al Sistema de aseguramiento de la calidad.
- c. Estado de objetivos de calidad y logros.
- d. Revisión de Indicadores de Calidad.

**Jefe de Producción:**

- Presentar un informe que incluya
  - a. Inspecciones internas.
  - b. Acciones correctivas y preventivas.
  - c. Conformidad del producto.
  - d. Reclamos referentes a Buenas Prácticas de Manufactura.
  - e. Desviaciones / no conformidades.

**4. ENTRADAS**

Los criterios de entrada mínimos para la Revisión del Sistema de Gestión de la Calidad (QMR) son:

- Evaluación descriptiva del estado de la calidad.
- Resultados de auditorías e inspecciones.
- Satisfacción del cliente.
- Estado de acción correctiva y preventiva (CAPA): Ejecución de CAPA, compromiso y seguimiento.
- Revisión de Indicadores de Calidad.

**5. SALIDAS**

- Informe de Revisión del Sistema de Gestión de la Calidad (QMR).

**6. DESCRIPCION**

**6.1 Revisión del Sistema de Gestión de la Calidad (QMR)**

Las Revisiones del Sistema de Gestión de la Calidad se llevan a cabo de manera sistemática con la finalidad de cumplir con los siguientes requisitos:

- Observar el rendimiento del proceso y la calidad del producto en relación con el Sistema de Gestión de la Calidad.
- Detectar de manera oportuna cualquier efecto y tendencia que pueda influir en el Sistema de Gestión de la Calidad y/o poner en riesgo la actividad comercial de la empresa.

Durante el proceso de Revisión del Sistema de Gestión de la Calidad se decidirá sobre:

- Mejora y efectividad del Sistema de Gestión de la Calidad y sus procesos.
- Mejora de productos relacionados con requisitos de clientes.
- Para clasificar las causas de los problemas se utilizará un diagrama causa-efecto.

## 6.2 .Determinación de Cp y Cpk

El Cp y Cpk determina la conveniencia de un proceso de producción con respecto a la especificación del producto, en relación a sus parámetros críticos. Los parámetros a ser evaluados pueden ser definidos por el jefe de control de calidad sobre resultados analíticos obtenidos por cada lote.

### 6.2.1 Índice de Capacidad de Proceso (Cp)

Es la proporción entre el funcionamiento esperado y el funcionamiento real para una especificación bilateral (con límites superiores e inferiores).

$$C_p = \frac{UCL - LCL}{6\sigma}$$

**Análisis:** Consiste en los análisis de las conveniencias, así como de las tendencias. Un proceso será considerado:

Conveniente, cuando  $C_p > 1.00$

Apenas capaz, cuando  $C_p = 1$

No conveniente, si  $C_p < 1.00$

### 6.2.2. Coeficiente de capacidad de proceso (Cpk)

Es un coeficiente de posición relacionada a tolerancias.

$$C_{pk} = \text{mínimo} \left\{ \frac{UCL - \hat{\mu}}{3\hat{\sigma}}, \frac{\hat{\mu} - LCL}{3\hat{\sigma}} \right\}$$

**Análisis:** Un proceso será considerado:

Capaz, cuando  $C_{pk} > 1.33$

Marginalmente capaz, cuando  $1 < C_{pk} < 1.33$

No capaz, cuando  $C_{pk} < 1$

En el anexo 30 de la presente tesis se encuentra el cálculo de Defectos por millón de oportunidades (DPMO) y el análisis de capacidad del proceso para la temperatura de la mezcla.

### 3.4. Diseño experimental unifactorial

En la presente tesis, se realizó un diseño de experimentos como parte del método científico- estadístico; además, es una forma de aprender cómo funciona el manejo de temperatura en los tanques de producción. En el diseño de experimentos, se comparó el efecto del tanque (1, 2, 3) sobre la temperatura. El objetivo que se busca con el diseño de experimentos es mejorar el rendimiento y reducir la variabilidad del proceso.

#### 3.4.1. Metodología a emplear para el diseño experimental unifactorial

- Como primer punto, se eligió el problema de variación de temperatura en el área de mezclado, porque origina reprocesos, rechazos del control de calidad de la organización y del cliente.
- Como segundo punto, se eligió el factor tipo de tanque para el diseño del experimento.
- Como tercer punto, se dio énfasis a la variable de respuesta, en este caso, la temperatura.
- En el cuarto punto, se emplea el diseño de experimento unifactorial.
- Al realizarse el experimento, se verifica que todo se mantenga según lo planeado para así evitar los errores.
- Para el análisis de datos, se utilizarán herramientas estadísticas.

#### 3.4.2. El Experimento

Para realizar el experimento, se utilizaron 3 tanques diferentes de producción de lubricantes. La capacidad se muestra en la tabla 3.13.

Tabla 3.13. Capacidad de los tanques

Factor: Tanque	Capacidad
Tanque 1	2369
Tanque 2	1889
Tanque 3	1868

Elaboración propia

En el experimento se realizaron 10 réplicas en cada tipo de tanque y, al final, se midió la temperatura alcanzada. Los datos obtenidos se muestran en la tabla 3.14.

Tabla 3.14. Resultados del experimento

		Respuesta: Temperatura										Media
Factor: Tipo de tanque	1	50	65	52	58	66	61	57	52	58	55	57.4
	2	54	53	66	51	64	56	62	54	68	57	58.5
	3	52	59	54	59	53	55	70	53	67	65	58.7

Elaboración propia

El planteamiento estadístico corresponde a contrastar las siguientes hipótesis:

$H_0$ : No influye el tipo de tanque en la temperatura de mezclado.

$H_1$ : El tipo de tanque influye en la temperatura de mezclado.

### 3.4.3. Análisis estadístico del diseño de un solo factor (ANOVA)

El análisis de varianza (ANOVA) es una técnica estadística muy poderosa para el estudio del efecto de uno o más factores sobre la media de una variable (y la varianza de la variable). La idea básica es descomponer la variabilidad total observada de los datos en dos partes: una debido a las diferencias de los tratamientos y otra debido al error aleatorio. En la tabla 3.15, se muestran los resultados del análisis de varianza; además, en las tablas de distribución F de Fisher (anexo 31) se puede apreciar que, para un  $\alpha=0.05$  con 2 grados de libertad en el numerador y 27 grados de libertad en el denominador, se tiene el valor de 3.35. En la tabla de análisis de varianza, se puede observar que el valor de  $F_0$  es menor que el valor de la F (tablas); en consecuencia, no se rechaza la hipótesis nula, lo que significa que no existen diferencias en el uso de los tanques.

Tabla 3.15. Tabla de análisis de varianza

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medios	Valor de F ( $F_0$ )	Valor p
Tanque	2	61.4	4.9	0.14	0.873
Error	27	919.4	36		
<b>Total</b>	29	980.8			

Elaboración propia

### 3.4.4. Comparación de parejas de medias de tratamientos

Existen diferentes métodos de comparación de tratamientos, los cuales consisten en comparar todas las medias de los tratamientos. Uno de los más usuales es el Método de la mínima diferencia significativa (LSD). Para hallar este, se tiene que calcular el LSD, el cual tiene la siguiente fórmula:

$$LSD = t_{\alpha/2, (N-a)} \sqrt{\frac{2CM_{ERROR}}{n}}$$

Donde  $t_{\alpha/2, (N-a)}$  es la t- student con un nivel de confianza  $\alpha$  y N-a grados de libertad;  $CM_{error}$  es el cuadrado medio del error del análisis de varianza. En este caso, el valor de LSD es 4.77. En la tabla 3.16, se muestra las diferencias de medias de los tratamientos en valor absoluto y la comparación con el valor de LSD. Cabe resaltar que no hay mayor diferencia entre los tanques, lo que apoya la decisión de no rechazar la hipótesis nula.

Tabla 3.16. Método de la mínima diferencia significativa

	Diferencia de Tratamientos	LSD	Comparación	Conclusión
Tanque 1-Tanque 2	1.1	4.77	1.1<4.77	No significativo
Tanque 1- Tanque 3	1.3		1.3<4.77	No significativo
Tanque 2- Tanque 3	0.2		0.2<4.77	No significativo

Elaboración propia

Una gráfica representativa de estos resultados es el diagrama de cajas simultáneas, la cual se muestra en la figura 3.8, ya que representa las distribuciones del conjunto de datos de los 3 tanques. Mientras más larga es la caja, más dispersa es la distribución de datos (tanque 3). Por otro lado, la línea que representa la mediana indica la simetría. En el tanque 1, se encuentra en el centro de la caja, por lo que la distribución es simétrica. Asimismo, es necesario notar que esta gráfica confirma los resultados anteriores, pues las medias no se encuentran tan dispersas. En el anexo 32, se muestra el análisis de los valores residuales.

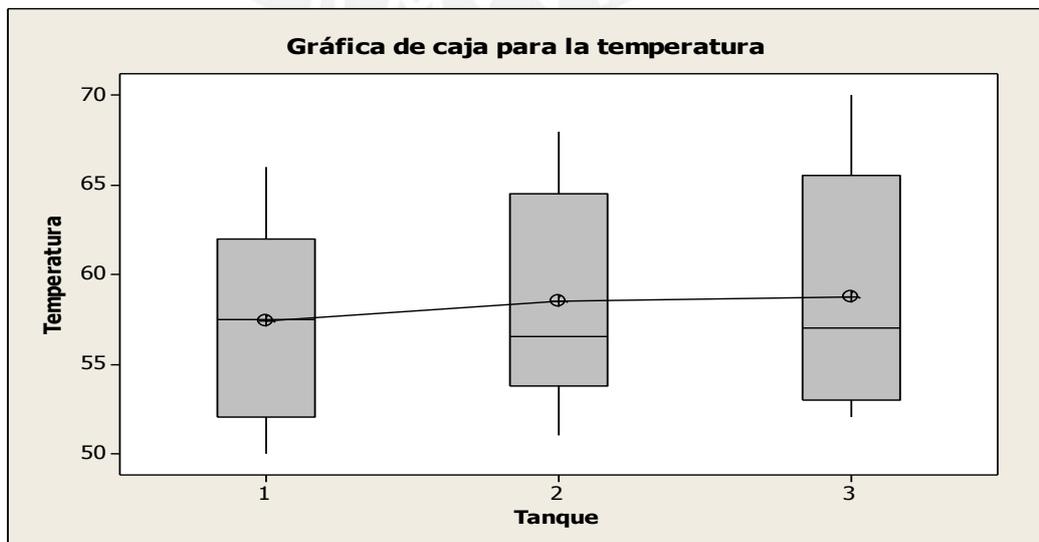


Figura 3.8. Gráfica de cajas para los tanques  
Elaboración propia

## CAPÍTULO IV: EVALUACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA

En este capítulo se presentan los análisis técnico y económico de las propuestas de mejora definidas en el capítulo previo.

### 4.1. Evaluación Técnica

Para esta evaluación se utilizará una tabla de ponderación de factores, cada factor tendrá un porcentaje que varía de 0 % a 100%. Luego, se asignará un puntaje a cada factor dependiendo de la propuesta. Finalmente, se elegirá la propuesta con mayor puntaje. A continuación se explican los factores a tomar en cuenta en el análisis:

- **Descripción de la técnica:** Se refiere a cómo se utilizaría la propuesta de mejora. Esta descripción es útil para comparar qué propuesta de mejora es más difícil de realizar.
- **Personas:** Se refiere a la cantidad de personas necesarias para implementar la propuesta de mejora.
- **Capacitación:** Se refiere a la formación que deben tener las personas que van a participar en la implementación de la propuesta de mejora. Pueden ser profesionales con alguna especialización, técnicos o personal de la empresa que ha llevado algún tipo de capacitación relacionado con la propuesta de mejora.
- **Infraestructura:** Se refiere al ambiente físico que se requiere para implementar las propuestas de mejora, como oficinas, laboratorios.
- **Materiales:** Que elementos se necesitan para aplicar la propuesta de mejora.
- **Tiempo:** Se refiere al tiempo requerido por el personal para ejecutar la propuesta de mejora; por ejemplo, el tiempo que se demoraría un analista realizando el muestreo de atributos o el tiempo que se demoraría el mismo analista utilizando una hoja de inspección para contar los defectuosos.

#### 4.1.1. Gráficos de control para las etapas del proceso

En el punto 3.1 se diseñaron gráficos de control para 3 etapas del proceso de elaboración de lubricantes. Es necesario seleccionar en cuál de las etapas se debe implementar primero los gráficos de control. Por ello, en la tabla 4.1 se muestra la comparación realizada entre las diferentes etapas. Y en la tabla 4.4

se indican los puntajes otorgados a cada factor, para obtener la propuesta ganadora: “**Gráficos de control de variables para el mezclado**”, que obtuvo la puntuación de 4.16. Para hallar dicho valor, se multiplicaron los puntajes otorgados a cada factor por su peso (0% - 100%) y se halló la suma total.

#### 4.1.2. Planes de muestreo e inspección

En el acápite 3.2 se propusieron dos tipos de inspección: al 100% y muestreo por atributos; también, se tiene que considerar el no realizar ninguna inspección y seguir teniendo el mismo nivel de defectuosos. En la tabla 4.2 se puede apreciar la comparación realizada de las propuestas, en base a los factores previamente mencionados. Y en la tabla 4.5 se tienen los puntajes otorgados a cada factor. La propuesta ganadora fue **el muestro por atributos**, con un puntaje de 4.48.

#### 4.1.3. Indicadores

En el acápite 3.3 se propuso el diseño de un procedimiento para la revisión del Sistema de Gestión de la Calidad, en el cual se utiliza como indicador la medición de la capacidad del proceso. En este punto se realizó una comparación entre el índice de capacidad de proceso y los defectos por millón de oportunidades (DPMO), dicho símil se muestra en el anexo 33, tabla A.10. Asimismo, en la tabla 4.6 se tienen los puntajes otorgados a cada factor; para obtener la propuesta ganadora se multiplicaron dichos puntajes por su peso (0%-100%) y se halló la suma total. La propuesta elegida fue **indicador de capacidad del proceso**, con una puntuación de 4.23.

#### 4.1.4. Diseño de experimentos

En el punto 3.4 se propuso el diseño experimental unifactorial y en el presente capítulo se realizará el análisis técnico, tomando en cuenta los factores mencionados anteriormente, dicha evaluación se muestra en la tabla 4.3.

Tabla 4.1. Comparación de los gráficos de control que se usaran en cada etapa del proceso

	Propuestas de mejora de gráficas de control para cada etapa		
	Gráficos de control de variables para el mezclado	Gráfico de control c para la verificación de la homogeneidad de la muestra	Gráfico de control c para el envasado y almacenado de productos
<b>Descripción de la técnica</b>	Se recomienda su uso para el control de la temperatura en la mezcla de lubricantes y aditivos. Primero se realiza la prueba de normalidad a los datos elegidos, si el valor p es mayor a 0.05, para un nivel de confianza de 95%, se concluye que la variable analizada se ajusta a una distribución Normal; entonces, se pueden aplicar los pasos para la obtención de los gráficos de control.	Se recomienda su uso para el control de la muestra después del mezclado. Se elabora una gráfica de control c, que incluye un sistema de valoración de acuerdo a la severidad del defecto.	Se recomienda su uso para disconformidades presentes en las presentaciones finales. Se elaboran gráficas de control c. Entonces se necesitan muestras de tamaño fijo de 25 grupos, luego, se colocan los datos en Minitab para que el programa elabore las gráficas.
<b>Personas</b>	Se necesita 1 operario que registre las temperaturas en una hoja de inspección. También, 1 analista de calidad quien elabora las gráficas de control en Minitab y 1 ingeniero de calidad que analice los resultados y elabore un informe.	Se necesita 1 operario que consiga la muestra de la mezcla. También, 1 analista de calidad para que analice la muestra y elabora las gráfica de control en Minitab y 1 ingeniero de calidad para que analice los resultados y elabore un informe.	Se necesita 1 operario que registre los defectos en una hoja de inspección. También, 1 analista de calidad quien elabora las gráficas de control en Minitab y 1 ingeniero de calidad que analice los resultados y elabore un informe.
<b>Capacitación</b>	El operario encargado del registro de temperatura debe recibir una charla de cómo hacerlo. El analista de calidad debe haber llevado un curso de especialización en herramientas de calidad. El ingeniero de calidad debe tener una especialización en control estadístico de procesos.	El operario encargado de la toma de muestra debe recibir una charla de cómo hacerlo. El analista de calidad debe haber llevado un curso de especialización en herramientas de calidad. El ingeniero de calidad debe tener una especialización en control estadístico de procesos.	El operario encargado de registrar los defectos debe recibir una charla de cómo hacerlo. El analista de calidad debe haber llevado un curso de especialización en herramientas de calidad. El ingeniero de calidad debe tener una especialización en control estadístico de procesos.

	<b>Gráficos de control de variables para el mezclado</b>	<b>Gráfico de control c para la verificación de la homogeneidad de la muestra</b>	<b>Gráfico de control c para el envasado y almacenado de productos</b>
<b>Infraestructura</b>	El operario toma los datos en la zona donde se lleva a cabo el mezclado. Los datos se procesan en la oficina del analista de calidad.	El operario toma la muestra en la zona donde se lleva a cabo el mezclado. Los datos se procesan en la oficina del analista de calidad.	El operario toma los datos en la zona donde se lleva a cabo el envasado y almacenado de productos. Los datos se procesan en la oficina del analista de calidad.
<b>Materiales</b>	Una hoja de inspección, un lápiz o bolígrafo para apuntar, una computadora con Excel y el software Minitab.	Un envase para recabar la muestra, un lápiz o bolígrafo para apuntar, una computadora con Excel y el software Minitab.	Una hoja de inspección, un lápiz o bolígrafo para apuntar, una computadora con Excel y el software Minitab.
<b>Tiempo</b>	El operario se demora como máximo 1 minuto en registrar los defectos. El analista utiliza 1 hora para procesar la información y elaborar las gráficas en Minitab.	El analista utilizará 1 hora para procesar la información y elaborar las gráficas en Minitab.	El operario se demora como máximo 1 minuto en registrar los defectos. El analista utiliza 1 hora para procesar la información y elaborar las gráficas en Minitab.

Elaboración propia

Tabla 4.2. Comparación de las alternativas de planes de muestreo

	<b>Planes de muestreo</b>		
	<b>Inspección al 100%</b>	<b>Muestreo por atributos</b>	<b>No hacer ninguna inspección</b>
<b>Descripción de la técnica</b>	Se recomienda el control 100% cuando: a) El paso de una sola unidad defectuosa causaría serios problemas. b) El producto es de gran valor. c) Se sabe de antemano que el proceso es inestable. d) El tamaño del lote es pequeño. e) Se puede realizar con facilidad y fiabilidad. f) Puede ser automatizado.	Es necesario: a) En verificaciones realizadas mediante ensayos destructivos. b) Cuando el volumen de la producción es elevado. c) Cuando hay muchas características a inspeccionar.	Esta alternativa solo es viable cuando el proceso es estable y está en estado controlado.

	<b>Inspección al 100%</b>	<b>Muestreo por atributos</b>	<b>No hacer ninguna inspección</b>
<b>Personas</b>	Se necesitarían 3 operarios, cada uno de ellos se encargaría de un tipo de presentación. Asimismo, deben tener buena vista. También, se necesita 1 analista de calidad y 1 ingeniero de calidad quienes darán los lineamientos para la inspección.	Se necesitarían 2 operarios quienes se encargarían de revisar los lotes de inspección. También, se necesita 1 analista de calidad y 1 ingeniero de calidad quienes diseñarán el muestreo por atributos.	No se necesitan.
<b>Capacitación</b>	Los operarios deben recibir una charla de cómo realizar la inspección. El analista de calidad y el ingeniero de calidad deben haber llevado un curso de herramientas de calidad.	Los operarios deben recibir una charla de cómo realizar la inspección. El analista de calidad y el ingeniero de calidad deben haber llevado un curso de herramientas de calidad.	No se necesita.
<b>Infraestructura</b>	Se necesitaría un espacio amplio para colocar los 120 baldes, 420 galones y 4080 frascos en un solo lugar que permita la inspección.	Se necesitaría un menor espacio que en la inspección al 100%, ya que se revisarán 30 baldes, 210 galones y 2040 frascos.	No se necesita.
<b>Materiales</b>	Cada operario que realiza la inspección necesitaría: una hoja de verificación para apuntar los hallazgos, un lápiz o un bolígrafo.	Se utilizaría la NTP-ISO 2859-1:2013, una hoja de verificación para apuntar los hallazgos, un lápiz o un bolígrafo.	No se necesitan.
<b>Tiempo</b>	Es necesario repetir el control 100% entre siete u ocho veces para que el mismo sea efectivo. Cada inspección demora como máximo 30 minutos, en total serían 4 horas.	Se empieza con una inspección normal, si se requiere mayor severidad, se utiliza la inspección rigurosa y si se desea mayor flexibilidad se puede usar la inspección reducida.	No se necesita.

Elaboración propia

Tabla 4.3. Evaluación técnica del experimento unifactorial

<b>Experimento unifactorial</b>	
<b>Descripción de la técnica</b>	<p>Es realizado por las siguientes razones:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a) Identificar las principales causas de variación en la respuesta.</li> <li>b) Encontrar las condiciones que permitan alcanzar un valor ideal en la respuesta.</li> <li>c) Comparar las respuestas a diferentes niveles de factores controlados por el investigador.</li> <li>d) Construir modelos que permitan obtener predicciones de la respuesta.</li> </ul> <p>La descripción detallada del método se encuentra en el punto 1.5; además, se puede utilizar el Minitab para obtener la tabla ANOVA y los resultados finales</p>
<b>Personas</b>	Se necesita un operario que registre las temperaturas en los diferentes tanques; también, es necesario contar con un analista de calidad que de las indicaciones para realizar el experimento y procese la información en el Minitab.
<b>Capacitación</b>	Se debe dar una charla al operario para que modifique la temperatura de los tanques según se vaya realizando el experimento. El analista de calidad y el ingeniero de calidad deben haber llevado un diplomado en control integral de calidad o un curso de diseño de experimentos.
<b>Infraestructura</b>	El operario modifica la temperatura de los tanques dependiendo de los requerimientos del lubricante a producir. Los datos se procesan en la oficina del analista de calidad.
<b>Materiales</b>	Una hoja de inspección, un lápiz o bolígrafo para apuntar, una computadora con Minitab para hallar la tabla ANOVA.
<b>Tiempo</b>	El operario se demora como máximo 5 minuto en regular la temperatura y 1 minuto en registrarla. El analista utiliza 1 hora para procesar la información en Minitab.

Elaboración propia

Tabla 4.4. Puntajes otorgados a cada gráfico de control utilizado en cada etapa

	<b>Gráficos de control de variables para el mezclado</b>	<b>Gráfico de control c para la verificación de la homogeneidad de la muestra</b>	<b>Gráfico de control c para el envasado y almacenado de productos</b>
Descripción de la técnica (18%)	5	3	3
Personas (17%)	3	3	3
Capacitación (20%)	4	4	4
Infraestructura (15%)	5	4	3
Materiales (10%)	4	3	3
Tiempo (20%)	4	5	3
<b>Total</b>	<b>4.16</b>	<b>3.75</b>	<b>3.20</b>

Elaboración propia

Tabla 4.5. Puntajes otorgados a cada propuesta de planes de muestreo

	Inspección al 100%	Muestreo por atributos	No hacer ninguna inspección
Descripción de la técnica (18%)	4	5	1
Personas (17%)	2	4	5
Capacitación (20%)	2	4	5
Infraestructura (15%)	2	4	5
Materiales (10%)	3	5	5
Tiempo (20%)	3	5	4
<b>Total</b>	<b>2.66</b>	<b>4.48</b>	<b>4.08</b>

Elaboración propia

Tabla 4.6. Puntajes otorgados a cada propuesta de indicador

	Defectos por millón de oportunidades (DPMO)	Capacidad del proceso
Descripción de la técnica (18%)	4	5
Personas (17%)	4	4
Capacitación (20%)	3	3
Infraestructura (15%)	4	5
Materiales (10%)	4	5
Tiempo (20%)	3	4
<b>Total</b>	<b>3.60</b>	<b>4.23</b>

Elaboración propia

## 4.2. Evaluación Económica

La evaluación económica es una manera de medir y comparar diversos beneficios de los recursos que se utilizan en la organización. En este acápite, se incluirán los costos estimados provenientes de implementar las soluciones diseñadas y se hará una evaluación con indicadores económicos.

### 4.2.1. Costos de implementación estimados<sup>15</sup>

Los costos relevantes (estimados) a partir de las propuestas son:- Capacitaciones (costo de prevención): Las capacitaciones se realizarán una vez al año. A continuación se muestra la tabla 4.7 donde se detallan los costos incurridos en capacitación.

<sup>15</sup> Costos estimados.

Tabla 4.7. Costos de capacitación totales

Capacitación	Descripción	N° de horas	Costo por hora(S/.)	N° de personas	Costo total (S/.)
Curso de gestión de la calidad	Se encuentra dentro de los Programas de Extensión de un instituto privado sin fines de lucro	27 horas	32.41	1 jefe de producción, 2 analistas de producción y 3 analistas de calidad.	5250
Curso de herramientas de calidad y mejora continua	Organizado por una oficina académica de extensión y proyección social de una universidad pública	30 horas	10.00	3 analistas de calidad.	900
Curso de herramientas de calidad con aplicaciones de Minitab	Incluye Diagramas de Pareto, Diagramas causa-efecto, Gráficos de control, Capacidad de proceso, etc.	20 horas	20.00	3 analistas de calidad.	1200
Diseño de experimentos y planes de muestro	Organizado por Oficina académica de extensión y proyección social de una universidad pública	30 horas	10.00	3 analistas de calidad.	900
Curso de gestión de operaciones por indicadores	Se encuentra dentro de los Programas de Extensión de un instituto privado sin fines de lucro. Con la finalidad de implementar un Sistema de Medición.	16 horas	24.38	Jefe de producción y 2 analistas de producción.	1170
Diplomado de Ingeniería de la Calidad y Six Sigma Green Belt	Organizado por Instituto para la Calidad de una universidad particular.	192 horas	57.29	Jefe de laboratorio de Calidad.	11000
Charla de manejo de productos	Brindada por un asistente de producción	1 hora(cada 6 meses)	-	Transportistas, Operarios de almacén y producción.	-

Elaboración propia

En la tabla 4.7 se muestra el costo total por capacitación. Por ejemplo, para el curso de gestión de la calidad que será organizado por un instituto privado, que durará 27 horas, se ha considerado la participación del jefe de producción, 2 analistas de producción y 3 analistas de calidad; el precio por hora es de S/.32.41. El costo total por capacitar a las 6 personas es de S/.5250. Por otro lado, se ha considerado que un asistente de producción brinde la charla de manejo de productos a los operarios de la planta, por consiguiente, no se incurrirá en costos adicionales.

- Diseño:

Para la etapa de Diseño se considerará que los 3 analistas de calidad y el jefe de calidad, luego de recibir la capacitación debida, dedicarán cierto porcentaje de su tiempo disponible a la fase de diseño. Entonces, el costo real mensual que se considera es dicho porcentaje multiplicado por su sueldo por mes.

Tabla 4.8. Costos reales de diseño

Responsable	% de dedicación al diseño por mes	Actividad a realizar	Duración	Sueldo mensual (S/.)	Costo real mensual (S/.)
Jefe de calidad	20	- Diseño de carta de control para la variable temperatura en "Mezclado".	1 semana cada 6 meses	3000	600
		- Diseño de experimentos.	2 semanas cada 6 meses		
Analista de calidad 1	70	- Elaborar el Diagrama de Pareto Valorado <sup>16</sup>	2 semanas	1500	1050
		- Diseño de carta de control para la variable temperatura en "Mezclado".	1 semana cada 6 meses		
		- Diseño de carta de control de atributos para la "Verificación de la homogeneidad de la muestra".	2 semanas cada 6 meses		
		- Diseño de experimentos.	2 semanas cada 6 meses		
Analista de calidad 2	30	- Diseño de plan de muestreo por atributos	1 semana	1500	450
Analista de calidad 3	30	- Diseño de plan de muestreo por atributos	1 semana	1500	450

Elaboración propia

Para la asignación de porcentajes se ha tomado en cuenta que el analista de calidad 1 es el que se encarga de ver los temas relacionados a ISO por lo que dispone de mayor tiempo disponible para participar en el diseño. Los demás analistas se encargan de hacer inspecciones a los productos elaborados. Cabe resaltar que dichos costos reales mensuales serán tomados en cuenta en los meses que muestra la tabla 4.10.

<sup>16</sup> Incluye recolectar datos históricos, consolidar y analizar la información.

- Costos asociados al Control(Registro de indicadores y resultados en cartas de control)<sup>17</sup>:
  - Registro de datos en Carta de control. Se deberá registrar los resultados por cada corrida (8). Se estima que cada registro, tanto en las etapas de mezclado y de verificación de la homogeneidad de la muestra, tomará aproximadamente 30 minutos por etapa.→**S/354.24 por semana.**
  - Registro de indicadores. Actualmente se vienen registrando los resultados de PPM. Se estima que para hallar y registrar los resultados en DPMO y los diagramas de Pareto de cada registro (cada 2 horas al igual que PPM), el tiempo que tomará será de 30 minutos en la etapa de mezclado. Esto se realiza 2 veces diariamente→**S/. 88.56 por semana.**
  - Evaluación de índice de Capacidad de proceso. Se deberá realizar al finalizar cada turno. Su cálculo y análisis se estima que tomará alrededor de 20 minutos para el analista(a S/35 la hora, se cuenta con 3 analistas que trabajan 6 días a la semana)→**S/. 210.00 por semana.**
  - Obtención de muestras para las cartas de control. Se puede tomar el actual muestreo para las respectivas gráficas de control. Este costo ya es tomado en cuenta dentro de las labores diarias.
- Costo por plan de muestreo:
  - El muestreo doble propuesto incluye una inspección semanal de los lotes. Esta inspección se realizará sobre un lote producido solamente, será una “verificación” de que los planes de control y las herramientas de calidad se están aplicando correctamente. Por lo tanto semanalmente se inspeccionarán 5 baldes, 20 galones y 80 frascos (20 segundos por cada inspección), lo cual tendría un costo aproximado de **S/.258.30 semanal.**
  - Fotocolorímetro para determinar la concentración de sustancias disueltas en el aceite. Una marca china tiene un costo de **S/. 2900.00.**

#### 4.2.2. Indicadores económicos

El objetivo será identificar los criterios necesarios para tomar las decisiones referentes a la ejecución del proyecto. En este caso se evalúan los costos incurridos en el proyecto, los costos anuales se muestran en la tabla 4.9 y los costos mensuales están en la tabla 4.10.

<sup>17</sup> S estima que el tiempo del operario que registrará los datos tiene un costo aproximado de S/. 0.123 por minuto

Tabla 4.9. Costos anuales de inversión en el proyecto

Nro.	Inversión	Nro. Semanas	Costo semanal	Costo total mensual(S./.)	Costo total anual(S./.)
1	Registro de datos en Carta de control.	48	354.24	1416.96	17003.52
2	Registro de indicadores.	48	88.56	354.24	4250.88
3	Evaluación de índice de Capacidad de proceso.	48	210.00	840.00	10080.00
4	Muestreo doble propuesto.	48	258.30	1033.20	12398.40

Elaboración propia.

Tabla 4.10. Costos por mes de inversión en el proyecto

Nro.	Inversión	Nro. Horas	Costo por hora(S./.)	Costo total(S./.)	Mes
1	Curso de gestión de la calidad (para 6 personas).	27	32.40	5250	0
2	Curso de herramientas de calidad y mejora continua (para 3 personas).	30	10.00	900	0
3	Curso de herramientas de calidad con aplicaciones de Minitab (para 3 personas).	20	20.00	1200	1
4	Capacitación en diseño de experimentos y planes de muestreo (para 3 personas).	30	10.00	900	0
5	Curso de gestión de operaciones por indicadores (para 3 personas).	16	24.38	1170	1
6	Diplomado de Ingeniería de la Calidad y Six Sigma Green Belt (para 1 persona).	208	52.88	11000	0
7	Capacitación de transportistas, operarios de almacén y producción (para 10 personas)	1	-	-	1 y 7
8	Elaboración de Diagrama de Pareto valorado.	96	-	1050	8
9	Diseño de carta de control para la variable temperatura en "Mezclado".	48	-	1650	2 y 8
10	Diseño de carta de control de atributos para la "Verificación de la homogeneidad de la muestra".	96	-	1050	3 y 9
11	Diseño de plan de muestreo por atributos.	48	-	900	11
12	Diseño de experimentos.	96	-	1650	4 y 10
13	Fotocolorímetro.	-	-	2900	8

Elaboración propia

El valor de la tasa interna de retorno (TIR) es el método que introduce el valor del dinero en el tiempo, su tasa de descuento iguala al valor actual de los beneficios y al valor actual de los costos previstos. Para calcular dicho valor se tuvo que hallar, primero, el flujo neto del proyecto; por ello, se calcularon los ingresos mensuales<sup>18</sup> tomando en cuenta los galones recuperados<sup>19</sup> de Gear Oil 80w90 que se venderían mensualmente, durante 12 meses. También, se hallaron los costos mensuales que se incurrirían en el mismo período. Lo explicado anteriormente se muestra en la tabla A.11 del anexo 34. El valor TIR es de 10.7%, como se puede apreciar en la tabla A.12 del anexo 34; lo cual nos indica que mientras el inversionista tenga un valor de Tasa mínima atractiva de retorno (TMAR) menor al TIR, el proyecto es aceptado.

<sup>18</sup> El precio por galón es de S/. 48.

<sup>19</sup> Se estima una recuperación del 45% de la pérdida total mensual de galones.

## CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1. Conclusiones

A través de las alternativas propuestas, se presentan las siguientes conclusiones:

- Para la priorización de los problemas se utilizaron los diagramas de Pareto valorados. Ha quedado demostrado en la realización de esta tesis que es una herramienta muy útil, pues permite seleccionar los problemas que afectan en mayor magnitud a los procesos.
- La aplicación de las cartas de control en la etapa de verificación de la homogeneidad de la muestra, reducirá la cantidad de productos no conformes, debido a que no se envasará el lubricante que tenga muchos defectos. De igual manera, la aplicación de esta herramienta en la etapa de mezclado permitirá tener un mejor control sobre la temperatura del producto final. Esto reduciría el costo que implica reprocesar los productos (semielaborados) y el costo de oportunidad de no envasar a tiempo el lubricante; por ende, se originarían retrasos en el despacho de pedidos.
- Asimismo, es necesaria la adquisición de un fotolorímetro que permita al analista de calidad determinar si el aceite lubricante tiene el color adecuado y, por ende, la cantidad adecuada de aditivos.
- Con el diseño e implementación de planes de muestreo por atributos se busca reducir la cantidad de productos defectuosos entregados a los clientes. Se utilizarían después del envasado, de tal manera, que se hallarían los envases con anomalías y no serían enviados al almacén de productos terminados.
- En el análisis técnico, se eligió a la capacidad de proceso como el primer indicador a ser implementado porque se dispone de la información necesaria para su cálculo; asimismo, el método es simple y los resultados obtenidos pueden ser utilizados para diseñar mejoras.
- El diseño de experimentos permite identificar las principales causas de variación en la respuesta del proceso, en este caso, la temperatura. Además, encuentra las condiciones para alcanzar un valor ideal en la respuesta.

## 5.2. Recomendaciones

En la presente tesis se proponen herramientas básicas para la mejora de la calidad en el proceso productivo de la planta en estudio. Sin embargo, estas todavía no han sido puestas en marcha; por tanto, se recomienda su implementación para que luego de un período apropiado de tiempo (por ejemplo, 1 año), se pueda realizar una evaluación de los resultados esperados y así comprobar si fueron realmente efectivos. Asimismo, se debe capacitar en control estadístico de procesos a los responsables de calidad en la planta. A la par, se deben considerar propuestas para profundizar y complementar el presente trabajo, las cuales se muestran a continuación:

### 5.2.1. Extensión de las propuestas de mejora de otros productos de la empresa

Si bien se propusieron algunas herramientas, para el producto estrella Gear Oil 80w90, estas pueden ser implementadas en otros productos como las grasas y aditivos, de tal manera, que se obtenga un eficiente control de las características de la calidad y la empresa pueda satisfacer a la mayor cantidad de clientes posibles.

### 5.2.2. Implementación de la Metodología Seis Sigma

Para complementar el control de calidad del proceso y lograr la mejora continua, se puede optar por la metodología Seis Sigma que se enfoca en la reducción de defectos en todo tipo de procesos para, de esa forma, reducir costos de mala calidad e incrementar la satisfacción de los clientes. En el presente trabajo, se usaron algunas herramientas de calidad que también se aplican en dicha metodología. Sin embargo, sería conveniente realizar un estudio aplicando el método DMAIC (Definir el problema o defecto, Medir o recopilar datos, Analizar datos, Mejorar y Controlar) en el proceso Six Sigma, puesto que se trabajaría de una manera más ordenada y sistemática.

### 5.2.3. Mejorar la relación con el proveedor

La comunicación y la colaboración son los ejes centrales del proceso de transformación de un proveedor en un socio comercial valioso para la estrategia, el éxito y el crecimiento de la empresa. Por ello, se recomienda a la empresa tener una relación más horizontal con el proveedor. Asimismo, el proveedor debe realizar inspecciones a la salida de su proceso.

#### 5.2.4. Consideración de costos de la calidad

Según Montgomery (2011), los costos de calidad consisten en aquellas categorías de los costos que se asocian con la producción, identificación, evitación o reparación de productos que no cumplan con los requerimientos. Los análisis de los costos de calidad tienen como objetivo principal la reducción de costos mediante la identificación de las oportunidades de mejora. En el acápite 4.2 se presentó una evaluación económica general de las propuestas de mejora consideradas en el presente trabajo. Pero, las cifras parten de valores estimados por técnicos, de consultas a proveedores y responsables del área de producción consultados. Para efectos de implementación del proyecto se deberá realizar un análisis más exhaustivo para lograr convencer a la alta dirección de que las propuestas son rentables.

#### 5.2.5. Métodos automáticos en los controles de calidad industrial

Un sistema automático de control es un conjunto de componentes físicos conectados o relacionados entre sí, de manera que regulen o dirijan su actuación por sí mismos, es decir, sin intervención de agentes exteriores (incluido el factor humano) y que corrija, además, los posibles errores que se presenten en su funcionamiento. Algunas ventajas que menciona Piedrafita (2001) son las siguientes:

- Se aumentan las cantidades y se mejora la calidad de los productos.
- Se reducen los costos de producción.
- Aumento de la productividad al requerirse menos personal para el monitoreo de los controles.

Por ello, se recomienda que en el futuro se implementen sistemas integrales automatizados de control de variables y atributos. Por ejemplo, los métodos de inspección automatizados observan cada uno de los productos elaborados, no solamente unas cuantas muestras de cuando en cuando. Las visualizaciones gráficas en tiempo real y las alarmas alertan a los operadores para que efectúen cambios mucho antes de que las diferencias sean visibles para el ojo humano. Eso significa ajustar las condiciones de la línea antes de que el producto fuera de especificación sea elaborado. Asimismo, permite a un operador trabajar múltiples líneas extendiendo el costo de mano de obra más hacia el rendimiento.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

### Libros

- ASAKA, Tetsuichi  
1992 *Manual de herramientas de calidad: el enfoque japonés.* Madrid: Tecnología de Gerencia y Producción.
- BESTERFIELD, Dale H.  
2009 *Control de calidad.* México: Prentice-Hall.
- CROSBY, Philip  
1990 *La calidad no cuesta: el arte de asegurar la calidad.* Primera edición. México, D.F: Continental.
- DEMING, Edward  
1989 *Calidad, productividad y competitividad: la salida de la crisis.* Madrid: Díaz de Santos.
- EVANS, James y William Lindsay  
2008 *Administración y control de calidad.* Séptima edición. México, D.F:Cengage Learning.
- GITLOW, Howard S.  
2005 *Six sigma for green belts and champions: foundations, DMAIC, tools, cases, and certification.* Primera edición. Upper Saddle River, NJ: Pearson Prentice Hall
- JURAN, J.M. y Gryna, F.M.  
2002 *Análisis y planeación de la calidad.* Tercera edición. México, D.F: McGraw Hill.
- MINTZBERG, Henry  
1997 *El proceso estratégico: conceptos, contextos y casos.* México, D.F: Prentice-Hall Hispanoamericana

MONTGOMERY, Douglas

2005 *Control estadístico de la calidad*. Tercera edición. México: Limusa.

MUTHER, Richard

1977 *Distribución en planta*. Tercera edición. Barcelona: Hispano Europea.

PIEDRAFITA, Ramón

2001 *Ingeniería de la automatización industrial*. México: Alfaomega.

## Normas

INDECOPI

2013 *Norma Técnica Peruana NTP-ISO 2859-1:2013 PROCEDIMIENTO DE MUESTREO PARA INSPECCIÓN POR ATRIBUTOS*. Lima, Perú

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARIZATION

2005 *Norma Internacional ISO 9000:2005. Sistemas de Gestión de Calidad-Fundamentos y Vocabulario*. Ginebra: ISO

## Tesis

ACUÑA, Diego

2012 “Incremento de la capacidad de producción de fabricación de estructuras de mototaxis aplicando metodologías de las 5S’s e ingeniería de métodos” Tesis de licenciatura en Ciencias e Ingeniería con mención en Ingeniería Industrial. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, Facultad de Ciencias e Ingeniería.

PASCUAL, Emilsen

2009 “Mejora de procesos en una imprenta que realiza trabajos de impresión offset basados en la metodología Six Sigma” Tesis de licenciatura en Ciencias e Ingeniería con mención en Ingeniería Industrial. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, Facultad de Ciencias e Ingeniería.

YEP, Tommy

- 2011 “Propuesta y aplicación de herramientas para la mejora de la calidad en el proceso productivo en una planta manufacturera de pulpa y papel tisú”. Tesis de licenciatura en Ciencias e Ingeniería con mención en Ingeniería Industrial. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, Facultad de Ciencias e Ingeniería.

## Documentos electrónicos

ÁLVAREZ, Hector

- 2003 *Las métricas seis sigma*. Barcelona. 2003. Consulta: 15 de noviembre de 2013. < <http://www.mantenimientoplanificado.com/eproductiva.com/6sigma/metricass.pdf>>

HERRERA, Roberto y Tomás Fontalvo

- 2011 *Seis sigmas: Métodos estadísticos y sus aplicaciones*. Consulta: 29 de setiembre de 2012. < [www.eumed.net/libros/2011b/939/](http://www.eumed.net/libros/2011b/939/)>

LOGIC ELECTRONICS

- 2012 *Inspección automatizada mediante sistemas de visión*. Consulta: 25 de octubre de 2013. <<http://logicelectronic.com/vision/inspeccionautomatizada.html>>

## Páginas web institucionales

FUNDIBEQ

- 2013 *Gráficos de control por atributos*. Consulta: Jueves 27 de setiembre del 2012. <<http://www.fundibeq.org/opencms/export/sites/default>>

OSINERGMIN

- 2012 *Hidrocarburos*. Consulta: Jueves 18 de setiembre del 2012. <<http://www.osinerg.gob.pe/newweb/pages/GFH/6.htm>>

REAL ACADEMIA ESPAÑOLA (RAE)

- 2001 *Diccionario de la lengua española*. 2 volúmenes. 22ª edición. Madrid: Real Academia Española. Consulta: 18 de setiembre del 2012. <<http://www.rae.es/rae.html>>