

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL



**FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICAS
DEPARTAMENTO DE MATEMÁTICAS**

PROYECTO DE GRADUACIÓN

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:

**“MAGÍSTER EN GESTIÓN DE LA PRODUCTIVIDAD Y LA
CALIDAD”**

TEMA:

**“APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA SEIS SIGMA EN EL
PROCESO DE ENVASADO DE ACEITES LUBRICANTES”**

AUTOR:

TAGLE MERCHAN JONATAN LEVI

Guayaquil-Ecuador

AÑO

2016

DEDICATORIA

A mi familia por ser los pilares fundamentales en cada etapa de mi vida profesional.

A ellos por guiarme con paciencia, amor, educación y disciplina.

Siendo la inspiración para el logro de mis metas.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por darme vida, por brindarme la tenacidad para lograr mis metas.


Al apoyo de alta gerencia de la compañía, por su ayuda en el desarrollo de este proyecto.

A mi asesora la Dra. Sandra García bustos, por su guía y ayuda.

Gracias a todos los profesores por compartir sus conocimientos con nosotros y por brindarnos los consejos y guía para seguir superándonos cada día en nuestra profesión y en la vida.

DECLARACIÓN EXPRESA

La responsabilidad por los hechos y doctrinas expuestas en este Proyecto de Graduación, me corresponde exclusivamente; el patrimonio intelectual del mismo, corresponde exclusivamente a la Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas, Departamento de Matemáticas de la Escuela Superior Politécnica del Litoral.



ING. QCO. JONATÁN LEVI TAGLE MERCHÁN

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN



Mg. DALTON NOBOA MACÍAS

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL



SANDRA GARCIA BUSTOS, PhD.

DIRECTOR DEL PROYECTO



MPC. DIANA MONTALVO BARRERA

VOCAL DEL TRIBUNAL

AUTOR



ING. QCO. JONATÁN LEVI TAGLE MERCHÁN

CONTENIDO

DEDICATORIA.....	II
AGRADECIMIENTO	III
DECLARACIÓN EXPRESA.....	IV
TRIBUNAL DE GRADUACIÓN.....	V
AUTOR.....	VI
CONTENIDO.....	VII
ÍNDICE DE TABLAS:.....	X
INDICÉ DE GRÁFICOS:.....	X
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES:.....	XI
DEFINICIONES Y ABREVIATURAS:.....	XII
CAPITULO I.....	1
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. PROBLEMÁTICA	3
1.2. JUSTIFICACIÓN.....	4
1.3. OBJETIVO GENERAL.....	5
1.4. OBJETIVOS DEL PROYECTO.....	5
1.5. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	5
CAPITULO II.....	6
2. MARCO TEÓRICO.....	6
2.1. HISTORIA DE SEIS SIGMA.....	6
2.2. LA FILOSOFÍA DE SEIS SIGMA.....	7
2.3. PRINCIPIOS DE SEIS SIGMA.....	8
2.4. ESTRUCTURA DIRECTIVA Y TÉCNICA DE SEIS SIGMA.....	8
2.5. ETAPAS DE UN PROYECTO SEIS SIGMA.....	10
2.5.1. DEFINIR.....	10
2.5.2. MEDIR.....	15
2.5.3. ANALIZAR.....	19
2.5.4. MEJORAR.....	23
2.5.5. CONTROLAR.....	24
2.6. COMPATIBILIDAD DE SEIS SIGMA CON LOS SISTEMAS DE GESTIÓN DE CALIDAD ISO.....	27
2.6.1. NORMA ISO /TS 16949	28

2.6.2.	COMPARACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE MEJORA CONTINÚA CICLO PDCA (PLAN-DO-CHECK-ACT) Y METODOLOGÍA SEIS SIGMA DMAIC	30
2.7.	LEAN SEIS SIGMA	31
CAPITULO III		33
3.	DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA	33
3.1.	VALORES EMPRESARIALES	33
3.2.	COMPLEJO INDUSTRIAL	34
3.3.	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DE ACEITE LUBRICANTE	37
3.3.1.	ABASTECIMIENTO DE MATERIA PRIMA	37
3.3.2.	ELABORACIÓN	37
3.3.3.	ANÁLISIS DE CONTROL DE CALIDAD ACEPTACIÓN DEL PRODUCTO.	39
3.3.4.	ENVASADO DE PRODUCTO TERMINADO	39
3.3.5.	ALMACENADO PRODUCTO TERMINADO	39
3.4.	PRODUCTOS LUBRICANTES	39
3.4.1.	PRESENTACIONES	40
3.4.2.	NIVEL DE PRODUCCIÓN	40
4.	METODOLOGÍA	43
4.1.	DEFINIR	43
4.2.	MEDICION	44
4.2.1.	SITUACIÓN ACTUAL	45
4.2.2.	ESTUDIO DE CAPACIDAD Y ESTABILIDAD	49
4.3	ANÁLISIS	59
4.4	MEJORAR	66
CAPITULO V		73
5.1.	CONTROL Y ESTANDARIZACIÓN DE LAS PROPUESTAS	73
5.1.1.	GRAFICAS DE CONTROL PARA LA VARIABLE CRÍTICA VOLUMEN EN LAS LÍNEAS MENORES DE ENVASADO	73
5.1.2.	INSTRUCTIVO PARA CONTINUIDAD Y USO DE LA METODOLOGÍA SEIS SIGMA	78
CONCLUSIONES		84
BIBLIOGRAFÍA		86
ANEXOS		87
ANEXO 1: BITÁCORA DE CONTROL DE LLENADO DIARIO		88
ANEXO 2: COTIZACIÓN EQUIPOS TAPTONE		89

ANEXO 3: TABLAS DE PUNTUACIÓN SEVERIDAD Y OCURRENCIA	93
ANEXO 4: REGISTRO DE ASISTENCIA A CAPACITACIÓN TABLA DE COMPATIBILIDADES.....	94
ANEXO 5: AUTORIZACIÓN DE INGRESO DE INSTRUCTIVO.....	95

ÍNDICE DE TABLAS:

Tabla 1: Estructura directiva SEIS SIGMA.....	9
Tabla 2 Uso de herramientas estadísticas en los Requisitos del capítulo 8.2 Norma ISO 9001 ..	28
Tabla 3 Comparación de Metodología PDCA vs DMAIC.....	31
Tabla 4 Unidades de Producción Anual SKU.....	40
Tabla 5 Unidades de Producción Anual – Barriles.....	41
Tabla 6 Registros de Paradas 2014.....	45
Tabla 7 Registro de paradas enero-junio 2015.....	46
Tabla 8 Total Número de paradas 2014 vs 2015.....	46
Tabla 9 Datos de Volumen línea Cuarto de Galón.....	50
Tabla 10 Datos de Volumen línea Cuarto de Galón.....	54
Tabla 11 Datos después de ajustes línea Cuarto de Galón.....	69

INDICÉ DE GRÁFICOS:

Gráfico 1 Porcentaje de Producción Anual Por SKU.....	41
Gráfico 2 Porcentaje Anual de Producción en Barriles.....	41
Gráfico 3 Número de Paradas 2014.....	46
Gráfico 4 Minutos de Paradas 2014.....	47
Gráfico 5 Número de paradas periodo Enero-junio 2015.....	47
Gráfico 6 Minutos por paradas Periodo Enero-junio 2015.....	48
Gráfico 7 Prueba de Normalidad de Datos Línea de Cuarto de Galón.....	51
Gráfico 8 Gráfico de Medias y rangos para datos volumen Cuarto de Galón.....	52
Gráfico 9 Análisis de Capacidad Volumen Línea Cuarto de Galón.....	53
Gráfico 10 Análisis de Capacidad Informe de Resumen.....	53
Gráfico 11 Prueba de normalidad Datos línea de Galón.....	55
Gráfico 12 Transformación de BOX-COX.....	56
Gráfico 13 Análisis de Capacidad Utilizando Transformación de BOX-COX.....	57
Gráfico 14 Gráfico de Medias y rangos para datos volumen Línea de Galón.....	58
Gráfico 15 Diagrama de Ishikawa fallas en líneas menores de envasado.....	60
Gráfico 16 Análisis de Capacidad línea de cuarto de Galón.....	70
Gráfico 17 Análisis de Capacidad línea de cuarto de Galón.....	70

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES:

Ilustración 1. 5 etapas en la realización de un proyecto 6σ	10
Ilustración. 2 Símbolos del Diagrama de Flujo.....	12
Ilustración. 3 Diagrama de Pareto Completo.	13
Ilustración 4: Tipos de Histograma (Camión, 2006)	14
Ilustración 5 Diagrama de Causa-Efecto (Ishikawa).....	21
Ilustración 6 Grados de Correlación	21
Ilustración 7 Tipos de Correlaciones	22
Ilustración 8 Diagrama de Correlación	22
Ilustración 9 Trazado de la Recta de Regresión	22
Ilustración 10 Cartas de Control para Variables	25
Ilustración 11 Cartas de Control para atributos.....	26
Ilustración 12: Procesos de Mezclados	34
Ilustración 13 Línea de Llenado Cuatro de galón	35
Ilustración 14 Bodega de almacenamiento Producto Terminado	35
Ilustración 15 Flujograma de Manufactura Lubricantes	36
Ilustración 16 Diagrama Funcional de Producción Lubricantes	38
Ilustración 17 Check list de Llenado	44
Ilustración 18 Bitácora Control de Llenado Diario	45
Ilustración 19 tabla 1 "Intervalos de Tiempo para Extracción de muestras"	49
Ilustración 20 Tabla de Compatibilidades de productos Terminados	67
Ilustración 21 Hoja de Carta de Control Envasado. Base de Datos	74
Ilustración 22 Hoja de Carta de Control Envasado. Base de Datos.....	75
Ilustración 23 Hoja de Carta de Control Envasado. Datos Filtrados por Productos.....	75
Ilustración 24 Hoja de Carta de Control Envasado. Datos Filtrados por Orden de envasado.....	76
Ilustración 25 Gráfica de Medias.....	77
Ilustración 26 Gráfico de Desviación Estándar	77

DEFINICIONES Y ABREVIATURAS:

ACEITE LUBRICANTE: Sustancia líquida que forma una capa entre dos piezas e impide su contacto directo, previniendo la fricción entre dos piezas en movimiento.

AMFE: Análisis modal Fallo y Error.

ANOVA: Análisis de varianza

BITÁCORA: libro con una estructura cronológica que trata un tema concreto.

BPM: Buenas Prácticas de manufactura.

CHECKLIST: lista de Comprobación

C_p: Índice de Capacidad potencial del Proceso. Relación entre la tolerancia específica y la tolerancia natural del proceso.

C_{pk}: Índice de Capacidad Potencial Real de un proceso, puede verse como el ajuste del índice C_p para tomar en cuenta el centrado del proceso.

DMAIC: Es un acrónimo en inglés: Define, Measure, Analyze, Improve, Control. (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar). Siendo una Herramienta SEIS SIGMA enfocada en la mejora incremental de procesos existentes.

DPMO: Defectos Por Millón de Oportunidades.

FLUSHEO: Limpieza de un sistema de tuberías.

FORECAST: Predicción, Estimación

IATF: International Automative Task Force

INEN: Servicio Ecuatoriano de Normalización.

ISO: “International Organization for Standardization”, Organización internacional de normalización

JLAS: Instructivo de análisis de trabajo seguro.

MEJORA CONTINUA, es una filosofía que intenta optimizar y aumentar la calidad de un producto, proceso o servicio optimizando sus recursos.

MINITAB: Software estadístico.

NPR: Número de Prioridad de Riesgo

PDCA: Ciclo de Deming o Ciclo de mejora Continua (Planear, Hacer, Verificar, actuar), es una estrategia para el mejoramiento continuo de los procesos.

P_p: Indicador del desempeño potencial del proceso (Process Perfomance)

P_{pk}: Indicador del desempeño Real de un proceso.

SKU: Stock-Keeping Unit (Número de referencia), Indicador usado para dar seguimiento sistemático de el o los productos.

SSA: Seguridad Salud y Ambiente.

VALOR K: Índice de Centrado del Proceso.

VARIABILIDAD, dispersión que determina el grado de acercamiento o distanciamiento de los valores de una distribución frente a su promedio.

VVC: Variables Críticas de la calidad.

CAPITULO I

1. INTRODUCCIÓN

Las empresas hoy en día utilizan diferentes enfoques de calidad para satisfacer las necesidades de los clientes y garantizar el cumplimiento de los requisitos normativos y especificaciones técnicas de los productos, dentro de estos enfoques se encuentran: el control estadístico, sistemas de gestión ISO y metodologías de mejora continua.

SEIS SIGMA es una metodología que combina las herramientas de gestión de calidad y estadísticas para reducir variabilidades en los procesos o productos, generalmente usado por empresas de clase mundial.

Este proyecto consiste en un análisis y propuesta de mejora continua para las líneas de envases menores, que se basó en la revisión y análisis de la información obtenida de la situación actual del proceso de estudio.

La empresa de estudio, es una empresa que se dedica a la elaboración de productos para la línea automotriz, siendo estos: Aceite Lubricantes, Refrigerantes para motor, Líquido de freno y Grasas lubricantes. Además de ser una empresa que presta servicios para manufactura de lubricantes a clientes de grandes marcas y prestigio internacional.

La manufactura de los productos se desarrolla en etapas o procesos, donde cada una de estas etapas se encuentra expuesta a errores que pueden afectar la calidad del producto terminado.

Para ello se busca reducir las incidencias que afecten la eficacia y calidad del proceso de envasado, esto mediante el desarrollo de una metodología de investigación e innovación, que ayude a la prevención de errores.

La misión de la aplicación de SEIS SIGMA es proporcionar la información adecuada para el control o vigilancia de una máxima calidad en los productos terminados, mediante un nivel operacional óptimo que utilice herramientas estadísticas con el fin de detectar y controlar defectos, basándose en la metodología DMAIC¹ (Define, Measure, Analyze, Improve y Control).

¹ **DMAIC**, es un acrónimo en inglés de: Define, Measure, Analyze, Improve, Control. (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar). Herramienta SEIS SIGMA enfocada en la mejora incremental de procesos existentes.

1.1. PROBLEMÁTICA

La alta competitividad de las empresas comercializadoras de aceites lubricantes hace que en la participación del mercado local existan mayores retos ya que los Clientes de manufactura buscan eficacia y calidad en los productos de su marca.

La empresa ha implementado sistemas lean manufacture² que han logrado mejorar el control de la producción, como lo es la aplicación de 5s³, JIT⁴, Poka Yokes⁵. Herramientas que realizan un control operativo eficiente en los procesos, aun así, ha habido fallas ocasionales en el proceso de envasado de los cuales no se ha llevado un control ni vigilancia estadística de los datos para determinar la variabilidad de los mismos y encontrar sus causas raíces.

Estas fallas al no ser tomadas en cuenta ocasionan reproceso, y costos de no calidad, además que la norma ISO 16949⁶ que se desea implementar en la empresa indica en el literal 8.2.3 “Seguimiento y medición de los procesos de fabricación” La organización debe realizar estudios de todos los procesos de fabricación para verificar la capacidad de proceso y proporcionar información de entrada adicional para el control de proceso.

Lo que se busca con la aplicación de SEIS SIGMA es buscar la fuente de estos problemas, mejorarlos y controlarlos, para tener un proceso de envasado con una variabilidad mínima.

Por los cuales, se establecerá al final un diseño CEP “Control estadístico de proceso”, para el proceso de envasado, específicamente para las líneas de cuarto de galón (litro) y galón.

² **Lean Manufacture**, Manufactura esbelta o producción limpia, es un modelo de gestión enfocado a la creación de flujo para entregar el máximo valor a los Clientes, utilizando los mínimos recursos necesarios. Y enfocado en la reducción de los 7 desperdicios en productos manufacturados.

³ **5S** (Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu, Shitsuke), conocido como **HOUSEKEEPING**, es una práctica de calidad referida al mantenimiento integral de la empresa, enfocada en el entorno de trabajo.

⁴ **JIT** (Just In Time / Justo a Tiempo), Es un sistema de organización en la producción, permite reducir el costo de la gestión y pérdidas en almacenamiento. produciendo lo necesario en el momento necesario.

⁵ **Poka Yoke**, Es una técnica de calidad que se aplica con el fin de evitar errores en la operación de un Sistema, definida como sistema a prueba de tontos.

⁶ **Norma ISO 16949:2009** “sistemas de Administración de la calidad-Requerimiento Particulares para la Aplicación de ISO 9001:2008 para organizaciones Automotrices de partes para Producción y Servicios Relevantes.

1.2. JUSTIFICACIÓN

El mejoramiento de la calidad se basa en la vigilancia continua de los procesos definida por la confiabilidad de sus controles, siendo muy importante para que la compañía sea competitiva en sus actividades empresariales, por lo que ha desarrollado un sistema de control operativo que se basa en el debido cumplimiento de su programa PACs “Programa de aseguramiento de la calidad”, este programa tiene como fin la eficacia de los productos terminados, además de asegurar que la empresa cumpla con las normativas establecidas por su sistema de gestión integrado a la cual se ha acogido voluntariamente.

Además, existen exigencias de los clientes de manufactura que forman parte de multinacionales de grandes marcas y prestigio de aceites lubricantes, los mismos que han propuesto a la empresa que implemente en su sistema integrado una norma de aseguramiento de calidad de productos del sector automotriz como lo es la norma ISO 16949, Normativa de exigencia en control de la producción.

La compañía busca una excelencia operativa de su proceso a través de la aplicación de la norma ISO 16949, cuya base fundamental es el uso de herramientas de mejora continua de calidad, por lo que en el presente estudio se plantea la aplicación de una metodología SEIS SIGMA para la mejora, innovación y control de influencias que pueden ocasionar fallas especialmente en el proceso de envasado.

1.3. OBJETIVO GENERAL.

Aplicar la metodología SEIS SIGMA para establecer un sistema de vigilancia y control mediante el uso de herramientas estadísticas, en el proceso de envasado de las líneas menores.

1.4. OBJETIVOS DEL PROYECTO.

- Realizar un diagnóstico actual del proceso de envasado.
- Identificar y priorizar los principales problemas que causan variabilidades en la operación de envasado.
- Definir propuestas de mejoras como control de proceso, mediante el análisis de la capacidad actual de las líneas menores.
- Diseñar propuestas para controlar las variables críticas asociadas a los problemas, mediante uso de herramientas y técnicas estadísticas.

1.5. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

La metodología DMAIC se encuentra Detallado en los siguientes capítulos.

En el CAPITULO DOS se realiza una descripción bibliografía de las técnicas SEIS SIGMA y herramientas estadísticas aplicables en el desarrollo de la metodología.

En el CAPITULO TRES se realiza una breve descripción de la empresa, procesos, y capacidades operativas de las líneas.

En el CAPITULO CUATRO se despliega la metodología SEIS SIGMA aplicándola en el proceso de envasado como una propuesta que permita vigilar y controlar el proceso.

En el CAPITULO CINCO se define una estandarización de la metodología para su continuidad en las operaciones de la Empresa.

En la parte final del estudio se definirá las conclusiones sobre la aplicación de la metodología y cumplimiento de los objetivos del proyecto.

CAPITULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. HISTORIA DE SEIS SIGMA.

Desde que en 1987 Bob Galvín presidente de la compañía Motorola y su equipo de directivos puso en marcha el programa de calidad llamado “SEIS SIGMA”, con el propósito de reducir defectos en los productos mediante el estudio de la variación en los procesos. Esta metodología fue adoptada por grandes compañías en 1994 Allied signal y en 1995 General Electric (GE), además la empresa Mabe en Latinoamérica las cuales obtuvieron grandes beneficios económicos y de reconocimiento mundial⁷.

- Motorola, Premio Malcolm Baldrige National Quality en 1988.
- GE alcanzo 2570 millones de dólares en ahorros en los años 1997 a 1999

¿Por qué SEIS SIGMA?

SEIS SIGMA define la calidad como un valor agregado por un esfuerzo productivo, en dos tipos de flujos: Calidad Potencial y Calidad Actual.

- Calidad Potencial, es el valor máximo posible añadido a una unidad de entrada.
- Calidad actual, es el valor actual añadido a una unidad de entrada.

La diferencia entre calidad potencial y calidad actual son denominados residuos, SEIS SIGMA se enfoca en mejorar la calidad de los procesos y reducir los residuos, para lograr producir productos o servicios mejores, rápidos y económicos.

⁷ Antecedente de Seis Sigma, libro Calidad Total y Productividad, Tercera Edición, Pág. 280

2.2. LA FILOSOFÍA DE SEIS SIGMA.

Su filosofía es la aplicación del método científico para el diseño y operación del manejo de un sistema y/o los procesos, el método científico trabaja de la siguiente manera:

- Observar algunos aspectos importantes del negocio a mejorar.
- Definir una hipótesis, en base a la hipótesis desarrolla predicciones.
- Realizar pruebas mediante experimentos, para tomar observaciones o anotaciones sobre las predicciones iniciales.
- Comparar la hipótesis con los resultados experimentales u observaciones. así modificar las hipótesis sobre los nuevos hechos si existiere variación, aplicando herramientas estadísticas.

¿Qué es la metodología SEIS SIGMA?

La metodología SEIS SIGMA fue desarrollada por Motorola en la década de los años 1980. La metodología SEIS SIGMA estudia un problema real apoyándose en los análisis de datos estadísticos en los cuales se monitorea las variables críticas de la calidad “VCC” (Gutiérrez, 2010), siendo una estrategia que intenta alcanzar un nivel de calidad basado en hechos y datos.

Por otra parte, Pyzdek⁸ lo define como una aplicación rigurosa, enfocada y altamente efectiva de los principios de calidad.

SEIS SIGMA no solamente es considerada como una metodología de mejora, sino también una metodología de desarrollo que se basa en la planificación enfocada a los resultados de los procesos y servicios. La implementación de la filosofía SEIS SIGMA busca que los procesos se diseñen o se mejoren a un nivel de confianza de un 99.99% de aceptación, lo que sería igual a un nivel de 3.4 defectos por millón de oportunidades (DPMO), lo que garantizaría la reducción operacional evitando costos de no calidad.

⁸ Thomas Pyzdek, consultor de seis sigmas, autor del libro “The Six Sigma Handbook”.

2.3. PRINCIPIOS DE SEIS SIGMA

La metodología SEIS SIGMA consta de los siguientes principios:

1. Liderazgo comprometido de arriba hacia abajo.
2. Se apoya en una estructura directiva.
3. Orientación al Cliente y enfoque a los procesos.
4. Basado en datos.
5. Se apoya en una metodología robusta, DMAIC.
6. Entrenamiento a todo.
7. Proyectos que realmente generan ahorro.
8. SEIS SIGMA se reconoce.
9. Iniciativa continúa.
10. Se Comunica hacia partes interesadas.

2.4. ESTRUCTURA DIRECTIVA Y TÉCNICA DE SEIS SIGMA.

En la metodología SEIS SIGMA se manifiesta un compromiso de la alta directiva para ello se estructura mediante líderes de negocios, líderes de proyectos, expertos y facilitadores, donde cada uno de ellos cuenta con un rol y responsabilidades específicas para el cumplimiento de los objetivos finales de cada proyecto usualmente dentro de la estructura se encuentran los siguientes:

NOMBRE	ROL	CARACTERISTICAS	CONOCIMIENTO
LÍDER DE IMPLEMENTACIÓN	Dirección del comité directivo para SEIS SIGMA suele tener jerarquía solo por debajo del máximo líder de la organización.	Profesional con experiencia en la mejora empresarial en calidad, es muy respetado en la estructura directiva.	Liderazgo, calidad, conocimiento estadístico, entrenamiento en SEIS SIGMA y metodología DMAIC.
CHAMPION	Gerentes de planta y/o área, son los dueños de los problemas,	Dedicación, entusiasmo fe en sus proyectos, capacidad para	Liderazgo, calidad, conocimiento estadístico,

	establecen problemas y prioridades, responsables de garantizar el éxito de la implementación en su área de influencia.	administrar.	entrenamiento en SEIS SIGMA y metodología DMAIC.
MASTER BLACK BELT (MBB)	Dedicados al 100% a SEIS SIGMA, brindan asesorías y tienen la responsabilidad de mantener una cultura de calidad dentro de la empresa. Dirige y asesora proyectos claves.	Habilidades y conocimientos técnicos, estadísticos y en liderazgo de proyectos.	Requieren amplia formación en estadística y en los métodos de SEIS SIGMA.
BLACK BELT (BB)	Gente dedicada de tiempo completo a SEIS SIGMA, realizan y asesora proyectos.	Capacidad de comunicación, reconocido por el personal por su experiencia y conocimiento, gente con futuro en la empresa.	Recibir el entrenamiento de BB con base en estadística sólida.
GREEN BELT	Ingenieros, analistas, financieros, expertos técnicos en negocios atacan problemas de sus áreas y están dedicados de tiempo parcial a SEIS SIGMA participan y lideran equipos SEIS SIGMA.	Trabajo en equipo, motivación, aplicación de métodos DMAIC capacidad para dar seguimiento.	Recibir el entrenamiento de BB.
YELLOW BELT	Persona de piso que tiene problemas en su área.	Conocimiento de los problemas, motivación y voluntad de cambio.	Cultura básica entrenamiento en herramientas estadísticas básicas, DMAIC y solución de problemas.

Tabla 1: Estructura directiva SEIS SIGMA.

Fuente: Libro Control de Calidad y SEIS SIGMA, Gutierrez-Roman 2da edición. Tabla 15.1

- Reducir defectos o desperdicios en las etapas más críticas de un proceso.
- Mejorar las capacidades de los procesos.
- Buscar la satisfacción de los clientes.
- Incremento en flujo de trabajo en los procesos.

Para esto se necesita apoyo de la alta dirección mediante el conocimiento de la importancia del proyecto, lo que resulta imprescindible para lograr los objetivos de la organización.

Efectos:

- Se espera obtener beneficios importantes medibles, en periodos menores a un año.
- Sea factible su implementación en periodos de 3 a 6 meses.
- Realizar medición del éxito del proyecto.

Aspectos a evitar:

- Objetivos imprecisos.
- Métricas inadecuadas para la medición del impacto.
- No ligado a lo financiero.
- Alcance muy amplio.
- Demasiados objetivos.

2.5.1.1. LAS HERRAMIENTAS DE MAYOR UTILIDAD EN ESTA ETAPA SON:

A. DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO, también denominados flujo gramas, es una presentación grafica de la secuencia de los pasos o actividades de un proceso, que incluye transporte, inspecciones, espera, almacenamiento y actividades de re trabajo o reproceso. (Humberto Gutiérrez Pulido , 2010).

¹⁰ Tabla 15.3 criterios para la selección y definición de proyectos, Libro: control estadístico de calidad y seis sigmas. Autor Humberto Gutiérrez - Román, 2da edición.

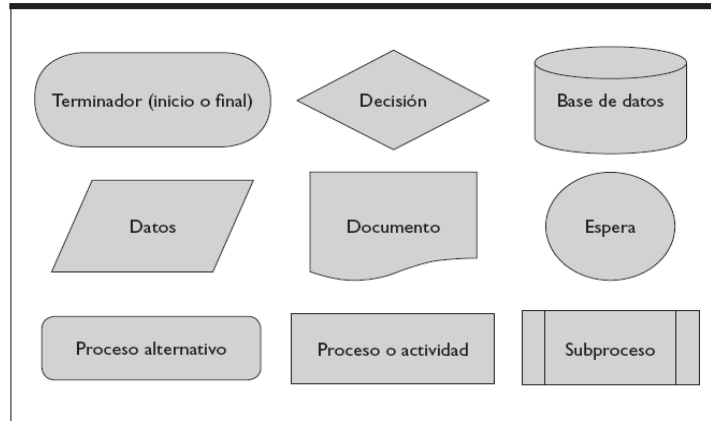


Ilustración. 2 Símbolos del Diagrama de Flujo

Son de utilidad para describir cualquier proceso de la organización y puede ser aplicada para:

- Realizar descripciones de los procesos dentro de un sistema de gestión.
- Identificar aspectos claves del proceso.
- Localizar posibles problemas, y llevar a cabo acciones de prevención.

B. HOJA DE VERIFICACIÓN O RECOGIDA DE DATOS, Formato constituido para la recolección de datos, de forma sistemática y de fácil análisis en la cual se pueden obtener datos de:

- Desempeño de un proceso.
- Clasificación de fallas, quejas o defectos.
- Confirmación de posibles causas del problema.
- Análisis y evaluación de los efectos de los planes de mejora.

Su principal utilidad proviene del empleo de datos objetivos a la hora de examinar un fenómeno determinado, sirve de base para toma de decisiones.

Los principales diseños son:

- Recogida de datos cuantificables. Sirve para registrar el número de defectos y en función de las causas que se sospechen.

- Recogida de datos medibles, Se emplea para clasificar los datos en relación de sus dimensiones y representarlos según la distribución de la frecuencia. Permite obtener el número de productos que no cumplen las especificaciones exigidas.
- Por Situación de Defectos, es una presentación gráfica del producto a ser examinado y en ella se señala o específicas observaciones de las clases de defectos que contiene.
- Hoja de síntesis, Es un resumen de toda la información obtenida sobre un fenómeno estudiado a lo largo del tiempo, que ha sido recogido en diferentes hojas de verificación.

C. DIAGRAMA DE PARETO, Usualmente conocido como “Ley 80-20”, 80% de los problemas son originados por un 20 % de causas. Es una representación gráfica que identifica los problemas más importantes en función de ocurrencia, ayuda a separar los errores críticos de los triviales.

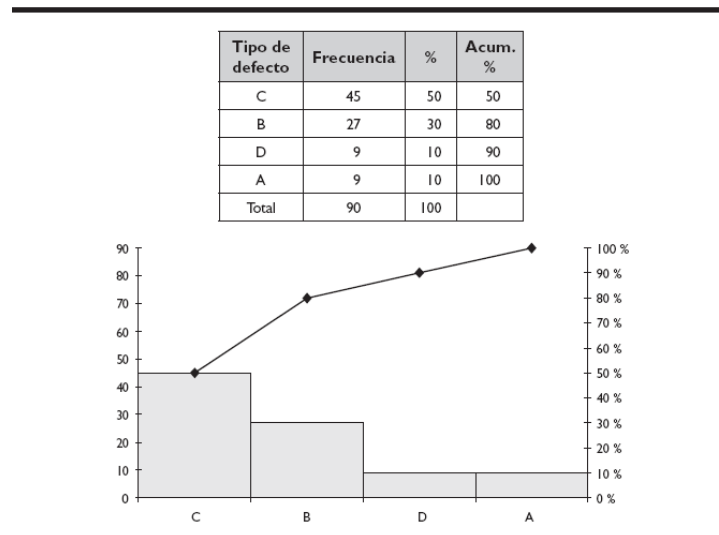


Ilustración. 3 Diagrama de Pareto Completo.

Ventajas:

- Permite observar los resultados de las acciones de la mejora implantada al comparar dos diagramas del mismo fenómeno en momentos distintos de tiempo.
- Es una herramienta polivalente y fácilmente aplicable.

- Es eficiente y de rápida comunicación ya que permite identificar rápidamente y simple vista el problema más grave.

D. HISTOGRAMAS, es una herramienta que permite visualizar dos aspectos de datos: la tendencia de límite central y la dispersión de los datos, se la obtiene a partir de la tabla de frecuencia mediante la división de los datos en rangos o intervalos de clases.

El histograma muestra la distribución de frecuencias de un conjunto de valores mediante la representación con barras.

Son aplicables en la elaboración de informes, análisis, estudios de capacidades de procesos.

Pueden tener distintas formas según la distribución de la frecuencia de las variables conocidas como algunos ejemplos:

Histograma	Tipo
	Comportamiento normal. La distribución es simétrica ya que los datos están agrupados alrededor de un valor central.
	Distribución sesgada, que en algunos procesos se da de forma natural. Es asimétrica ya que los datos presentan una mayor o menor variabilidad respecto al valor central.
	Comportamiento bimodal. Suele producirse cuando se combinan los resultados de dos procesos diferentes (datos de distintos turnos, operarios, máquinas, instrumentos de medición, etc.).
	Comportamiento truncado. Se presenta cuando se ha realizado una recogida de datos incompleta o se han rechazado datos que estaban por encima o por debajo de cierto valor.
	Comportamiento con un pico aislado. Aparece un grupo de datos aislado del resto del histograma. Las causas pueden ser errores de medida en la toma de datos o incidencia especial en el proceso.
	Distribución rectangular. Puede ser el caso extremo de la distribución bimodal. Es debido a la combinación de múltiples procesos o errores de medición.

Ilustración 4: Tipos de Histograma (Camión, 2006)

Limitación:

- No permite identificar las causas de variación dentro de un periodo de tiempo.
- Para su preparación se necesita una gran cantidad de datos como mínimo 50 para identificar la distribución.

2.5.2. MEDIR

Esta es la segunda fase de la metodología, es entender y cuantificar la magnitud del problema, los cuales permiten establecer cuantitativamente las oportunidades que se desarrollen en las fases posteriores. Esta fase se soporta con la recolección de la información y datos.

2.5.2.1. LAS HERRAMIENTAS DE MAYOR UTILIDAD EN ESTA ETAPA SON:

A. ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA, Son procedimientos que sirven para presentar datos cuantitativos de manera resumida revelando las características de una distribución de datos, por ejemplo: media, promedio, desviación estándar rango entre otros.

Esta información que proporciona la estadística descriptiva puede ser transmitida fácil y eficazmente mediante gráficos como son gráficos de dispersión e histogramas. Que ayudan a la fácil interpretación y análisis de los datos para personas no especializadas.

Normalmente su aplicación es frecuente ya que es el primer paso para los demás procedimientos estadísticos más complejos.

Su uso conlleva algunos beneficios como:

- Son de fácil aplicación, eficiente para resumir y caracterizar datos.
- Ofrece una manera conveniente de presentar la información. En particular, los métodos gráficos son una manera muy eficaz de presentar datos, y de comunicar la información.

- Puede ayudar al análisis e interpretación de los datos y es una valiosa ayuda en la toma de decisiones.

Sin embargo, estas mediciones están sujetas a las limitaciones del tamaño de muestra y el método de muestreo utilizado.

B. MAPEO DEL FLUJO DE VALOR, Es una técnica de seguimiento del producto desde su estado como materia prima hasta la formación o elaboración del producto terminado, donde se detallan todas las actividades que se realizan, al realizar un mapeo detallado se hace posible detectar las posibilidades de mejoras. Como toda herramienta de lean el objetivo es proponer mejoras y eliminar las actividades que no generen valor.

El mapa de flujo clasifica las actividades en tres categorías,

- 1) Aquellas que crean o agregan valor al producto.
- 2) Las que no crean valor, pero que son inevitables.
- 3) Aquellas que no crean valor y se pueden eliminar.

C. AMFE (Análisis Modal Fallo y Error), es una herramienta muy útil que ayuda a la priorización de los problemas potenciales, mediante el NRP (número de prioridad de riesgo). Calculado de la siguiente manera:

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

Donde:

S: Severidad o gravedad

O: Ocurrencia

D: Detección

Mediante este valor se puede determinar los puntos prioritarios para la búsqueda y toma de acciones en el diseño de un producto/servicio, ya que el análisis del AMFE no sólo toma en cuenta los valores de NRP alto, sino también aquellos en que su índice de gravedad sea muy elevado, aunque su NRP este dentro de los límites.

Un análisis del AMFE se considera para:

- Reducción de la gravedad de los efectos de fallo.
- Reducción de la probabilidad de Ocurrencia.
- Aumento de la probabilidad de Detección.

D. ANÁLISIS DE LA CAPACIDAD DE PROCESO, se puede decir que es un Examen de la variabilidad y distribución inherente de un proceso, con objeto de estimar su habilidad para producir resultados conformes con el rango de variación permitido por las especificaciones.

1. La capacidad de proceso de Corto Plazo.

Puede expresarse como un índice, que relaciona la variabilidad real del proceso con la tolerancia permitida por las especificaciones.

- C_p , Índice de capacidad potencial del proceso, que resulta de dividir el ancho de las especificaciones (variación tolerada) entre la amplitud de la variación natural del proceso.

$$C_p = \frac{ES - EI}{6\sigma}$$

$$C_p = \frac{\text{Variación tolerada}}{\text{Variación real}}$$

- C_{pk} , es otro índice que describe la capacidad real de un proceso que puede o no estar centrado. Puede verse como un ajuste del índice C_p .
El C_{pk} es especialmente aplicable a situaciones que involucran especificaciones unilaterales.

$$C_{pk} = \text{Minimo} \left[\frac{\mu - EI}{3\sigma}, \frac{ES - \mu}{3\sigma} \right]$$

Interpretación de Cpk

C_{pk} siempre va ser menor o igual que C_p	Cuando son muy próximos, esto indica que la media del proceso está muy cerca del punto medio de las especificaciones, por lo que la capacidad potencial y real son similares.
C_{pk} es mucho más pequeño que C_p	Significa que la media del proceso está alejada del centro de las especificaciones.
$C_{pk} > 1,25$	Se considera que se tiene un proceso con capacidad satisfactoria.
C_{pk} cero o negativos	Indica que la media del proceso está fuera de las especificaciones.

2. Capacidad de largo Plazo e índice P_p y P_{pk}

La capacidad de largo plazo se calcula con muchos datos tomados de un periodo de tiempo suficientemente largo como para que los factores externos influyan en el desempeño del proceso y σ se estima mediante la desviación estándar de todos los datos.

Los índices están enfocados en el desempeño del proceso a largo plazo, y no solo a su capacidad.

- P_p , Indicador del desempeño potencial del proceso (Process Perfomance), se lo obtiene de forma similar al C_p , pero usando la desviación estándar de largo plazo (σ_L).

$$Pp = \frac{ES - EI}{6\sigma_L}$$

- P_{pk} , Es un indicador del desempeño real del proceso, que se calcula de forma similar al índice C_{pk} , pero usando la desviación estándar de largo plazo (σ_L).

$$Ppk = \text{Minimo} \left[\frac{\mu - EI}{3\sigma_L}, \frac{ES - \mu}{3\sigma_L} \right]$$

3. Relación entre indicadores de Corto plazo y Largo plazo (Cp y Pp)

Son Índices de capacidad que miden si un proceso puede cumplir con las especificaciones, al calcular una relación entre la dispersión de la especificación y la dispersión del proceso. En general, mientras mayores sean sus valores de Cp y Pp, más capacidad tendrá su proceso. Para calcular los valores de Cp y Pp, se debe conocer los límites de especificación superior e inferior.

- Cp reconocen el hecho de que sus muestras representan subgrupos racionales, lo que indica cómo se comportaría el proceso si se pudieran eliminar los cambios rápidos y graduales entre subgrupos. Por lo tanto, calcula la dispersión del proceso utilizando la variación dentro del subgrupo.
- Pp, por su parte, ignora los subgrupos y considera la variación general de todo el proceso. Esta variación general explica los cambios rápidos y graduales que pueden ocurrir entre subgrupos y, por lo tanto, es útil al medir la capacidad en el tiempo.

Si su valor de Pp difiere considerablemente de su valor de Cp, puede concluir que existe una variación significativa de un subgrupo a otro.

2.5.3. ANALIZAR

Tercera fase de la metodología, Permite enfocarse en las oportunidades de mejora observada en la etapa de medición. Esta fase comienza con la identificación de las causas raíces para entender el problema.

2.5.3.1. LAS HERRAMIENTAS DE MAYOR UTILIDAD EN ESTA ETAPA SON:

A. PRUEBA DE HIPÓTESIS, Es un Procedimiento estadístico para determinar, con un nivel de riesgo prescrito, si un conjunto de datos es compatible con una hipótesis dada. Fundamental en la toma de decisiones, ya que sirve para comprobar si un parámetro de una población cumple con un estándar determinado o bien para comprobar las diferencias existentes entre dos o más poblaciones.

Sirve para comprobar las suposiciones relativas a un modelo, tales como saber si la distribución de una población es normal o si los datos muestrales son aleatorios.

También para determinar el rango de valores que contiene el valor verdadero del parámetro en cuestión con un nivel de confianza declarado.

Sin embargo, puede tener las siguientes Limitaciones:

- Es esencial que las muestras se extraigan de manera independiente y aleatoria.
- El nivel de confianza con el que se realiza la conclusión se rige por el tamaño de la muestra.

B. DIAGRAMA DE CAUSA-EFECTO, el diagrama Ishikawa o Causa Efecto es método Gráfico que representa una relación de un Efecto Vs la posible causa. Existen 3 tipos de gráficos Ishikawa los cuales son:

- **Método de las 6M**, Es el más Común usado en el que se agrupan en seis ramas principales 6M: Método de trabajo, Mano de obra, Material, Maquinarias, Medición y Medio Ambiente. Se considera factores importantes en cada punto o M, de las cuales se obtiene gran cantidad de elementos asociados a un problema. Es de gran ayuda cuando no se conoce un proceso al detalle además de concentrarse en características principales del proceso no del producto.
- **Método Tipo de Flujo del proceso**. La base principal es el diagrama Ishikawa en donde se analiza el flujo del proceso, se considera un proceso alternativo y se consideran problemas que no se consideran al inicio, se pueden detectar cuellos de botellas y descubrir problemas ocultos.
- **Método de estratificación**, la base del desarrollo del diagrama es ir directamente a la causa principales, pero sin agruparlo en las 6M, es decir mediante una lluvia de ideas, pero tomando en cuenta un mínimo de cinco porqués del problema, con el fin de profundizar en la causa. Se genera una lista de causas que se agrupan por afinidad.

Ventaja:

- Proporciona una metodología racional para la resolución de problemas.

- Permite sistematizar las posibles causas de un problema.
- Favorece el trabajo en equipo permitiendo que los trabajadores planten de forma creativa sus opiniones y que la comunicación sea clara y eficaz.

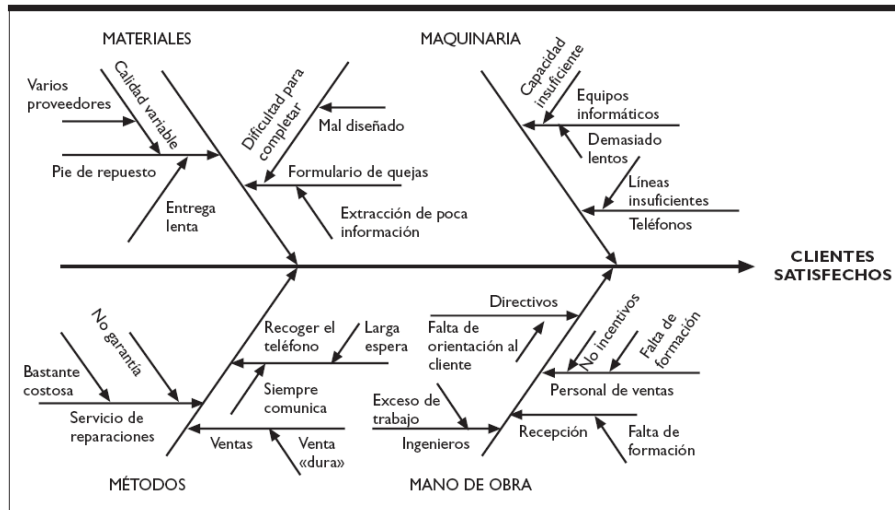


Ilustración 5 Diagrama de Causa-Efecto (Ishikawa).

C. DIAGRAMA DE CORRELACIÓN, Diagrama de correlación o dispersión sirve para determinar si existe relación entre dos variables, normalmente de causa y efecto, se aplica después de la utilización del diagrama causa-efecto, nos permite conocer como al variar una causa probable puede variar el efecto.

- Así podemos encontrar los siguientes casos:

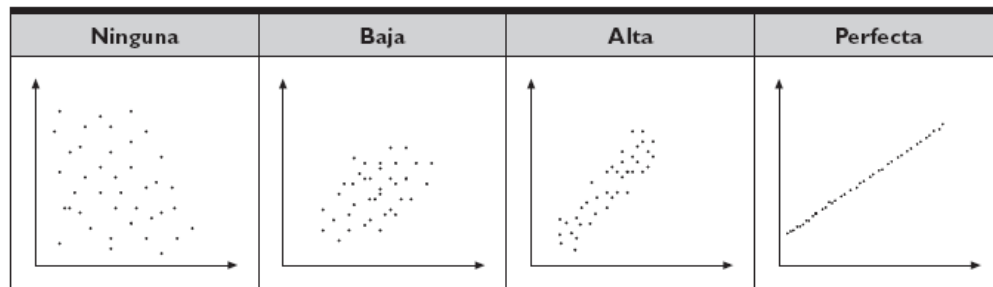


Ilustración 6 Grados de Correlación

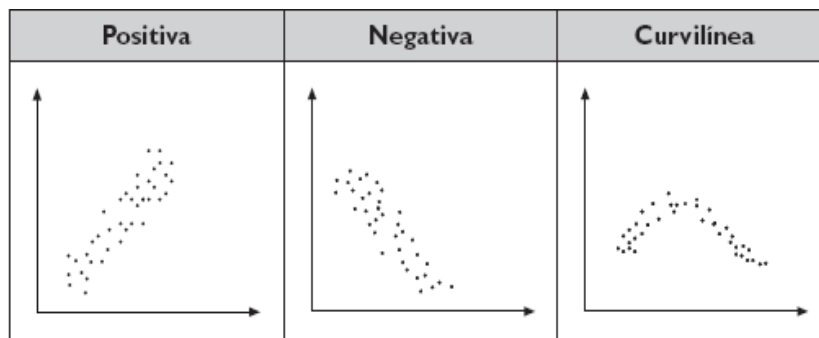


Ilustración 7 Tipos de Correlaciones

D. CORRELACIÓN, consiste en cuantificar al menos aproximadamente, la variación de una variable correspondiente a una determinada variación de la otra. Consiste en dividir el Gráfico de manera que aparezcan secciones y calcular la línea de regresión. Efectuándose los siguientes casos:

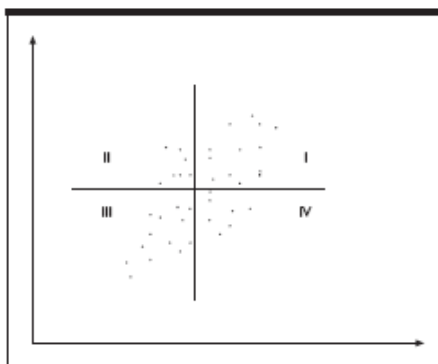


Ilustración 8 Diagrama de Correlación

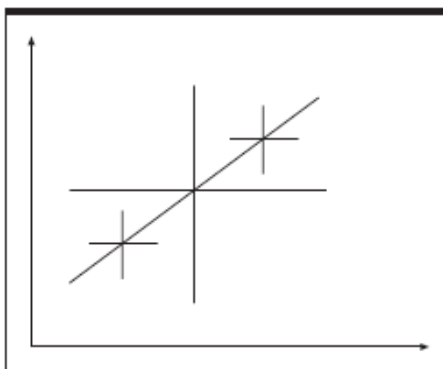


Ilustración 9 Trazado de la Recta de Regresión

2.5.4. MEJORAR

Es la cuarta fase de la metodología y tiene como objetivo proponer e implementar soluciones que atiendan las causas raíces, es decir corregir o reducir el problema.

2.5.4.1. LAS HERRAMIENTAS DE MAYOR UTILIDAD EN ESTA ETAPA SON:

A. LLUVIAS DE IDEAS, o tormenta de ideas es una forma de pensamiento creativo que involucra a todos los miembros de participantes en la resolución de un problema determinado. Es una técnica de gran utilidad para trabajos en equipo en la cual se analizan ideas de varios enfoques para el ataque de un problema.

B. DISEÑO DE EXPERIMENTOS (DOE), Es una técnica utilizada para manipular entradas del proceso a fin de comprender mejor los defectos de salida en un proceso. Son pruebas o secuencias donde se cambian variables que influyen en los resultados de un proceso en análisis. Se utilizan tres etapas o fases:

- **Selección**, mediante lluvias de ideas o una técnica de recolección de información, se seleccionan elementos o factores que se consideren tengan un impacto en la variable de respuesta de proceso.
- **Clasificación**, mediante pruebas de error, correr lotes, corrida piloto se hacen comparaciones de los métodos aplicados, donde se define el que tiene mayor impacto en la variable de respuesta.
- **Optimización**, Es la evaluación que se obtiene mediante la experimentación.

C. ANÁLISIS DE REGRESIÓN, Es la Relación del comportamiento de una característica de interés (variable de respuesta) con los factores potencialmente causales (variables explicativas) para ayudar a comprender la causa potencial de la variación en la respuesta y explicar cómo cada factor contribuye a la variación.

2.5.5. CONTROLAR

La quinta y última fase consiste en diseñar un sistema que mantenga las mejoras logradas, mediante la estandarización de los controles manuales y de vigilancias desarrollando una documentación, u otras alternativas tanto que puedan ser monitoreados.

2.5.5.1. LAS HERRAMIENTAS DE MAYOR UTILIDAD EN ESTA ETAPA SON:

A. DOCUMENTACIÓN, Procedimientos que puedan involucrar al personal, ser de fácil aplicación, y estén disponibles fácilmente para difundir los cambios o soluciones dados para el problema.

B. MONITOREO DEL PROCESO

GRÁFICOS DE CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESO (CEP)

Un gráfico CEP o “gráfico de control” es un gráfico de datos derivados de muestras que se extraen periódicamente de un proceso y se grafican en la secuencia. Se distingue por los “límites de control” que describen la variabilidad inherente del proceso cuando éste es estable.

La función de un gráfico de control es ayudar a evaluar la estabilidad del proceso, y esto se consigue examinando los datos graficados en relación con los límites de control. Se puede graficar cualquier variable (datos que resultan de la medición) o atributo (datos contados).

Para datos de atributos, generalmente se mantienen gráficos de control del número o proporción de unidades no conformes o del número de no conformidades encontradas en las muestras extraídas del proceso.

La forma convencional del gráfico de control para datos variables es el llamado gráfico "Shewhart". Existen otras formas de gráficos de control, cada una con propiedades que son adecuadas para su aplicación en circunstancias especiales.

Las gráficas de control se basan en dibujar estadísticos que se obtienen de muestras tomadas a lo largo del tiempo a fin de detectar y corregir variaciones que puedan afectar al

proceso y a la calidad de los productos terminados. Consiste en valorar si el proceso está bajo control o fuera de control en función de unos límites de control estadísticos calculados.

Tipos de cartas de control, existen dos tipos de cartas de control: variables y atributos.

- **Cartas para variables**, son aplicadas para características de calidad de tipo continuo que se obtienen de mediciones como: volumen, peso, longitudes, temperaturas, humedad entre otros. Los tipos de cartas más usados son:
 - \bar{X} (De medias)
 - R (De rangos)
 - S (De desviaciones estándar)
 - X (De medias individuales)

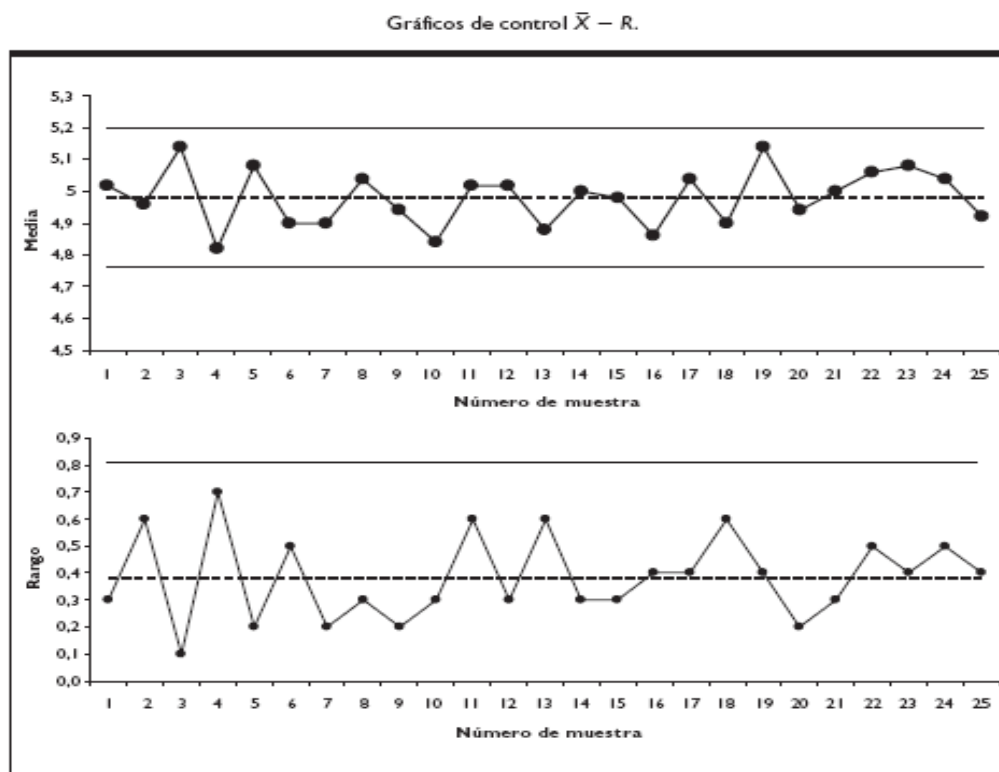


Ilustración 10 Cartas de Control para Variables

- **Carta para atributos**, son aplicadas para características de calidad que no se pueden medir con instrumento, y son del tipo número de defectos o unidades defectuosas. Se tienen las cartas:

- P (Proporción o fracción de artículo defectuoso)
- Np (Número de unidades defectuosas)
- C (Número de defectos)
- U (Número promedio de defectos por unidad).

Gráfico de control p.

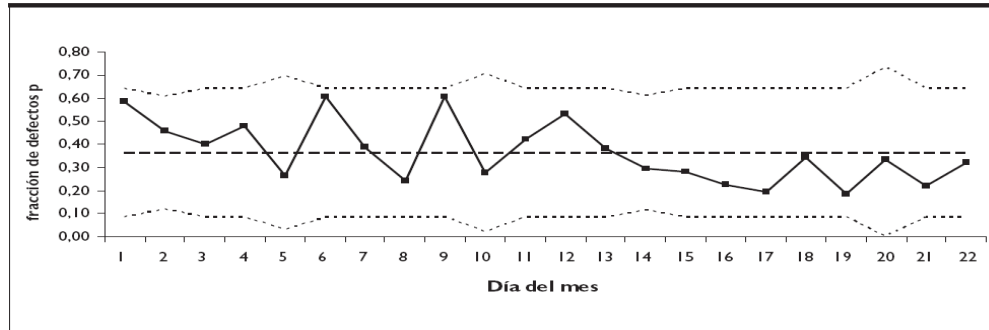


Gráfico de control np.

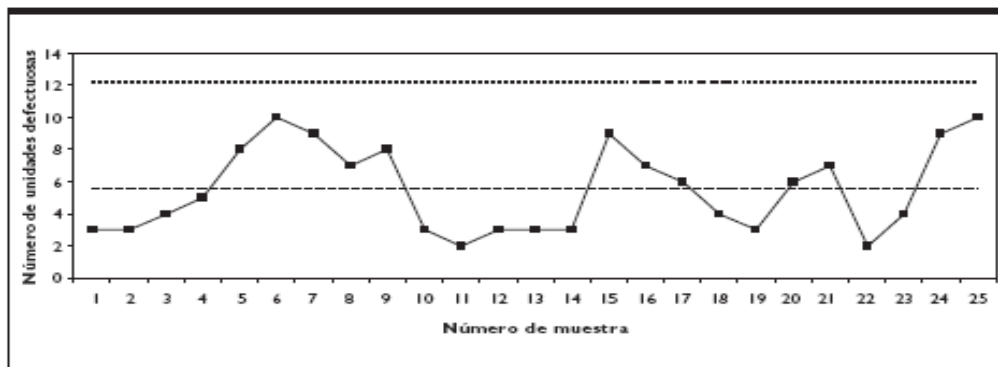


Gráfico de control c.

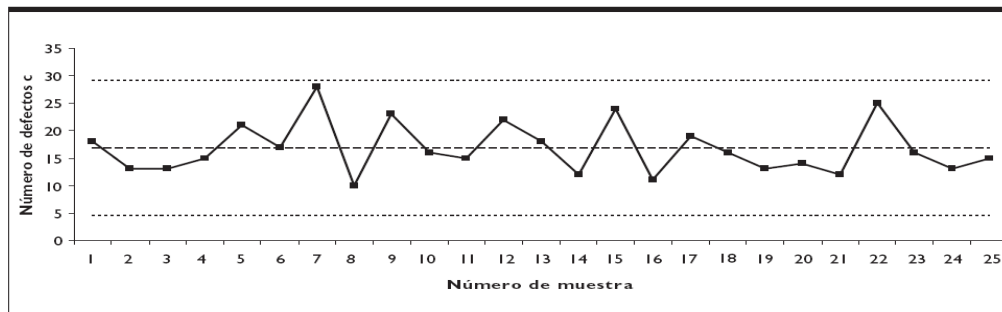


Ilustración 11 Cartas de Control para atributos

2.6. COMPATIBILIDAD DE SEIS SIGMA CON LOS SISTEMAS DE GESTIÓN DE CALIDAD ISO

SEIS SIGMA es un complemento de un sistema de gestión de calidad, No tendría sentido aplicar un proyecto o programa SEIS SIGMA si no existiera un sistema de gestión que sirva de marco, ya que aporta cosas necesarias para el desarrollo de un proyecto como la documentación: los procedimientos, controles de los registros, recogida de datos, instrumentos de medición, entre otros.

Se debe entender que la metodología SEIS SIGMA no es solo una estrategia, más bien es una iniciativa que va dirigida a hacer competitiva a la organización, enfocada al cliente y para el cliente.

Además, un sistema de gestión de calidad requiere la utilización de una serie de herramientas o técnicas que permiten el control y mejora de la calidad, por lo tanto, la ayuden en la resolución de problemas.

Necesidad de técnicas estadísticas en la etapa de medición, análisis y mejora de las normas ISO 9001 e ISO 16949

REQUISITO ISO 9001	NECESIDAD	TÉCNICA ESTADÍSTICA
8.2 Seguimiento y medición 8.2.1 Satisfacción del cliente	Hacer seguimiento y analizar la información relacionada con la percepción del cliente.	Estadística descriptiva; muestreo.
8.2.2 Auditoría interna	Planificar el programa de auditoría interna y el informe de los datos de auditoría.	Estadística descriptiva; muestreo.
8.2.3 Seguimiento y medición de los procesos	Hacer seguimiento y medición de los procesos de gestión de la calidad, para demostrar la capacidad del proceso de alcanzar los resultados planificados.	Estadística descriptiva; diseño de experimentos; prueba de hipótesis; análisis de la medición; análisis de la capacidad del proceso; muestreo; gráficos de CEP;

		análisis de series de tiempo.
8.2.4 Seguimiento y medición del producto	Hacer seguimiento y medir las características del producto en las etapas apropiadas de realización, para verificar que los requisitos se cumplen.	Estadística descriptiva; diseño de experimentos; prueba de hipótesis; análisis de la medición; análisis de la capacidad del proceso; análisis de regresión; análisis de confiabilidad; muestreo; gráficos de CEP; análisis de series de tiempo.
8.3 Control del producto no conforme	Determinar la cantidad de productos no conformes entregados Una nueva verificación para asegurar su conformidad.	Estadística descriptiva; muestreo Estadística descriptiva; diseño de experimentos; prueba de hipótesis; análisis de la medición; análisis de la capacidad del proceso; análisis de regresión; análisis de confiabilidad; muestreo; gráficos de CEP; análisis de series de tiempo.

Tabla 2 Uso de herramientas estadísticas en los Requisitos del capítulo 8.2 Norma ISO 9001

Fuente: El Informe Técnico ISO/TR10017:2003 Orientación sobre técnicas estadísticas para la norma ISO 9001.

2.6.1. NORMA ISO /TS 16949

La Norma ISO/TS16949 es el estándar internacional de calidad para la industria automotriz, fue desarrollado por la IATF (International Automotive Task Force) que se compone de los principales fabricantes de automóviles del mundo. Se basa en la norma ISO 9001 y en normas nacionales de calidad dentro la industria automotriz, promueve la mejora

continua de las organizaciones haciendo énfasis en la prevención de defectos y reduciendo la variación y desperdicios de la cadena de suministros, y se puede integrar fácilmente con las normas que ya están en uso. La norma se aplica a todos los fabricantes en el mundo dentro de la cadena de suministro automotriz, para vehículos, sus partes, componentes o sistemas.

Su sistema de gestión acoplado a la norma ISO 16949 le ayudará a reducir la complejidad y la sobrecarga que requiere la administración de sus distintos programas enfocados a los clientes al mismo tiempo que le facilitará un acceso más rápido al mercado y una mejora en el desempeño global de su empresa mediante:

- Mejora de la reputación Corporativa.
- Mejora de la satisfacción del Cliente.
- Habilidades para ganar más negocios.
- Mejoras en los procesos operacionales y mejor eficiencia.
- Mejora en la gestión de riesgos.

La norma ISO 16949 se basa en los principios de mejora continua, con la cual se gestiona eficientemente la efectividad de la organización.

En el capítulo 8 de la norma ISO 16949, “Medición, análisis y mejora”, se detallan los siguientes requisitos:

8.1.1 La identificación de Herramientas estadísticas, durante la planificación avanzada de la calidad se debe determinar las herramientas estadísticas apropiadas para cada proceso y deben incluirse en el plan de control.

8.1.2 Conocimiento y concepto estadístico básico, Los conceptos estadísticos básicos, tales como variación, control (estabilidad), capacidad del proceso y sobre ajuste deben ser entendidos y utilizados en todos los niveles de la organización.

2.6.2. COMPARACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE MEJORA CONTINÚA CICLO PDCA (PLAN-DO-CHECK-ACT)¹¹ Y METODOLOGÍA SEIS SIGMA DMAIC

Es necesario realizar una comparación de estas dos metodologías. Se conoce que el ciclo PDCA es un método clásico de resolución de problemas, que permite la concesión de la mejora continua en cualquier proceso de la organización y de DMAIC es una metodología más rigurosa de análisis a través de variables críticas.

PDCA	DMAIC
<ul style="list-style-type: none"> • Cambios incrementales de mejora 	<ul style="list-style-type: none"> • Cambios de mejoras a pasos prudente
<ul style="list-style-type: none"> • Necesidades de rápidas mejoras 	<ul style="list-style-type: none"> • Problemas de variación en Productos y procesos
<ul style="list-style-type: none"> • Necesita bajo nivel de Formación estadística 	<ul style="list-style-type: none"> • Requiere alto nivel de formación estadística
<ul style="list-style-type: none"> • Problemas simples 	<ul style="list-style-type: none"> • Problemas complejos
<ul style="list-style-type: none"> • Implementación de experimentos a bajos costos o bajos costos en caso de fallas 	<ul style="list-style-type: none"> • Experimentos con costos altos o costos altos en caso de fallas
<ul style="list-style-type: none"> • Todo tipo de problema 	<ul style="list-style-type: none"> • Problemas de proceso

¿Cuándo se debe usar estas metodologías?

Para realizar una adecuada selección de una metodología de es necesario tener en cuenta las siguientes preguntas.

1. **¿El proyecto es de urgencia?** PDCA es el enfoque apropiado.
2. **¿Está la solución en mente?** El Método de solución es PDCA.
3. **¿Qué riesgos están involucrado con las causas?** Usar el método que mitiga los tipos de riesgos involucrados.
4. **¿Cuántos cambios pueden ser manejable o pueden ser tolerables?** Cambios paso a paso: DMAIC.

¹¹ PDCA (PLAN-DO-CHECK-ACT), conocido como ciclo de mejora continua planificar, hacer, verificar y actuar.

PDCA Vs DMAIC	
Planifica	Definir
<ul style="list-style-type: none"> Reconoce una oportunidad 	<ul style="list-style-type: none"> Define el Cambio
<ul style="list-style-type: none"> Identifica el problema 	Medir
<ul style="list-style-type: none"> Formula una hipótesis 	<ul style="list-style-type: none"> Define corriente del proceso y capacidad
<ul style="list-style-type: none"> Planifica un experimento 	<ul style="list-style-type: none"> Establece sistemas de mediciones de capacidad
Hacer	Analiza
<ul style="list-style-type: none"> Conduce el experimento 	<ul style="list-style-type: none"> Identifica las relaciones claves entre X-Y
Chequea	Mejorar
<ul style="list-style-type: none"> Analiza los resultados de las pruebas y hace con conclusiones concretas. 	<ul style="list-style-type: none"> Realizar experimentos para verificar las relaciones claves
Actúa	<ul style="list-style-type: none"> Implementa mejoras
<ul style="list-style-type: none"> Toma lecciones de lo aprendido 	Control
	<ul style="list-style-type: none"> Establece plan de control

Tabla 3 Comparación de Metodología PDCA vs DMAIC
Elaborado por: autor

2.7. LEAN SEIS SIGMA

Las metodologías LEAN SEIS SIGMA es una combinación de LEAN MANUFACTURING y SEIS SIGMA, combinando sus herramientas de análisis de datos con los principios de optimización de procesos de lean. Enfocándose en soluciones prácticas claras y rápidas de implementar.

Así pues, LEAN SEIS SIGMA es un concepto evolucionado de SEIS SIGMA.

Las Fases. SEIS SIGMA se basa precisamente en el desarrollo de unas fases (DMAIC) de todo proceso, puede equipararse el proceso con la forma en que debe involucrarse la dirección, es decir, por qué no actuar del mismo modo que lo haría un equipo de implantación real. Sirve como base para afrontar cualquier tarea, proceso o gestión.

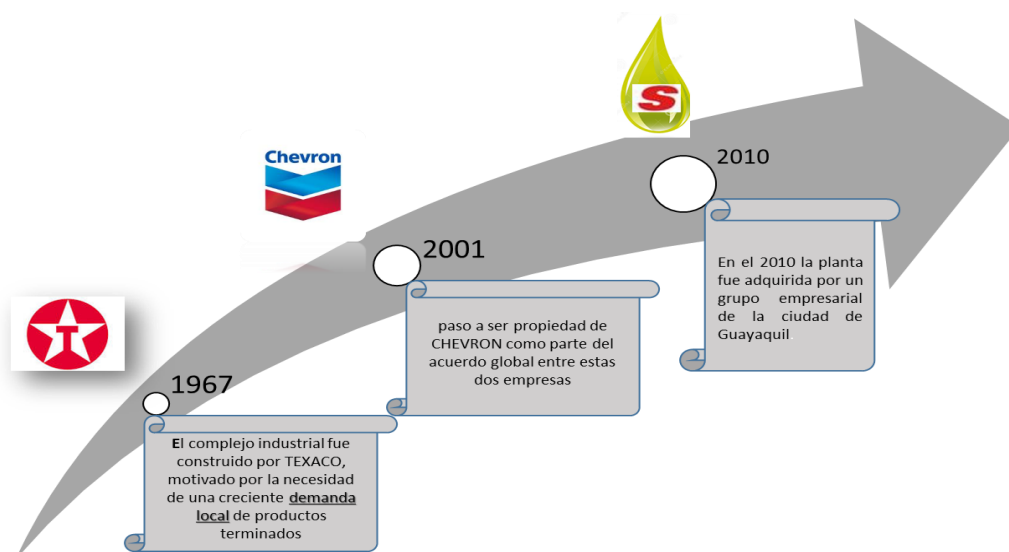
- Definir, que se quiere hacer.
- Medir, tomar datos, cuanto más.
- Analizar, estudiar esos datos.

- Mejorar, si existen los datos y se han analizado correctamente, hay que ser capaces de mejorar el proceso.
- Controlar, realizar su seguimiento. Y por su carácter cíclico vuelve a comenzarse desde el inicio.

CAPITULO III

3. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

La empresa de estudio cuenta con un complejo industrial de 32000 m², es una empresa manufacturera de lubricantes desde 1967. Con gran trayectoria industrial heredada por sus predecesores. En el año 2010 la empresa inicia con una nueva razón social perteneciente a un grupo empresarial de la ciudad de Guayaquil, siendo su actividad principal la elaboración y comercialización de aceites lubricantes.



Consta con la certificación de un sistema integrado de gestión basado en Las normas ISO 9001; ISO 14001 y OHSAS 18001. Además de ser la única empresa en Ecuador calificada por Toyota para la elaboración de su Marca de Aceites lubricantes.

3.1. VALORES EMPRESARIALES

La empresa consta con valores como: el compromiso, el crecimiento, la autoconfianza, la pro-actividad, el liderazgo y la innovación. Factores principales para el desarrollo y crecimiento empresarial.

3.2. COMPLEJO INDUSTRIAL

La planta de manufactura de lubricantes consta con diferentes fases establecidas adecuadamente para el proceso de elaboración, siendo estas: la etapa de Mezclado, Envasado y Almacenado.

Mezclado

El proceso de mezclado se desarrolla mediante dos procesos industriales:

- Mezclado Batch, con una capacidad de 2100 barriles por día.
- Mezclado continuo, con una capacidad de 5000 barriles por día.

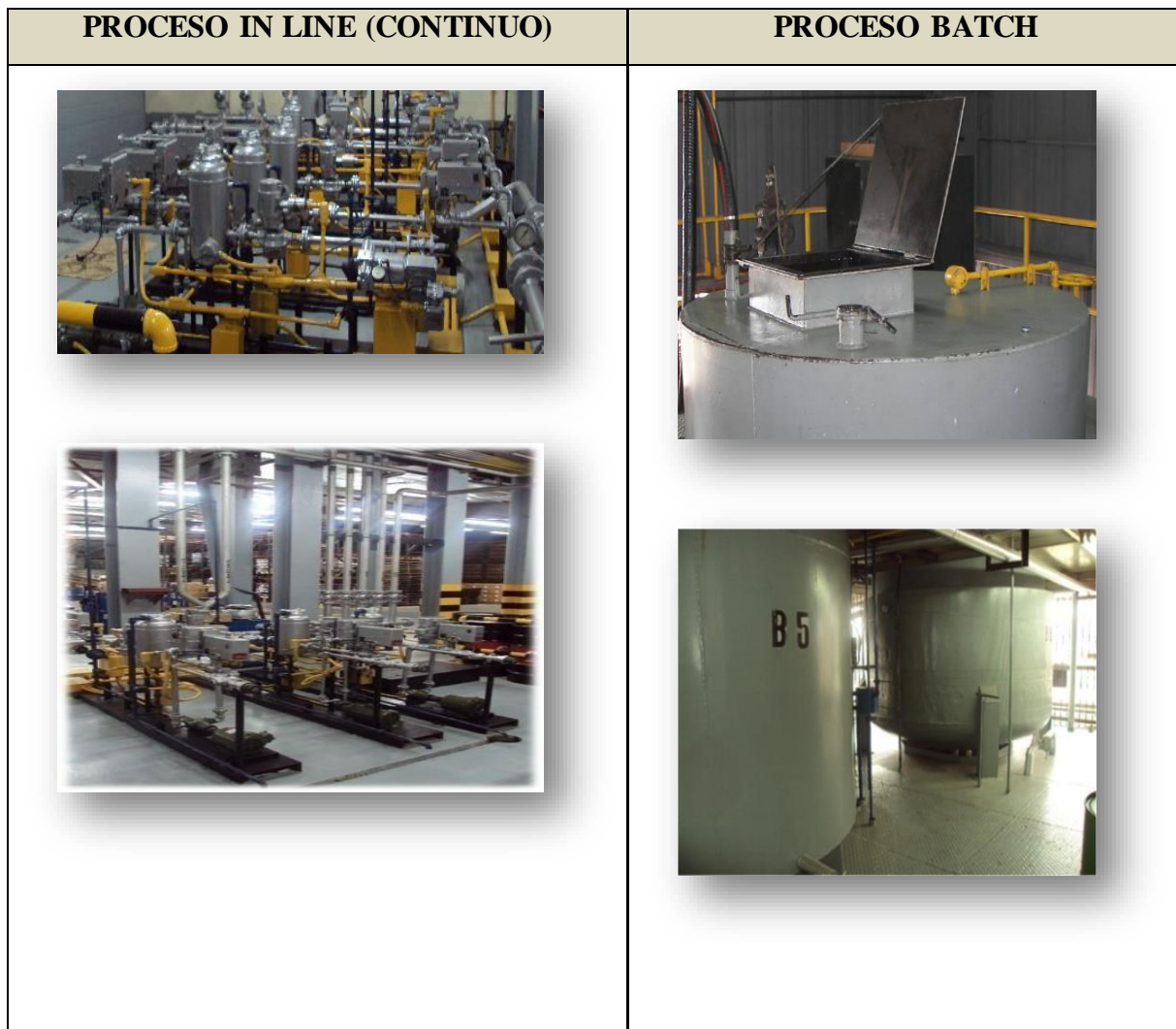


Ilustración 12: Procesos de Mezclados

Envasado: El proceso de envasado consta de 4 líneas:

- Línea de cuarto de galón
- Línea de Galón
- Línea de Baldes con de capacidad de 2,5 y 5 gal
- 2 Líneas de Tambores de 55 galones



Ilustración 13 Línea de Llenado Cuatro de galón

Un área de despacho al granel para:

- Tanqueros
- Tanques IBC

Almacenamiento: un área de bodega de producto terminado con capacidad de almacenamiento 6600 barriles de producto en sus diferentes presentaciones.



Ilustración 14 Bodega de almacenamiento Producto Terminado

La empresa, consta con personal capacitado y equipos que aseguran el cumplimiento de los niveles de calidad requeridos por sus clientes.

Además, consta con un centro de tecnología que brinda soporte técnico en el desarrollo de nuevos productos y formulaciones, preparación de información técnica de los productos y desarrollo de los análisis de control de producción.

PROCESO PRODUCTIVO

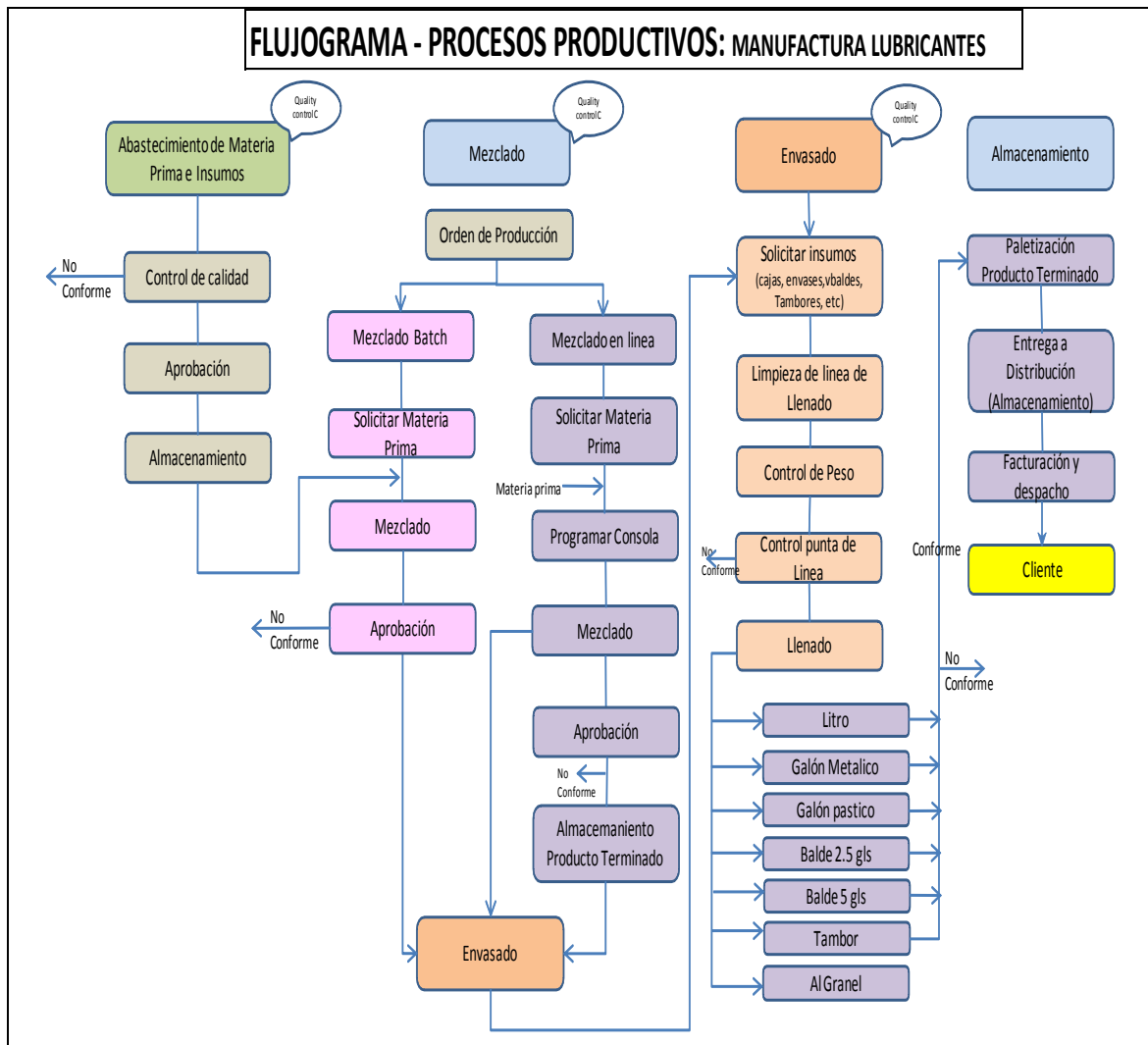


Ilustración 15 Flujograma de Manufactura Lubricantes

3.3. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DE ACEITE LUBRICANTE.

3.3.1. ABASTECIMIENTO DE MATERIA PRIMA.

El abastecimiento de materia prima se realiza en base a un Forecast (estudio de la demanda), el cual es elaborado con información de venta de un promedio de 18 meses, y ajustado con el stock de seguridad, que brinda tiempos de respuestas ágiles para reponer el stock consumido. En cuanto a materia prima e insumos.

1. La recepción del producto base se hace por medio marítimo, trayendo los productos en buque-tanque y siendo almacenados en tanques con la capacidad adecuada para un Producción trimestral.
2. Los productos aditivos llegan por vía terrestre en dos tipos de presentación:
 - Tambores de 55 galones, almacenados en las aéreas destinadas y protegidas para preservar su vida útil.
 - Al granel, son transportado en iso-tanque y almacenados en tanques adecuados para su preservación.
3. Insumos (cartones, envases, tapas, capuchones, entre otros), estas materias son debidamente almacenada en las bodegas de almacenamiento destinadas para su preservación.

3.3.2. ELABORACIÓN

El proceso se lleva a cabo por mezcla de productos básicos con aditivos, por uno de los dos medios de mezclado como son: en Batch (Lote), in line (continuo). En estos procesos se indica las cantidades correspondientes en cada fórmula para su mezcla, tiempo y temperaturas para cada producto. El proceso se desarrolla como se indica en la ilustración 15.

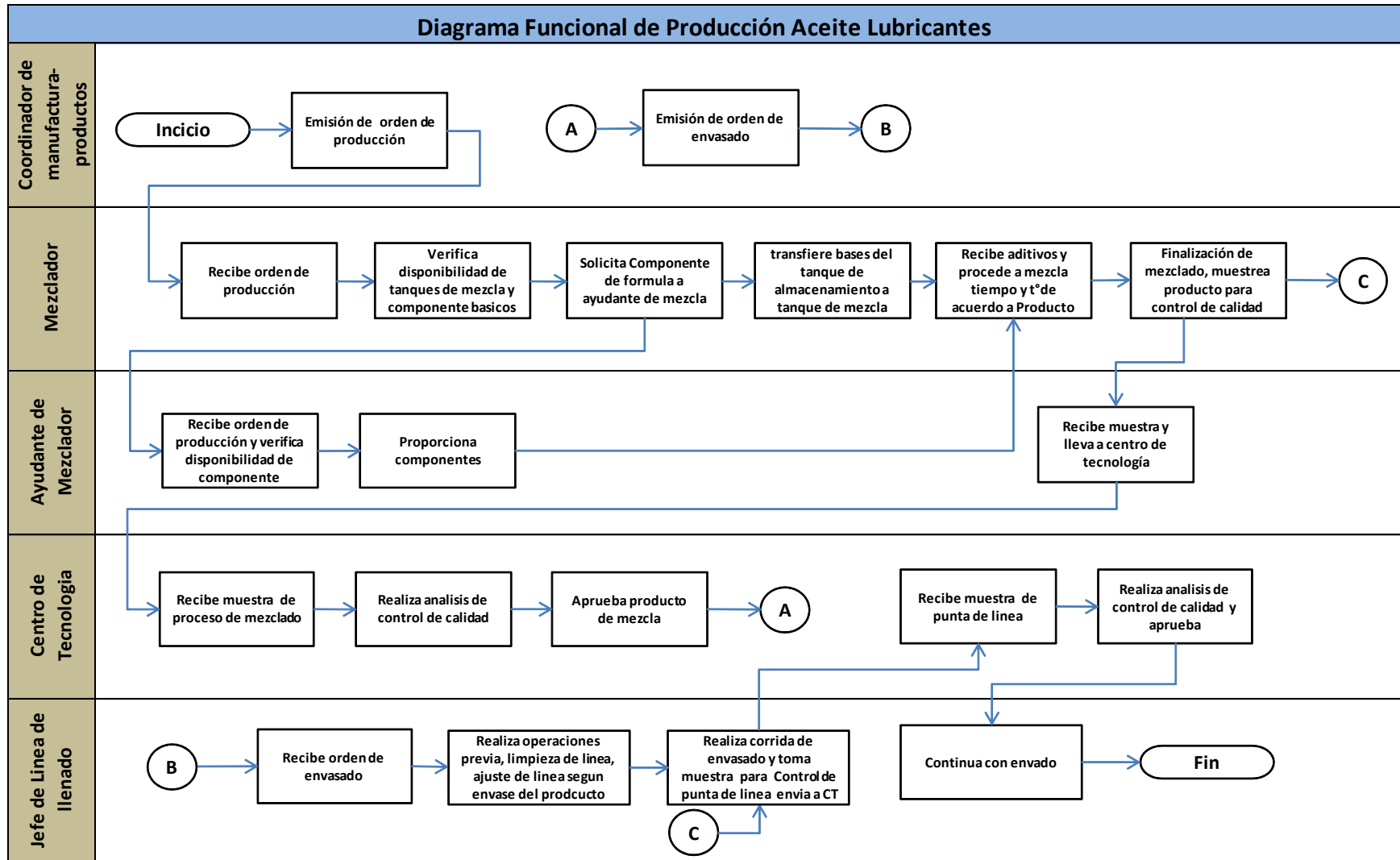


Ilustración 16 Diagrama Funcional de Producción Lubricantes
Elaborado por: autor

3.3.3. ANÁLISIS DE CONTROL DE CALIDAD ACEPTACIÓN DEL PRODUCTO.

Después de la preparación, se realiza un muestreo del producto el cuál es analizado según los parámetros establecidos por la ficha técnica de manufactura de cada producto, siendo el centro de tecnología quien da la aprobación que cumpla con todas las especificaciones del producto terminado según las Normativas Ecuatorianas vigentes y Normas ASTM. Siendo el producto aprobado para el envasado.

3.3.4. ENVASADO DE PRODUCTO TERMINADO.

Con la orden de mezcla aprobada por el control de calidad de laboratorio y confirmado el peso neto del producto, se procede a realizar la orden de envasado, la cual es entregada al jefe de línea junto con el Check list “llenado”, con la cual procede a realizar las operaciones previas como: Ajuste de línea, flusheo de las líneas, ajuste del peso en el equipo.

Este proceso se puede observar en el diagrama de la ilustración 16.

3.3.5. ALMACENADO PRODUCTO TERMINADO

El producto terminado es almacenado en bodegas con capacidad e infraestructura adecuada para asegurar el producto.

3.4. PRODUCTOS LUBRICANTES

Un lubricante es una sustancia sólida, semisólida o líquida de origen animal, vegetal, mineral y/o sintético que se interpone entre dos superficies (una de las cuales o ambas se encuentran en movimiento), a fin de disminuir la fricción y el desgaste.

Los productos lubricantes elaborados se clasifican por sus propiedades siendo para:

Motor	Engranaje	Transmisión automática ATF	Cuatro Tiempos
Hidráulico	Transmisión	Libre de Zinc	Metal working lubricant (Soluble)
Turbina	Básicos	Dos tiempos	Gear Industrial (Vanguard)

3.4.1. PRESENTACIONES.

Los aceites lubricantes tienen diversas presentaciones ya que dependen del tipo de marca que se produzca, teniendo las siguientes presentaciones en el mercado.

Presentación
Litro
Galón Plástico.
Galón Metálico.
Balde 2.5 Gls
Balde 5 Gls
Tambor metálico 55 Gls
Tanques IBC

3.4.2. NIVEL DE PRODUCCIÓN

La planta de lubricante tiene una producción aproximada de:

SKU ¹²	Turno 8h.	Mes	
		(22Dias)	Anual
Caja-Litro	1.800,00	39600	475200
Caja-Galón Plástico	1.600,00	35200	422400
Caja-Galón Metálico	400,00	8800	105600
Balde - Línea 1	1.800,00	39600	475200
Tambor - Línea 1	250,00	5500	66000

Tabla 4 Unidades de Producción Anual SKU
Fuente: Área de manufactura Productos.

¹² **SKU:** Stock-Keeping Unit (Numero de referencia), Indicador usado para dar seguimiento sistemático de o los productos.

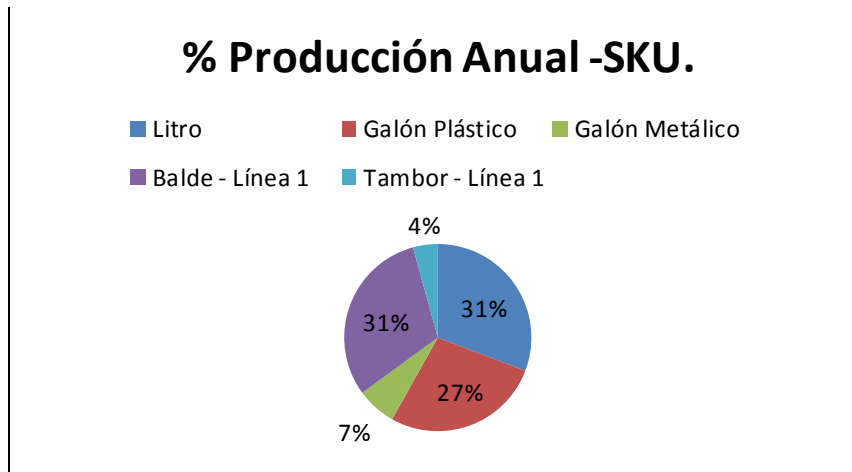


Gráfico 1 Porcentaje de Producción Anual Por SKU
Elaborado por: autor

Barriles	Turno 8h.	Mes (22Dias)	Anual
Litro	128,57	2828,57	33942,86
Galón Plástico	228,57	5028,57	60342,86
Galón Metálico	57,14	1257,14	15085,71
Balde - Línea 1	214,29	4714,29	56571,43
Tambor - Línea 1	327,38	7202,38	86428,57

Tabla 5 Unidades de Producción Anual – Barriles
Fuente: Área de manufactura Productos.

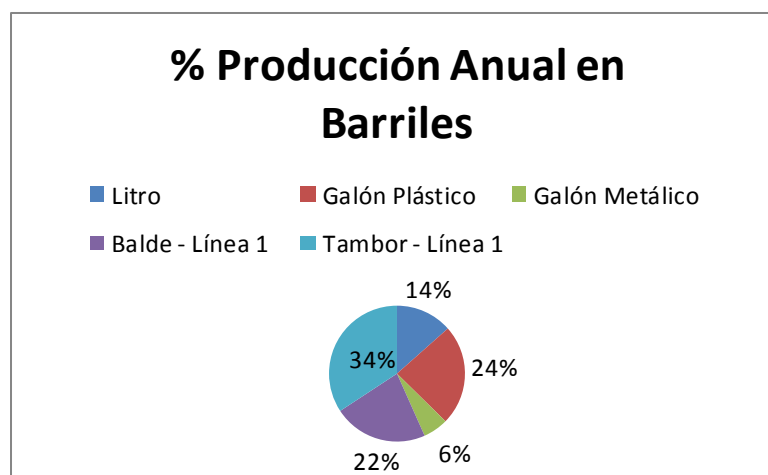


Gráfico 2 Porcentaje Anual de Producción en Barriles
Elaborado por: autor

Las presentaciones gráficas 1 y 2 correspondientes a las tablas 4 y 5, demuestran que la mayor producción representada en barriles son las líneas de tambores de 55 galones y las líneas de baldes ya que son las líneas de mayor volumen.

Sin embargo, el estudio se va a realizar en base a las líneas menores por su mayor rotación y demanda en el mercado. Hay factores de variabilidad en las líneas de envase menores que afectarían económicamente la producción anual, lo que representa el 44 % de la producción total.

CAPÍTULO IV

4. METODOLOGÍA

Como se ha mencionado en los capítulos anteriores, la metodología SEIS SIGMA se apoya en herramientas estadísticas para realizar cada una de las fases en qué consiste la metodología.

Mención aparte merece el hecho de que hoy en día exista software especializado para la aplicación estadística en SEIS SIGMA, como lo es MINITAB, entre otras que desarrollan los cálculos, análisis y gráficos correspondientes.

Así, en concordancia con cada una de ellas. Existen muchas de las herramientas y gráficos que pueden utilizarse en varias fases, pero solamente se indicará las aplicables en este estudio.

4.1. DEFINIR

La Empresa de estudio, es una empresa comprometida con la mejora continua y desarrollo de sus procesos, por lo que la alta dirección ha definido la necesidad de implementar la norma ISO 16949. Como se indicó en el capítulo 1, esta norma define las necesidades de vigilar y controlar sus procesos. Mediante herramientas estadísticas y metodologías de mejora continua.

Se puede decir que los dos procesos principales en la elaboración de un producto lubricante son: Mezclado y Envasado, ya que en estas etapas se pueden producir fallas y errores que afectan el producto terminado por ende las expectativas del cliente.

En la etapa de mezclado, el producto se encuentra debidamente controlado mediante la vigilancia de calidad establecida por la organización, siendo así que las características principales de cada producto cumplen con los requisitos normativos INEN y cuentan con su certificación de Sello de Calidad.

En la etapa de Envasado, especialmente en las líneas menores en el último periodo se han dado incidencias no muy frecuentes, pero que pueden ocasionar pequeñas insatisfacciones

si llegasen al cliente, por ello se desea analizar el proceso de envasado para definir el nivel de capacidad, y estado de control para corregir los problemas.

Resultados esperados al final del proyecto.

- Mejora en los controles de calidad actuales.
- Prevención de falla, mediante control de variables críticas.
- Mejor toma de decisiones, mediante herramientas estadísticas.

4.2. MEDICION

En la primera instancia se analiza la situación actual de las líneas menores mediante una revisión del sistema documental.

Obtenida mediante la información de los Check list (ilustración 17 Check list de llenado), y la bitácora diaria de producción de la producción del 2014 y enero a junio del 2015, se elaboró un resumen de las causas que produjeron paradas en las líneas menores obteniendo los siguientes datos:

Prueba de Atributos en Empaque			
Se ha limpiado y despojado de empaques del anterior producto las líneas de llenado			
Se han verificado la Taponadora, inductora, Túnel			
El tipo de caja es el correcto			
El tipo de envase y texto de etiquetas es el correcto			
Tipo de tapa correcto			
Tipo Flex spout (Unigrip) es el correcto			
Cinta de cajas está correcta			
Cerrado de tapas es correcto			
Sellado de Foil es correcto			
Texto de sello, marcación de cajas OK			
Número de Lote en Termoencogible está correcto			
Número de Lote y fecha en Cuerpo del envase es el correcto			
Peso Neto: _____ Peso Tara: _____ Peso Total por envase: _____ Min: _____ Max: _____			
Control de Equipos			
El Lector de códigos de barra funciona correctamente			
El detector de foil funciona correctamente			
La balanza de la línea funciona correctamente			
La llenadora de la línea funciona correctamente			
El detector de cajas incompletas funciona correctamente			
La palletizadora de cajas funciona correctamente			
Verificaciones Previas al Llenado		Chequeo #1	Chequeo #2
Setup del equipo fue completado, incluyendo el flush de boquillas, de acuerdo a tabla de compatibilidad?			
Buen estado de mangueras y acoples			
Bandeja recolectora de drenaje escurrida			
Muestra para análisis de punta de línea fue llevada al CT (Cuidados con limpieza)			
Producto está OK (Ver lanzador) y se dispone de la Orden de Envase con el peso			
Colocar micraje de elemento de microfiltrado a usarse			
Colocar nombre de producto anteriormente envasado, se escogió el elemento filtrante en base a la tabla de compatibilidad?: _____			
El elemento filtrante presentó alguna Novedad:			
Pruebas de Producto			
El Nombre del Producto está correcto			
El Tanque de Alimentación (Blending) ha sido confirmado			
Se han verificado todas las líneas y válvulas de alimentación			
Se ha drenado completamente la tubería			
Se ha verificado si el holding está vacío o contiene el mismo producto			
La manguera está conectada del tanque correcto			
Se ha confirmado el # de la Orden de Envase			
La apariencia y prueba de agua está OK (Inicio y Final de Orden de Envasado)			
Se han anotado los datos completos en la Pizarra			

Ilustración 17 Check list de Llenado

Fuente: Manufactura

4.2.1. SITUACIÓN ACTUAL.

En la revisión del registro “Bitácora de control de llenado diario” formato en Anexo.1. Se obtuvo la información de los registros de paradas en las líneas menores del proceso de envasado como se muestra en la ilustración 18.

INGRESO MANUAL DE DATOS							VALIDACIONES						
FECHA (DDMM)	LÍNEA	DESDE (HHMM)	HASTA (HHMM)	EVENTO	ORDEN DE ENVAS	MOTIVO	1 Validación de OE	Validación de EVEN	Validación de Moti	2	DESCRIPCIÓN EVENTO	DESCRIP. MOTIVO DE PARADA	MINUTOS
13022015	Litro	1300	1400	C	125475	2	OK	OK	OK		PARADA (Imprevista)	Paro por: Falla cerradora tapas	60
20022015	Litro	1350	1500	C	125560	7	OK	OK	OK		PARADA (Imprevista)	Paro por: Abastecimiento de envases	70
6032015	Galón Plástico	845	915	C	125832	6	OK	OK	OK		PARADA (Imprevista)	Paro por: Daño montacarga	30
20042015	Galón Plástico	1300	1445	C	126883	9	OK	OK	OK		PARADA (Imprevista)	Paro por: Falta de personal	105
21042015	Galón Plástico	1030	1230	C	126886	9	OK	OK	OK		PARADA (Imprevista)	Paro por: Falta de personal	120
20150519	Litro	830	1020	C	127519	7	OK	OK	OK		PARADA (Imprevista)	Paro por: Abastecimiento de envases	110
20150520	Galón Plástico	1500	1530	C	127565	2	OK	OK	OK		PARADA (Imprevista)	Paro por: Falla cerradora tapas	30
20150527	Galón Plástico	1115	1230	C	127732	5	OK	OK	OK		PARADA (Imprevista)	Paro por: Abastecimiento de producto	75
20150605	Galón Plástico	930	1010	C	127918	1	OK	OK	OK		PARADA (Imprevista)	Paro por: Falla llenadora	40
20150608	Litro	1330	1420	C	128029	16	OK	OK	OK		PARADA (Imprevista)	Paro por: Otras razones	50

Ilustración 18 Bitácora Control de Llenado Diario
Fuente: Registros en Excel Manufactura Productos

Mediante la información recolectada se realizó una segmentación de las fallas por tipos, dando como resultados las tablas 6 y 7 correspondientemente para cada periodo analizado.

2014	# paradas	Min
Paro por: Falla cerradora cajas	5	200
Paro por: Falla cerradora tapas	11	705
Paro por: Otras razones	17	755
Paro por: Falla llenadora	4	360
Paro por: Derrame	1	90
Paro por: Falta de personal	5	300
Paro por: Falla paletizadora cajas	1	30
Paro por: Abastecimiento de envases	5	310
Paro por: Falta de Energía	2	150
Paro por: Abastecimiento de producto	1	50

Tabla 6 Registros de Paradas 2014
Elaborado por: Autor

2015	# paradas	min
Paro por: Falla cerradora tapas	2	90
Paro por: Otras razones	1	50
Paro por: Falla llenadora	1	40
Paro por: Falta de personal	2	225
Paro por: Abastecimiento de envases	3	240
Paro por: Daño montacargas	1	30
Paro por: Abastecimiento de producto	2	125

Tabla 7 Registro de paradas enero-junio 2015
Elaborado por: Autor

En la tabla# 8 se muestra el resumen del total de paradas y las horas correspondientes a en cada periodo.

	2015	2014
Total de Paradas	12	52
Total de horas	13,3	49,17

Tabla 8 Total Número de paradas 2014 vs 2015
Elaborado por: Autor

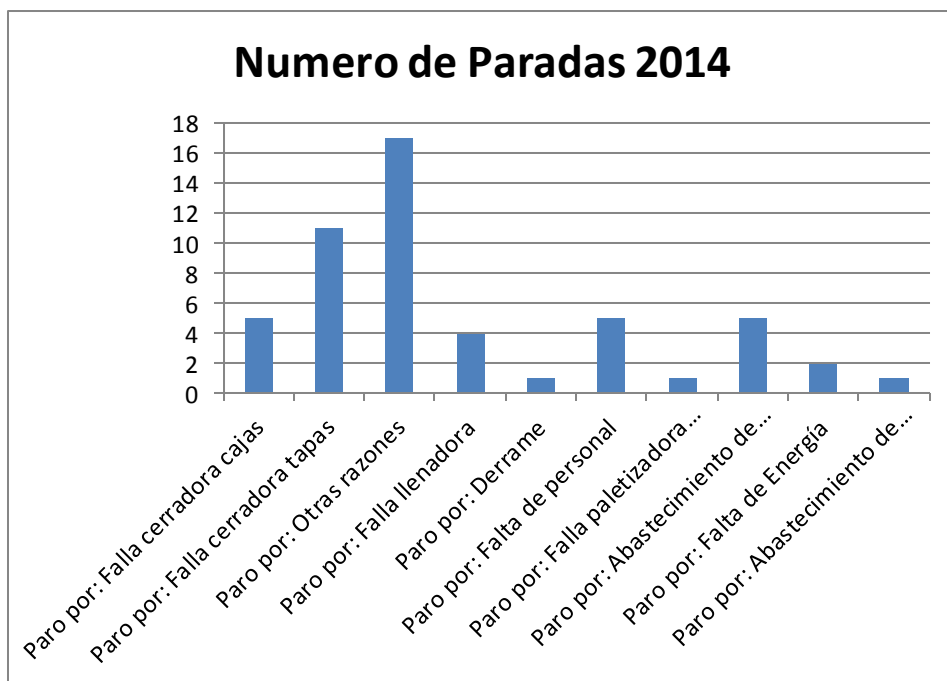


Gráfico 3 Número de Paradas 2014
Elaborado por: Autor

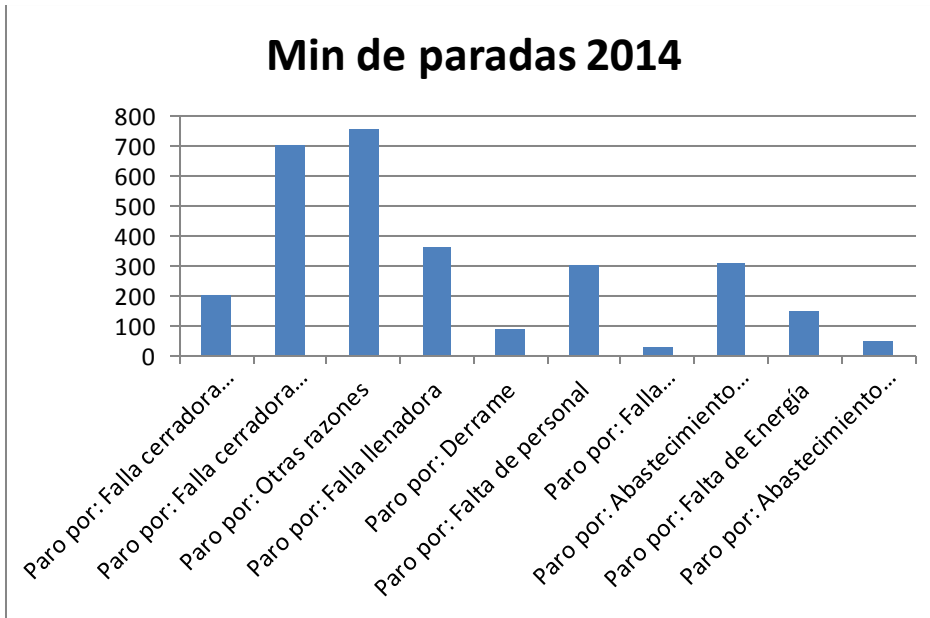


Gráfico 4 Minutos de Paradas 2014
Elaborado por: Autor

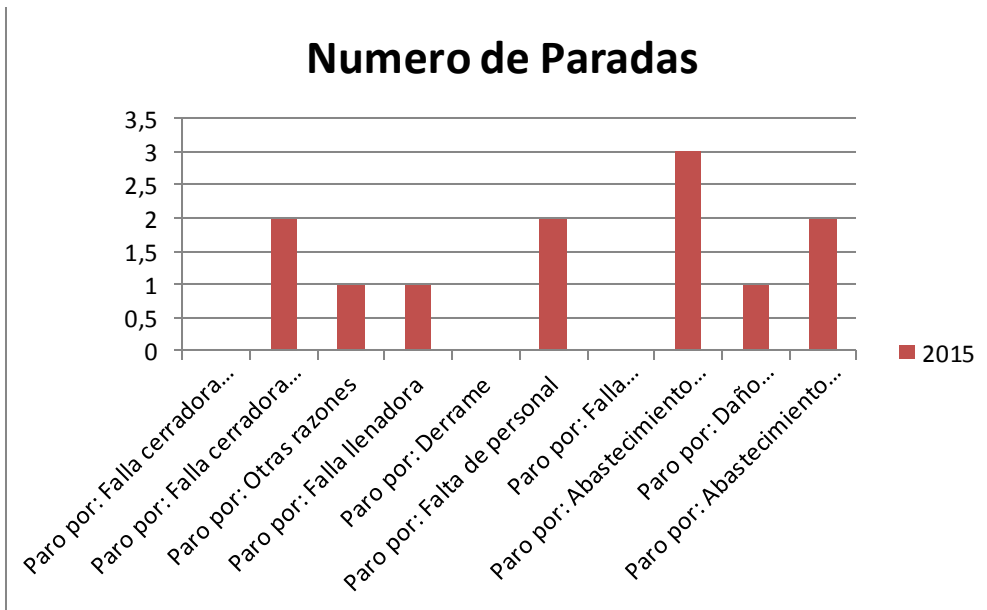


Gráfico 5 Número de paradas periodo Enero-junio 2015
Elaborado por: Autor



Gráfico 6 Minutos por paradas Periodo Enero-junio 2015
Elaborado por: Autor

De los datos del Gráfico # 4, se puede observar que en el periodo 2014 la mayor incidencia y pérdida de tiempo en la línea de envasado fueron las fallas de cerradora de tapas, fallo de cerradora de cajas y por llenadora del producto.

La incidencia por otras razones se descarta, en ella se cuentan las paradas por: Reuniones, Hora de Break, Almuerzo, limpieza de línea.

Tercer y cuarto lugar la falta de personal y abastecimiento de envase.

En el periodo analizado del 2015 se puede notar en el gráfico # 6, que la mayor parte del tiempo perdido y fallas es por falta de personal y abastecimiento de materia de insumos. Además de la frecuencia reducida de las incidencias del 2014.

Incidencias No registradas.

A parte de las incidencias registradas, los operarios realizan operaciones rutinarias de inspecciones a lo largo del proceso de envasado, sin embargo, no se registran todas las no conformidades en el Check list ilustración # 17, por ejemplo, en la línea de litro existe un control de sellado de foil en el cual, si un envase no está bien sellado o la tapa no contiene

el foil, este es separado automáticamente. Esta actividad no es registrada siendo una no conformidad no registrada.

4.2.2. ESTUDIO DE CAPACIDAD Y ESTABILIDAD

Para las líneas de envases menores de galón y litro. La comprobación de los pesos de los envases (volumen envasado), se lo hace mediante balanzas calibradas dispuestas junto a las líneas de envasado para realizar dichas verificaciones, de acuerdo a la Norma técnica INEN 478, Ilustración 19: Tabla 1 “Intervalos de tiempo para la extracción de muestras” y con la frecuencia indicada en el “Check List líneas de llenado”.

Número de productos empaquetados o envasados por hora	Intervalos de tiempo para la extracción de cada muestra
menos de 100	cada 60 minutos
de 101 a 300	cada 20 minutos
de 301 a 600	cada 10 minutos
de 601 a 1 200	cada 5 minutos
de 1 200 y mas	cada 5 minutos

Ilustración 19 tabla 1” Intervalos de Tiempo para Extracción de muestras”
Fuente: Norma INEN 478.

Para el análisis de control de variabilidad de peso de las líneas menores, Se realizó un muestreo sistemático.

El muestreo sistemático, se aplica frecuentemente cuando se desea obtener información para evaluar la calidad de la producción en cadena, ya que la muestra se puede obtener conforme se van fabricando los artículos y no es necesario esperar a tener la producción total. Se realiza cogiendo una muestra inicial al azar y a partir de ahí, las siguientes tomas a intervalos contantes hasta completar los datos requeridos.

Los pesos obtenidos se transforman mediante la densidad del producto en volumen como una variable común entre los productos, se recolectó los datos en un periodo de tres meses (marzo, abril, mayo) hasta que se obtuvieron el total de subgrupos, para lograr manifestar la variación a largo plazo del proceso, en los que se seleccionó un tamaño de muestra de 100 pesos divididos en 25 subgrupos de tamaño 4. Los datos obtenidos se muestran en la tabla 9 para los volúmenes de cuarto de galón y tabla 10 para los volúmenes de Galón.

Subgrupo	Mediciones Volumen (Lit.) Cuarto de Galón			
1	0,9476	0,9528	0,9424	0,9524
2	0,9481	0,9503	0,9461	0,9426
3	0,9457	0,9452	0,9465	0,9493
4	0,9424	0,9423	0,9442	0,9443
5	0,9515	0,9484	0,9493	0,9518
6	0,9421	0,9414	0,9386	0,9495
7	0,9449	0,9476	0,9470	0,9469
8	0,9457	0,9422	0,9442	0,9502
9	0,9471	0,9482	0,9417	0,9452
10	0,9395	0,9484	0,9461	0,9478
11	0,9465	0,9485	0,9488	0,9419
12	0,9462	0,9495	0,9477	0,9473
13	0,9434	0,9443	0,9522	0,9452
14	0,9460	0,9446	0,9488	0,9496
15	0,9487	0,9417	0,9438	0,9478
16	0,9409	0,9419	0,9388	0,9442
17	0,9441	0,9455	0,9430	0,9441
18	0,9409	0,9405	0,9441	0,9467
19	0,9446	0,9435	0,9433	0,9385
20	0,9405	0,9465	0,9460	0,9396
21	0,9458	0,9485	0,9461	0,9517
22	0,9412	0,9445	0,9380	0,9416
23	0,9480	0,9434	0,9458	0,9461
24	0,9451	0,9419	0,9455	0,9384
25	0,9422	0,9421	0,9383	0,9455

Tabla 9 Datos de Volumen línea Cuarto de Galón
Elaborado por: Autor

Prueba de Normalidad de Datos Cuarto de Galón

Con la obtención de los datos para la línea de cuarto de Galón se realizó una prueba de normalidad siendo el valor obtenido de P: 0,811 donde se acepta Ho: los datos siguen una distribución normal.

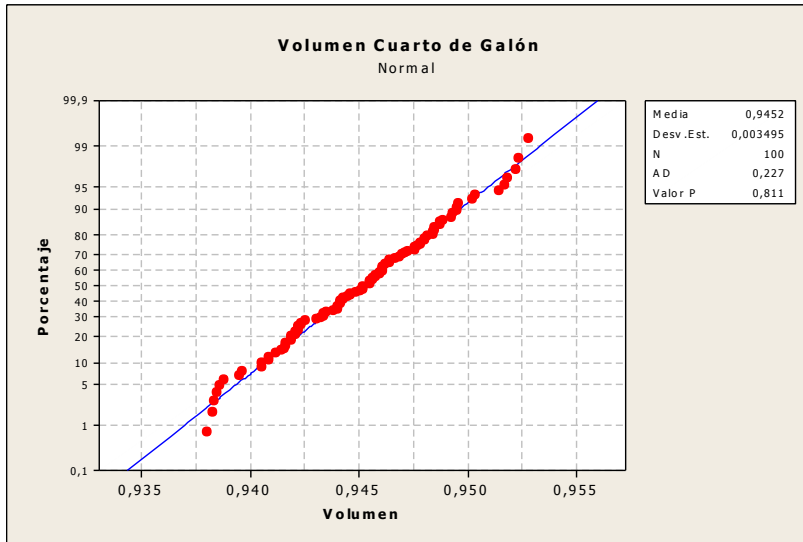


Gráfico 7 Prueba de Normalidad de Datos Línea de Cuarto de Galón
Elaborado por: Autor
Herramienta: Minitab 16

Luego de la comprobación de los datos se procede a realizar un estudio de estabilidad de la línea base para lo cual se utiliza la carta de control X-R, con tamaño de subgrupo 4, los datos obtenidos se muestran en la gráfica 8. Donde se puede apreciar que los datos son inestables en cuanto a su límite central, y podemos apreciar dos puntos especiales: el primero un subgrupo fuera de control sobre el LCS (límite de control superior) y un segundo subgrupo sobre la media que sigue un patrón no aleatorio, siendo estos expresados mediante un índice de inestabilidad.

Índice de inestabilidad (St), proporciona una medición de que tan inestable es un proceso y se define como:

$$St = \frac{\text{Número de Puntos Especiales}}{\text{Número Total de datos}} \times 100$$

$$St = \frac{2}{25} \times 100 = 8\%$$

Obteniendo para los datos de la gráfica 8, un nivel bajo con valor St= 8%.

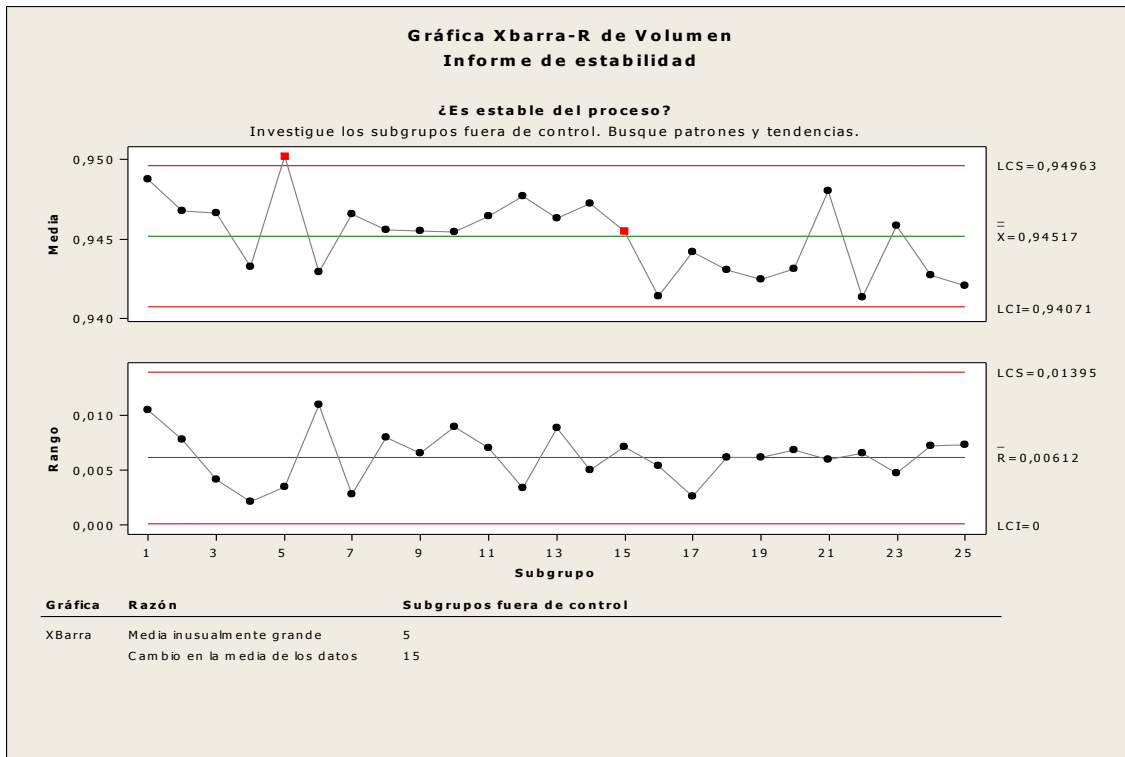


Gráfico 8 Gráfico de Medias y rangos para datos volumen Cuarto de Galón

Elaborado por: Autor

Herramienta: Minitab 16

En cuanto a la capacidad del proceso Gráfico 9 y 10, Mediante las especificaciones de Límite superior y Límite inferior, se puede ver que la capacidad de corto plazo igual $Z_c^{13} = 3C_{pk}$. Siendo el valor de $C_{pk} = 0,97$. Dando un valor de 2,91 sigma, lo cual está por debajo de la meta de SEIS SIGMA.

Así mismo la Variación real o de largo plazo $Z_L^{14} = 3P_{pk}$, donde $P_{pk} = 0,83$. Dando un Valor de 2,49 sigma, los cual está por debajo de los 4.7 sigma. Para un proceso de SEIS SIGMA. Esto en relación de defectos tendría 8270 PPM (Parte por Millón) defectuosas.

¹³ Índice Z_c , Valor del Índice Z en el cual se emplea la desviación estándar de corto plazo

¹⁴ Índice Z_L , Valor del Índice Z que utiliza la desviación estándar de largo plazo

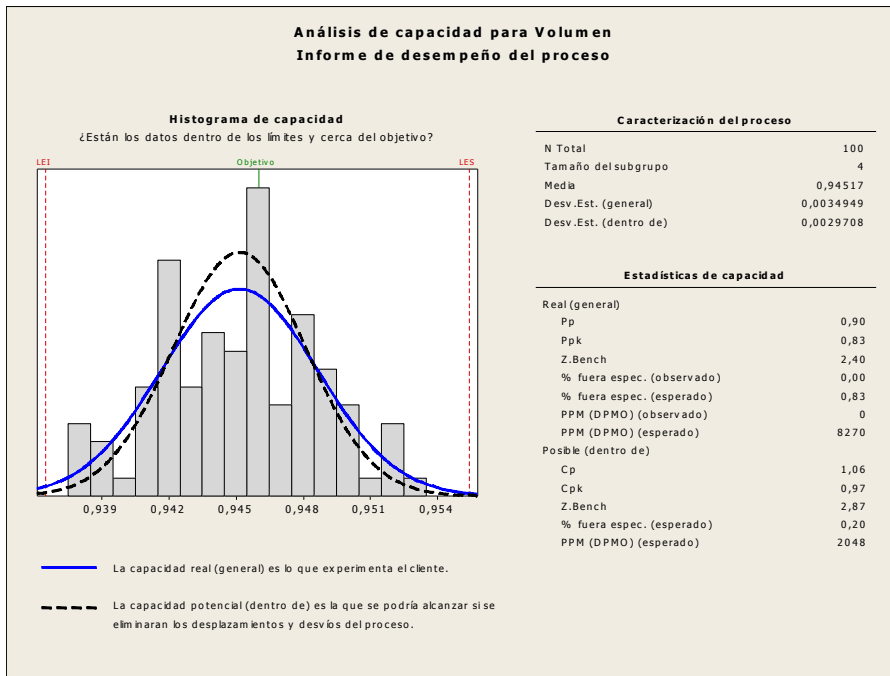


Gráfico 9 Análisis de Capacidad Volumen Línea Cuarto de Galón
Elaborado por: Autor
Herramienta: Minitab 16

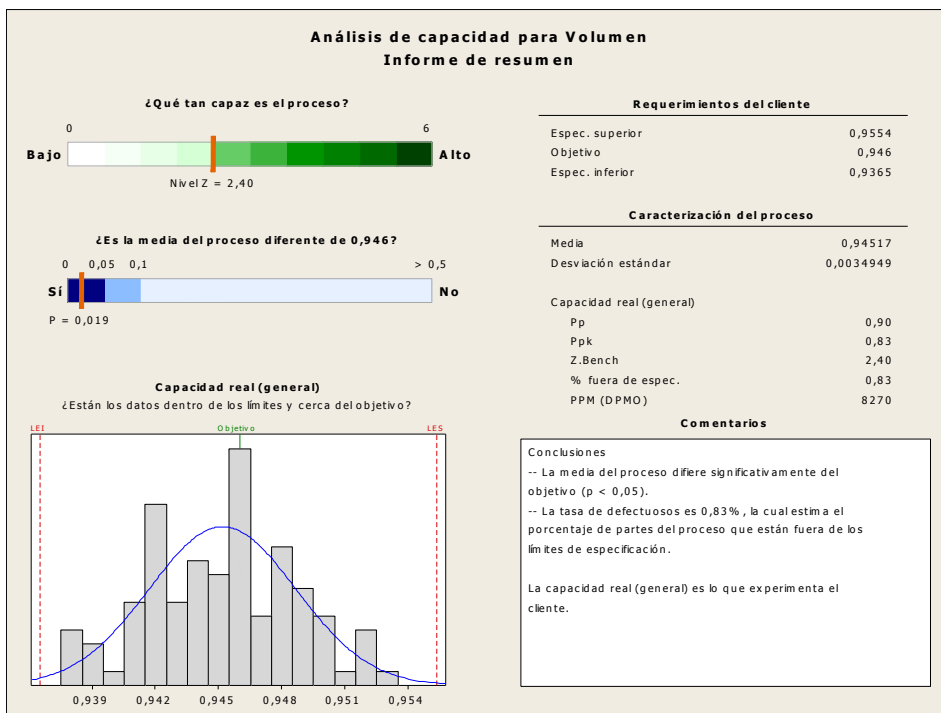


Gráfico 10 Análisis de Capacidad Informe de Resumen
Elaborado por: Autor
Herramienta: Minitab 16

DATOS LÍNEA DE GALÓN

Subgrupo	Mediciones Volumen (Lit.) Galón			
1	3,7792	3,7864	3,7854	3,7860
2	3,7785	3,7790	3,7755	3,7785
3	3,7682	3,7850	3,7784	3,7838
4	3,7866	3,7785	3,7885	3,7850
5	3,7750	3,7745	3,7893	3,7836
6	3,7906	3,7963	3,7854	3,7859
7	3,7665	3,7866	3,7829	3,7850
8	3,7853	3,7866	3,7678	3,7854
9	3,7864	3,7775	3,7885	3,7785
10	3,7621	3,7564	3,7624	3,7507
11	3,7921	3,7878	3,7894	3,8021
12	3,7792	3,7850	3,7735	3,7864
13	3,7856	3,8082	3,7864	3,8092
14	3,7874	3,8135	3,7864	3,7864
15	3,7678	3,7564	3,7621	3,7735
16	3,7785	3,8078	3,7850	3,7785
17	3,7785	3,8021	3,7864	3,7785
18	3,7850	3,7850	3,7792	3,7864
19	3,7850	3,7736	3,7963	3,7793
20	3,7850	3,7735	3,7792	3,7735
21	3,7792	3,7785	3,7965	3,7850
22	3,7793	3,7737	3,7906	3,7906
23	3,7792	3,7785	3,7850	3,7850
24	3,7738	3,7794	3,7905	3,7905
25	3,7906	3,7850	3,7793	3,7793

Tabla 10 Datos de Volumen línea Cuarto de Galón

Elaborado por: Autor

Prueba de Normalidad de Datos línea Galón

Con la obtención de los datos para la línea de Galón se realizó una prueba de normalidad siendo el valor obtenido de $P < 0,005$ donde se acepta la H_1 : los datos no siguen una distribución normal. Como se puede observar en el gráfico 11, Prueba de normalidad Datos línea de Galón.

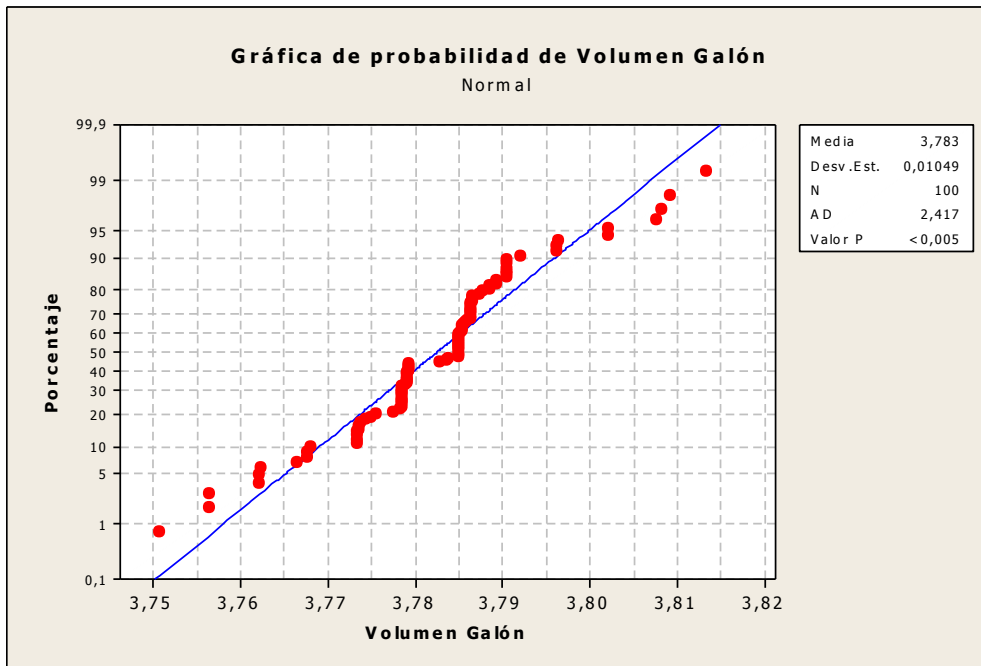


Gráfico 11 Prueba de normalidad Datos línea de Galón
Elaborado por: Autor
Herramienta: Minitab 16

Transformación de datos

En muchos análisis se requieren un supuesto de normalidad. En los casos en que sus datos no sean normales, algunas veces puede aplicar una función para hacer que sus datos sean aproximadamente normales y se pueda completar el análisis.

Transformación de Box-Cox – Este Método encuentra una transformación de potencia óptima. ($W = Y * \text{Lambda}$). Aunque el mejor estimado de lambda podría ser cualquier número entre -5 y 5, en cualquier situación práctica se desea un valor de lambda que corresponda a una transformación comprensible, como la raíz cuadrada (una lambda de 0.5) o el logaritmo natural (una lambda de 0). La transformación de Box-Cox es fácil de comprender, pero es muy limitada y a menudo no encuentra una transformación adecuada. Además, está disponible sólo para datos que son positivos.

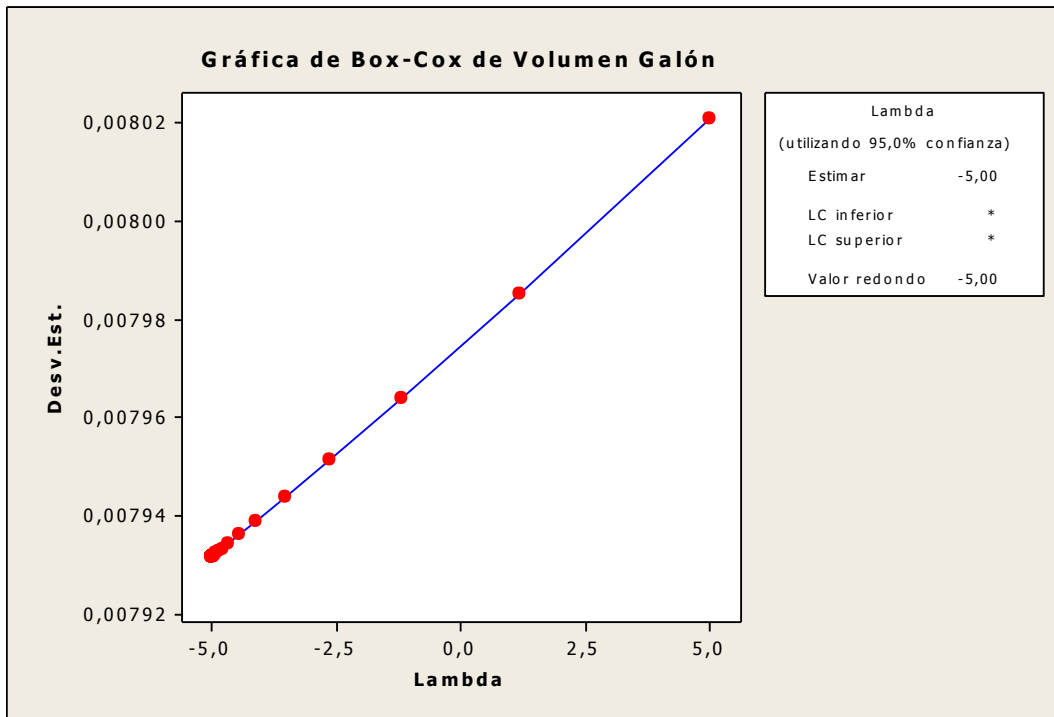


Gráfico 12 Transformación de BOX-COX
Elaborado por: Autor
Herramienta: Minitab 16

Mediante la transformación de datos se obtiene el Gráfico 12, encontrando la distribución adecuada para el análisis de capacidad. En cuanto a la capacidad del proceso, en el Gráfico 13, mediante las especificaciones de Límite superior y Límite inferior, se puede ver que la capacidad de corto plazo igual $Z_c^{15} = 3C_{pk}$. Siendo el valor de $C_{pk} = 1,52$. Dando un valor de 4,56 sigma, lo cual está más aproximado a la meta de SEIS SIGMA.

Así mismo la variación real o de largo plazo $Z_L^{16} = 3P_{pk}$, donde $P_{pk} = 1,15$. Dando un Valor de 3,45 sigma, los cual está más aproximado a los 4.7 sigma. Para un proceso de SEIS SIGMA. Esto en relación de defectos tendría 374 PPM defectuosas.

¹⁵ Índice Z_c , Valor del Índice Z en el cual se emplea la desviación estándar de corto plazo.

¹⁶ Índice Z_L , Valor del Índice Z que utiliza la desviación estándar de largo plazo.

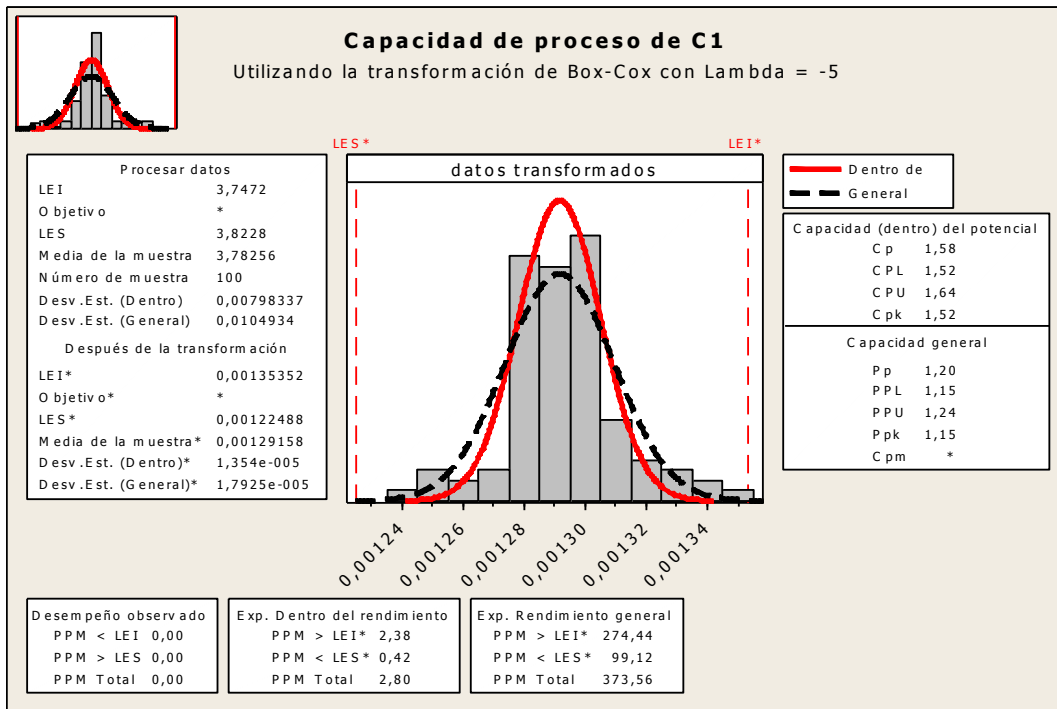


Gráfico 13 Análisis de Capacidad Utilizando Transformación de BOX-COX
Elaborado por: Autor
Herramienta: Minitab 16

Estudio de estabilidad de los datos.

La comprobación de los datos para el estudio de estabilidad de la línea de Galón mediante la carta de control X-R, con tamaño de subgrupo 4, los datos obtenidos se muestran en la gráfica 12. Donde se puede apreciar que los datos son inestables en cuanto a su límite central, y podemos apreciar 3 subgrupos fuera de control siendo:

Los subgrupos 10 y 15 fuera del LCI (límite de control inferior), y el subgrupo 13 fuera del LCS (límite de control superior), esto expresado mediante el índice de inestabilidad da el siguiente valor.

$$St = \frac{3}{25} \times 100 = 12\%$$

Obteniendo, un nivel bajo con valor St= 12%.

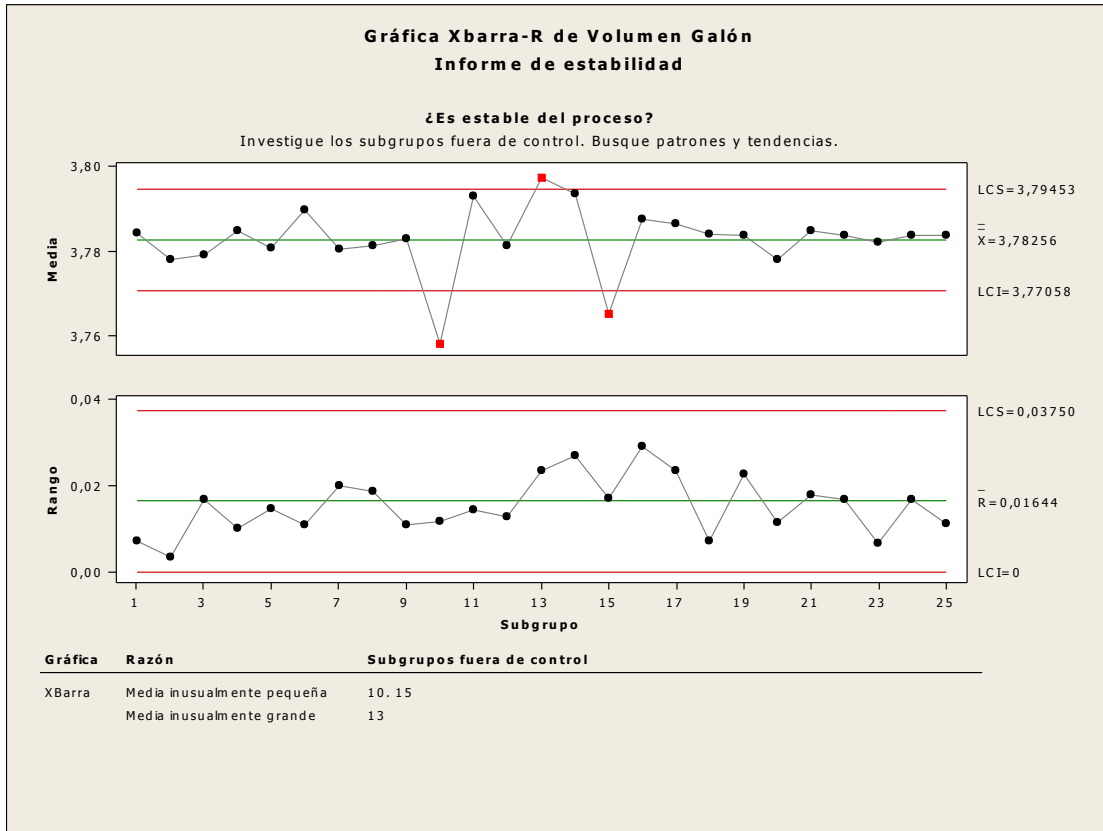


Gráfico 14 Gráfico de Medias y rangos para datos volumen Línea de Galón
Elaborado por: Autor
Herramienta: Minitab 16

Mediante los análisis de los gráficos, como se indicó anteriormente tanto la línea de Cuarto de Galón como la de Galón, están por debajo de la capacidad de una metodología de SEIS SIGMA, aunque su proceso se encuentra estable como se pudo apreciar en las gráficas de control. Existen variabilidades que descentran el proceso. Por lo que si el proceso se centrara podría incrementar su capacidad y obtener la meta esperada de $C_p=C_{pk}=2$. Considerándolo un proceso de SEIS SIGMA.

4.3 ANÁLISIS

Esta fase tiene la base del análisis causal de la situación problema, a partir de la data se inicia un debate que conduzca a encontrar la causa o las causas raíces. Existen múltiples técnicas, muchas de ellas tradicionales y de uso común que facilitan el proceso de análisis, entre ellas.

- Se Realizó una lluvia de ideas de las causas de los problemas, que se encontraron en la fase de medición.
- Se aplicó técnicas de los 5 porqués para algunos de ellos.
- Completando el análisis con diagrama de causa y efecto (Ishikawa o espina de pescado)

A continuación, se presenta un análisis de las fallas en las líneas menores de envasado, que se desarrolló con ayuda de los jefes de las líneas (litro y galón), con el objetivo de identificar las causas principales.

Análisis de Causa raíces

Con las ideas presentadas por ellos se desarrolló el diagrama de Ishikawa, el cual se muestra en la Gráfica 15.

En el análisis mediante el diagrama de Ishikawa se obtuvieron los siguientes factores descritos por las categorías:

Máquina: Se encuentran las siguientes causas:

- **Falta de equipo de inspección de envase**, se refiere a que la inspección actualmente es visual por ende la eficiencia de este control depende de la capacidad de detección de un operario.
- **Falla de llenadora**, esto es debido a la mala calibración o ajuste de las boquillas, y el caso de desgaste por el uso.

Método. Se encuentra la siguiente causa:

- **Inspección de envase deficiente**, Inspección después del llenado es visual por lo que no se tiene capacidad de inspección al 100% del producto envasado.

Materiales. Se encuentra la siguiente causa:

- **Insumos con defectos**, falla del proveedor. Se refiere a que los envases llegan con micro-poros. Lo cual está produciendo Liqueos del producto, debido a la presión sometida en los envases en la etapa almacenamiento.

Maquina. Se encuentra la siguiente causa:

- **Fallas ocasionales de los equipos.** Paradas imprevistas, produciendo retraso en producción.

Personal. Se encuentra la siguiente causa:

- Falta de personal, esto provoca paro de las líneas, líneas improductivas por periodos largos

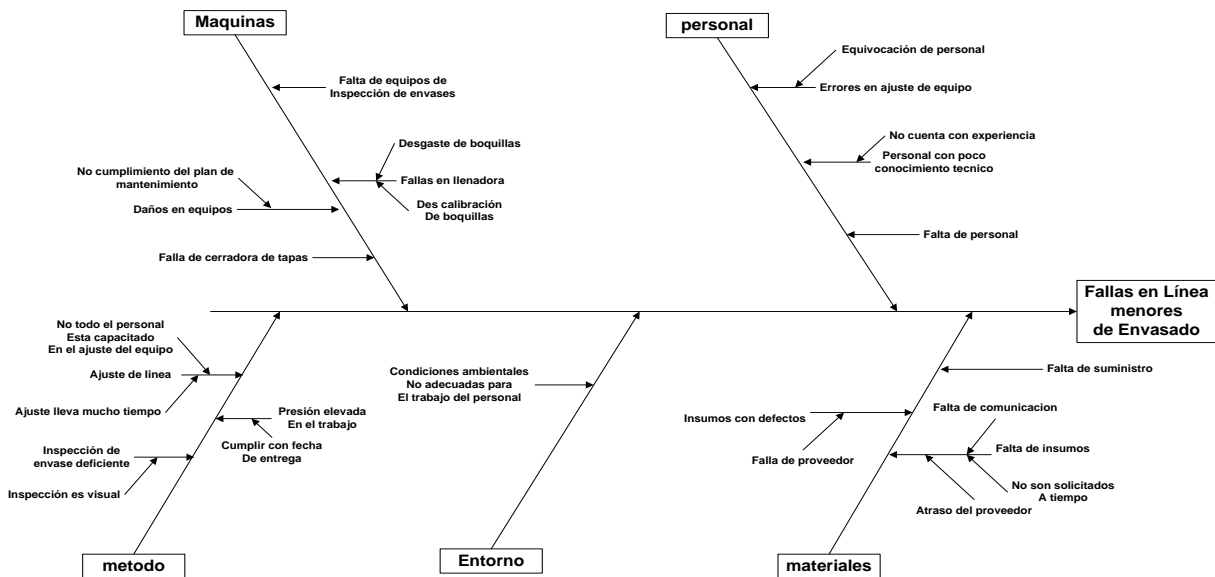


Grafico 15 Diagrama de Ishikawa fallas en líneas menores de envasado

Elaborado por: Autor

Herramienta: Microsoft Visio

Para desarrollar un análisis más profundo sobre las causas y las consecuencias que se tienen en cada posible fallo se desarrolló un diagrama de Análisis Modal Falla y Error. Con el cual será más adecuado en la toma de acciones y en el desarrollo de planes que mitiguen los factores del problema.

AMFE: Análisis de Falla y Error en Línea Menores de envasado.

OPERACIÓN	FUNCION	MODO POTENCIAL DE FALLO	EFEECTO POTENCIAL DE FALLO	GRAVEDAD	CAUSAS PONTENCIALES DE FALLO	OCURRENCIA	CONTROLES ACTUALES	DETECCIÓN	NPR	ACCIONES/ RECOMENDACIONES	RESPONSABLE	DUA DATE	ACCIONES TOMADAS	GRAVEDAD	OCURRENCIA	DETECCIÓN	NPR
Línea de Envasado	Abastecimiento de Empaque	Error de Etiqueta	Atraso en proceso de llenado	3	Factor externo, falla proveedor. Falla en el Lector de códigos de Barras línea galones. No existe lector en línea de litro.	3	Check list de llenado. Verificación visual de los envases.	3	27	Buscar alternativas de lector de código para línea de litro.				3	3	3	27
		atraso de entrega de empaque	Atraso en Proceso de envasado, pérdidas de tiempo y recursos.	3	No seguir pasos de JLAS y BPM.	3	Check list de llenado. Segregación de Producto y Manejo de No Conforme.	3	27		-	-		3	3	3	27
		Error en Cantidad de Llenado	Envases que no cumple peso adecuado.	6	Des calibración de boquillas. Falla de la llenadora.	3	Control de Pesos Envases, Control de Pesos de Cajas llenas. Control de llenado versus mezclado. Segregación de Producto y	4	72	Se lleva un control de peso sin embargo no se lleva control de variabilidad del proceso. Diseñar un sistema de control de proceso variable volumen	Jefe de Manufactura	-		6	3	4	72

						Manejo de No Conforme.											
	Envasado de Producto Terminado	Error en Limpieza envases	Contaminación de producto	6	Producto Final con material particulado.	3	Check list, BPM, Almacenamiento de Envases en bodegas techadas y cajas volteadas.	1	18	Incluir en PACs análisis de conteo de partículas, producto terminado envasado.	Jefe de SSA			6	3	1	18
		Limpieza línea y llenadora	Producto no conforme	8	Limpieza deficiente en proceso de flusheo de líneas y llenadoras. Falta de limpieza, incompatibilidad de producto.	4	Setup, Check list, Procedimientos, JLAs, Análisis de punta de línea. Traza bilidad de cada envase. Segregación de Producto y Manejo de No Conforme.	1	32	N/A			N/A	8	4	1	32
				6	No realizar el cambio del filtro respectivo para el producto a envasar	4	JLAs envasado, Análisis de punta de línea, Formato limpieza de filtros.	2	48	Modificar el cambio de micro filtros a 10 micrones.	Jefe de SSA				6	2	2

				7	Error en conexión de manguera, error en información del lanzador y/o Orden de Envase.	1	Procedimientos, JLAs, Check list llenado, doble chequeo, Control envasado versus lo mezclado. Orden de envase. Análisis de punta de línea. Segregación de Producto y Manejo de No Conforme.	3	21	N/A			N/A	7	1	3	21
		Error en Envasado de producto	Atraso en el Proceso, pérdida de tiempo y recursos. Producto No conforme.	8	Incompatibilidad de Productos.	2	Análisis Punto de línea Trazabilidad de cada envase. Procedimiento en caso de contaminación. Segregación de Producto y Manejo de No Conforme.	3	48	Redefinir la tabla de compatibilidades	Jefe De SSA	-	-	7	2	3	48
				6	Falla en la programación del peso del envase	3	JLAs, Check list envasado-toma de Control de Peso. Doble chequeo de las condiciones previa de envasado.	2	36	N/A			N/A	6	3	2	36

				8	Contaminación durante envasado de tanques de mezcla o tanques pulmón.	4	Procedimientos, JLAS, Check list transferencias, doble chequeo, Control envasado versus lo mezclado, Check list de llenado. Orden de envase.	4	128	Implementación de electroválvulas en tanques de mezcla y pulmones (B1, B2, B3, B4, B5, B6, H-4 y H-5).	Mantenimiento		12/2015	8	4	4	128
Cerrado del Envase	Fallas de sellado de tapas	Cerrado defectuoso, Derrame, Reclamo de cliente	6	Mala calibración de las cerradoras de tapas en ajuste de cambio de línea.	4	Verificación periódica manual de Cerrado de tapas por personal de línea.	2	48	N/A	-	-	N/A	6	4	2	48	
	Fallas en el sellado del Foil	Derrame de producto, reclamo de cliente.	6	No se colocó foil, el sellador no tiene la temperatura adecuada. Mala Calibración del detector de lyner	4	Detector de lyner (foil), mantenimiento preventivo del calentador y detector de lyner.	2	48	N/A	-	-	N/A	6	4	2	48	
	Almacenado	SKU por Pallet	Faltantes en inventario	3	Falla en paletización.	3	Check list, acta de entrega, procedimiento de paletización,	3	27	N/A	-	-	N/A	3	3	3	27

						Procedimientos y JLAS, BPM.											
		Falla de Etiquetado o codificación	Perdida de trazabilidad del Producto	4	Daño de impresor laser,	3	Mantenimiento Preventivo	3	36					4	3	3	36
		Liqueos de productos	Derrame de producto, reclamo de cliente, reproceso	6	Envases con defectos, falla del proveedor	3	Inspección visual en línea de llenado	4	72	La inspección visual no es suficientemente eficiente para detección en línea debido a que las fugas son por microporos, buscar alternativa de inspección	Proyectos			6	3	4	72

Las tablas de puntuación¹⁷ se pueden encontrar en el Anexo 3.

¹⁷ Las tablas de valores de Gravedad, ocurrencia y detección se los obtuvo del libro Control estadístico de la calidad y Seis Sigma, Capítulo 14. 2da edición.

4.4 MEJORAR

Como fue analizado en los capítulos anteriormente, las líneas de envases menores son las de mayor demanda en el mercado, siendo así la línea de envasado de litro y galón de mayor uso diario en la planta de manufactura lubricantes, por lo tanto, se examinaron las incidencias y variabilidades de estas líneas por lo cual según los análisis anteriores puede definir las siguientes oportunidades de mejora:

- falta de insumos.
- falta de personal.
- fallas de llenadora.
- Errores por incompatibilidad del producto.
- Contaminación del Producto por mala manipulación de válvulas.
- Falta de control en la variabilidad del proceso.
- Detección deficiente de falla en los envases

Análisis de Factores.

A) Falta de insumos, El incumplimiento de abastecimiento de insumos es una actividad que no depende en la mayoría de casos de la empresa sino de los servicios de Abastecimiento de los proveedores, la empresa lleva controles como el uso de Stock de seguridad los cuales son planificados en base al Forecast¹⁸ de 18 meses diseñado para el proceso de la demanda de productos.

B) Falta de personal, debido a la implementación de dos nuevas plantas (líquido de Freno, Refrigerante para motor), el personal ha debido rotar para el cumplimiento de la producción en la distinta elaboración de los productos. Lo que ha provocado falta de personal para la operación de todas las líneas de envasado de lubricante, debido a esto se ha tomado medidas para reorganizar la programación de las líneas de envasado.

C) Falla en llenadora, Los problemas o fallos ocasionados en las líneas de llenado usualmente son imprevistos. Como propuesta se desarrollará un programa de capacitación para atención a fallas al personal operativo. Ya que ellos son los líderes de los procesos y

¹⁸ Forecast. Pronostico de demanda en un periodo de tiempo

día a día evalúan la operatividad de la línea, pudiendo percatarse de las fallas que se puedan ocasionar e informar al área indicada para su debido mantenimiento.

D) Errores por incompatibilidad del producto, para evitar productos no conformes por contaminaciones, se Actualizó la tabla de compatibilidad de los productos como se muestra la ilustración 20. Adicional el jefe de SSA encargado del Sistema de Gestión integrado. Y temas de calidad dio charlas de adiestramiento de tabla de compatibilidades el 18 de mayo del 2015¹⁹.

FAMILIA DE ACUERDO A COMPATIBILIDAD	PRODUCTOS Y MEDIDAS SIMILARES													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
BASICOS	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
TURBINA	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
INDUSTRIAL	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
INDUSTRIAL	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
MOTOR	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
MOTOR CONTROL 400	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
MOTOR 1 BIAS DE ENAC	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
MOTOR 2 TIEMPOS	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
INDUSTRIAL ALTO RENDIMIENTO	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
ALTERNANCIA TRANSMISION PLANO	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
MOTOL WAKING OIL	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
PREMIXTA	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
CILINDRO NAPOK TORNEILLO SIN	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D

Ilustración 20 Tabla de Compatibilidades de productos Terminados

E) Contaminación del Producto por mala manipulación de válvulas. En el mes de agosto el área de mantenimiento instaló electroválvulas en los sistemas de los tanques pulmones y H4, H5 para el debido control de un cerrado automático administrado por el coordinador de Manufactura y/o Jefe de Centro de Tecnología personal autorizado.

¹⁹ Charla 18 de mayo tema: Nuevas tablas e instructivos de remanente y Slop, ajunto en anexo 4 control de asistencia.



Foto 1 Electroválvula tanque H5
Fuente: Planta Manufactura



Foto 2 Electroválvula tanque H4
Fuente: Planta Manufactura



Foto 3 Tanques Pulmón H4-H5
Fuente: Planta Manufactura

F) Falta de control en la variabilidad del proceso. De acuerdo a lo analizado anteriormente en las gráficas de control de proceso. La línea litro cumplen con un nivel de 2,4 sigma. Para ello se estableció un sistema de ajuste en el mes de septiembre donde se realizó un mantenimiento de la línea completa.

En el mes de octubre se tomaron los siguientes datos, divididos en 20 subgrupos de tamaño 4 los cuales se evaluaron para determinar el nivel de capacidad.

Subgrupo	Mediciones Volumen (Lit.) Cuarto de Galón			
1	0,941	0,942	0,950	0,943
2	0,945	0,943	0,946	0,948
3	0,944	0,951	0,946	0,944
4	0,945	0,946	0,948	0,944
5	0,945	0,944	0,946	0,947
6	0,943	0,945	0,945	0,948
7	0,947	0,941	0,944	0,946
8	0,945	0,944	0,946	0,947
9	0,943	0,945	0,948	0,950
10	0,946	0,945	0,945	0,944
11	0,946	0,947	0,943	0,946
12	0,945	0,949	0,946	0,948
13	0,948	0,947	0,945	0,948
14	0,945	0,942	0,945	0,949
15	0,941	0,945	0,946	0,945
16	0,949	0,945	0,949	0,942
17	0,945	0,946	0,945	0,949
18	0,946	0,949	0,944	0,942
19	0,947	0,942	0,943	0,949
20	0,946	0,942	0,944	0,943

Tabla 11 Datos después de ajustes línea Cuarto de Galón
Elaborado por: Autor

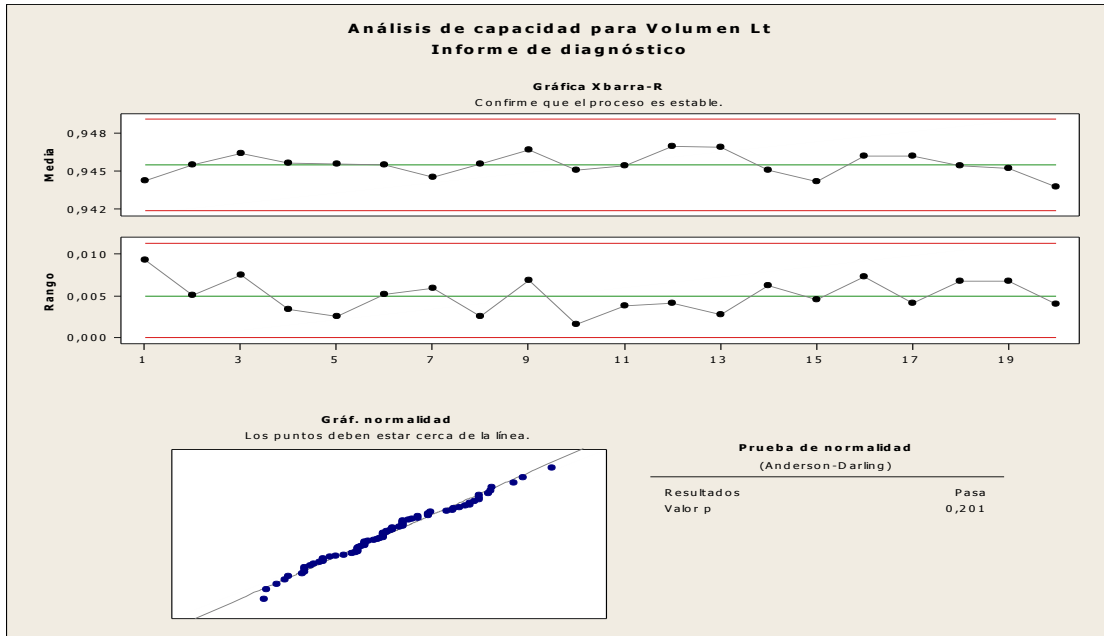


Grafico 16 Análisis de Capacidad línea de cuarto de Galón
Elaborado por: Autor
Herramienta: Minitab 16

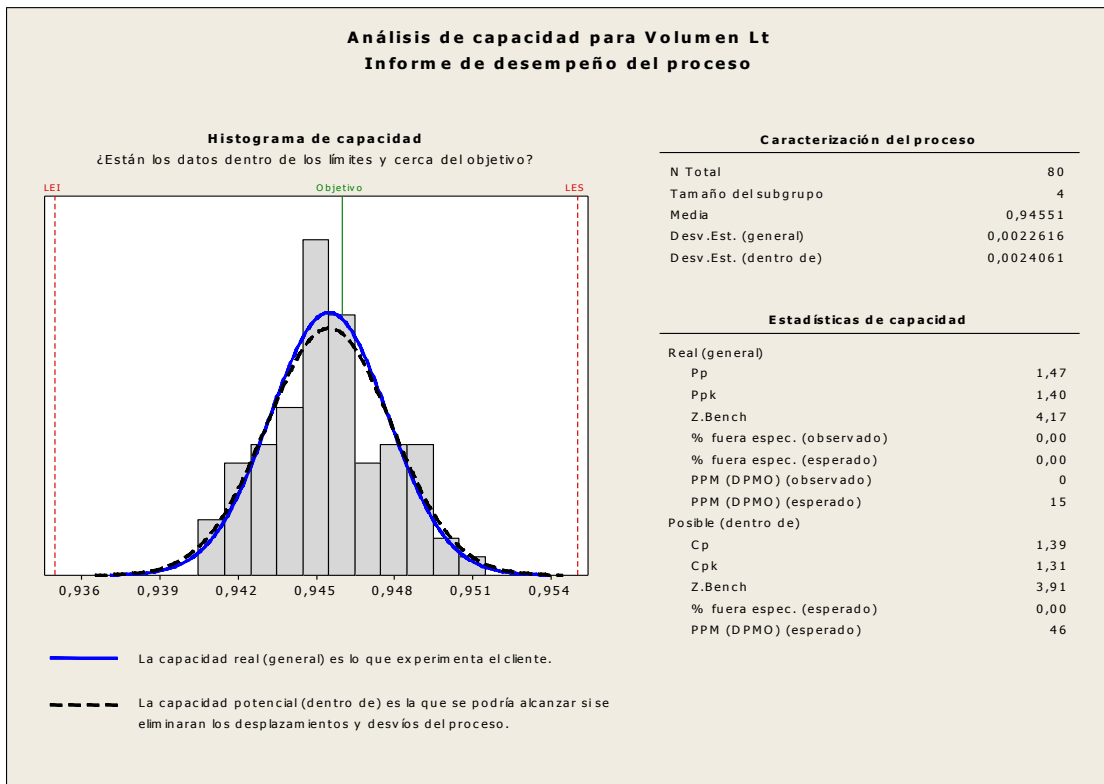


Grafico 17 Análisis de Capacidad línea de cuarto de Galón
Elaborado por: Autor
Herramienta: Minitab 16

Como se puede observar en el grafico 16 y 17, hubo un mejoramiento en la disminución de la variabilidad de la variable crítica volumen. Obteniendo un nivel ZCpk de 3.91 sigma. Y un ZPpk o capacidad Real de 4,17. De mayor cercanía a la meta de SEIS SIGMA.

G) Detección deficientes de falla en los envases, El Liqueo en los envases de productos terminados paletizado, usualmente es producido por los defectos de fábrica que traen los envases, el proveedor actual no tiene control del 100% de inspección de sus productos terminado (envases plásticos), estas falla o producto no conforme hace que en el proceso de almacenamiento existan Liqueos en los productos almacenados en bodega. Produciendo costo de no calidad por reproceso en la etapa de envasado, pérdida de hora hombre y generación de desechos como: Material absorbente (cartón contaminado de aceite) y Envases sucios (envases contaminados de aceite). Para ello se definió la siguiente propuesta de detección

Alternativas de mejora: Propuesta de inspección de envases llenos y fugas por micro-poros mediante Equipo TapTone 550.

El sistema TapTone 550-C es un equipo de inspección en línea diseñado para detector fugas en envases flexibles. Cuando un envase pasa a través del sistema un juego de bandas paralelas aplican una presión a las paredes de la botella. Esta acción presiona el aire en el espacio del cuello del envase, lo cual permite que un sensor ubicado en el área de las bandas a la salida del inspector tome una medición de la resistencia del envase a la presión que las bandas han realizado.

Utilizando una Señal Digital de Proceso (DSP technology), el controlador 550 analiza la medición y le asigna un valor estimado (proporcional a la resistencia encontrada), si el valor estimado está fuera del rango aceptado, una señal de rechazo activa el sistema rechazador.

El TapTone 550-C emplea una interface fácil de manejar para el operador suministrándole por medio de la pantalla táctil una rápida respuesta en ajustes e información de auto diagnóstico para monitoreo continuo del funcionamiento del sistema. Adicionalmente registra información estadística de envases buenos, envases malos rechazados (con fugas) y el histograma del total de los envases inspeccionados.

Características y beneficios del TapTone T550-C para Detección de Fugas:

- Inspección Principal: Inspección de micro poros (>.152 mm/.006 in).
- Inspección de alta velocidad: Hasta 1,200 envases/minuto o 300 pies/min (1.5m/seg).
- Operación vía pantalla táctil
- Una señal de rechazo, Salidas de Alarma
- Utiliza bandas que no marcan la superficie del envase para un manejo suave del producto.
- Codificador de pulsos para rechazo preciso del envase defectuoso.
- Puerto de comunicación Ethernet.
- Histogramas en pantalla para monitoreo de la producción.
- Acceso al sistema protegido por contraseña.
- Sistema Auto-TRAK para ajuste de los Límites Alto/Bajo de rechazo que incrementa la

Costos de Equipos.

Rubro	Costo US
Sistema T550-C	49,900.00
Rechazador	3950
Instalación y adiestramiento	6500
Gastos de envío*	5000
Total	65,350.00

Datos de la cotización en Anexo 2

Ventajas y beneficios.

- Mayor Control de las fugas en los envases.
- Reducción de las actividades de reproceso por Liqueos.
- Ahorro en los costos de no calidad (Gestión de Desechos, re trabajos)
- Control estadístico de los envases rechazados.
- Optimización de la línea de producción.
- Satisfacción de los clientes de manufactura.
- Mayor reputación de la empresa por control de producto.

CAPITULO V

5.1. CONTROL Y ESTANDARIZACIÓN DE LAS PROPUESTAS.

5.1.1. GRAFICAS DE CONTROL PARA LA VARIABLE CRÍTICA VOLUMEN EN LAS LÍNEAS MENORES DE ENVASADO.

Se hace necesario realizar un control de seguimiento y medición de su variable critica volumen.

En el capítulo anterior se realizó un análisis de los datos históricos obtenidos de las líneas mediante el control de peso. Usando la herramienta Minitab sin embargo para la estandarización y aplicación del mismo en la empresa se va a usar solamente la herramienta Excel de Microsoft, debido a su fácil manipulación para los dueños del proceso.

La propuesta consiste en diseñar una hoja de cálculo dinámica en la que se registren los datos de peso obtenido por el control operativo diario, estos datos se transformarán a volumen mediante el cálculo de densidad de producto. Para obtener los datos en la variable Común (Volumen). Esta transformación es necesaria ya que por la diversidad de productos que se elaboran diariamente de distintas marcas y características propias de cada producto como densidad, viscosidad son diferentes.

La hoja de cálculo va constar de las siguientes características:

- Registró Base de datos peso.
- Tabla dinámica para.
 - Filtración por producto
 - Filtración por fecha
 - Filtración por orden de envasado
- Graficas de control.
 - Por producto identificación de límites de control
- Graficas de Control X-S

Hoja de registros de datos, Base de datos

En la Base de datos se deberá colocar la siguiente información: Nombre del Producto, Fecha de Envasado, Orden de Envasado, Peso Neto, Peso de tara (Envase vacío), y la correspondiente toma de datos (15 datos por producto). Esta información es recolectada mediante el registro de control de peso que lleva las líneas y es adjuntado en las órdenes de envase.

Producto	Fecha Envasado	Orden	Peso Neto	Tara (g)	Ref. (g)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Hav 4T 20w50	20150311	125964	831	63	894	900.4	892	901.6	893.5	897.3	891.3	899	898.1	895.3	893	895.4	894.9	894.8	896.4	893.7
Hav 4T 20w508	20150311	125984	831	63	894	892.4	890.5	893.5	892	894	896.8	893	890.7	896.7	889.6	890.6	893.7	890.7	892.4	897.7
UraLa 3-40	20150312	126012	835	63	898	899.7	897.3	897.4	899.2	896.3	899.1	899.1	897.9	904.7	895.7	899.3	897.6	900.6	897.2	895.2
Hav Prem 40	20150316	126103	834	63	897	900.1	896.8	899.4	904.6	900.2	894.2	902.3	896.7	896.4	900.3	893.7	895.7	893.8	894.3	894.3
Hav Prem 40	20150316	126123	834	63	897	894.7	895.5	893.3	895	895.7	894.8	894.7	894	896.2	895	893.2	895.6	899	897.8	895.1
Hav Prem 40T1	20150317	126124	834	63	897	896.3	893.3	896.4	899.5	897	897.7	895.2	901.4	899.9	898.8	898.2	898.3	900.1	898.6	902.5
Hav Prem 40T2	20150318	126184	834	63	897	896.6	894.3	901.1	894.4	899.6	902.3	894.4	902.5	899.9	901.3	903.1	903.1	893.7	893.6	903.5
Hav 4T 20w50M4	20150323	126277	829	63	892	887.8	890.4	896.9	894.7	897.5	895.9	892.2	891.9	887.9	896.7	888.4	887.6	893.8	896.8	892.4
Hav Prem 40T5	20150324	126304	834	63	897	902.4	899	899.7	894.2	903	894.6	903	900.3	893.6	896	898	900.9	892.8	901.5	896.1
Hav 4T 20w50	20150402	126529	828	63	891	892.1	891.7	896.6	890.9	898.1	896.6	891.9	892	892.3	897.2	890.3	889.9	895.2	896.9	899.1
Hav 40	20150406	126572	834	63	897	903.6	898	894.4	900.9	895.7	893.5	903.3	897	894.3	894.9	903.5	896.1	893.8	895.7	899.3
UraLa 3w40	20150408	126621	828	63	891	894	891.1	899	885.1	897	897.5	888.8	887.3	894.9	894.3	888.2	894.2	888.1	891.2	895
UraLa 3-40	20150414	126734	835	63	898	896.9	900.2	896.8	906.7	901.2	905.4	895.7	896.5	903.5	897.3	896	899.4	896	905.3	897.6
Hav Prem 40	20150415	126692	832	63	895	901.2	895	892.9	891.4	895	899.8	899.8	897	902.7	896.3	902.7	897	902.7	899.5	901.7
Multipack 75w85	20150415	126753	824	63	887	885.8	889.7	890.9	886.2	885.3	889.6	887.3	889.1	890.5	887	885.8	889.4	890.1	887.7	888.8
Hav 4T 20w50	20150415	126799	828	63	891	895.7	889.4	893.4	887.3	895.7	889.5	893.4	887.2	889.1	892.8	898.6	893.1	887.9	893.1	893
Hav 4T 20w504	20150420	126885	828	63	891	890.4	889.6	890.7	891.8	888.5	893	889.5	888.4	889.6	893.5	889	898.3	892.2	891.8	894.5
Hav Prem 40	20150505	127257	833	63	896	898.5	896.7	897.8	896.6	902	903.4	897.2	898.5	892.3	893.1	892.7	900.6	894.5	893.4	893
Hav. 20 w50	20150506	127263	829	63	892	894.6	889.8	890.2	895.4	895	889.4	889.1	895.3	888.6	888.2	896.5	890.3	898.2	892	898.8
UraLa 40	20150506	127274	833	63	896	892.3	893.8	893.6	894.8	897.2	895.1	900	893.9	898.3	896.1	893.9	900.9	894.7	893.1	894.1
Hav 4T 20w50	20150511	127354	828	63	891	891	890.9	887.6	895.1	896.7	887.8	887.4	890.8	893.7	888	891.1	887.9	887.5	894.2	890.3
UraLa P. TDX 15w4	20150427	127084	828	63	891	887.5	893.1	896.4	890.1	895.9	889.6	893.1	888.9	894.5	888.4	893.6	892.8	888.6	892.3	894.6
Hav. 4T 20w50	20150513	127410	829	63	892	887.8	892.4	893.5	891.7	888	894.2	891.4	894.6	888.3	894.5	888.6	890.5	888.1	893	897.8
Hav. Prem 40	20150518	127519	831	63	894	890.1	893.5	892.6	901.3	900.5	891.7	894.1	895.4	897	893	891.5	891.9	894.4	893	891.3
Hav. Prem 40	20150519	127561	831	63	894	896.9	891.5	896.8	891.5	896.9	896.3	893.2	892.1	902.1	895.9	894.6	900.9	898.8	893.6	893.6

Ilustración 21 Hoja de Carta de Control Envasado. Base de Datos

Fuente: Autor

Base de datos en Volumen.

Con la información de peso de la base de datos en la hoja datos Volumen, se realiza la transformación automática de los datos en peso, mediante el cálculo de densidad del producto, en esta hoja se desarrolló la filtración por: Producto, Fecha, Orden. Y consta de una gráfica de control para la variabilidad Crítica del proceso.

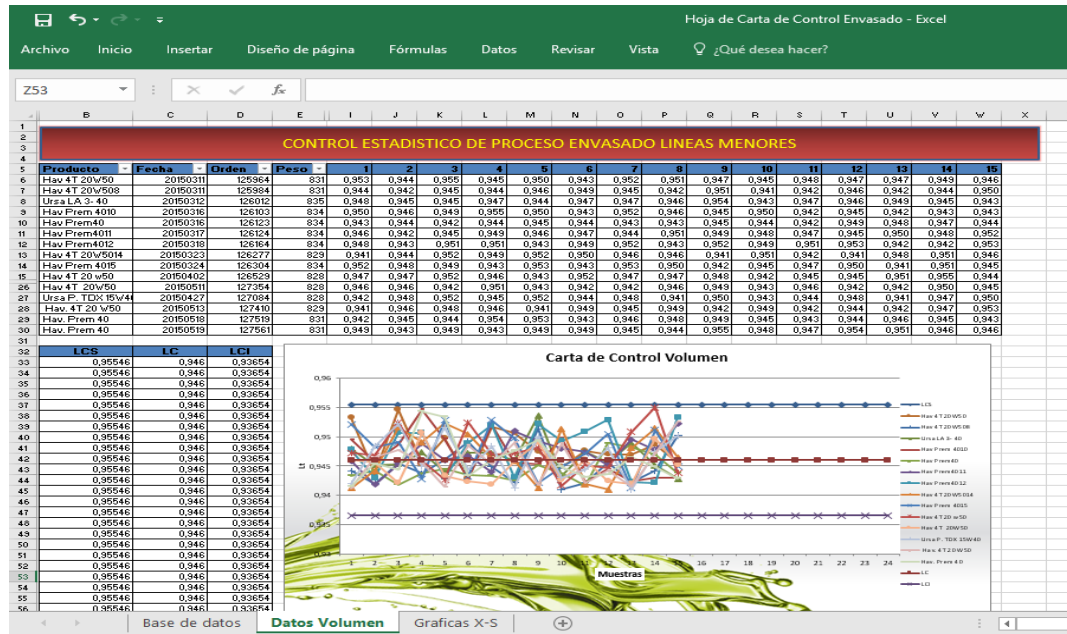


Ilustración 22 Hoja de Carta de Control Envasado. Base de Datos
Fuente: Autor

Ejemplo: Datos filtrados por Productos

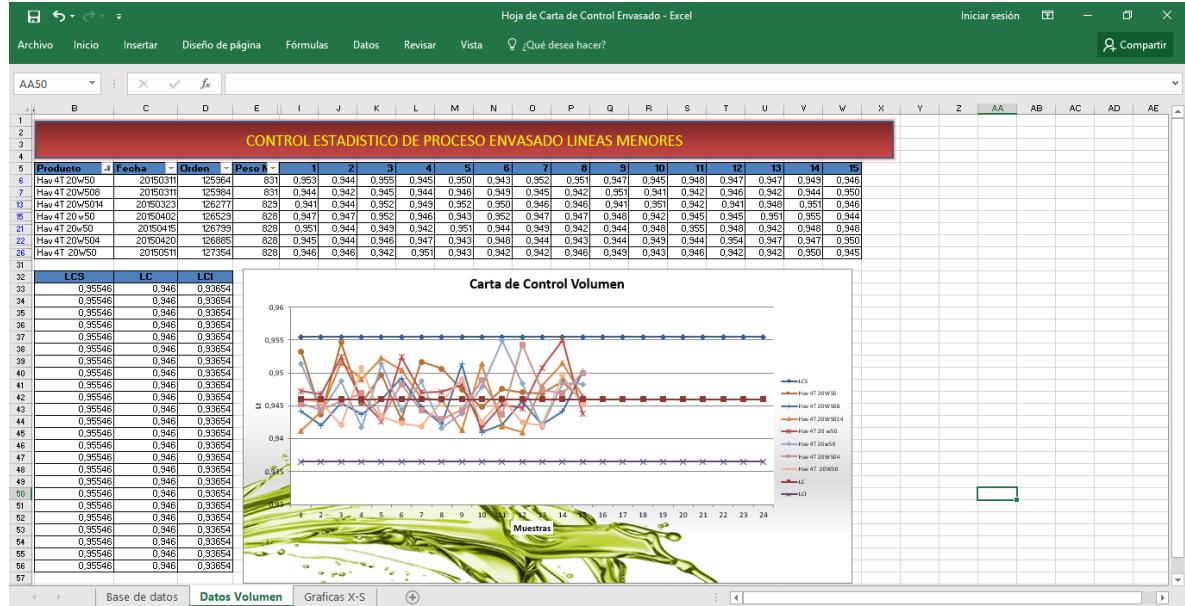


Ilustración 23 Hoja de Carta de Control Envasado. Datos Filtrados por Productos
Fuente: Autor

Datos Filtrados Por Orden:

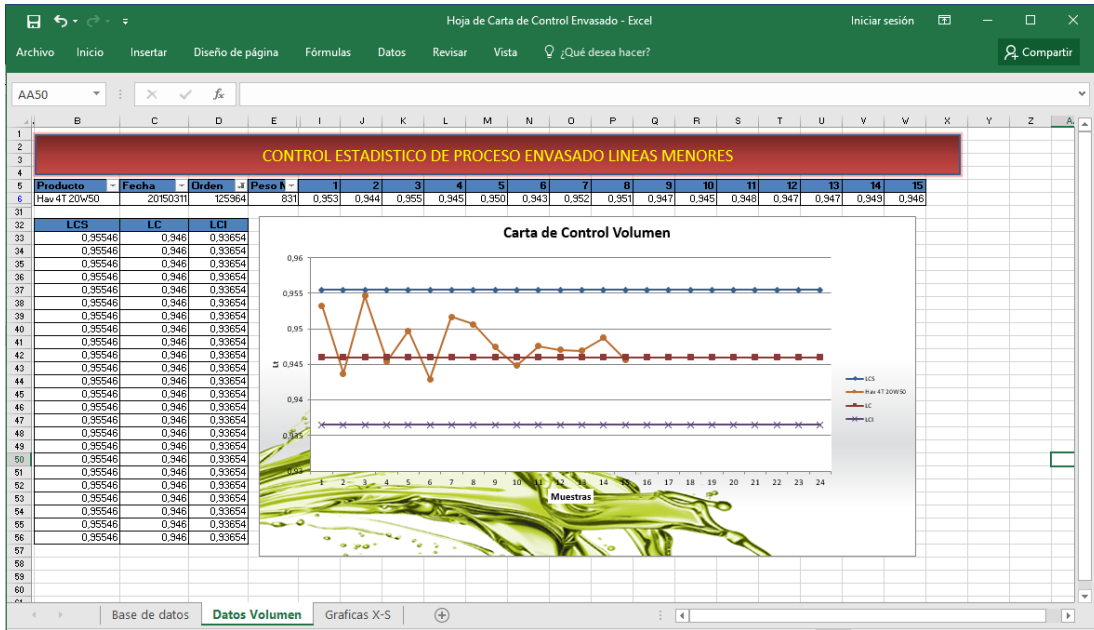


Ilustración 24 Hoja de Carta de Control Envasado. Datos Filtrados por Orden de envasado

Fuente: Autor

Límites de control.

Los límites de control para las gráficas: Medias y Desviación estándar. Se calcularán en el momento de la implementación de esta propuesta, mediante las siguientes formulas:

Límite de Control para \bar{X}	Límite de Control para \bar{S}
$UCLx = \bar{\bar{X}} + A_3 * \bar{S}$	$UCLs = B_4 * \bar{S}$
Limite Central = $\bar{\bar{X}}$	Limite Central = \bar{S}
$LCLx = \bar{\bar{X}} - A_3 * \bar{S}$	$LCLs = B_3 * \bar{S}$

Y mediante datos obtenidos en un proceso controlado, siendo estos límites los controles estándares para los futuros análisis de proceso.

Análisis de Variabilidad

Para un análisis de la variabilidad con el tiempo se toman los Valores de medias y desviación estándar para determinar las siguientes Graficas:

Gráfico de medias.

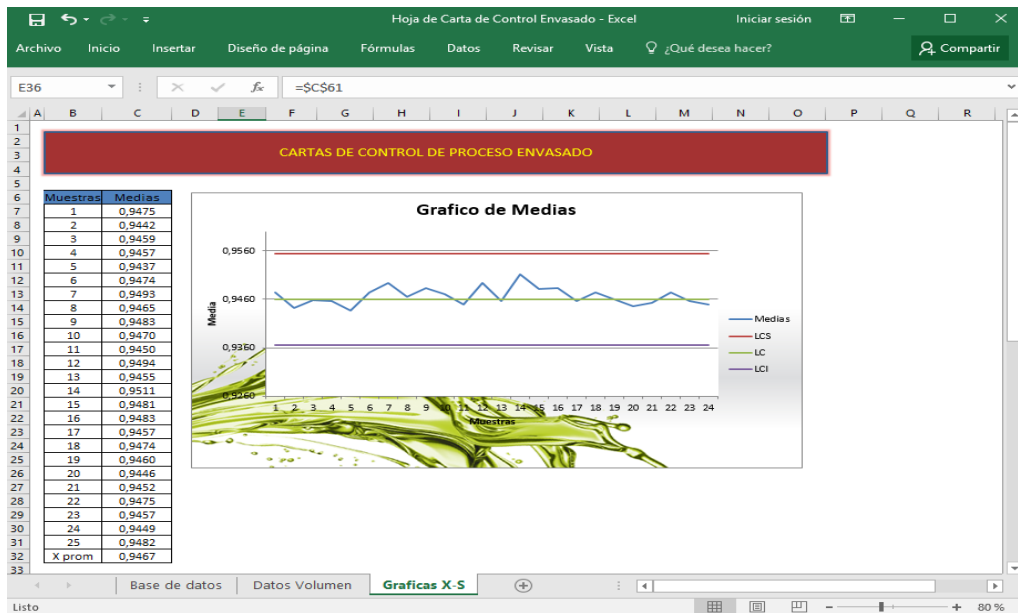


Ilustración 25 Gráfica de Medias

Fuente: Autor

Gráfica de Desviación Estándar

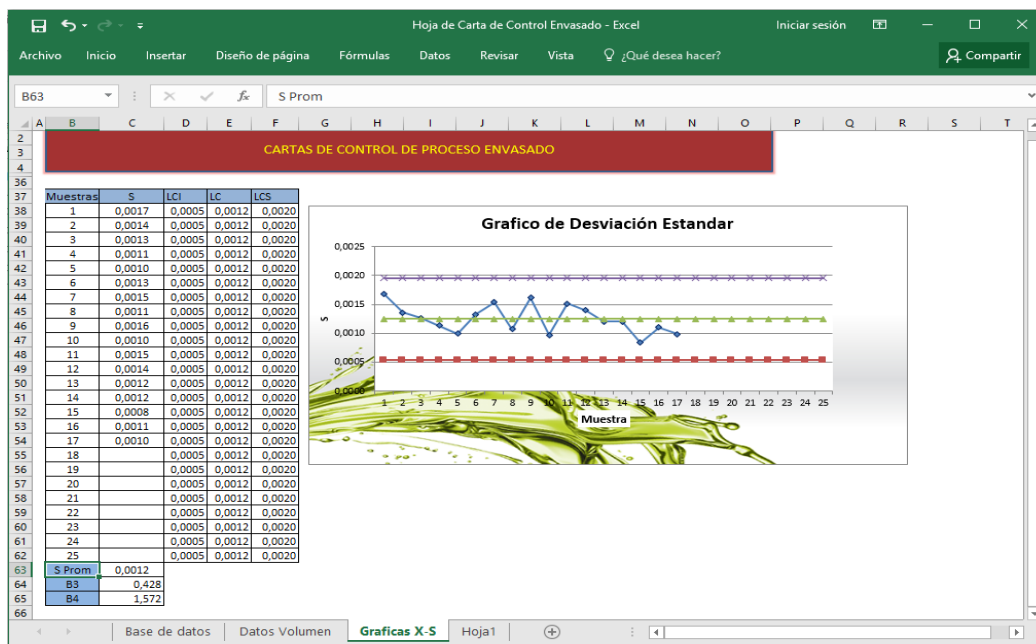


Ilustración 26 Gráfico de Desviación Estándar

Fuente: Autor

5.1.2. INSTRUCTIVO PARA CONTINUIDAD Y USO DE LA METODOLOGÍA SEIS SIGMA.

Se estandarizó la metodología mediante el siguiente Instructivo “Herramienta de solución de problemas y análisis de datos”. El instructivo fue ingresado al Sistema de Gestión Integrado para su continuidad en la empresa.²⁰



ISO-31 Herramientas de solución de problemas y Análisis de Datos

HERRAMIENTAS DE SOLUCIÓN DE PROBLEMAS Y ANÁLISIS DE DATOS

OBJETIVO.

El presente instructivo tiene como objetivo definir las pautas para seleccionar metodologías adecuadas en el proceso de mejora continua.

DESARROLLO:

La organización ha adoptado las siguientes metodologías que se fundamentan en el uso de herramientas estadísticas para resolución de problemas que se puedan encontrar en el análisis de datos que es requisito de las normas ISO.

- **Cinco ¿Por qué?** - Es una Técnica que busca profundizar análisis de causas, preguntando y respondiendo en forma sucesiva el porqué del problema.
- **Diagrama de Ishikawa.** - Es un método gráfico que relaciona un problema o efecto con los factores o causas posibles que lo generan.

No es parte de este instructivo la revisión de las metodologías “5 WHY”, ni “Diagrama de Ishikawa”, las cuales son usadas para la investigación de incidentes y casi incidentes. Siendo herramientas básicas usadas por la dirección como lo indica el procedimiento DIR-5 “Atención a quejas y reclamos”.

²⁰ Anexo 5, se Adjunta correo de autorización al Sistema de Gestión Integrado de la Empresa.

La metodología **PDCA** y **DMAIC** serán usadas para el análisis de datos que se realiza periódicamente, en busca de oportunidades de mejora.

PDCA. - Conocido como el ciclo de mejora continua o PHVA en su acrónimo en español (Planear, Hacer, Verificar y Actuar), es un proceso que, junto con el modelo clásico de resolución de problemas, permite la mejora de calidad en cualquier proceso de la organización, siendo una herramienta muy útil en la gestión de los procesos.

Su implementación se realiza en cuatro etapas.

- **Planificar:** Establecer los objetivos y metas es el primer paso de la metodología donde se establecen los límites del problema, ¿en qué consiste?, ¿cómo?, y ¿dónde se manifiesta?, su grado de afectación al cliente, y cómo influye en la calidad y productividad, mediante.
 - Identificación y análisis de la situación
 - Establecimiento de las mejoras a alcanzar
 - Identificación, selección y programación de las acciones.

- **Hacer:** En esta etapa se lleva a cabo la implementación de las acciones planificadas, siendo el cumplimiento de la planificación.

- **Verificar:** En esta etapa se comprueba la implantación de las acciones y la efectividad de las mismas para alcanzar las mejoras planificadas, (Verificación de Objetivos).

- **Actuar:** En función a los resultados de la verificación, se realizan correcciones o ajustes necesarios, para lograr la estabilización del proceso mediante actualización o estandarización documental.

Aplicación Metodología PDCA

Planifica	Desarrollo	Herramientas
<ul style="list-style-type: none"> • Reconoce una oportunidad • Identifica el 	Se define y delimita con claridad el problema, como y donde se manifiesta, con qué	<ul style="list-style-type: none"> • Pareto • Hoja de verificación • Histogramas

<ul style="list-style-type: none"> • Formula una hipótesis • Planifica un experimento 	frecuencia y que nivel de gravedad. Así como el costo económico.	<ul style="list-style-type: none"> • Cartas de control • Lluvia de ideas • Estratificación. • Ishikawa
Hacer	Desarrollo	Herramientas
<ul style="list-style-type: none"> • Conduce el experimento 	Es el desarrollo de lo planificado en la primera etapa, de ser posible hacer un experimento a pequeña escala.	
Verifica	Desarrollo	Herramientas
<ul style="list-style-type: none"> • Analiza los resultados de las pruebas y hace conclusiones concretas. 	Se debe verificar si las medidas dieron o no resultado, mediante una prueba estadística de comparación la situación antes y después de las modificaciones.	<ul style="list-style-type: none"> • Histogramas • Pareto • Cartas de control • verificación
Actúa	Desarrollo	Herramientas
<ul style="list-style-type: none"> • Toma lecciones de lo aprendido 	Estandarización, revisión de documentos y procedimientos. Si las soluciones no dieron resultado esperado, se empieza de nuevo desde la planificación.	<ul style="list-style-type: none"> • Inspecciones. • Hoja de verificación • Cartas de control

DMAIC. - La Metodología DMAIC o DMAMC en su acrónimo en español que significa: Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar. Es una herramienta usada para la investigación a fondo en la causa de problemas o falla en los procesos.

Definir: Definir el problema mediante Variable de control Crítica y señalar como afecta al cliente se establece los responsables e involucrados para precisar los beneficios esperados en el proceso, adicional se desarrolla un mapeo de proceso a un nivel intermedio.

Medir: el objetivo de esta fase es entender y cuantificar mejora la magnitud del problema o el proyecto de mejora, para lo cual se de entender mejor el proceso, Validar métricas, verificar que se puede medir y determinar la situación actual.

Analizar: identificar fuentes de variación como se genera el problema y confirmar las variables vitales con datos. Se trata de entender cómo y porque se genera el problema

Mejorar: Evaluar e implementar soluciones, asegurar que se cumplen los objetivos. Y atiendan las causas raíz del problema.

Controlar: diseñar un sistema para mantener las mejoras logradas, controlar las variables. Estandarizar el proceso es decir acciones para asegurar las mejoras mediante cambio en las condiciones y procedimiento del proceso.

Aplicación de Metodología DMAIC

Definir	Desarrollo	Herramientas
<ul style="list-style-type: none"> Define el Cambio 	Se evalúa temas de proyectos de mejoras. Como ejemplo: desempeño en las características del producto, áreas de operación con costos elevados, deficiencias de servicios al cliente, tiempos, aspectos ambientales entre otros.	<ul style="list-style-type: none"> Matriz de selección. Diagrama de Pareto. Análisis de factibilidad de proyectos.
Medir	Desarrollo	Herramientas
<ul style="list-style-type: none"> Define corriente del proceso y capacidad Establece sistemas de mediciones de capacidad 	El diagnóstico se realiza mediante la revisión documental del sistema de gestión integrado “registros históricos” complementado con las entrevistas, a los operadores y jefes del área. Se recolecta la información relevante sobre el proyecto de mejora.	<ul style="list-style-type: none"> Análisis de R&R Mapeo de proceso Defecto por unidad. Benchmarking Despliegue de la función de calidad. Espina de pescado. AMFE Capacidad de proceso.
Analiza	Desarrollo	Herramientas
<ul style="list-style-type: none"> Identifica las relaciones claves entre los factores X-Y 	En la fase de análisis se estudia a detalle el proceso e identificar las debilidades presentes en el mismo, para ello será necesario el uso de las herramientas y técnicas de análisis de las causas que provocan irregularidades en el proceso.	<ul style="list-style-type: none"> Causa-efecto Histogramas Cartas de control Hipótesis (t Students, ANOVA, Chi-cuadrado, F de Fisher, pruebas no para métricas). Análisis de correlación. Análisis de capacidad. AMFE.
Mejorar	Desarrollo	Herramientas
<ul style="list-style-type: none"> Realizar experimentos para verificar las relaciones claves Implementa mejoras 	Con las causas raíces detectadas de los fallos o irregularidades en el proceso se procederá, a proponer las soluciones a dichas causas, como un plan de mejora.	<ul style="list-style-type: none"> Diseños experimentales. EVOP (análisis evolutivo del proceso). Análisis estadístico.
Control	Desarrollo	Herramientas

<ul style="list-style-type: none"> • Establece plan de control 	<p>Desarrollo de propuestas para el control de las mejoras, aplicando:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cartas de control. • Charlas de capacitación • Método a prueba de error (Poka Yotes), Así evitar incurrir en las mismas fallas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Graficas de control de proceso. • Poka Yotes. • Control de documentos.
---	--	--

Monitorear el proceso. - Se deciden las mejoras al monitoreo del proceso para que mediante este se tenga evidencia del nivel de mejoramiento logrado se siga manteniendo. Para ello es necesario definir:

- ¿Cómo se monitorean?
- ¿Con qué frecuencia se verifica?
- ¿Se conocen las especificaciones y valores meta óptimos?
- ¿Cuál es su capacidad y estabilidad?
- ¿Cual deben tener control estadístico?

COMPARACIÓN DE METODOLOGÍAS

Se conoce que el ciclo PDCA es un método clásico de resolución de problemas, que permite la concesión de la mejora continua en cualquier proceso de la organización y de DMAIC es una metodología más rigurosa a través de análisis de variables críticas.

¿Cuándo se debe usar estas metodologías?

Para realizar una adecuada selección de una metodología de es necesario tener en cuenta las siguientes preguntas.

¿El proyecto es de urgencia? PDCA es el enfoque apropiado

¿Está la solución en mente? El Método de solución es mediante el ciclo PDCA

¿Qué riesgos están involucrados con las causas? Usar el método que mitiga los tipos de riesgos involucrados.

¿Cuántos cambios pueden ser manejables o pueden ser tolerables? Cambios paso a paso: DMAIC.

PDCA vs DMAIC

PDCA	DMAIC
<ul style="list-style-type: none">• Es necesario un cambio incremental de mejora	<ul style="list-style-type: none">• Es necesario un cambio de mejoras a pasos prudente
<ul style="list-style-type: none">• Necesidades de rápidas mejoras	<ul style="list-style-type: none">• Problemas de variación en Productos y procesos
<ul style="list-style-type: none">• Necesita bajo nivel de Formación estadística	<ul style="list-style-type: none">• Requiere alto nivel de formación estadística
<ul style="list-style-type: none">• Problemas simples	<ul style="list-style-type: none">• Problemas complejos
<ul style="list-style-type: none">• Implementación de experimentos a bajos costos o bajos costos en caso de fallas	<ul style="list-style-type: none">• Experimentos con costos altos o costos altos en caso de fallas
<ul style="list-style-type: none">• Todo tipo de problema	<ul style="list-style-type: none">• Problemas de proceso

Revisado por: Asistente SSA

Aprobado por: Jefe SSA

Revisión 1 (2015-10-19)

Página **83** de **108**

CONCLUSIONES

- El esquema desarrollado para el mejoramiento del proceso de envasado permitió identificar, analizar, corregir, y controlar causas relevantes, llevando al proceso no solo a un control estadístico sino a que sea capaz de satisfacer las necesidades de los clientes y requisitos técnicos o normativos, contribuyendo a la mejora continua del proceso.
- El análisis continuo de la capacidad del proceso ayuda a que el aseguramiento de calidad será aún más eficaz cuando todos los miembros de organización comprendan que la filosofía que sostiene la metodología estadística es la adecuada comunicación acerca de los problemas que se presenten ya que permitan la rápida y eficiente soluciones a estas incidencias.
- En el diagnóstico de capacidad que se realizó para las líneas menores, demostró que la variabilidad de los procesos hace surgir la necesidad de usar técnicas estadísticas. Estas técnicas pueden ayudar a medir, describir, analizar, interpretar y modelar la variabilidad de los procesos, mediante el análisis estadístico de datos por lo que ayuda a tener un mayor entendimiento de la naturaleza, extensión y causas de la variabilidad detectadas, con lo que se puede resolver e incluso prevenir problemas.
- La aplicación de la metodología DMAIC, en la cual se usó la herramienta AMFE en la etapa de Medición, permitió establecer esta herramienta como un control adicional en la empresa para identificar problemas críticos en los procesos, y evaluar su grado de criticidad y ocurrencia para la toma de acciones inmediata. Como en este estudio se identificaron algunas fuente o casas raíces importantes que fueron atendidas con prioridad
- De acuerdo al análisis de las causas raíces la variabilidad de las etapas de envasado depende de mayor parte de las des calibraciones de las boquillas dispensadoras en la maquina llenadora. Se demostró que con ajustes adecuados en las boquillas el nivel de capacidad puede aumentar, por ende, una disminución o reducción importante en la variabilidad de la variable critica volumen.

- La alternativa de mejora para el control de fuga en envases, mediante el Equipo TapTone, no fue acogido por la empresa debido que se han enfocado en desarrollar una mejora vertical en su cadena de suministros, por lo que inicio un proyecto para elaboración de envases plásticos para el abastecimiento interno. Esta planta tiene contemplado que en la elaboración de los envases se tenga un control de los productos al 98-100%. En la detección de fallas por micro poros en sus envases, el proyecto se encuentra en la etapa de implementación a estar 100% aplicado en el primer trimestre del 2016.
- La estandarización de la metodología y el diseño de un control y vigilancia de proceso, mediante herramientas y técnicas estadística empleada para la toma de decisiones, son medios básicos que se usaran fundamentalmente para la investigación, el objetivo más importante es la eliminación de la variabilidad en los procesos.

BIBLIOGRAFÍA

Humberto Gutiérrez Pulido . (2010). Control Estadístico de Calidad y Seis Sigma. MC Graw Hill.

3M. (2008). *Lean Six Sigma Guide Book*.

Besaldush, E. V. (s.f.). *Control de Calidad: Control estadístico de Proceso*. Recuperado el 12 de 06 de 2015, de

http://www.concretonline.com/pdf/SERVICIOS/04_calidad/art_tec/29_control20estadistico20de20procesos.pdf

Besterfield, D. H. (2010). *Control de Calidad, Octava edición*. Mexico: Pearson.

Camión, C. G. (2006). *Gestión de La Calidad: Conceptos, Enfoques, Modelos y Sistemas*. Madrid-españa: Pearson.

César Camison, s.

César Camison, S. C. (2006). *Gestión de la Calidad: Conceptos, Enfoques, Modelos y Sistemas*. Madrid-España: Pearson.

Estandarización, O. i. (2008). ISO 9001. ISO.

Gutiérrez, H. (2010). *Calidad Total y Productividad, 3era edición*.

ISO. (2003). *Informe Técnico ISO/TR 10017:2003*.

MSC, L. R. (2007). *Propabilidad y Estadística para Ingenieros*. Guayaquil-Ecuador: ESPOL.

NTP 679 Analisis modal de fallos y efectos. (2004). INHT.

Pablo, V., & Mateu, J. (2006). *Manual de Control Estadístico de Calidad: Teoría y Aplicaciones*. Universidad Jaume.

Pyzdek, T. (2003). *The Six Sigma Handbook Revised and expanded*. McGraw Hill.

Roberto Carro, D. G. (2010). *Control Estadístico de Proceso*. Universidad Nacional de Mar del Plata.

Ruiz, A., & Rojas, F. (Marzo de 2009). *Universidad pontifica Comillas, Madrid*. Recuperado el 24 de 06 de 2015

Tennant, G. (2001). *Control estadístico del proceso y administración Total de la calidad en manufactura y servicios*. Panorama.

Thomas Pyzdek, P. K. (2010). *The Six sigma Handbook tercera edición*. Mc Graw Hill.

ANEXOS

ANEXO 1: BITÁCORA DE CONTROL DE LLENADO DIARIO

LÍNEAS DE LLENADO:	
Tambor A	Litros
Tambor B	Baldes A
Galón Met	Baldes B
Galón Plast	Granel

BITÁCORA DE CONTROL DE LLENADO DIARIO

#	DESDE (HHMM)	HASTA (HHMM)	EVENTO	ORDEN DE ENVASE (SÓLO EVENTOS "A", "B" y "C")	MOTIVO (SÓLO EVENTO "C")
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
12					
14					

EVENTOS
A SET UP
B LLENADO
C PARADA (Imprevista)
D INACTIVA (SIN TRABAJO/CALIBRACIONES)
E REUNIÓN
F ALMUERZO - BREAK

MOTIVOS DE PARADA IMPREVISTA	
1 Falla de llenadora	9 Falta de personal
2 Falla en cerradora de tapas	10 Falla en envasadora
3 Falla en quemador de foil	11 Falta de energía
4 Falla en cerradora de cajas	12 Accidente
5 Abastecimiento de producto	13 Derrames
6 Daño de montacarga	14 Falla en codificadora
7 Abastecimiento de envases	15 Falla quemador de capuchón
8 Falla en paletizadora de cajas	16 Otras razones

Reportado por:

Registrado por:

FECHA (DDMMAA):

ANEXO 2: COTIZACIÓN EQUIPOS TAPTONE



1

17 de Agosto del 2015

Cotización No. 35125

Swissoil del Ecuador S.A.,
Callejon Noveno S/N
Entre Av. Domingo Comin y La Ría
Guayaquil, Ecuador
Telf. +503 (04) 2445340 ext 232
Celular: +503-994378504



Attn: Ing. Jonathan Tagle M.

Ref: Inspección de Fugas

Estimado Ing. Tagle,

Agradeciendo por su amable solicitud, por este medio nos permitimos presentar a su consideración el sistema de detección de microfugas **TapTone T550-C** para detectar las fugas o defectos en el tapado/sellado o por falta de sello de aluminio para sus líneas 6 y 8.

Tecnología de Compresión

El sistema TapTone 550-C es un equipo de inspección en línea diseñado para detectar fugas en envases flexibles. Cuando un envase pasa a través del sistema un juego de bandas paralelas aplican una presión a las paredes de la botella. Esta acción presiona el aire en el espacio del cuello del envase, lo cual permite que un sensor ubicado en el área de las bandas a la salida del inspector tome una medición de la resistencia del envase a la presión que las bandas han realizado.

Utilizando una Señal Digital de Proceso (DSP technology), el controlador 550 analiza la medición y le asigna un valor mérito (proporcional a la resistencia encontrada), si el valor mérito está fuera del rango aceptado, una señal de rechazo activa el sistema rechazador.

El TapTone 550-C emplea una interfase fácil del manejar para el operador proveyéndole por medio de la pantalla táctil una rápida respuesta en ajustes e información de autodiagnóstico para monitoreo continuo del funcionamiento del sistema. Adicionalmente registra información estadística de envases buenos, envases malos rechazados (con fugas) y el histograma del total de los envases inspeccionados.



TapTone 550-C



17 de Agosto del 2015

Cotización No. 35125

Características y beneficios del Taptone T550-C para Detección de Fugas:

- Inspección de alta velocidad: Hasta 1,200 envases/minuto ó 300 pies/min (1.5m/seg).
- Operación vía pantalla táctil
- Pantalla a color tipo táctil, en su idioma
- Alimentación eléctrica 220VAC una fase (solo)
- Una carga de celda
- Incluye un poste de 6' donde puede ser ajustado a la medida del transportador
- Una señal de rechazo
- Utiliza bandas que no marcan la superficie del envase para un manejo suave del producto.
- Una Señal de rechazo de 24v
- Salida de Alarma
- Codificador de pulsos para rechazo preciso del envase defectuoso.
- Gabinete NEMA-4X, IP 65.
- Puerto de comunicación Ethernet.
- Histogramas en pantalla para monitoreo de la producción.
- Acceso al sistema protegido por contraseña.
- Sistema Auto-TRAK para ajuste de los Límites Alto/Bajo de rechazo que incrementa la rentabilidad del equipo.
- Otros beneficios, ver el folleto del sistema

Precio del Sistema T550-C:

\$ 40,000 us

Opciones:

- Fuente de Inspección de Nivel con Tecnología de Rayos-X \$23,950 us
- Kit de refacciones del módulo de Rayos-X (tubo y receptor). \$ 3,825 us
- Kit mínimo de refacciones para Fuente C (A-412-228-SPK) \$ 1,200 us
- Kit recomendado de refacciones para T550 (A-412-226-SPK) \$ 5,854 us

Rechazadores:

- Rechazador **Flex**, para rechazo 100% parado del envase hasta 650 bpm o hasta 1.2 m/s. Derivó max. 100 mm.
El más recomendado para mantener el envase parado. \$21,495 us+ IVA





17 de Agosto del 2015

Cotización No. 35125

- Rechazador neumático de pistón CSS Minijector \$ 3,950 usd + IVA
No mantiene el envase parado.



Instalación y Entrenamiento

\$0,500 us

Instalación y entrenamiento incluye 5 días de servicio (8 horas cada día), gastos y tiempo de viaje a su planta en Ecuador. El servicio será provisto por un Ingeniero de Servicio certificado por Tapcon y en Español.

Tiempo adicional se facturaría a la razón de las siguientes Tarifas:

Día hábil (8 horas, Lunes a Sábado)	\$ 80 us / hora
Horas extras	\$ 100 us / hora
Días festivos y domingos	\$ 200 us / hora
Hora de viaje	\$ 40 us / hora.

Los gastos de viaje en días adicionales tales como transporte aéreo, terrestre, alimentación y hospedaje son responsabilidad del cliente.

Garantía.

Nuestro equipo cuenta con una Garantía por 12 meses a partir de la fecha de embarque en materiales y mano de obra utilizados en su fabricación, por lo que cualquier falla derivada de un material o armado defectuoso será cubierta por el fabricante enviando dichos materiales directamente al cliente, el costo de mano de obra requerida para esta corrección también está cubierta por la garantía, excepto los gastos de viaje del ingeniero de servicio los cuales serán responsabilidad del cliente.



17 de Agosto del 2015

Cotización No. 35125

Para efectos del cumplimiento de la garantía, el cliente deberá sujetarse a la capacitación necesaria y certificación para el correcto uso y operación del equipo la cual deberá ser impartida por personal calificado y autorizado de CSS - Tapcone Teledyne, de la misma forma el equipo deberá ser operado en condiciones adecuadas y recomendadas por el fabricante de acuerdo a sus especificaciones y deberá ser instalado por personal calificado y autorizado por CSS - Tapcone Teledyne.

Condiciones de Venta.

Tiempo de Entrega: 6-8 semanas después de recibir su Orden de Compra, anticipo, muestras de los envases e información técnica.

Términos de Pago: 35% con el Pedido, 65% antes de embarque

Lugar de Entrega: Falmouth, MA (Fabrica de Tapcone)

Cotización Válida: 60 días

Orden de Compra a: Custom Sales & Systems, Inc.
260 Scarlet Blvd.
Oldamar, Florida 34677
Tel: 813-855-1400

Cancelación: Toda cancelación al pedido formal causará un 20% de penalización.

Notas importantes:

- En su Orden de compra, por favor hacer referencia al Número de Cotización y Fecha de la misma.
- Con el envío de su orden de compra, sin previa conciliación con Custom Sales & Systems relativo a este proyecto, el cliente da por aceptados los términos y condiciones incluidos en la presente cotización, no las indicadas en su pedido.

Agradeciendo por su amable atención y por la oportunidad de servirle, quedamos a sus órdenes para cualquier duda o comentario.

Atentamente,

Guido L. Riveros
Custom Sales and Systems, Inc.

ANEXO 3: TABLAS DE PUNTUACIÓN SEVERIDAD Y OCURRENCIA

TABLA 14.1 Criterios y puntuaciones para la severidad del efecto de la falla.

EFFECTO	CRITERIOS: SEVERIDAD DEL EFECTO SOBRE EL CLIENTE FINAL Y/O SOBRE EL PROCESO DE MANUFACTURA	PUNTUACIÓN
Peligroso-sin aviso	Cliente: muy alto grado de severidad cuando el modo de falla afecta la operación segura del producto y/o involucra incumplimiento de regulaciones gubernamentales con previo aviso. Proceso: puede dañar al operador (máquina o ensamble) sin previo aviso.	10
Peligroso-con aviso	Cliente: muy alto grado de severidad cuando el modo de falla afecta la operación segura del producto y/o involucra incumplimiento de regulaciones gubernamentales sin previo aviso. Proceso: puede dañar al operador (máquina o ensamble) con previo aviso.	9
May alto	Cliente: el producto o la parte son inoperables, debido a la pérdida de su función primaria. Proceso: el 100% de la producción puede tener que ser desechada o reparada en el departamento de reparaciones en un tiempo mayor de una hora.	8
Alto	Cliente: el producto/parte operable, pero con bajo nivel de desempeño. Proceso: el producto tiene que ser clasificado y una porción (menor al 100%) desechada o el producto/parte reparada en el departamento de reparaciones en un tiempo entre 30 y 60 minutos.	7
Moderado	Cliente: el producto/parte operable, pero con dispositivos de confort/conveniencia inoperables. El cliente está insatisfecho. Proceso: una porción (menor al 100%) del producto puede tener que ser desechada sin clasificación o el producto/parte reparada en el departamento de reparaciones en un tiempo de media hora.	6
Bajo	Cliente: el producto/parte operable, pero con dispositivos de comodidad/conveniencia operado en un nivel reducido de desempeño. Proceso: el 100% del producto puede tener que ser retrabajado o el producto/parte reparado fuera de la línea, pero no tiene que ir al departamento de reparaciones.	5
May bajo	Cliente: ajuste, acabado/rechinido y golpeteo de la parte presentan no conformidades. El defecto es apreciado por la mayoría de los clientes (más del 75%). Proceso: el producto puede tener que ser clasificado sin desperdicio y una porción (menos de 100%) retrabajarse.	4
Menor	Cliente: ajuste, acabado/rechinido y golpeteo de la parte presentan no conformidades. El defecto lo notan 50% de los clientes. Proceso: una porción (menor a 100%) del producto puede tener que ser retrabajada sin desperdicio en la línea pero fuera de la estación.	3
Mínimo	Cliente: ajuste, acabado/rechinido y golpeteo de la parte presentan no conformidades. El defecto lo notan solo clientes exigentes (menos del 25%). Proceso: una porción (menor al 100%) del producto puede tener que ser retrabajada sin desperdicio en la línea pero en la estación.	2
Ninguno	Cliente: sin efecto apreciable para el cliente. Ligeros inconvenientes de operación o para el operador. Proceso: sin efecto para el proceso.	1

TABLA 14.2 Criterios para la calificación de la probabilidad de ocurrencia de las causas potenciales de falla.

PROBABILIDAD DE OCURRENCIA DE LA CAUSA QUE PROVOCA LA FALLA	TASA DE FALLA	PUNTUACIÓN
Muy alta: Fallas persistentes	> 100 por cada mil piezas 50 por cada mil piezas	10 9
Alta: Fallas frecuentes	20 por cada mil piezas 10 por cada mil piezas	8 7
Moderada: Fallas ocasionales	5 por cada mil piezas 2 por cada mil piezas 1 por cada mil piezas	6 5 4
Bajas: Relativamente pocas fallas	0.5 por cada mil piezas 0.1 por cada mil piezas	3 2
Remota: la falla es improbable	0.01 por cada mil piezas	1

ANEXO 4: REGISTRO DE ASISTENCIA A CAPACITACIÓN TABLA DE COMPATIBILIDADES

CONTROL ASISTENCIA CAPACITACIONES

Fecha: 18 Mayo 15 Tema: Nuevas tablas e instructivos de remanente y Slop

Expositor: Ing. Guillermo Valencia

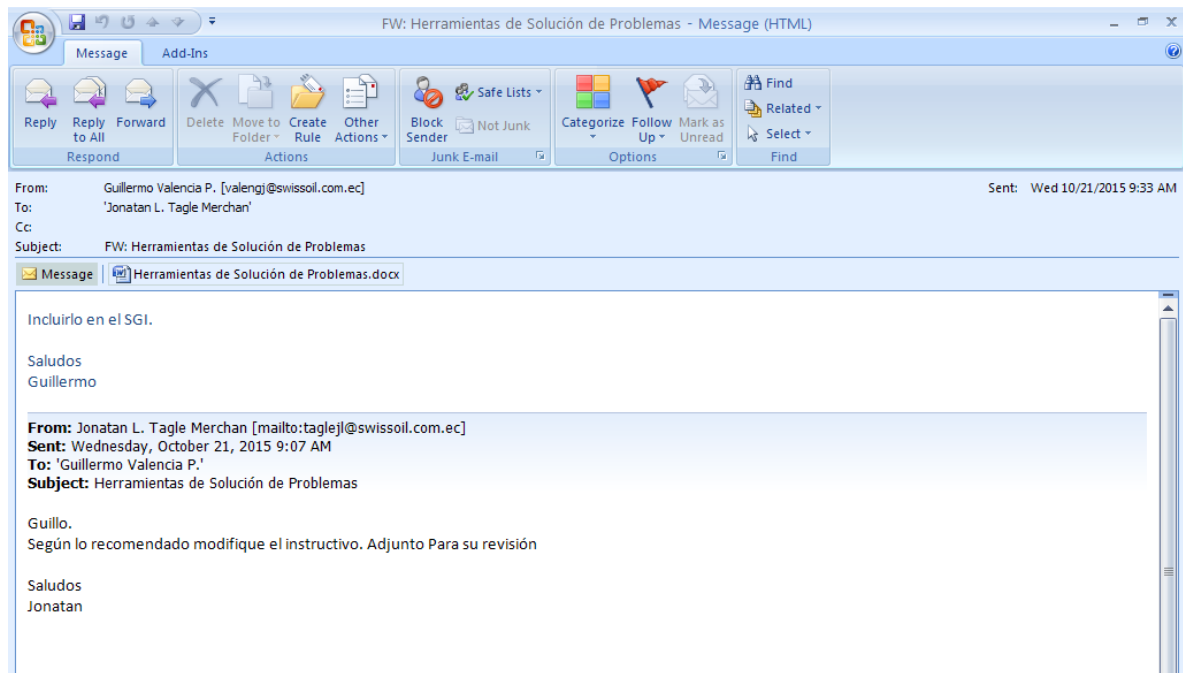
Capacitación Adiestramiento

Horas de Instrucción: Tipo de Instrucción: Interna Externa

LISTA DE EMPLEADOS

#	Empleado	Cargo	Firma
1	Almeida Wilmer	Operador 0	<i>Wilmer Almeida</i>
2	Albán Oneida → Oneida	Ayudante de CT	<i>Albán Oneida</i>
3	Alcívar Luis	Operador 0	<i>Luis Alcivar</i>
4	Ayoví Luisa	Auxiliar de CT	<i>Luisa Ayovi</i>
5	Ballesteros Alejandra	Asistente de CT	<i>Alejandra Ballesteros</i>
6	Barrera Richard	Operador 1	<i>Richard Barrera</i>
7	Carrasco Arturo	Operador 2	<i>Arturo Carrasco</i>
8	Cruz Elvis	Operador 2	<i>Elvis Cruz</i>
9	Del Pezo Milton	Operador 2	<i>Milton Del Pezo</i>
10	Figueroa R Julio	Operador 1	<i>Julio Figueroa</i>
11	Guaman Rómulo	Operador 1	<i>Planta de envases</i>
12	Leturne Wilberto	Mezclador	<i>Wilberto Leturne</i>
13	Martínez Carlos	Operador 2	<i>VACACIONES</i>
14	Martínez Tanya	Jefe de CT	<i>Tanya Martínez</i>
15	Mejía Oswaldo	Asistente de Manufactura Producto	<i>Oswaldo Mejía</i>
16	Molina Jimmy	Operador 0	<i>Jimmy Molina</i>
17	Oñate Dave	Operador 1	<i>Dave Oñate</i>
18	Paredes Cristian	Operador 1	<i>Cristian Paredes</i>
19	Peñañiel Andrea	Ayudante de CT	<i>Andrea Peñañiel</i>
20	Rodríguez Cesar	Operador 1	<i>Cesar Rodríguez</i>
22	Ruiz Danny	Operador 0	<i>Danny Ruiz</i>
23	Sánchez Fernando	Jefe de Manufactura	<i>Fernando Sánchez</i>
24	Seminario Fernando	Operador 2	<i>Fernando Seminario</i>
25	Suárez Segundo	Operador 1	<i>VACACIONES</i>
26	Vera Mariana	Coordinadora SSA	<i>Mariana Vera</i>
27	Zambrano Abel	Coordinador Manufactura Lubricantes	<i>Abel Zambrano</i>
28	Zambrano Nery	Mezclador	<i>Nery Zambrano</i>
29	Pedro Zambrano	Intercambista	<i>Pedro Zambrano</i>
30	Francisco Vera	Montador gresita	<i>Francisco Vera</i>
31	Tanya Martínez	Jefe CT	<i>Tanya Martínez</i>

ANEXO 5: AUTORIZACIÓN DE INGRESO DE INSTRUCTIVO



The screenshot shows an Outlook window titled "FW: Herramientas de Solución de Problemas - Message (HTML)". The interface includes a ribbon with "Message" and "Add-Ins" tabs, and a ribbon menu with various actions like Reply, Forward, Delete, Move to Folder, Create Rule, Other Actions, Block Sender, Not Junk, Junk E-mail, Categorize, Follow Up, Mark as Unread, Find, Related, and Select. The email header shows the following details:

From: Guillermo Valencia P. [valengj@swissoil.com.ec]
To: 'Jonatan L. Tagle Merchan'
Cc:
Subject: FW: Herramientas de Solución de Problemas

Sent: Wed 10/21/2015 9:33 AM

The email body contains the following text:

Incluirlo en el SGI.

Saludos
Guillermo

From: Jonatan L. Tagle Merchan [mailto:taglej@swissoil.com.ec]
Sent: Wednesday, October 21, 2015 9:07 AM
To: 'Guillermo Valencia P.'
Subject: Herramientas de Solución de Problemas

Guillo.
Según lo recomendado modifique el instructivo. Adjunto Para su revisión

Saludos
Jonatan