

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD
CATÓLICA DEL PERÚ**

Escuela de Posgrado



**PROPUESTA DE MEJORA PARA LA REDUCCIÓN DE
MERMA EN EL PROCESO DE ENVASADO DE GAS
LICUADO DE PETRÓLEO UTILIZANDO LA METODOLOGÍA
SIX SIGMA, EN UNA EMPRESA DE HIDROCARBUROS DE
LIMA – CALLAO**

Tesis para obtener el grado académico de Magíster en Ingeniería Industrial con mención en Gestión de Operaciones que presenta:

Cristian Cirilo Patricio Bazán

Asesor:

Eduardo Carbajal Lopez

Lima, 2021

RESUMEN

La presente investigación denominada, “Implementación de la Metodología Six Sigma para la reducción de merma en el proceso de envasado de Gas Licuado de Petróleo en una empresa de Hidrocarburos - Lima 2021”, se desarrolló principalmente para dar solución al alto porcentaje de merma que se generaba en el proceso de envasado de Gas Licuado de Petróleo, para lo cual se trazó como objetivo principal, determinar la medida en qué la Implementación de la metodología Six Sigma reduce la merma en el proceso de envasado de Gas Licuado de Petróleo, para lo cual se tuvo que llegar a realizar un diseño experimentos para determinar los valores óptimos de las variables críticas de entrada.

Para lograr los objetivos propuestos, se realizó la medición y recopilación de datos de los balones envasados por 20 días antes de la implementación y 20 días después de la implementación, para llevar a cabo se elaboraron formatos de recopilación de datos y capacitar al personal involucrado sobre la importancia de la metodología Six Sigma.

Luego de obtener los datos, estos fueron tratados con el software Minitab 19 obteniendo un aumento en el nivel seis sigmas de 0.14 a 0.67, el índice Cpk de 0.11 a 0.66, gracias a que se realizó un diseño de experimento para determinar los valores óptimos que deben tomar las variables críticas de entrada que afectan directamente a la variable de salida.

Palabras Claves: Six Sigma, Variables Críticas, Diseño de Experimento

ABSTRACT

The present investigation called, "Implementation of the Six Sigma Methodology for the reduction of waste in the packaging process of Liquefied Petroleum Gas in a Hydrocarbons company - Lima 2021", was developed mainly to solve the high percentage of waste that occurs generated in the Liquefied Petroleum Gas packaging process, for which the main objective was to determine the extent to which the Implementation of the Six Sigma methodology reduces the waste in the Liquefied Petroleum Gas packaging process, for which design experiments had to be carried out to determine the optimal values of the critical input variables.

To achieve the proposed objectives, the measurement and data collection of the packaged balloons was carried out for 20 days before implementation and 20 days after implementation, to carry out data collection formats and training the personnel involved on the importance of the Six Sigma methodology.

After obtaining the data, these were treated with the Minitab 19 software obtaining an increase in the Six Sigma level from 0.14 to 0.67, the Cpk index from 0.11 to 0.66, thanks to the fact that an experiment design was carried out to determine the optimal values that they must take the critical input variables that directly affect the output variable.

Key Words: Six Sigma, Critical Variables, Experiment Design

AGRADECIMIENTOS

A mi familia por el apoyo incondicional que me dieron durante esta época de estudios.

A mi asesor de tesis, el Mg. Eduardo Carbajal López, por la asesoría brindada.

A la Pontificia Universidad Católica del Perú, por brindarme la oportunidad de estudiar esta maestría.

ÍNDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN	11
CAPÍTULO 1: MARCO TEÓRICO	12
1.1. Herramientas de Diagnóstico	12
1.1.1. Lluvia de ideas	12
1.1.2. Diagrama de Pareto	12
1.1.3. Diagrama de Causa - Efecto	13
1.1.4. Matriz QFD	14
1.1.5. ¿Los 5 Por qué?	15
1.1.6. Mapeo de procesos	16
1.2. Herramientas del modelo de mejora	17
1.2.1. Six sigma	17
1.2.1.1. Definición	17
1.2.1.2. Estructura de Seis Sigma	18
1.2.1.3. Caracterización de Seis Sigma	18
1.2.2. Metodología DMAIC	19
1.2.2.1. Definir	19
1.2.2.2. Medir	21
1.2.2.3. Analizar	22
1.2.2.4. Mejorar	23
1.2.2.5. Controlar	24
1.3. Estudio de Casos	25
1.3.1. Caso 1: Mejora de la calidad del arroz pilado a través de la optimización de procesos, usando la metodología Six Sigma	25
1.3.1.1. Objetivo	25
1.3.1.2. Descripción del Problema	25
1.3.1.3. Etapa Definir	26
1.3.1.4. Etapa Medir	26
1.3.1.5. Etapa Análisis	27
1.3.1.6. Etapa Mejorar	28
1.3.1.7. Etapa Controlar	29
1.3.1.8. Resultados	29
1.3.1.9. Conclusión	30
1.3.2. Caso 2: Metodología Six Sigma y su efecto en el índice de quejas de la empresa AVICESAR S.A.C., TRUJILLO 2020	30
1.3.2.1. Objetivo	30
1.3.2.2. Descripción del problema	30
1.3.2.3. Etapa Definir	30

1.3.2.4.	Etapa Medir.....	31
1.3.2.5.	Etapa Análisis.....	32
1.3.2.6.	Etapa Mejorar	33
1.3.2.7.	Etapa Controlar	33
1.3.2.8.	Resultados.....	33
1.3.2.9.	Conclusión	33
1.3.3.	Caso 3: Propuesta de implementación del modelo six sigma para mejorar el proceso de manejo y control de desperdicios de materia prima.....	34
1.3.3.1.	Objetivo	34
1.3.3.2.	Descripción del problema.....	34
1.3.3.3.	Etapa Definir	34
1.3.3.4.	Etapa Medir.....	35
1.3.3.5.	Etapa Análisis.....	36
1.3.3.6.	Etapa Mejorar	37
1.3.3.7.	Etapa Controlar	37
1.3.3.8.	Resultados.....	37
1.3.3.9.	Conclusión	38
CAPÍTULO 2: DESCRIPCIÓN Y DIAGNÓSTICO DE LA EMPRESA		39
2.1.	Descripción de la empresa.....	39
2.1.1.	Sector y actividad económica	39
2.1.2.	Perfil empresarial y principios organizacionales.....	39
2.1.3.	Estructura Organizacional de la empresa.....	40
2.1.4.	Entidades participantes en el modelo de negocio.....	42
2.1.5.	Instalaciones y medios operativos	43
2.1.6.	Recursos Humanos.....	44
2.1.7.	Productos.....	44
2.2.	Diagnóstico de la Situación Actual.....	45
2.2.1.	Mapeo y selección de procesos.....	45
2.2.2.	Matriz QFD (Quality Function Management).....	46
2.2.3.	Gestión de Indicadores	49
2.2.4.	Identificación de problemas.....	54
2.2.5.	Priorización de problemas.....	55
2.2.6.	Análisis de causas.....	56
2.2.7.	Planteamiento y selección de contramedida.....	60
CAPÍTULO 3: APLICACIÓN DE LA METODOLOGIA DMAIC.....		63
3.1.	Definir	63
3.1.1.	Diagrama SIPOC	64

3.1.2. Voz del Cliente	65
3.2. Medir	66
3.2.1. Selección de Variables Críticas.....	66
3.2.2. Prueba de Ajuste de Variable.....	68
3.2.3. Graficas de control para la variable seleccionada	69
3.2.4. Análisis de capacidad del proceso	71
3.3. Análisis.....	72
3.3.1. Diagrama Causa – Efecto	72
3.3.2. Análisis ANOVA	74
3.4. Mejorar	81
3.4.1. Diseño de Experimentos	81
3.4.1.1. Factores del Proceso.....	82
3.4.1.2. Diseño de Experimento	82
3.4.1.3. Optimización del Diseño de Experimento	87
3.5. Control.....	88
CAPÍTULO 4: EVALUACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA	90
4.1. Evaluación Técnica:	90
4.2. Evaluación Económica:.....	91
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	95
BIBLIOGRAFÍA	96

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Ejemplo de diagrama de Pareto.....	13
Gráfico 2: Diagrama de Causa -Efecto	14
Gráfico 3: Diagrama QFD.....	15
Gráfico 4: Herramienta 5 Por qué?.....	16
Gráfico 5: Modelo de mapa de procesos.....	17
Gráfico 6: Modelo DMAIC	17
Gráfico 7: Niveles de Six Sigma.....	19
Gráfico 8: Mapeo de procesos (SIPOC).....	20
Gráfico 9: La voz del cliente (VOC).....	21
Gráfico 10: Formato de AMEF.....	23
Gráfico 11: Modelo de diseño de experimento (DOE)	24
Gráfico 12: Grafico de control.....	25
Gráfico 13: Calificación según tipo de Arroz	26
Gráfico 14: Porcentaje de humedad alcanzada, en los ciclos de secado propuestos	27
Gráfico 15: Carta de Control por atributos U para el índice de quejas.....	31
Gráfico 16: Mapa de macroprocesos de la empresa	34
Gráfico 17: Diagrama SIPOC del proceso en análisis	35
Gráfico 18: Diagrama Pareto de desperdicio en impresora y troqueladora.....	35
Gráfico 19: Gráfico de control X-R Impresora.....	36
Gráfico 20: Gráfico de control X-S Impresora	36
Gráfico 21: Diagrama de Ishikawa	37
Gráfico 22: Estructura Organizacional.....	40
Gráfico 23: Mapa de Procesos o Macroprocesos de Extra Gas.....	45
Gráfico 24: Proceso de Producción.....	47
Gráfico 25: Subproceso de Envasado	48
Gráfico 26: Promedio de balones vacíos apilados	51
Gráfico 27: Promedio de tiempo de preparado.....	51
Gráfico 28: Índice de Productividad	52
Gráfico 29: Índice de Merma.....	53
Gráfico 30: Promedio de balones apilados envasados.....	53
Gráfico 31: Diagrama de Pareto - Problemas	56
Gráfico 32: Diagrama de Ishikawa - Causas	57
Gráfico 33: Diagrama de Ishikawa - Causas	57
Gráfico 34: Diagrama CTQ para el proceso de envasado de Gas Licuado de Petróleo	65
Gráfico 35: Estadística descriptiva de los datos de la variable contenido	67
Gráfico 36: Histograma de los datos de la variable contenido.....	67
Gráfico 37: Prueba de Normalidad para la variable	69
Gráfico 38: Grafico de control Xbarra-S de la variable contenido(masa)	70
Gráfico 39: Grafico de control P de la variable Balones con Fugas.....	70
Gráfico 40: Grafico del Análisis de Capacidad del Proceso – variable contenido.....	71
Gráfico 41: Grafico del Análisis de Capacidad del Proceso – variable balones con fugas	72
Gráfico 42: Grafico del Análisis de Capacidad del Proceso	73
Gráfico 43: Grafico de cajas para presión vs cantidad(masa)	75
Gráfico 44: Grafico 4 en 1 para residuos	76
Gráfico 45: Grafico de cajas para temperatura vs cantidad(masa)	78
Gráfico 46: Grafico 4 en 1 para residuos	78
Gráfico 47: Grafico de cajas para tiempo vs cantidad(masa).....	80

Gráfico 48: Grafico 4 en 1 para residuos	81
Gráfico 49: Diseño Factorial 2k para dos factores	82
Gráfico 50: Grafico de cubos para la variable contenido.....	83
Gráfico 51: Hipótesis nula y alterna para el análisis	84
Gráfico 52: Análisis de Varianza.....	84
Gráfico 53: Pareto de efectos estandarizados.....	85
Gráfico 54: Grafica Normal de Efectos	85
Gráfico 55: Análisis de residuales del diseño de experimento.....	86
Gráfico 56: Ecuación de correlación.....	87
Gráfico 57: Optimización de Factores	87
Gráfico 58: Grafico de Control X-S para la variable contenido.....	88
Gráfico 59: Grafico de Capacidad del proceso – variable contenido	89



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Medición de la Humedad del Arroz	27
Tabla 2: Mejora del porcentaje de humedad alcanzada en los ciclos se secado	28
Tabla 3: Mejora de las Unidades Producidas por Ciclo	28
Tabla 4: Mejora de la cantidad de Sacos producidos por hora.....	29
Tabla 5: Resultados Obtenidos	29
Tabla 6: Equipo de trabajo del proyecto six sigma	31
Tabla 7: Resultado de datos obtenido en el primer muestreo.....	32
Tabla 8: Evaluación de Concordancia de cada distribuidor	32
Tabla 9: Nivel Kappa de cada distribuidor.....	32
Tabla 10: Análisis de resultados	38
Tabla 11: Descripción de Puestos.....	41
Tabla 12: Matriz de Despliegue de Funciones de Calidad (QFD)	47
Tabla 13: Matriz de Priorización de Proceso	48
Tabla 14: Descripción de Actividades	49
Tabla 15: Indicadores de Medición.....	50
Tabla 16: Problemas por Indicador.....	54
Tabla 17: Problemas ordenados según impacto económico.....	55
Tabla 18: Matriz de priorización de causas - mermas	58
Tabla 19: Matriz de priorización de causas - productividad	59
Tabla 20: Aplicación de 5 porqués a las causas identificadas.....	60
Tabla 21: Lista de contramedidas propuestas.....	61
Tabla 22: Matriz FACTIS de evaluación de propuestas de solución.....	62
Tabla 23: Diagrama SIPOC del proceso actual	64
Tabla 24: Datos obtenidos de la variable contenido (masa)	67
Tabla 25: Datos obtenidos de la variable balones con fuga	68
Tabla 26: Datos obtenidos con diferentes presiones.....	74
Tabla 27: Datos obtenidos con diferentes temperaturas	76
Tabla 28: Datos obtenidos con diferentes tiempos	79
Tabla 29: Factores controlables:	82
Tabla 30: Resumen del diseño de experimento	83
Tabla 31: Condiciones óptimas para el llenado.....	88
Tabla 32: Nuevo datos tomados luego de la implementación	88
Tabla 33: Variaciones de los CTQ'S luego de la mejora	90
Tabla 34: Presupuesto de Egreso para la Implementación.....	91
Tabla 35: Presupuesto de Ingresos para la Implementación	92
Tabla 36: Calculo del Costo de Capital.....	92
Tabla 37: Flujo de Caja Económico.....	93
Tabla 38: Indicadores de Inversión.....	93
Tabla 39: Indicadores por cada escenario	94

INTRODUCCIÓN

El Gas Licuado de Petróleo es la principal fuente de energía de los hogares peruanos; aunque es utilizado principalmente en cocinas y hornos también es utilizado pero en menor proporción, para la iluminación, para las termas y últimamente como combustible para los vehículos motorizados por lo cual la industria del GLP está entrando en proceso de crecimiento ya que la sustitución de la electricidad por el GLP trae como consecuencia directa un ahorro significativo de dinero por el bajo costo que representa este combustible. Actualmente en el mercado existen muchas empresas que ofrecen el servicio de balones de GLP, por ese motivo el precio y la reducción de costos operativos son vitales para poder ser competitivo en este mercado.

Entre los principales obstáculos que se presentan en el mercado se encuentra el costo de la materia prima, ya que al haber pocos proveedores en el Perú los precios son elevados, otro obstáculo es que los proveedores peruanos no pueden satisfacer el mercado local, por ello en el 2018 se importaron 40 000 toneladas de GLP de Bolivia.

Es por este motivo que el presente trabajo evaluara las estrategias que usa actualmente la empresa Extra-Gas y presentara ideas de mejora para estas con la finalidad de hacer a la empresa más competitiva en el mercado.

CAPÍTULO 1: MARCO TEÓRICO

1.1 Herramientas de Diagnóstico

En el presente punto, se mencionaran y desarrollaran las herramientas que se utilizaron para realizar el diagnóstico actual de la empresa, para así determinar la problemática y cuales son las posibles causas raíz.

1.1.1 Lluvia de ideas

La lluvia de ideas o tormenta de ideas es una herramienta muy importante, ya que permite a los participantes de la sesión que puedan participar libremente y liberando sus ideas sobre un tema o problema específico, esta técnica es de gran importancia para un trabajo en equipo, ya que permite el análisis y la comunicación sobre un tema, pero en igualdad de condiciones.

1.1.2 Diagrama de Pareto

El diagrama de Pareto es una herramienta estadística muy importante, cuya representación gráfica es mediante barras verticales y en donde el alcance de análisis son los datos decisivos, por lo cual el objetivo principal del diagrama de Pareto es encontrar el o los problemas más críticos, así también las causas raíz más críticas que generan mayor influencia en la generación del problema. Por lo tanto, para no tener que estar tratando de atacar todos los problemas a la vez o tratando de solucionar todas las causas posibles que generan un problema, el diagrama de Pareto en base a datos recopilados nos ayuda a priorizar los problemas o causas raíz para que se puedan enfocar los esfuerzos donde se pueda obtener un mayor impacto en la solución de un problema.

En el gráfico 1, se puede visualizar un ejemplo.

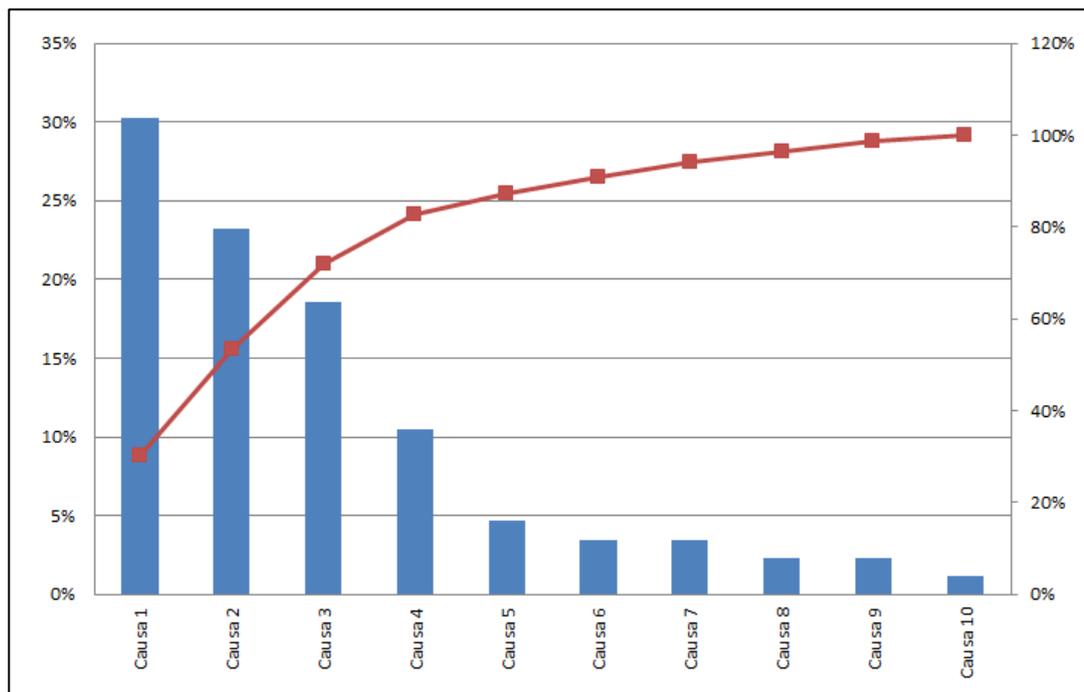


Gráfico 1. Ejemplo de diagrama de Pareto

Fuente: Diagrama de Pareto (2018). Recuperado de [http:// leanmanufacturing10.com](http://leanmanufacturing10.com)

1.1.3 Diagrama de Causa - Efecto

El diagrama causa – efecto o de Ishikawa, es una herramienta muy importante para la determinación de causas raíz que generar un determinado problema, aplica un método gráfico en la cual relación el problema o efecto con las causas o factores que seguramente lo generan.

La gran importancia de esta herramienta es que nos obliga a visualizar todas las posibles causas que pueden relacionarse con el problema en cuestión y de tal manera evita tratar de buscar soluciones sin verificar el fondo del porque se está generando el problema.

Se pueden hallar tres tipos importantes de diagrama de Ishikawa, los cuales varían según como se buscan y organizan las causas en la gráfica.

A continuación, se listan los tipos:

- Método de las 6M (Material, Mano de Obra, Medición, Método, Medio Ambiente, Máquina).
- Método flujo del proceso.
- Método de estratificación o enumeración de causas.

Como se puede observar en el gráfico 2, se muestra un ejemplo del diagrama de Ishikawa.

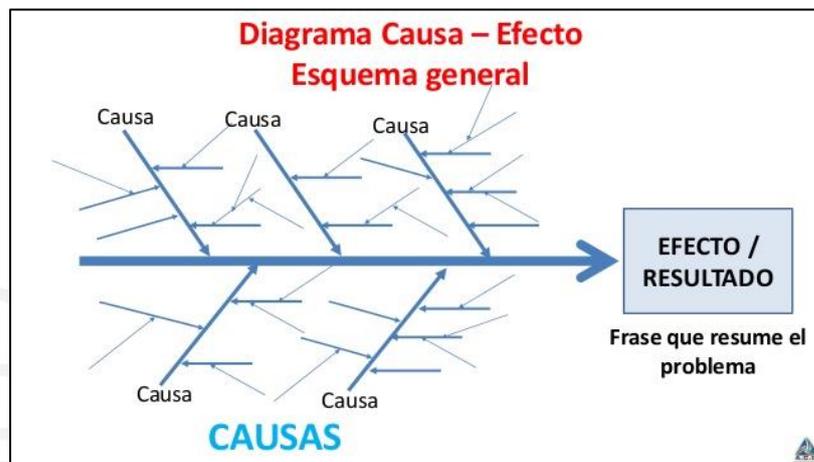


Gráfico 2: Diagrama de Causa -Efecto

Fuente: El diagrama de causa - efecto. Recuperado de [http:// aprendiendocalidadyadr.com](http://aprendiendocalidadyadr.com)

1.1.4 Matriz QFD

El despliegue de la función de calidad (o QFD, por sus siglas en inglés); es una herramienta muy importante en las empresas para la planificación de la calidad, otorga a una empresa traducir o alinear los requerimientos de los clientes con las características o especificaciones que tendrán los productos o servicios. Así también, genera desplegar a través de los procesos operativos las necesidades de calidad solicitados por los clientes. La matriz QFD, sirve para identificar la necesidad del cliente y nos indica en dónde debemos desplegar los esfuerzos de diseño; asimismo, la Casa de la Calidad (HOQ) es una herramienta de implementación, para llevar a la practica el QFD, según se muestra en el gráfico 3.

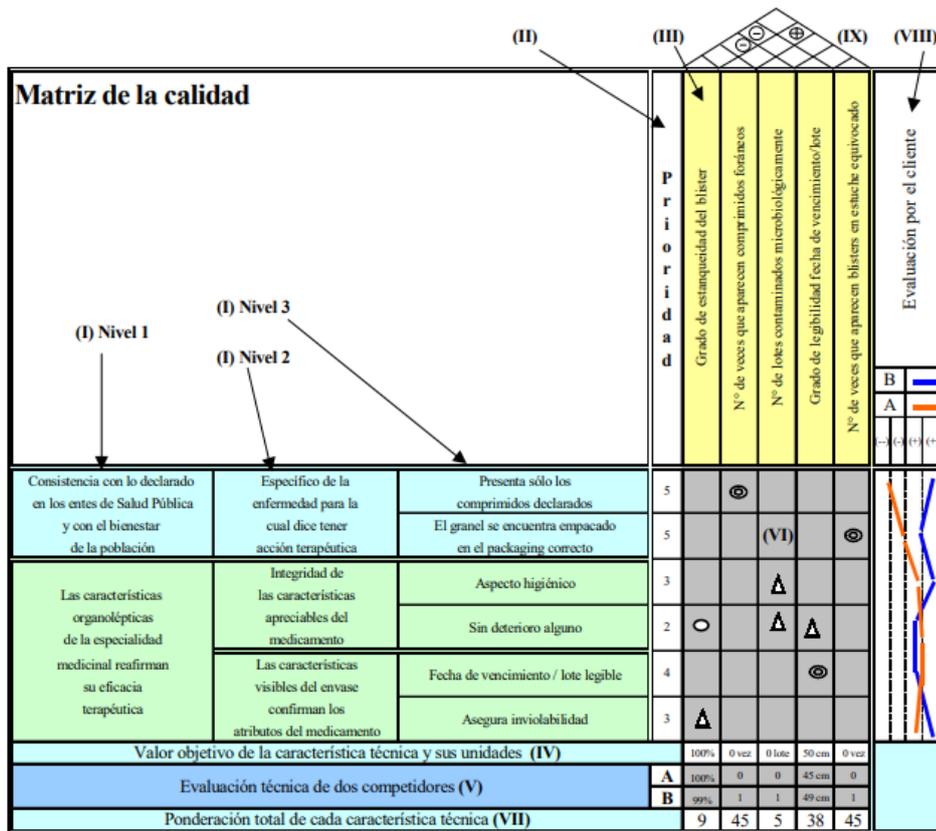


Gráfico 3: Diagrama QFD

Fuente: Diagrama QFD (2018). Recuperado de [http:// leanmanufacturing10.com](http://leanmanufacturing10.com)

1.1.5 ¿Los 5 Por qué?

Los 5 porqué, es una herramienta que aplica un método basado en ejecutar preguntas para de tal manera encontrar las relaciones de causa-efecto que originan el problema en cuestión, es recomendable realizar 5 preguntas para llegar a determinar la causa raíz del problema.

Una correcta utilización de esta herramienta puede permitir a generar soluciones más exactas a los problemas en evaluación, ya que se evalúa hasta sus elementos fundamentales al problema que se viene tratando. En el gráfico 4 se puede observar la estructura de esta técnica.

Defecto	Razones o Causas
¿Por qué? - 1: ¿Por qué ocurrió el defecto?	
¿Por qué? - 2: ¿Por qué ocurrió eso?	←
¿Por qué? - 3: ¿Por qué ocurrió eso?	←
¿Por qué? - 4: ¿Por qué ocurrió eso?	←
¿Por qué? - 5: ¿Por qué ocurrió eso?	←
¿Por qué? - 6: ¿Por qué ocurrió eso?	←

Gráfico 4: Herramienta 5 Por qué?

Fuente: Los 5 Por qué (2018). Recuperado de [http:// leanmanufacturing10.com](http://leanmanufacturing10.com)

1.1.6 Mapeo de procesos

El mapeo de procesos es una herramienta de gestión, que se utiliza para representar gráficamente un proceso en el que se muestra de manera detallada toda la secuencia de un proceso, es decir en actividades que generan o no valor al proceso.

El fin de la aplicación de un mapeo de procesos, es determinar las actividades o puntos que necesitan ser analizados, para explicar las variables críticas de calidad los cuales merecen ser estudiados su capacidad, así también determinar oportunidades de mejora tanto como simplificación o rediseño del proceso e identificando cuellos de botella.

Los mapeos de proceso pueden realizarse en tres niveles: general (toda una organización), nivel medio (todo un proceso) o nivel específico (un subproceso en particular).

En el gráfico 5, se muestra un ejemplo de un modelo de mapa de procesos.

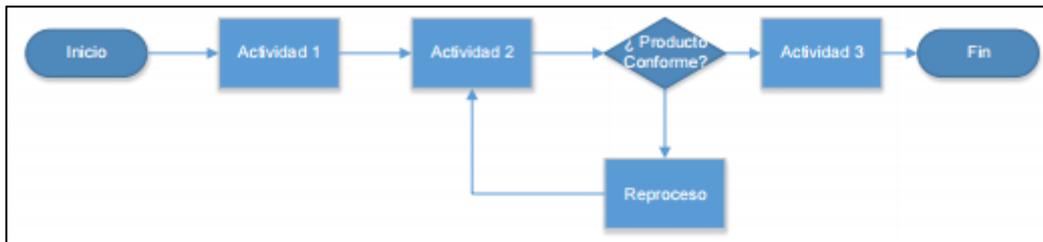


Gráfico 5: Modelo de mapa de procesos
Fuente: Alcántara Lozano, G. (2017)

1.2 Herramientas del modelo de mejora

A continuación, se describirán las herramientas que serán utilizados a lo largo de la aplicación del modelo de mejora.

1.2.1 Six sigma

1.2.1.1 Definición

Para diversos autores a nivel internacional, Seis Sigma es una metodología que gestiona la calidad dentro de una empresa y que utilizando herramientas estadísticas logra mejorar la capacidad y estabilidad del proceso a analizar, obteniendo así que la empresa u organización entienda los requerimientos de sus clientes internos y externos. La metodología Seis Sigma, mantiene cinco pasos llamados DMAIC y se basa en la mejora continua PDCA de Deming.

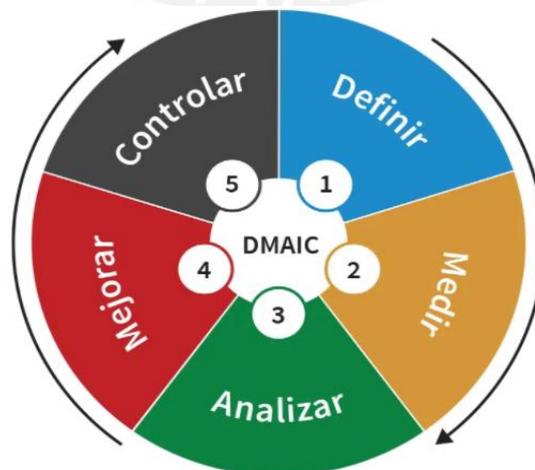


Gráfico 6: Modelo DMAIC
Fuente: Metodología DMAIC (2017). Recuperado de [http:// traccsolution.com](http://traccsolution.com)

1.2.1.2 Estructura del Seis Sigma

La implementación Seis Sigma, tiene como objetivo mejorar y optimizar los procesos de una organización, para dicho fin la metodología Seis Sigma consiste en cinco pasos:

1. Definir el proyecto o problema de calidad, dentro un proceso de la empresa u organización.
2. Medir la situación del problema, con los datos recolectados del proceso.
3. Analizar las causas del problema, aplicando diferentes herramientas antes mencionadas.
4. Mejorar las condiciones del proceso, determinando y optimizando las variables críticas del proceso.
5. Controlar las variables críticas del proceso, para que la implementación continúe en el tiempo.

1.2.1.3 Caracterización del Seis Sigma

Entre los factores más importantes que caracterizan el método Seis Sigma se encuentran:

1. Seis Sigma es mas que una metodología, es una cultura de calidad que debe ser asimilado por cada uno de los integrantes de la organización, de forma que se genere nuevo conocimiento.
2. La alta dirección de la organización es responsable de motivar su implementación y el entrenamiento de cada uno de los entes que lo conformen.

3. Los resultados que se obtengan en la implementación de la metodología Seis Sigma, deben mostrarse de forma cuantitativa, lo cual mejorara su manejo y entendimiento de los procesos.
4. La metodología Seis Sigma, necesita de profesionales expertos en herramientas como QFD, AMEF, Control de Procesos y Diseño Experimental (DOE).

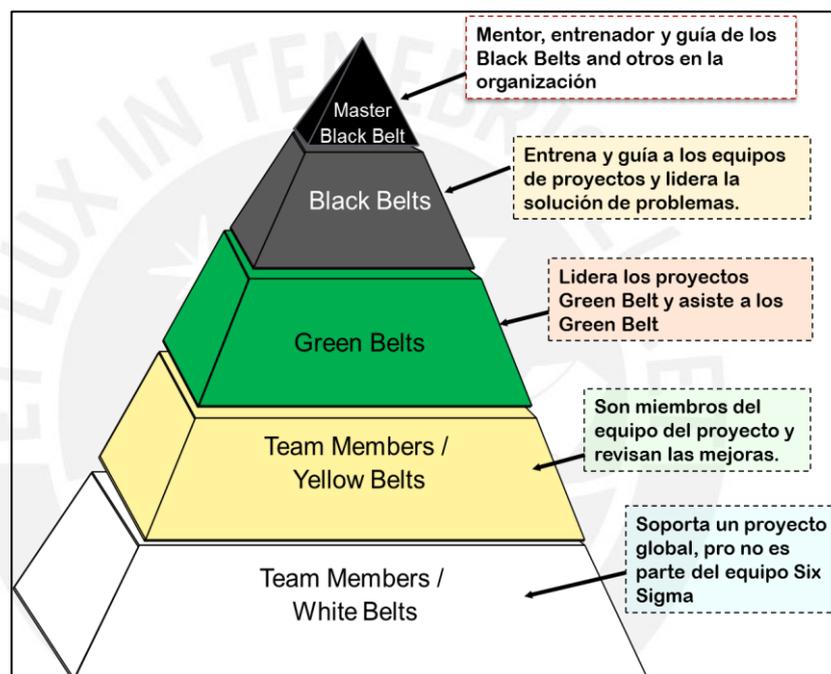


Gráfico 7: Niveles de Six Sigma

Fuente: ¿Qué es six sigma? Recuperado de [http:// http://pmo3-ic.com](http://http://pmo3-ic.com)

1.2.2 Metodología DMAIC

A continuación, se explicará cada uno de los pasos de la metodología DMAIC.

1.2.2.1 Definir

En este paso o etapa, el equipo encargado de la implementación de la metodología Seis Sigma, deberá definir el problema de calidad en base a requerimientos o necesidades de los clientes, describiendo el proceso y

encontrado oportunidades de mejora, así también determinar cuáles son las variables críticas de entrada y salida.

Herramientas en etapa Definir

Las herramientas para la etapa Definir de la metodología DMAIC son:

Diagrama SIPOC

El diagrama SIPOC, es una herramienta de mapeo de proceso en el cual se presentan los proveedores, entradas, proceso, salida y clientes; y sirve para entender de una mejor manera el proceso en análisis.

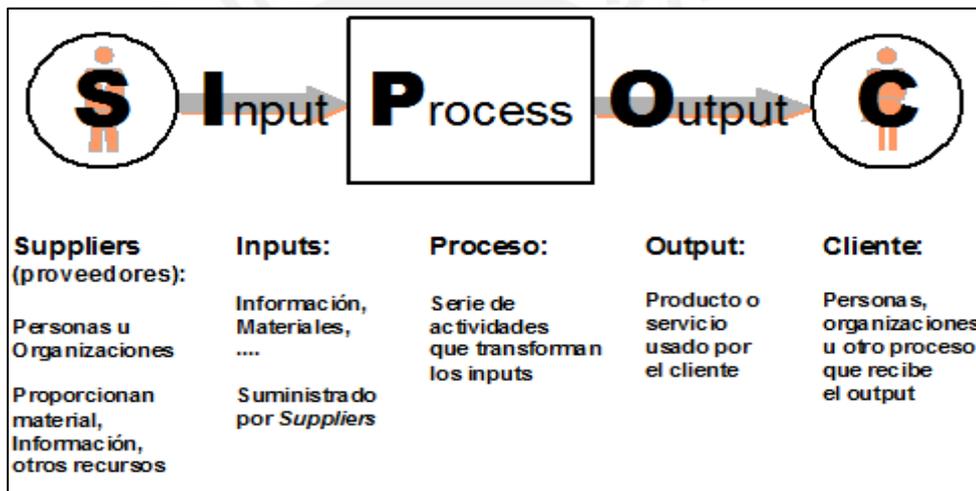


Gráfico 8: Mapeo de procesos (SIPOC)

Fuente: Mapa de proceso de alto nivel. Recuperado de [http:// caletec.com](http://caletec.com)

Voz del cliente (VOC)

Diversos autores, señalan que la Voz del Clientes es la percepción que tiene el cliente interno o externo respecto a una disposición específica dentro del proceso de negocio de la empresa. Cabe mencionar que como clientes podemos determinar al receptor final de un producto al final del proceso.

Las encuestas o comunicación con las clientes facilitan las mejoras, ya que a partir de estas se puede identificar que es lo crítico o necesario para el cliente (CTC), para lo cual se debe implementar meticas para realizar el seguimiento (KPI), según se observa en el gráfico 9.



Gráfico 9: La voz del cliente (VOC)
Fuente: Alcántara Lozano, G. (2017)

El siguiente proceso de análisis es tiene como fin determinar la voz del cliente (VOC) en los requerimientos críticos del cliente (CCR) y como se decreta en los críticos para la calidad (CTQ) del producto o proceso.

1.2.2.2 Medir

En este paso o etapa, el equipo encargado de la implementación luego de la recolección de datos en el proceso que se viene analizando, en base a herramientas estadísticas deberán medir la situación actual del proceso, tanto en su capacidad y variabilidad para determinar si es proceso es capaz de cumplir con las especificaciones del cliente.

Herramientas en etapa Medir

Las herramientas para la etapa Medir de la metodología DMAIC son:

Análisis de Capacidad del proceso

Con el análisis de capacidad del proceso, se determinará si el proceso en cuestión es capaz de cumplir con las especificaciones de los

clientes, en otras palabras, se verificará el intervalo de variación de los productos finales. Para realizar el análisis de capacidad del proceso, este debe estar controlado estadísticamente.

Índice de capacidad del proceso, Cp

El índice de capacidad del proceso Cp, determinar si los productos finales se encuentran dentro de las especificaciones, se calcula de la siguiente manera.

$$Cp = \frac{U - L}{6\sigma}$$

Índice de capacidad del proceso, Cpk

El índice de capacidad del proceso Cpk, determinar si los productos finales se encuentran centrado entre los límites de las especificaciones, se calcula de la siguiente manera.

$$Cpk = \frac{|\mu - Ln|}{3\sigma}$$

1.2.2.3 Analizar

En este paso o etapa, el equipo encargado de la implementación de la metodología Six Sigma, luego de determina la capacidad del proceso, deberá buscar las causas raíz que generan la desviación y variabilidad en el proceso analizado, para lo cual se deberán utilizar herramientas como el diagrama de Ishikawa, estudio de correlación y análisis ANOVA.

Herramientas en etapa Analizar

Las herramientas para la etapa Analizar de la metodología DMAIC son:

- Diagramas de Causa – Efecto.
- Estudio de Correlación.
- Prueba de Chi-Cuadrado, T y F.
- Diagrama de Flujo.

1.2.2.4 Mejorar

En este paso o etapa, el equipo encargado de la implementación de la metodología Six Sigma, luego de determina las causas que generan la variabilidad del proceso, deberán determinar la mejora a implementar a fin de controlar dichas causas y por lo tanto lograr una mejor capacidad del proceso.

Herramientas en etapa Mejorar

Las herramientas para la etapa Mejorar de la metodología DMAIC son:

Análisis Modal Falla Efecto (AMFE)

Se realiza un análisis modal de fallos y efecto, en el cual se aplican soluciones correctivas, predictivas y preventivas.



Gráfico 10: Etapas del AMFE

Fuente: Administración y gestión de mantenimiento (2015). Recuperado de <http://gestionamantenimiento.blogspot.com>

Diseño de experimentos

El diseño de experimentos es una herramienta estadística, en el cual su objetivo principal es ejecutar una cantidad de pruebas en la que se realizan cambios deliberados para encontrar si determinados factores o variables influyen en la variable de salida o de estudio.

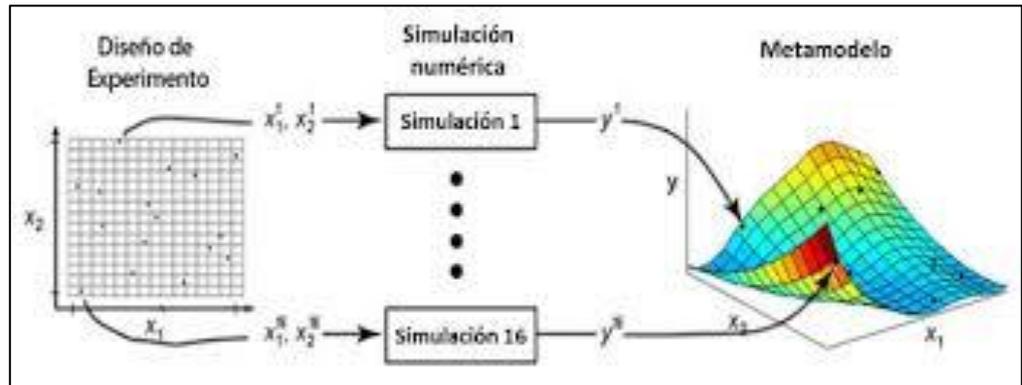


Gráfico 11: Modelo de diseño de experimento (DOE)

Fuente: Diseño de experimentos (DOE). Recuperado de <http://www.scielo.org.ve>

1.2.2.5 Controlar

En este paso o etapa, el equipo encargado de la implementación de la metodología Six Sigma, debe crear un plan de supervisión para sostener la mejora en el tiempo, así también se deberá controlar para realizar una mejora continua a la implementación.

Herramientas en etapa Controlar

Las herramientas para la etapa Controlar de la metodología DMAIC son:

Cartas de control

Las cartas de control, es un método gráfico que sirve para determinar si un proceso se encuentra o no en control estadístico, y los puntos se encuentran dentro de los límites de control. Existen cartas de control por variables y atributos.

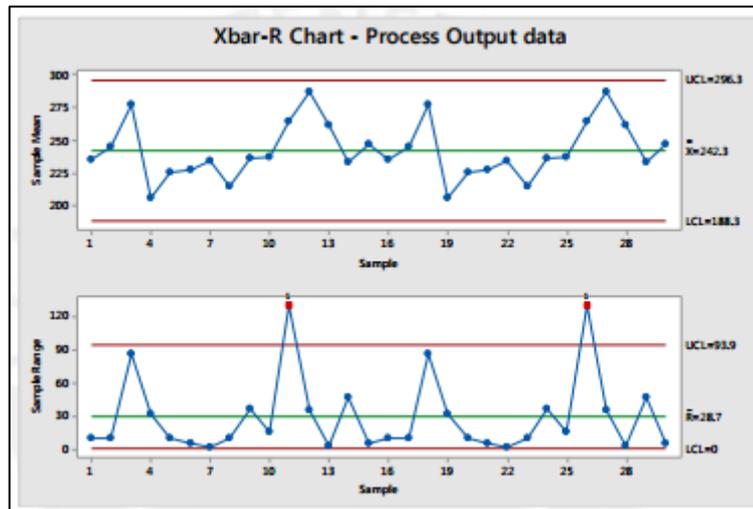


Gráfico 12: Grafico de control
Fuente: Elaboración Propia (2010)

1.3 Estudio de Casos

Para la documentación de casos de aplicación de la metodología **DMAIC** para mejorar procesos de fabricación, se considerará tres investigaciones.

1.3.1 Caso 1: Mejora de la calidad del arroz pilado a través de la optimización de procesos, usando la metodología Six Sigma.

El presente caso presenta la aplicación de la metodología **DMAIC** en el proceso de producción de arroz.

1.3.1.1 Objetivo

Esta investigación tiene como objetivo, aplicar la metodología seis sigmas en el proceso de producción de arroz, para así determinar los problemas existentes en relación a la calidad, aumenta la capacidad del proceso y reducir los costos en el proceso.

1.3.1.2 Descripción del Problema

La empresa en estudio en esta investigación presenta problemas de calidad en la línea de producción de arroz, así también cuenta con actividades que no agregan valor al proceso y tienen una baja

capacidad del proceso respecto a las especificaciones que requiere el mercado.

1.3.1.3 Etapa Definir

En esta etapa el autor, identifica el producto y así también el proceso a mejorar, asegurando que los recursos estén en el lugar para el proyecto de mejora.

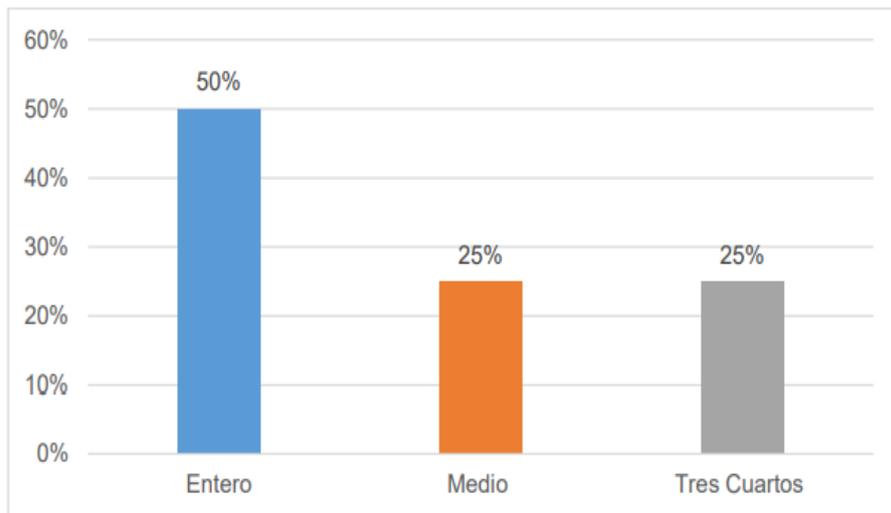


Gráfico 13: Calificación según tipo de Arroz
Fuente: García Niquén, G. (2019)

1.3.1.4 Etapa Medir

En esta etapa el autor, realiza mediciones del proceso teniendo como variable crítica la humedad del arroz pilado, dado que el proceso genera cierto porcentaje de granos rotos y quebrados, características que son principales para la calidad.

A continuación, en la siguiente tabla se presenta la medición actual del proceso:

Tabla 1: Medición de la Humedad del Arroz

CARACTERÍSTICAS	RANGO
El peso patrón de comercio se define sobre la base de arroz seco, limpio y libre de materias extrañas, es decir, arroz con 14% de humedad y/o 0.4% de contenido de impurezas.	%Hum.....Descuento en kg (por cada 100 kg) 15.....1.0 16.....2.0 17.....3.5 18.....4.5 19.....6.0 20.....7.0 21.....8.0 22.....9.0
Los comerciantes que compren arroz en cáscara con un contenido mayor al 14%, podrán acordar descuentos de acuerdo a los porcentajes de humedad o impurezas contenidos en el producto de acuerdo al siguiente detalle:	

Fuente: García Niquén, G. (2019)

1.3.1.5 Etapa Análisis

En esta etapa el auto, analiza los datos obtenidos con el fin de determinar una lista de propiedades de las fuentes que causan la variación

En el gráfico 14, se muestra el porcentaje de humedad actual, y las mejoras que debería tener.

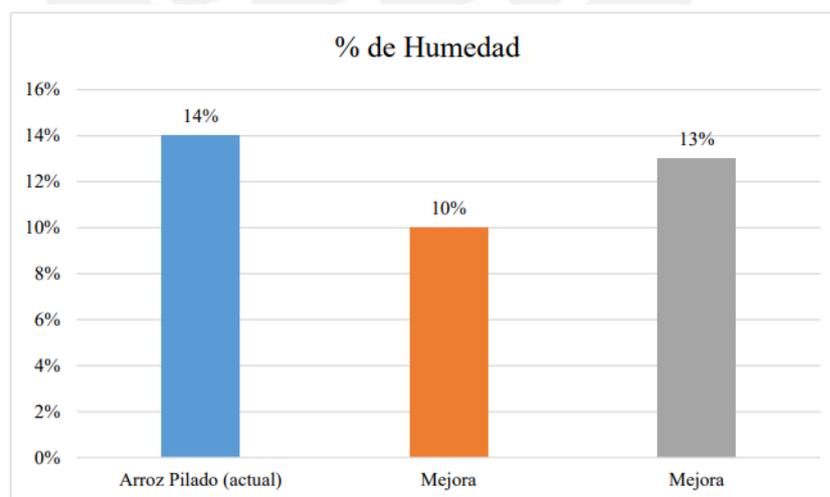


Gráfico 14: Porcentaje de humedad alcanzada, en los ciclos de secado propuestos

Fuente: García Niquén, G. (2019)

Asimismo, en la tabla 2 se muestra el porcentaje de humedad actual respecto al tiempo de secado de 8 horas y los ciclos de remoción, así también se muestra el porcentaje de humedad respecto al tiempo de secado de 8 horas, pero con un ciclo más de remoción de humedad.

Tabla 2: Mejora del Porcentaje de Humedad alcanzada, en los ciclos de secado propuestos

Producto	Tiempo de Secado / hora	Ciclo de Secado para remoción de Humedad / ciclo	% de Humedad
Arroz Pilado (actual)	8	4	14%
Mejora	8	5	De 10 a 13%

Fuente: García Niquén, G. (2019)

1.3.1.6 Etapa Mejorar

En esta etapa el autor, listo las posibles soluciones a implementar, a fin de mejorar el porcentaje de humedad del arroz pilado, el cual consisten en aplicar un ciclo más de remoción de humedad.

Tabla 3: Mejora de las Unidades Producidas por Ciclo

Horas	Unidades Producidas	Ciclos	Horas
8	Sacos =212	5	9 hrs
	Kilos = 150 * 50 Kilos = 10601kg.		
		Días = 9 horas x 5 ciclos Días = 45/24 = 1.88 días	

Fuente: García Niquén, G. (2019)

En el siguiente cuadro se muestran los resultados obtenidos luego de la implementación de las soluciones.

Tabla 4: Mejora de la cantidad de Sacos producidos por hora

Proceso		Tiempo
Tiempo promedio del secado 4 ciclos	150	4.69
Tiempo promedio del secado 5 ciclos	212	471

Fuente: García Niquén, G. (2019)

1.3.1.7 Etapa Controlar

En esta etapa el autor, determino acciones necesarias para asegurar que la mejora perdure en el tiempo.

1.3.1.8 Resultados

Se aprecia en la tabla 5, que el autor logro reducir los costos por mantenimiento, en el proceso de arroz pilado.

Tabla 5: Resultados Obtenidos

AVERÍAS	DÍAS	Identificación de Frecuencia x Nº de día
0	3	12%
1	6	24%
2	9	36%
3	12	48%
4	-5	-20%
TOTAL	25	100%
Nº de Averías	Nº DE DÍAS	Identificación de Frecuencia x Nº de día
Averías	2.76	1035
Mejora	1.6	600
Costo / ahorro	1.16	435

Fuente: García Niquén, G. (2019)

1.3.1.9 Conclusión

Para el autor, el costo/beneficio para el presente proyecto es de 1.16 (250,00 soles por día) lo cual representa un ahorro considerable para la empresa.

1.3.2 Caso 2: “Metodología Six Sigma y su efecto en el índice de quejas de la empresa AVICESAR S.A.C., TRUJILLO 2020”

El presente caso presenta la aplicación de la metodología DMAIC en el proceso de atención de pedidos.

1.3.2.1 Objetivo

Proponer la implantación de la metodología Six Sigma en una empresa de distribución de carne avícola, a fin de mejorar el proceso y reducir el índice de quejas.

1.3.2.2 Descripción del problema

Según el autor, el principal problema de la empresa es que se vienen generando altos reclamos de los clientes en el proceso de atención de los pedidos, lo cual genera costos de no calidad y mala reputación de la empresa.

1.3.2.3 Etapa Definir

El principal propósito de la presente fase es definir de manera correcta el principal foco del proyecto y el equipo de trabajo que se encargara de la implementación de la mejora.

Tabla 6: Equipo de Trabajo del Proyecto SIX SIGMA

PAPEL DESEPEÑADO EN EL PROYECTO	DEPARTAMENTO	NOMBRE	APELLIDO
LÍDER DEL PROYECTO	Ing. Six sigma	André	Rodríguez L.
SPONSOR	Gerente General	Cesar	Rodríguez L.
PRÁCTICANTE	Distribuidor 1	Jesus	Escobar B.
COLABORADOR	Distribuidor 2	Henry	Briceño E.

Fuente: Rodríguez León, A. (2020)

1.3.2.4 Etapa Medir

En esta etapa el autor, realizo una carta de control por atributos U, para analizar el índice de quejas al proceso de atención de pedidos.

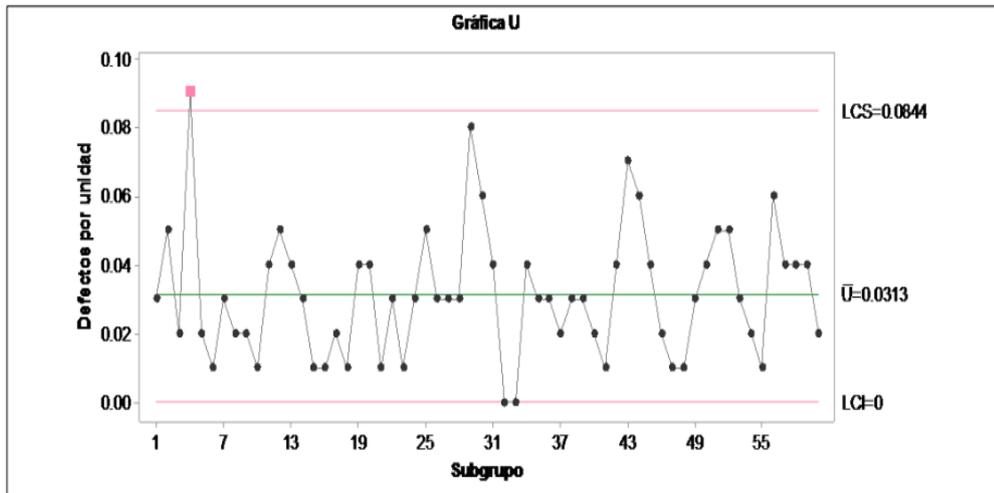


Gráfico 15: Carta de control U por atributos para índice de quejas de la empresa AVICESAR S.A.C.

Fuente: Rodríguez León, A. (2020)

En la tabla 7, se puede visualizar que existe una gran cantidad de quejas por distintos motivos, como pedidos tarde, pedidos no atendidos, entre otros.

1.3.2.6 Etapa Mejorar

En esta etapa el autor propuso las siguientes mejoras;

- Nueva disposición de las tinas en cada línea de distribución.
- Capacitar con la nueva metodología de llenado.
- Compra de movilidad.
- Selección de clientes de la ruta.

1.3.2.7 Etapa Controlar

Para controlar la mejora implantada y continúe a lo largo del tiempo se tomará algunas medidas.

- Control de las hojas de inspección
- Gráfico de control U
- Inspección de tiempos.

1.3.2.8 Resultados

Luego de la implementación de la metodología six sigma, el porcentaje de quejas disminuyo en un 39%, lo cual genero reducción en los costos y mejor posicionamiento en el mercado por parte de la empresa.

1.3.2.9 Conclusión

El autor concluye, que la implementación de la metodología six sigma, redujo considerablemente el porcentaje de quejas en el proceso de atención de pedidos, lo cual genera ingresos adicionales a la empresa y una mejor reputación.

1.3.3 Caso 3: “Propuesta de implementación del modelo six sigma para mejorar el proceso de manejo y control de desperdicios de materia prima”.

El presente caso presenta la aplicación de la metodología DMAIC en el proceso de fabricación de cartones.

1.3.3.1 Objetivo

Analizar y mejorar el proceso productivo de una empresa de cartones empleando la metodología DMAIC.

1.3.3.2 Descripción del problema

La empresa presenta problemas de calidad durante sus procesos productivos, los cuales generan altos costos de no calidad.

1.3.3.3 Etapa Definir

En este punto el autor, describe el mapa de macroprocesos de la empresa, para así determinar el macroproceso clave, así también realizara un diagrama SIPOC del proceso en análisis.

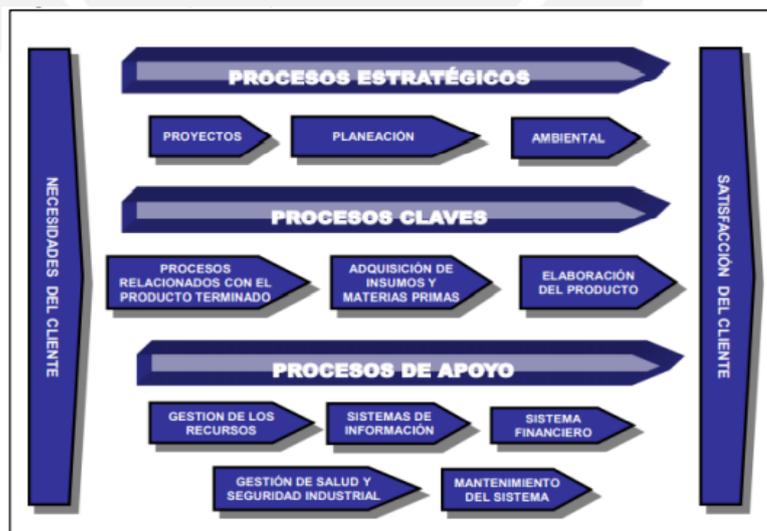


Gráfico 16: Mapa de macroprocesos de la empresa

Fuente: Pardo Hernández, A. (2019)

SIPOC (SUPPLEIERS, INPUTS, PROCESS, OUTPUTS, CUSTOMERS)				
Proveedores	Entradas	Procesos	Salidas	Clientes
Molino de Cali	Mano de obra Personal almacen Rollos de papel kraft Ordenes de pedidos Inventario rollos de papel kraft	Recepcion de rollos papel kraft Almacenamiento rollos de papel kraft Transporte rollos de papel kraft a la planta	Rollos de papel kraft parciales Laminas de carton corrugado Indicador de desperdicio de material	Corrugador Maquinas impresoras Maquinas troqueladoras

Gráfico 17: Diagrama SIPOC del proceso en análisis
Fuente: Pardo Hernández, A. (2019)

1.3.3.4 Etapa Medir

En este punto el autor, tiene como objetivo analizar el sistema de medición actual de la empresa, determinar las variables a medir, planear la toma de muestra, ejecutar las mediciones para entender la capacidad actual del proceso con relación a las variables escogidas y validar el sistema de medición.



Gráfico 18: Diagrama Pareto de desperdicio en impresora y troqueladora
Fuente: Pardo Hernández, A. (2019)

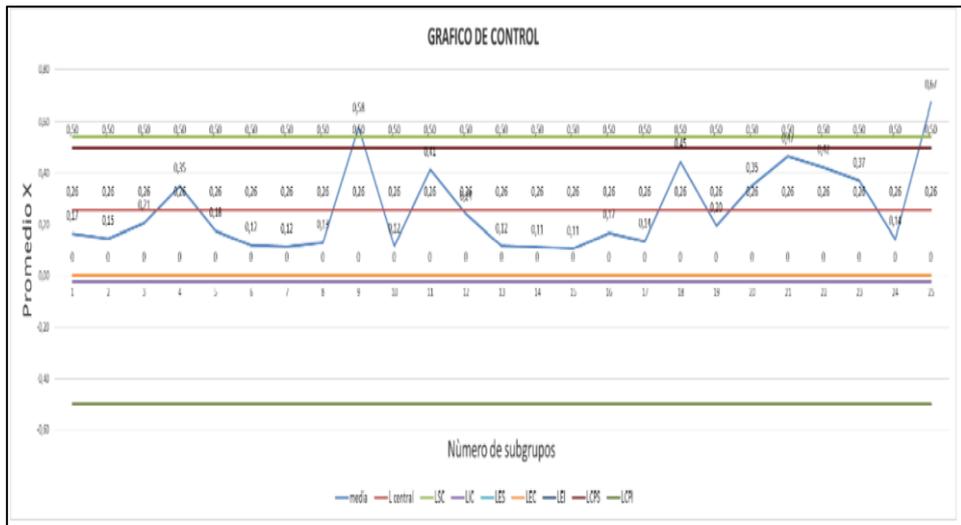


Gráfico 19: Gráfico de control X-R Impresora
Fuente: Pardo Hernández, A. (2019)

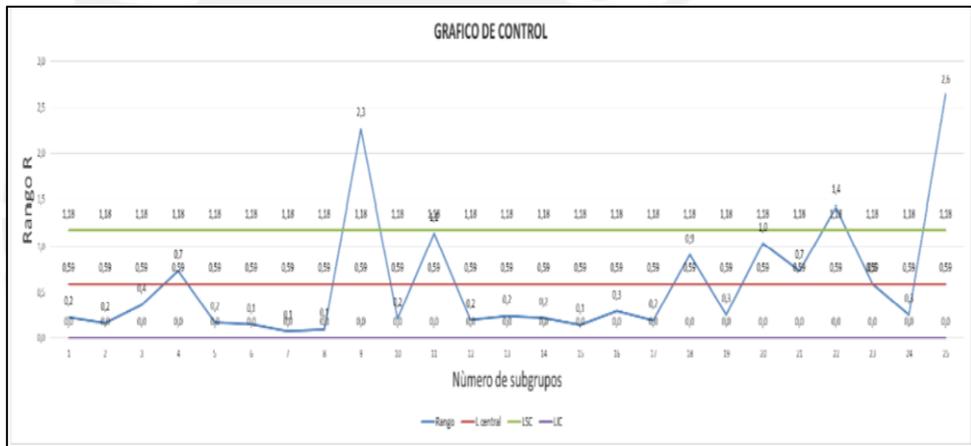


Gráfico 20: Gráfico de control X-S Impresora
Fuente: Pardo Hernández, A. (2019)

1.3.3.5 Etapa Análisis

En este punto, el autor analizó las causas que provocan los altos índices de desperdicios, para lo cual realizó un análisis de causa-efecto para determinar la causa raíz que generan las fallas en medidas usando un diagrama de Ishikawa. Seguidamente calculó el número de prioridades de riesgo en los modos de fallo para el proceso, para esto utilizó un análisis modal falla efecto (AMFE).

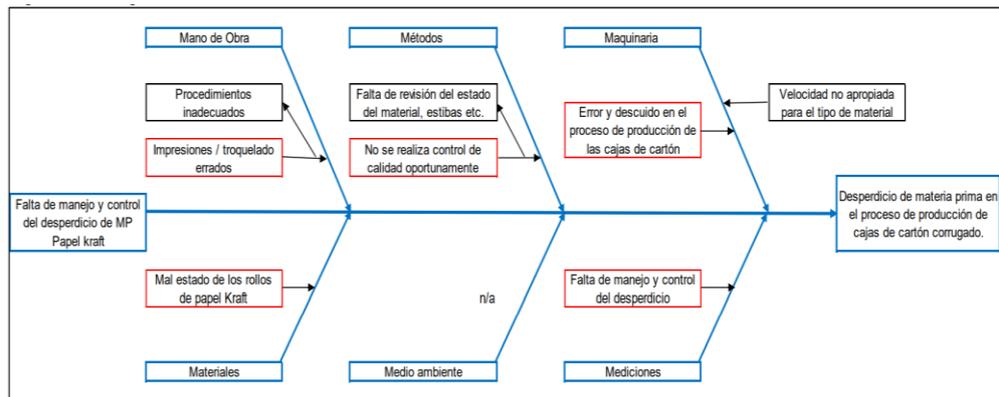


Gráfico 21: Diagrama de Ishikawa
Fuente: Pardo Hernández, A. (2019)

1.3.3.6 Etapa Mejorar

En esta etapa el autor, propone la implementación de las 5s, la normalización de procesos utilizando procedimiento y un plan de capacitación al personal interno.

1.3.3.7 Etapa Controlar

El autor en esta etapa, mostro la mecánica de control para la mejora realizada. El fin de la mecánica de control es de asegurar que la implementación se mantenga en el tiempo y al momento de aparecer cambios que afecten al proceso estos deben ser ajustados para mantener el proceso bajo control. Para mantener dicha implementación en el tiempo propuso la utilización de graficas de control para las diferencias en las medidas y uso de hoja de verificación para el proceso.

1.3.3.8 Resultados

En la tabla 10, se muestran los resultados obtenidos luego de la implementación de la metodología six sigma, en el cual la empresa obtiene un beneficio de 16,850.00 dólares americanos al mes, por la reducción de desperdicios en el proceso de producción de cartones.

Tabla 10: Análisis de resultados

MATRIZ COSTO BENEFICIO			
Descripción de las mejoras	Beneficios (Disminución)	Costos	Valor
Colocar almohadilla de caucho a los Clamp's (3 montacarga)	Rasgado del papel Deformación de los rollos	Instalación de las almohadillas	
		3 unidades	\$ 550.000
		Total	\$ 1.650.000
Colocar protectores metálicos para proteger los rollos (10 protectores)	Rasgado del papel Daños en los bordes de los Deformación de los rollos	Instalación de las almohadillas	
		10 unidades	\$ 500.000
		Total	\$ 5.000.000
Cambio de estibas por unas de plástico	Daño de las laminas a causa de puntillas Mantenimientos o reparaciones de las estibas por su deterioro prematuro	Cambio de estibas	
		60 unidades	\$ 170.000
		120 cm x 180 cm	
		Total	\$ 10.200.000
		Total general	\$ 16.850.000

Fuente: Pardo Hernández, A. (2019)

1.3.3.9 Conclusión

Se concluye que la metodología, redujo considerablemente el porcentaje de desperdicios en el proceso de producción de cartones, lo cual genera a la empresa un beneficio de 16,850.00 dólares americanos al mes,

CAPÍTULO 2: DESCRIPCIÓN Y DIAGNÓSTICO DE LA EMPRESA

En el presente capítulo, se mostrará información respecto de la empresa la cual servirá para el desarrollo del caso de estudio, en primer lugar, se describirá la empresa, el sector a la que pertenece, la actividad económica que realiza y su estructura organizacional. Así también, se indicarán las características principales de los actores participantes en el modelo de negocio y los diferentes productos que ofrece la empresa.

2.1 Descripción de la empresa

Planta envasadora de GLP Extra Gas S.A., ofrece Gas Licuado de Petróleo envasado y a granel que cubre un amplio rango de aplicaciones en el uso doméstico, el comercio y la industria.

2.1.1 Sector y actividad económica

Según la Clasificación Industrial Uniforme (CIU), el sector y actividad a la que pertenece la industria de medios de pago le corresponde la codificación del tipo 4661, que hace referencia a la actividad “Venta al por mayor de combustibles sólidos, líquidos y gaseosos y productos conexos”.

2.1.2 Perfil empresarial y principios organizacionales

En este acápite se menciona la misión y visión estratégicos de la empresa en estudio.

La misión de Extra Gas S.A. es la siguiente:

“Nuestra misión es brindar servicios seguros y eficientes, en concordancia con las normas de hidrocarburos y facilidades que aseguren la plena satisfacción de nuestros clientes y accionistas, proporcionando inversión productiva y rentable”.

La visión de Extra Gas S.A. es la siguiente:

“Ser una planta envasadora líder en el proceso de envasado y comercialización de Gas Licuado de Petróleo, por los altos valores de solidaridad, equidad, honestidad y transparencia; con el talento de sus miembros; seguridad, confiabilidad y eficiencia en los servicios brindado, con capacidad de respuesta frente al cambio y observando nuestra responsabilidad social con la comunidad”.

2.1.3 Estructura Organizacional de la empresa

En el gráfico 22 se muestra la estructura organización de la empresa Extra Gas S.A.

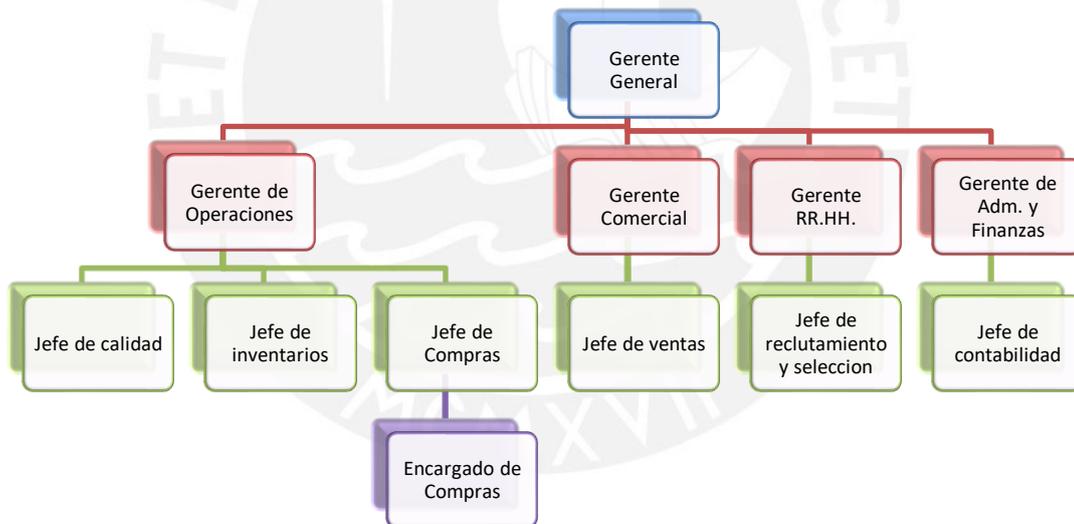


Gráfico 22: Estructura Organizacional

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 11 se describe los puestos de la estructura organizacional de la empresa Extra Gas S.A.

Tabla 11: Descripción de Puestos

Puesto	Descripción
Gerente General	Su función es de gestionar todas las plantas de envasado, tomando las mejores decisiones a partir de la información que reciba de los gerentes funcionales.
Gerente de Operaciones	Su función es gestionar todo lo referente al producto en planta, calidad, inventarios, mermas, etc.
Gerente Comercial	Su función es gestionar con los proveedores, las compras, devoluciones, precios de los insumos, ofertas, etc.
Gerente de RR.HH.	Su función es la de reclutar, seleccionar, contratar; hacer las inducciones, capacitaciones, pago de salarios, etc.; a todo el personal nuevo y antiguo.
Gerente de Adm. Y Finanzas	Su función es de gestionar, los recursos de la empresa, ver la correcta inversión de los recursos, también buscar financiamiento, etc.
Jefe de Calidad	Se encarga de planificar, la calidad de recepción de mercadería, así también acordar con los proveedores la devolución de mercadería en mal estado.
Jefe de inventarios	Se encarga de fijar los inventarios, tomando como base todos los ítems que se manejan en la planta, si hay muchas diferencias en el inventario se pide una sustentación clara.
Jefe de compras	Se encarga de gestionar el correcto abastecimiento en las plantas, previa gestión con los proveedores.
Jefe de Ventas	Se encarga de analizar la situación actual del mercado, para así ofrecer el mejor precio a los clientes. También se encarga de la aprobación de las ofertas señales que se realizan en todas las plantas.
Jefe de Reclutamiento y Selección	Se encarga de publicar las necesidades de la empresa en torno al recurso humano, planifica las entrevistas personales, las inducciones, el pago del personal, etc.

Tabla 11: Descripción de Puestos

Jefe de contabilidad	Se encarga de los pagos a los proveedores en general, ya que se trabaja a crédito de 30 días, también ve lo que son la cobranza a los proveedores.
Encargado de Compras	Se encarga directamente de generar el pedido en el sistema al proveedor e indicarle a que planta deberá ser despachado dicha mercadería pedida.

Fuente: Elaboración Propia

2.1.4 Entidades participantes en el modelo de negocio

La empresa en estudio tiene como objeto de negocio, brindar al por mayor venta de Gas Licuado de Petróleo envasado o granel. A continuación, se detallarán los participantes de este modelo de negocio: Clientes, Proveedores y Competencia.

a) Clientes:

La organización en estudio tiene como clientes a distribuidores de Gas Licuado de Petróleo en diversos distritos de Lima y en las ciudades de Ayacucho y Pucallpa. Así mismo tiene clientes como Restaurantes, Hoteles, Piscinas Temperadas, Clubes y otros más.

b) Proveedores:

La organización en estudio mantiene actualmente 10 proveedores, siendo los principales PETROPERU y ZETA GAS quienes son los que brindan el Gas Licuado de Petróleo a granel, así mismo se cuenta con proveedores de pintura, tapas, servicio técnico y mecánico, asesorías ambientales y otros más.

c) **Competidores:**

Las plantas envasadoras con mayor porcentaje de participación en el mercado son Sol Gas, Zeta Gas, Lima Gas y Llama Gas, estas empresas se han posicionado por sus bajos precios y su gran alcance en la distribución.

2.1.5 Instalaciones y medios operativos

Se presenta a continuación las instalaciones y recursos que presenta la empresa:

a) **Edificaciones:**

La empresa Extra Gas S.A., cuenta con distintos locales en diferentes regiones del Perú, siendo la principal el local del Callao – Lima, a continuación, una lista de los locales de la empresa.

- Oquendo – Callao (2,500 metros cuadrados)
- Pucallpa - Callao (2,000 metros cuadrados)
- Ayacucho - Callao (2,200 metros cuadrados)

b) **Máquinas y Equipos:**

La empresa cuenta con los siguientes equipos; Computadoras, Impresoras, Servidor Backup, 15 automóviles para la distribución, un tanque de 1000 metros cubico y uno de 300 metros cúbicos, 8 balanzas para envasado, 20 extintores, bombas hidráulicas.

c) Recurso Intangibles:

- **Marca:** Cada año la empresa Extra Gas, se está posicionando en la mente del consumidor; y así generándole un gran valor a su nombre.
- **Tecnología:** La empresa ha implementado diferentes softwares, dentro de su organización, para mejorar la parte contable y ventas.

d) Capacidades Organizativas:

- En Extra Gas se tiene una gran relación entre todas sus áreas, generando un trabajo en equipo.
- La empresa Extra Gas cuenta con una central que es la planta del callao, para el despacho de Gas Licuado de Petróleo a todas sus sucursales, generando esto pedidos a tiempo.
- La empresa Extra Gas, está invirtiendo año a año, en nuevas tecnologías para así mejorar la eficiencia de la empresa.

2.1.6 Recursos Humanos

La organización Extra Gas, tiene un recurso humano bastante capacitado, en sus diferentes áreas, ya sea en compras, contabilidad, finanzas, operaciones. En total se cuenta con 100 personas que trabajan para lograr dar un buen servicio a los clientes

2.1.7 Productos

La empresa ofrece Gas Licuado de Petróleo envasado en balones de 5kg, 10Kg y 45 kg que son vendidos a distribuidoras, así mismo la venta

de Gas Licuado de Petróleo a granel que son vendidos a Hoteles, Clubes y otros.

2.2 Diagnóstico de la Situación Actual

En este apartado se realizará un diagnóstico de la situación actual de la empresa, para lo cual, encontrara los procesos críticos, la descripción de cada uno de ellos y el impacto que generan a la empresa. Para tal propósito es importante realizar el mapa de proceso o macroprocesos, determinar los problemas y selecciona el proceso critico e identificar mejoras.

2.2.1 Mapeo y selección de procesos

Es importante determinar el mapa de procesos o macroproceso de la empresa, ya que nos muestra una perspectiva general de los procesos para entender mejor la empresa, por ende, facilita el análisis e identificación de oportunidades de mejoras. En el gráfico 23, se puede visualizar el mapa de proceso o macroprocesos de la empresa Extra Gas.

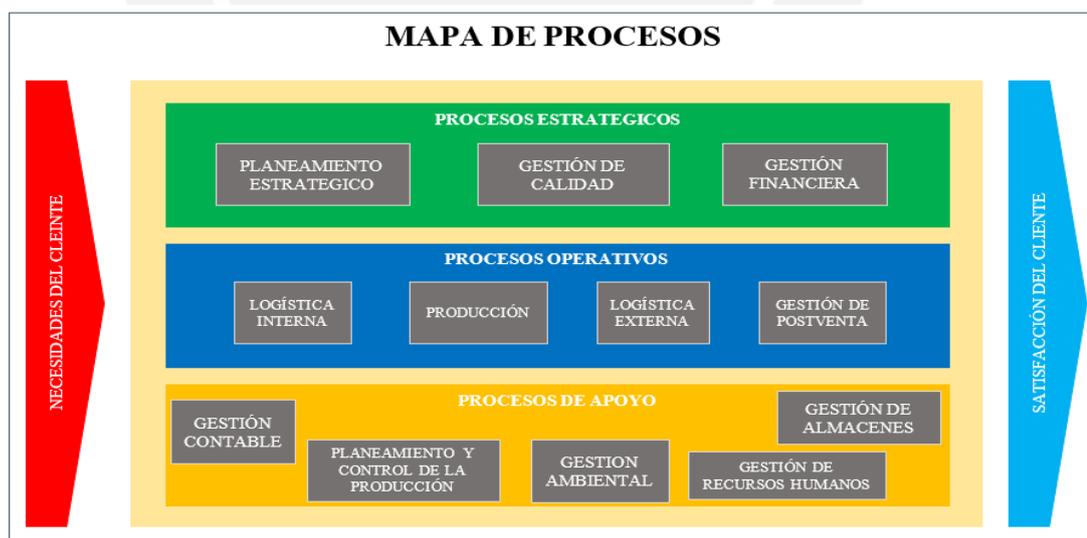


Gráfico 23: Mapa de Procesos o Macroprocesos de Extra Gas
Fuente: Elaboración Propia

2.2.2 Matriz QFD (Quality Function Management)

Para la presente investigación, se deberá identificar el proceso crítico de la empresa, para lo cual se utilizará la matriz QFD (Quality Function Deployment); debido al enfoque de la presente investigación que está relacionado a los procesos operativos, por lo tanto, se deberá determinar los requerimientos del cliente respecto de los productos finales que ofrece la empresa, tomando como base información recopilada mediante encuestas.

En dicha matriz QFD, se analizará la importancia de los requerimientos del cliente en una escala del 1 al 5, en base al criterio del personal de la empresa. Para de dicha forma determinar la relación que existen entre los requerimientos y los procesos involucrados en los servicios prestados.

En la tabla 12, se puede observar la matriz QFD de primer nivel y muestra la relación de cada requerimiento identificado de los clientes con cada macroproceso de la empresa. Según dicha matriz el proceso más importante es el Proceso de Producción, pues tiene un mayor valor total entre la relación de los requerimientos de los clientes respecto al producto ofrecido por la empresa. El proceso de Producción obtiene un total de 3.7 puntos y por ende mantiene un ordenen de prioridad 1.

Tabla 12: Matriz de Despliegue de Funciones de Calidad (QFD)

N°	Factores	Peso	Macroprocesos										
			Planeamiento Estratégico	Gestión de Calidad	Gestión Financiera	Logística Interna	Producción	Logística Externa	Gestión Pos Venta	Planeamiento y Control de la Producción	Gestión de Recursos Humanos	Gestión Ambiental y de Seguridad	Gestión de Almacenes
1	Producto con peso exacto	20%	1	5	1	1	5	3	1	1	2	5	2
2	Producto a Precio Justo	10%	1	2	1	2	5	2	1	1	1	1	1
3	Entrega a tiempo	10%	2	4	3	2	4	4	3	4	3	3	3
4	Pago a crédito	20%	5	1	5	2	1	2	3	1	1	1	1
5	Prestamo de Balones	5%	3	3	2	2	5	2	4	5	1	1	3
6	Correcto Mantenimiento	5%	1	4	1	1	4	1	5	3	1	1	1
7	Alcance de Distribución	5%	1	1	1	4	2	5	1	4	1	1	1
8	Nuevos productos	10%	5	1	3	1	3	1	1	1	1	1	1
9	Correcta Atención	15%	3	4	2	2	5	4	5	3	3	2	3
Total		100%	2.7	2.9	2.4	1.75	3.7	2.7	2.55	2.05	1.7	2.15	1.8

Fuente: Elaboración Propia

En el gráfico 24 se muestra el detalle del proceso de producción, el cual fue elegido de prioridad uno en la matriz QFD.

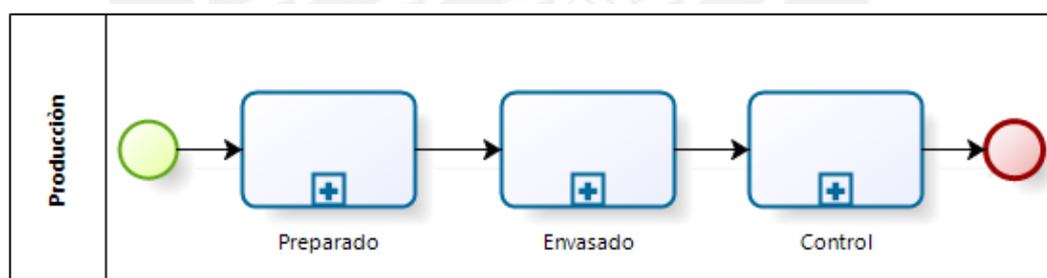


Gráfico 24: Proceso de Producción

Fuente: Elaboración Propia

Ya que el presente estudio está enfocado en el proceso de producción, se realiza una matriz de priorización de proceso con la finalidad de seleccionar el subprocesso crítico, para lo cual se muestra la tabla 13.

Tabla 13: Matriz de Priorización de Proceso

N°	SubProceso	Criterios de Evaluación					Puntaje
		Calidad	Costos	Tiempo de Entrega	Satisfacción del Cliente	Seguridad	
		25%	10%	10%	25%	30%	
1	Preparado	3	1	2	2	4	2.75
2	Envasado	5	2	3	5	4	4.2
3	Revisado	3	3	2	4	4	3.45

Fuente: Elaboración Propia

De acuerdo con la matriz de priorización de proceso presentado en la tabla 13, el proceso más importante es el de Envasado; por lo que según la tabla 13 obtuvo un puntaje mayor respecto a los demás. A continuación, en el gráfico 25, se muestra el detalle del subproceso de envasado.

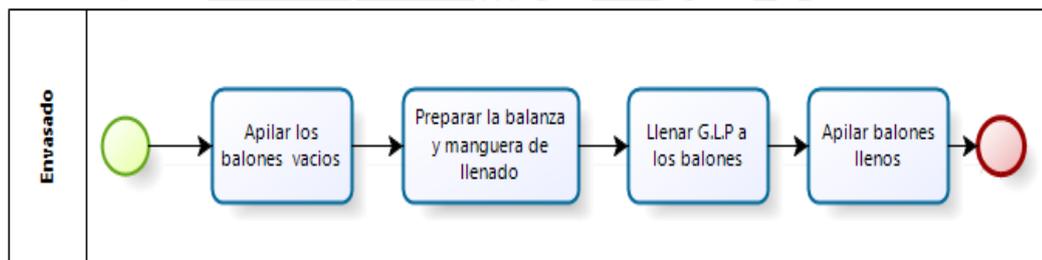


Gráfico 25: Subproceso de Envasado
Fuente: Elaboración Propia

A continuación, en la tabla 14 se muestra el detalle de las actividades del subproceso Envasado.

Tabla 14: Descripción de Actividades

Actividad	Detalle
Apilar los balones Vacíos	El operario, apila y prepara los balones que serán envasados, previamente los balones fueron pesados para obtener la tara.
Preparar la balanza y manguera de llenado	El operario prepara la máquina de llenado que consta de una balanza manual y la manguera de llenado a presión, una vez lista empieza con el llenado de cada uno de los balones.
Llenar GLP a los balones	El operario llena el Gas Licuado de Petróleo (GLP) a los balones, según el peso que puede ser de 5kg, 10kg y 45 kg.
Apilar los balones llenos	El operario apila los balones que ya culminaron el llenado de GLP, para que estos puedan ser revisados de alguna fuga que exista y posteriormente son tapados.

Fuente: Elaboración Propia

2.2.3 Gestión de Indicadores

En el presente punto se describirá el indicado utilizado en el proceso de envasado, se debe mencionar que no se utiliza indicadores en cada actividad ya que no es relevante dicha medición. En la tabla 15 se muestra la actividad crítica con el indicador que actualmente se mide.

Tabla 15: Indicadores de Medición

N°	Actividad	Razón	Indicador	Objetivo	Frecuencia
1	Apilar los balones vacíos	Preparar la carga de balones que serán llenados	Cantidad de balones apilados	≥ 2500	Quincenal
2	Preparar la balanza y manguera de llenado	Para realizar un correcto llenado de los balones	Tiempo de preparado	< 10 min	Quincenal
3	Llenar GLP a los Balones	Para llenar el gas licuado de petróleo según el peso indicado	Índice de productividad	1	Diario
	Llenar GLP a los Balones		Índice de Merma	$0.8 <$	Diario
4	Apilar los balones llenos	Para realizar el control de fugas	Cantidad de balones apilados	> 2450	Quincenal

Fuente: Elaboración Propia

- **Indicador 1: Promedio de Balones Apilados vacíos**

Se propuso este indicador a la empresa, ya que se quiere controlar de que la carga de los balones a ser envasados debe ser como mínimo 2500 diarios, ya que con esta carga la empresa considera que es necesario para obtener las utilidades esperadas.

A continuación, en el gráfico 26 se muestran el comportamiento de dicho índice desde mayo 2018 a abril 2019.

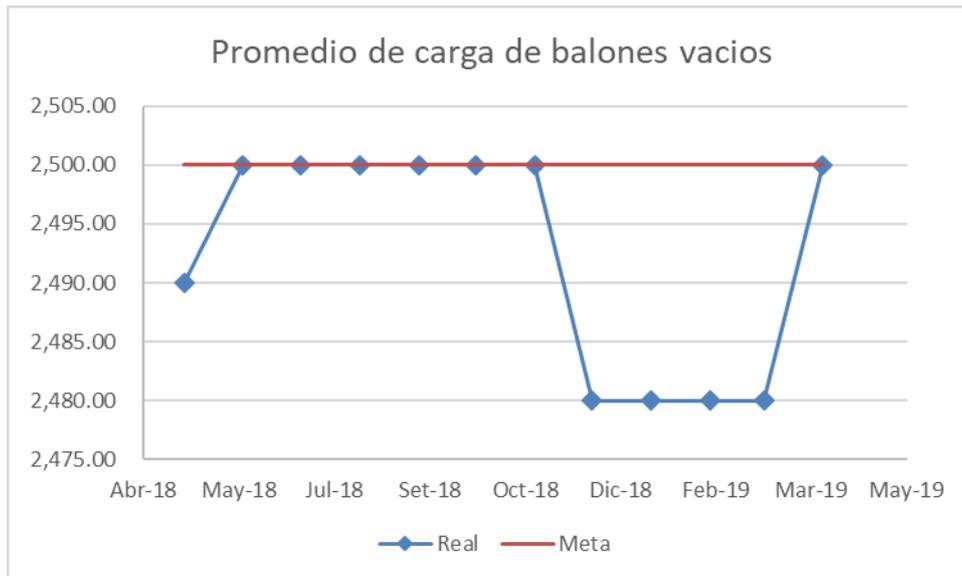


Gráfico 26: Promedio de balones vacíos apilados
Fuente: Elaboración Propia

- **Indicador 2: Promedio de tiempo de preparado**

Se propuso este indicador a la empresa, ya que se quiere controlar que el tiempo promedio de preparado de la máquina de envasado sea máximo 10 minutos, ya que se realizó un estudio y la gerencia de producción

A continuación, en el grafico 27 se muestran el comportamiento de dicho índice desde mayo 2018 a abril 2019.

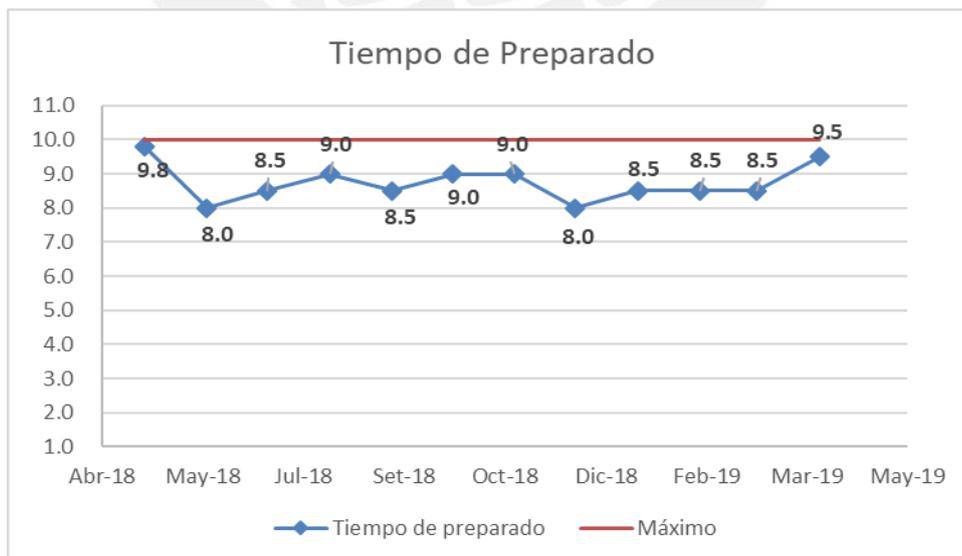


Gráfico 27: Promedio de tiempo de preparado
Fuente: Elaboración Propia

- **Indicador 3: Promedio de índice de productividad**

Se propuso este indicador a la empresa, ya que se quiere llevar un mejor control de la materia prima (Gas Licuado de Petróleo), ya que esto es comprado en tanques a Petroperú o Zeta Gas. El indicado se mide diario, cerrando el día de producción se mide cuantos balones fueron envasados y se realiza el cálculo de la productividad.

En el grafico 28, se puede visualizar el comportamiento de dicho índice desde mayo 2018 a abril 2019.

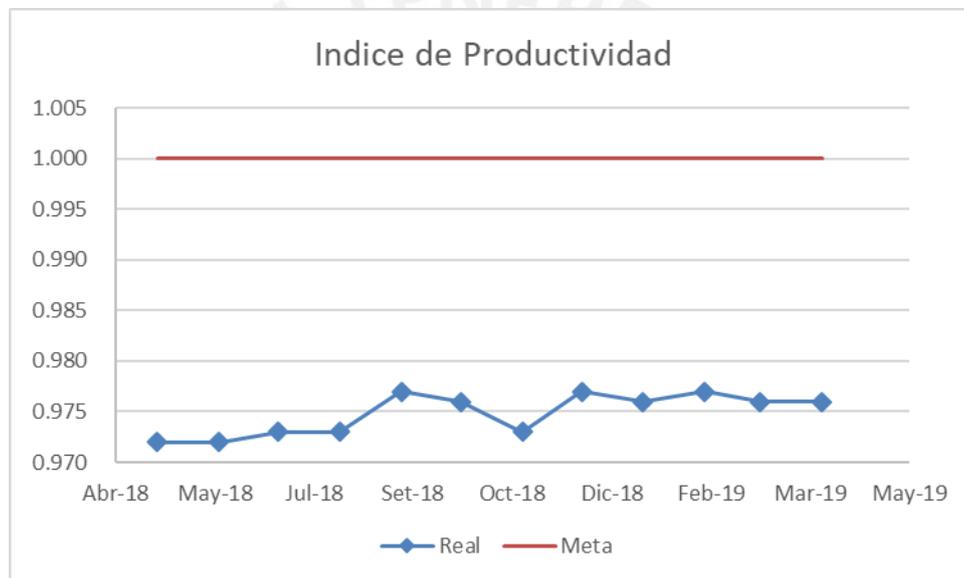


Gráfico 28: Índice de Productividad
Fuente: Elaboración Propia

- **Indicador 4: Promedio de Merma**

Se escogió este indicador, para determinar la cantidad de Gas Licuado de Petróleo se disipa en el envasado, llenado de más en los balones y otros factores. La empresa según los cálculos realizados estima que lo ideal es que la merma sea de 2.0% mensual.

Se puede visualizar en el gráfico 29 la merma desde mayo de 2018 hasta marzo de 2019.

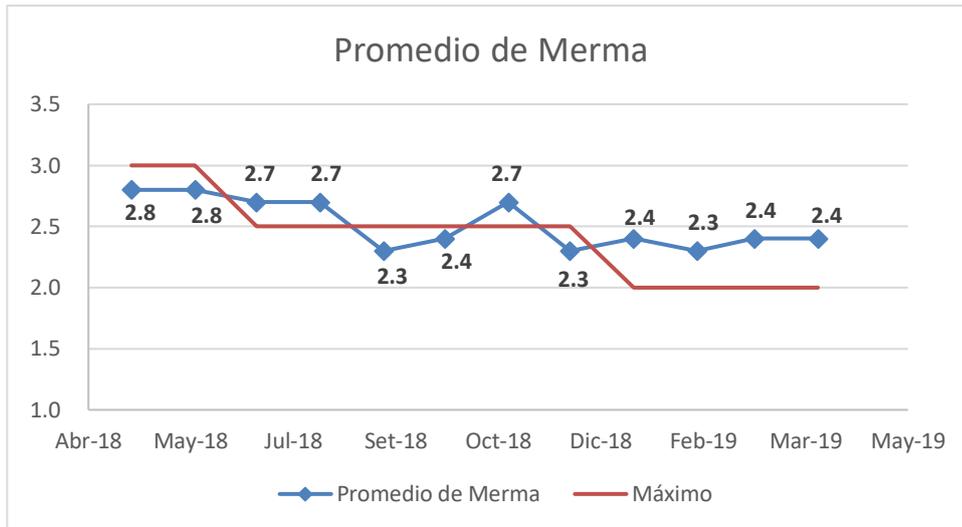


Gráfico 29: Índice de Merma
Fuente: Elaboración Propia

- **Indicador 5: Promedio de Balones Apilados envasados**

Se propuso este indicador a la empresa, ya que se quiere controlar la cantidad de balones envasados deben ser como mínimo 2450 diarios, ya que con esta carga la empresa considera que es necesario para obtener las utilidades esperadas.

A continuación, en el grafico 30 se muestran el comportamiento de dicho índice desde mayo 2018 a abril 2019.

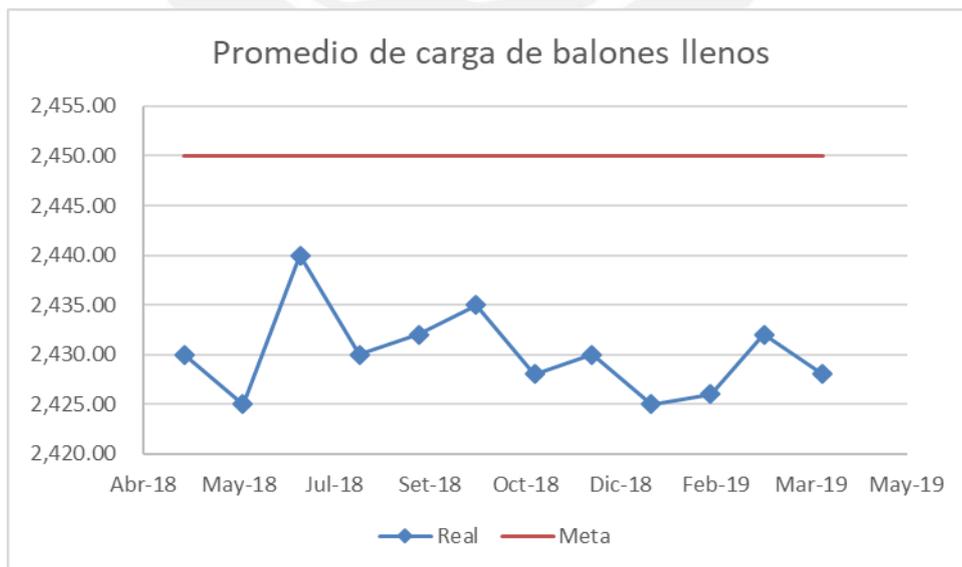


Gráfico 30: Promedio de balones apilados envasados
Fuente: Elaboración Propia

2.2.4 Identificación de problemas

Para determinar los problemas más recurrentes se utilizará la información histórica correspondiente a los años 2018 y 2019, con tales datos se realizará un análisis de la situación de cada actividad de acuerdo con los indicadores definidos anteriormente (ver tabla 15).

La empresa viene midiendo varios indicadores que son críticos dentro de los procesos operativos de la empresa, en la siguiente tabla se muestra los indicadores que se definieron dentro del proceso de Envasado, el cual es el más importante como se había determinado antes.

En la siguiente tabla 16 se muestran los problemas que se presentan con más frecuencia y el impacto económico que genera dentro del proceso a la empresa.

Tabla 16: Problemas por Indicador

N°	Indicador	Problema	Impacto Económico
1	Cantidad de balones apilados	No completar la carga mínima diaria, para ser envasado	S/ 3,000.00
2	Tiempo de preparado	Demorar mas de lo debido en el prepadado de la	S/ 7,200.00
3	Indice de productividad	La productividad en el envasado, no llegue a ser el minimo esperado	S/11,400.00
4	Indice de Merma	La merma este por encima del máximo esperado	S/37,050.00
5	Cantidad de balones apilados	No completar la carga mínima para los clientes	S/ 4,500.00

Fuente: Elaboración Propia

2.2.5 Priorización de problemas

A continuación, teniendo en cuenta los problemas por indicador mencionados anteriormente; se procederá a ordenarlos según su impacto económico para posteriormente mediante un diagrama de Pareto determinar cuál es el problema que genera un mayor impacto y debe ser solucionado a la brevedad posible. En la tabla 17 se muestra la lista de problemas ordenados según el impacto económico que genera a la empresa.

Tabla 17: Problemas ordenados según impacto económico

N°	Indicador	Problema	Impacto económico	%	% Acum.	80-20
4	Índice de merma	La merma este por encima del máximo esperado	S/37,050.00	59%	59%	80%
3	Índice de productividad	La productividad en el envasado no llegue a ser el mínimo esperado	S/11,400.00	18%	77%	80%
2	Tiempo de preparado	Demorar más de lo debido en el preparado de la máquina de envasado	S/ 7,200.00	11%	88%	80%
5	Cantidad de balones llenos apilados	No completar la carga mínima para los clientes	S/ 4,500.00	7%	95%	80%
1	Cantidad de balones vacíos apilados	No completar la carga máxima diaria, para ser envasado	S/ 3,000.00	5%	100%	80%
Total			S/63,150.00	100%		

Fuente: Elaboración Propia

Posteriormente, se construyó un Diagrama de Pareto como se puede observar en gráfico 31, con la finalidad de identificar el 20% de los problemas que originan el 80% de las fallas en el proceso de envasado.

Según el diagrama, se observa que los principales problemas que impactan negativamente en el proceso son: Índice de merma (#4), Índice de productividad (#3) y tiempo de preparado (#2).

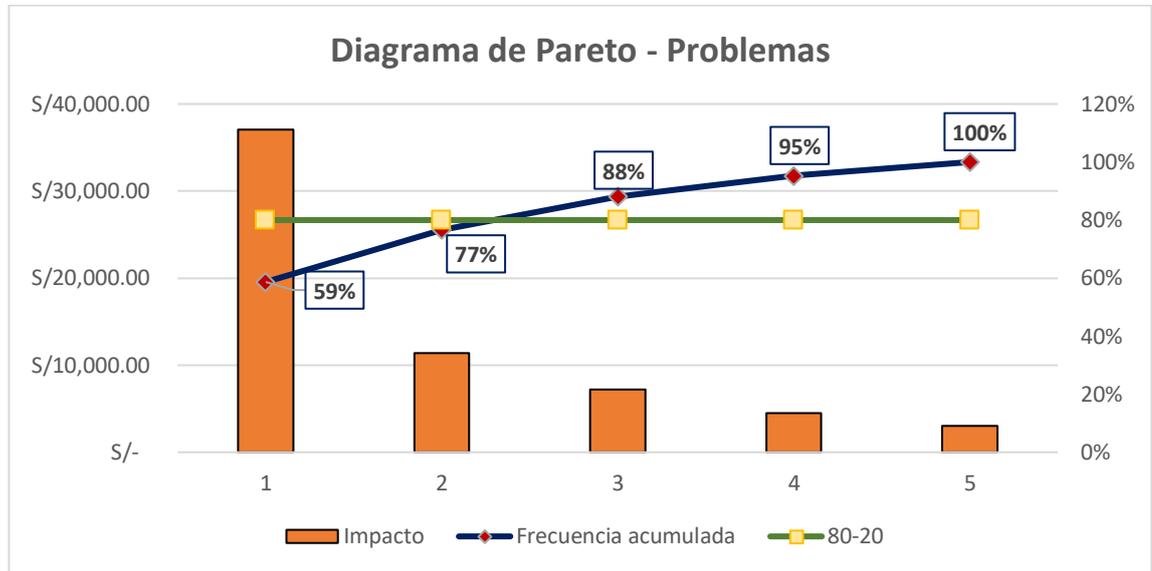


Gráfico 31: Diagrama de Pareto - Problemas
Fuente: Elaboración Propia

Según se puede visualizar en el gráfico 31, el 80% de los problemas lo causan los indicadores 4, 3 y 2, pero a fin de priorizar se tomará como base para el presente estudio el indicador 4; ya que este de forma individual genera un 59% del total de problemas.

2.2.6 Análisis de causas

Una vez priorizados los problemas más frecuentes, se tiene que encontrar cuales son las causas raíz que generan que se produzcan los problemas antes mencionados. Por lo tanto, se utilizará el Diagrama de Análisis de Causas o llamado también Diagrama de Ishikawa, herramienta que sirve para encontrar las causas raíz a un primer nivel.

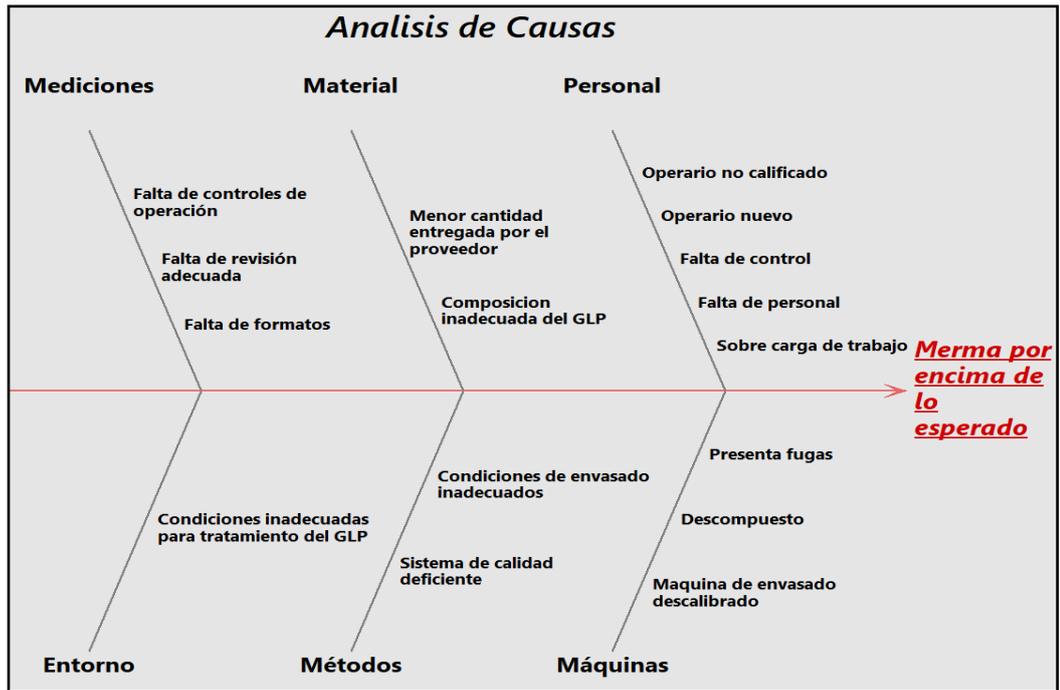


Gráfico 32: Diagrama de Ishikawa - Causas
Fuente: Elaboración Propia

En el gráfico 32, se visualiza el diagrama Ishikawa con relación a la problemática de la merma está por encima del máximo esperado.

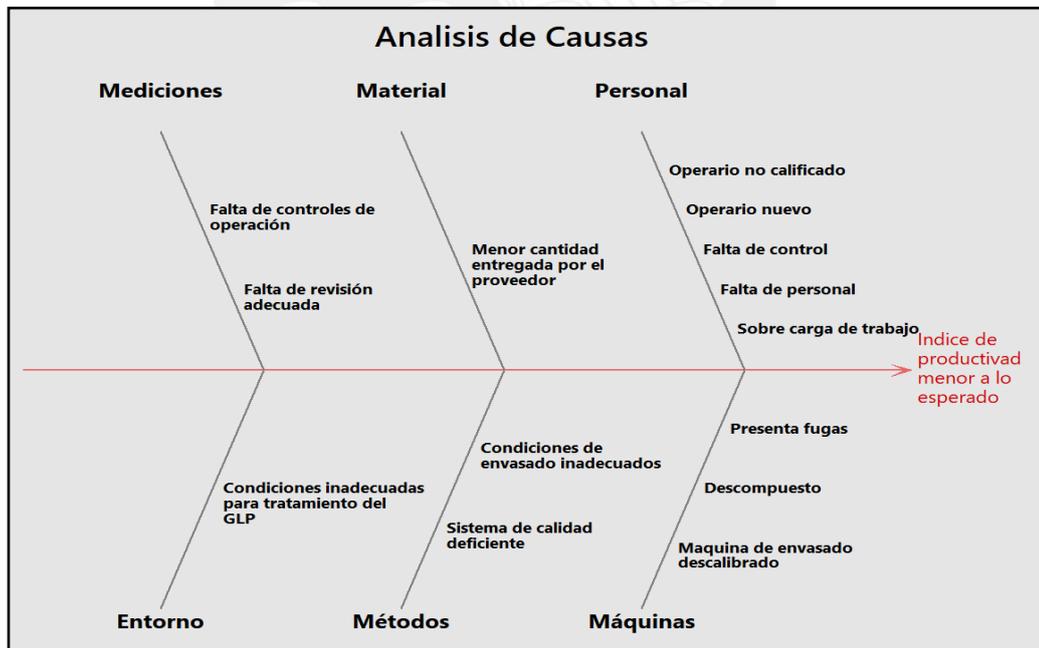


Gráfico 33: Diagrama de Ishikawa - Causas
Fuente: Elaboración Propia

En el gráfico 33, se visualiza el diagrama Ishikawa elaborado con relación a la problemática del Índice de productividad está por debajo de lo esperado.

Con el objetivo de poder seleccionar las causas más importantes o críticas, se realizó la matriz de priorización en la tabla 18, tomando en cuenta dos (2) factores de evaluación: Nivel de impacto y Probabilidad de ocurrencia. Por lo tanto, el Nivel de Impacto se medirá con valores que están entre 1 a 5, en donde 1 significa que la causa tiene bajo impacto y el 5 significa que la causa tiene un alto impacto. Así también la probabilidad de ocurrencia será evaluada con valores que se encuentran del 1 al 5, en donde 1 significa que existe baja probabilidad de ocurrencia y 5 significa que hay mucha probabilidad de ocurrencia de la causa.

Tabla 18: Matriz de priorización de causas - mermas

Causa	Probabilidad	Impacto	Puntaje
Sistema de Calidad deficiente	5	5	25
Condiciones de envasado inadecuados	5	5	25
Composición inadecuada del GLP	5	5	25
Falta de controles operaciones	4	4	16
Falta de revisión adecuada	3	5	15
Menor cantidad entregada por proveedor	3	5	15
Falta de formatos	3	4	12
Condiciones inadecuadas para tratamiento de GLP	3	4	12
Maquina de envasado descalibrado	3	4	12
Operario no calificado	3	4	12
Operario nuevo	2	4	8
Falta de control	2	3	6
Falta de personal	2	3	6
Sobre carga de trabajo	2	3	6
Descompuesto	1	4	4
Presenta Fugas	1	4	4

Fuente: Elaboración Propia

Según la matriz de priorización de causas mostrando en la tabla 19 se puede observar que las principales causas que explican que la merma este por encima de lo esperado son; tener un sistema de calidad deficiente, condiciones de envasado inadecuados y la composición inadecuada del GLP son las causas mayores por tener un puntaje de 25.

Tabla 19: Matriz de priorización de causas - productividad

Causa	Probabilidad	Impacto	Puntaje
Sistema de Calidad deficiente	5	5	25
Condiciones de envasado inadecuados	5	5	25
Falta de controles operaciones	5	5	25
Falta de revisión adecuada	3	5	15
Menor cantidad entregada por proveedor	3	5	15
Condiciones inadecuadas para tratamiento de GLP	3	4	12
Maquina de envasado descalibrado	3	4	12
Operario no calificado	3	4	12
Operario nuevo	2	4	8
Falta de control	2	3	6
Falta de personal	2	3	6
Sobre carga de trabajo	2	3	6
Descompuesto	1	4	4
Presenta Fugas	1	4	4

Fuente: Elaboración Propia

Según la matriz de priorización de causas mostrando en la tabla 8 se puede observar que las principales causas que explican que el índice de productividad este por debajo de lo esperado; tener un sistema de calidad deficiente, condiciones de envasado inadecuados y la falta de controles operaciones son las causas mayores por tener un puntaje de 25.

Es entendido que el Diagrama de Ishikawa permite obtener un escenario general de cuáles son las causas raíz de los problemas en cuestión,

pero se necesita de otra herramienta para analizar aún más sobre el análisis de dichas causas; para dicho caso se utilizará la herramienta 5 Porqués.

A continuación, se presenta su aplicación en la tabla 20:

Tabla 20: Aplicación de 5 porqués a las causas identificadas

Causa	¿Por qué?	¿Por qué?	¿Por qué?
Sistema de calidad deficiente	Formatos de llenado muy confusos	No se tiene claro que controlar	Falta de conocimiento del rubro y herramientas de calidad
Condiciones de envasado inadecuados	No se determinó los factores que pueden afectar el envasado	No existe una adecuada relación entre los factores críticos del proceso	No se tiene un análisis profundo de las variables del proceso.
Composición inadecuada del GLP	Cantidades no adecuadas de butano y propano	El proveedor no realizó una correcta combinación de los componentes	Desconoce el porcentaje de composición del GLP
Falta de controles operacionales	No se definió correctamente la planificación de la producción	El área de producción sabe cuánto producir, pero no como controlarlo	Falta de conocimiento de herramientas y el rubro de la empresa

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 20, se visualiza las causas raíz determinadas para el problema de la merma por encima de lo esperado y el índice de productividad por debajo de lo esperado.

2.2.7 Planteamiento y selección de contramedida

Luego de determinar las causas raíz en el apartado anterior, se recomienda proponer una contramedida para causa raíz, como se visualiza en la tabla 21.

Tabla 21: Lista de contramedidas propuestas

Causa Raíz	Contramedida	Herramienta
Falta de conocimiento del rubro y herramientas de calidad	Capacitar en temas de calidad y control estadístico.	Control estadístico de la calidad
No se tiene un análisis profundo de las variables del proceso.	Desarrollar un diseño de experimento que permita determinar el nivel óptimo de los factores críticos en el proceso de envasado	Six Sigma
Desconoce del porcentaje de composición del GLP	Realizar un diseño de experimento para determinar si la composición del GLP afecta con el envasado	Six Sigma
Falta de conocimiento de herramientas y el rubro de la empresa	Realizar una planificación de la producción, teniendo en cuantas todas las variables que actúan	Planeamiento y Control de la Producción

Fuente: Elaboración Propia

Luego de que se proponen las contramedidas para eliminar o mejorar a las causas raíz que generan el problema en cuestión, lo siguiente es evaluar estas contramedidas mediante la matriz FACTIS.

Tabla 22: Matriz FACTIS de evaluación de propuestas de solución.

	Peso						Total
	20%	10%	25%	20%	15%	10%	
Herramienta	F	A	C	T	I	S	
Control Estadístico de la Calidad	2	3	3	3	2	2	2.55
Six Sigma	2	2	3	3	2	3	2.55
Six Sigma	2	2	2	2	3	2	2.15
Planeamiento y Control de la Producción	2	2	2	2	2	2	2

Fuente: Elaboración Propia

Como se puede visualizar en la tabla 22, el resultado de la matriz de evaluación teniendo en cuenta los criterios ya antes definidos, la contramedida o solución más efectiva al corto plazo es: “Desarrollar un diseño de experimento que permita determinar el nivel óptimo de los factores críticos en el proceso de envasado, asimismo capacitar en temas de calidad y control estadístico”.

CAPÍTULO 3: APLICACIÓN DE LA METODOLOGIA

DMAIC

Luego del diagnóstico realizado en el capítulo anterior, se determinó a través de la matriz de despliegue de funciones de calidad (QFD), que el macroproceso crítico es el proceso de Producción según se visualiza en la tabla 12. Seguidamente, luego del resultado de la matriz de priorización según la tabla 13, se determinó que el proceso crítico es el proceso de Envasado.

En el presente capítulo, se implementará la metodología DMAIC a este proceso crítico seleccionado, para lo cual primero se realizarán las definiciones de las variables del proceso de envasado de Gas Licuado de Petróleo (G.L.P.); posteriormente se procederá con las mediciones de estas y se analizará los resultados de la medición del proceso, se optimizará mediante un diseño de experimento (DOE). Finalmente, con base en el análisis se propondrán las mejoras correspondientes y la estandarización de las propuestas de mejora.

3.1 Definir

Para esta etapa se identificará y describirá el proceso de envasado mediante un diagrama SIPOC, posteriormente se realizará la Voz del Cliente (VOC) para determinar los factores que son importantes para el cliente y que lo brinda el proceso de envasado, encontrando y definiendo la variable crítica de salida del proceso y que posteriormente será cuantificado para poder realizar un mejor análisis de este.

3.1.1 Diagrama SIPOC

A continuación, en la tabla 23, se muestra el diagrama SIPOC del proceso de envasado, en este tipo de diagrama se visualiza mejor el proceso; indicado el proveedor, entradas, proceso, salidas y clientes.

Tabla 23: Diagrama SIPOC del proceso de envasado actual

SUPPLIER	INPUT	PROCESS	OUTPUT	CUSTOMER
Preparado de Balones	Balones correctamente pintados	Apilar los Balones Vacios	Dejar balones apilados en cada estación de llenado	Operario de Llenado de G.L.P.
	Balones sin fallas			
	Balones con su respectiva tara			
Operario de Llenado de G.L.P.	Ajustar la Balanza	Preparar la Balanza y Manguera de Llenado	Estaciones de Llenado de G.L.P. preparados	Operario de Llenado de G.L.P.
	Ajustar parametros de llenado			
	Verificar la manguera			
Operario de Llenado de G.L.P.	Balones de gas	Llenar G.L.P. a los Balones	Balones con contenido de G.L.P.	Operario de Apoyo
	Gas Licuado de Petroleo			
Operario de Apoyo	Balones con contenido de G.L.P.	Apilar los Balones Llenos	Balones apilados sin fuga	Control
			Balones apilados con fuga	

Fuente: Elaboración Propia

Se puede visualizar en la tabla 23, la entrada principal al proceso son los balones debidamente pintados y con su tara respectiva, y así también la salida final son los balones llenos los cuales será revisados por el proceso de control.

3.1.2 Voz del Cliente

Para definir la voz del cliente, se revisó todos los comentarios de los clientes internos y externos correspondientes a problemas relacionados al envasado. Se identificó una de las características críticas de la calidad para los balones llenos de Gas Licuado de Petróleo; Critical Quality Tree (CQT) que se muestra en el gráfico 34.

Se puede observar que la voz del cliente (VOC) se interpreta con el siguiente requerimiento: que el contenido del balón lleno debe ser de contenido exacto, eso quiere decir de 10 kilogramos.

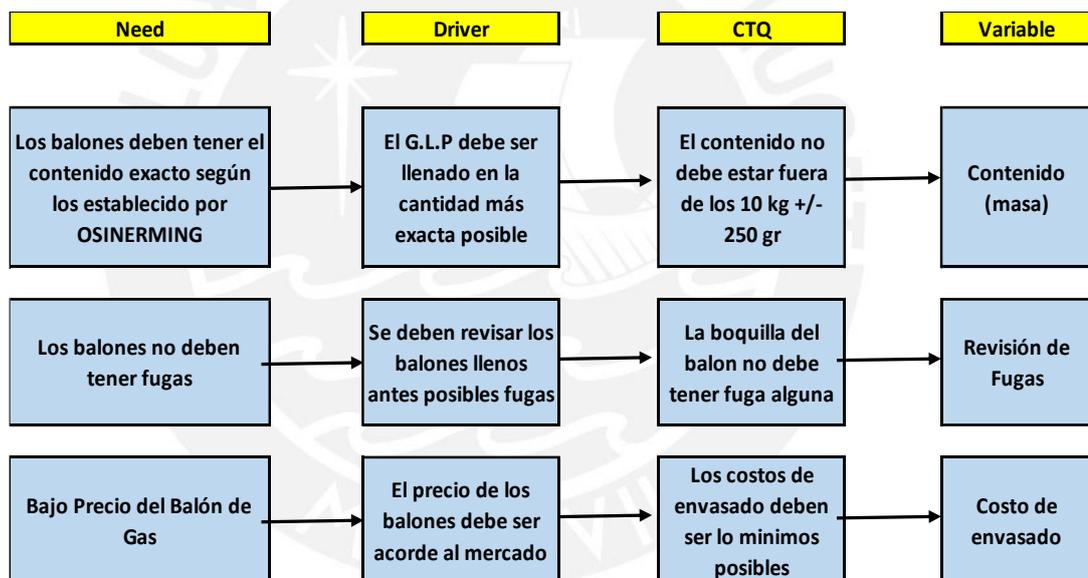


Gráfico 34: Diagrama CTQ para el proceso de envasado de Gas Licuado de Petróleo

Fuente: Elaboración Propia

Se puede definir según el gráfico 34 el CTQ más importante para el proceso de envasado del Gas Licuado de Petróleo, es que el contenido de Gas Licuado de Petróleo debe ser de 10kg con una variación de 250 gramos, estos límites son establecidos por OSINERMINING.

3.2 Medir

En la presente etapa se procederá a la medición de la variable crítica de salida (contenido), el cual fue definido previamente y siendo el que mayor percepción tiene en relación con los clientes finales.

Sin embargo, una vez que se hayan realizados las mediciones no es suficiente por lo que se deberá realizar los análisis correspondientes con el software MINITAB 19, tales como la estadística descriptiva de la variable, gráficos de control, prueba de normalidad y el análisis de capacidad del proceso, para determinar si es proceso es capaz de cumplir con los requerimientos del cliente.

3.2.1 Selección de Variables Críticas

Se procedió a recolectar información sobre la variable definida anteriormente: Contenido (masa) del Gas Licuado de Petróleo.

A continuación, se muestra los datos obtenidos de la actividad de control, el cual usa el formato de “Cantidad de Contenido de G.L.P.”, se tomó una muestra diaria de 4 balones por hora para un total de 5 horas de trabajo, por un periodo de 10 días.

Tabla 24: Datos obtenidos de la variable contenido (masa)

		Mediciones (Kg)																			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Días	1	9.819	9.729	10.444	10.428	10.177	9.711	9.981	10.184	10.479	9.935	10.153	9.748	9.582	10.211	9.971	9.808	9.143	10.065	9.927	10.394
	2	9.786	9.668	9.933	9.688	10.240	10.379	10.215	10.055	9.630	9.759	9.827	10.069	9.818	9.968	10.296	9.842	10.330	10.024	10.717	9.602
	3	10.937	9.852	9.735	9.617	9.463	10.067	10.516	10.144	9.960	10.040	10.426	9.859	9.647	10.126	9.784	9.754	10.946	9.777	10.345	10.198
	4	10.246	10.588	10.297	9.676	9.384	9.964	10.013	9.457	10.428	10.166	9.509	9.891	10.224	9.505	10.610	10.111	9.609	9.990	10.410	9.992
	5	10.100	10.922	9.587	10.370	10.504	10.230	9.941	10.118	9.965	9.945	9.946	9.292	10.343	9.797	9.644	10.203	9.786	9.686	9.876	9.906
	6	9.696	10.574	9.721	9.955	9.836	9.813	9.639	10.633	10.219	10.033	9.869	10.506	9.878	9.981	10.221	10.415	9.767	10.083	10.354	10.309
	7	10.794	9.517	10.127	9.998	10.153	10.150	9.976	9.740	9.374	10.295	9.685	9.362	10.412	9.771	10.326	9.774	9.760	10.294	10.182	10.378
	8	9.201	9.945	9.961	10.658	10.478	10.199	10.313	9.860	10.166	10.627	9.944	9.630	10.184	9.531	9.384	10.019	9.836	9.588	10.333	10.216
	9	10.148	10.053	9.878	9.562	10.294	9.726	9.867	10.142	9.792	10.010	10.572	9.905	10.587	10.073	9.784	10.054	10.180	10.052	11.097	10.084
	10	9.957	9.771	9.731	10.600	10.914	9.993	10.311	10.456	10.145	9.899	9.842	9.466	10.222	10.539	10.307	9.619	10.114	9.484	9.850	9.861

Fuente: Elaboración Propia

Luego de tener los datos de la variable contenido(masa) del Gas Licuado de Petróleo, se procedió a obtener la media el cual es de 10.029 kilogramos y la desviación estándar de 0.355 kilogramos, como se muestra en el gráfico 35 y gráfico 36.

Variable	N	N*	Media	Error estándar de la media	Desv.Est.	Varianza	Mínimo	Q1	Mediana	Q3
Contenido	200	0	10.029	0.0251	0.355	0.126	9.143	9.779	9.993	10.245
Variable	Máximo									
Contenido	11.097									

Gráfico 35: Estadística descriptiva de los datos de la variable contenido

Fuente: Elaboración Propia

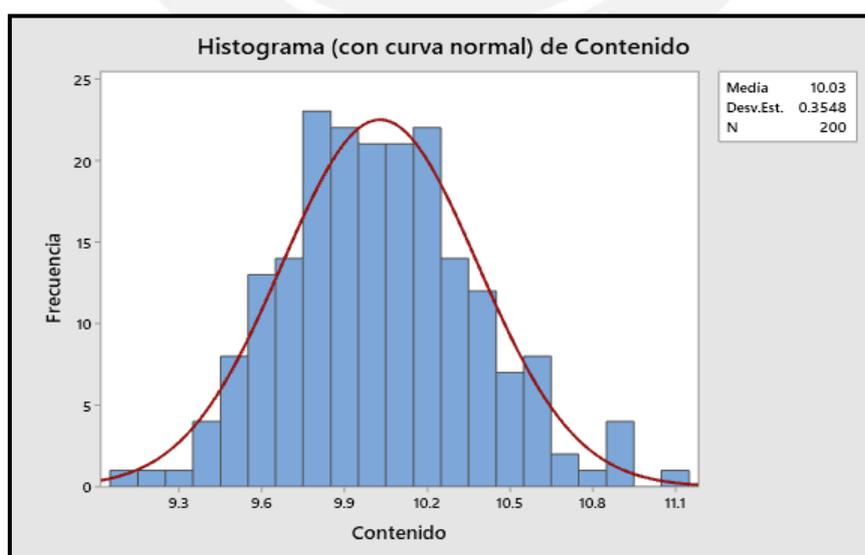


Gráfico 36: Histograma de los datos de la variable contenido

Fuente: Elaboración Propia

Así mismo, se procedió a recolectar información sobre la variable definida previamente: Cantidad de Balones con Fugas.

A continuación, se visualiza los datos levantados de la actividad de control, el cual usa el formato de “Cantidad de Balones con Fugas.”, para este caso se revisa el total de los balones a envasar diariamente y se debe revisar las fugas.

Tabla 25: Datos obtenidos de la variable balones con fuga

	Balones	Balones con fugas	Proporción
Dia 1	2430	4	0.0016
Dia 2	2425	3	0.0012
Dia 3	2440	4	0.0016
Dia 4	2430	5	0.0021
Dia 5	2432	3	0.0012
Dia 6	2435	5	0.0021
Dia 7	2428	1	0.0004
Dia 8	2430	3	0.0012
Dia 9	2425	5	0.0021
Dia 10	2426	7	0.0029
Dia 11	2430	4	0.0016
Dia 12	2438	5	0.0021
Dia 13	2432	7	0.0029
Dia 14	2426	1	0.0004
Dia 15	2422	8	0.0033
Dia 16	2418	4	0.0017
Dia 17	2431	5	0.0021
Dia 18	2434	0	0.0000
Dia 19	2418	4	0.0017
Dia 20	2425	2	0.0008

Fuente: Elaboración Propia

3.2.2 Prueba de Ajuste de Variable

Para la variable contenido(masa) al ser de tipo continua, se determinará si los datos cumplen con una distribución normal. En la gráfica 37, se puede aseverar con un 95 % de confianza que los datos se ajustan a una distribución normal con media 10.03 kilogramos y una desviación estándar

de 0.3548, dado que el p-valoré tiene un valor de 0.391 y por lo tanto es mayor a alfa (0.05).

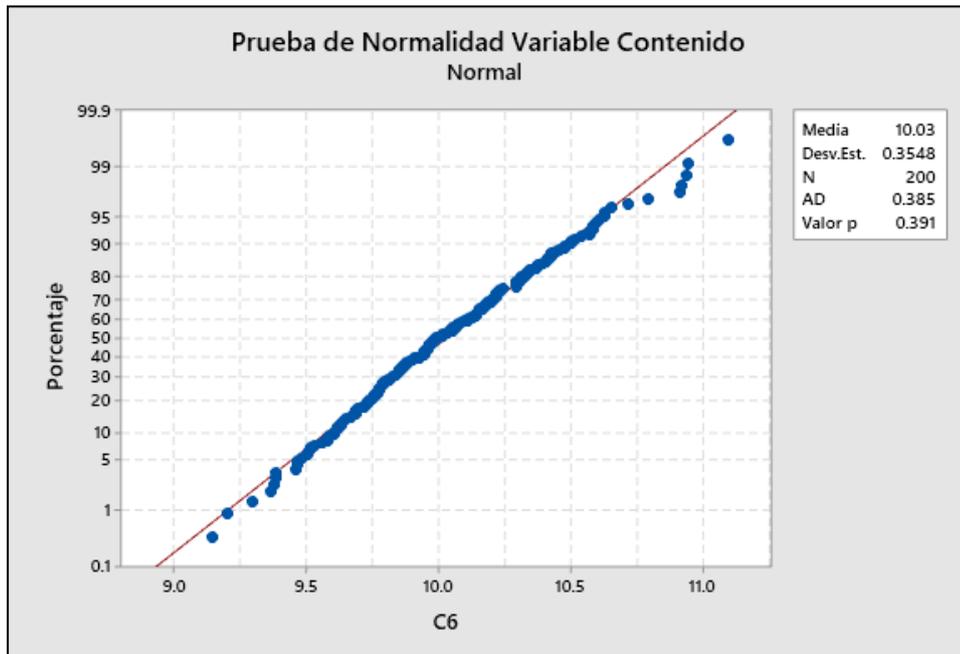


Gráfico 37: Prueba de Normalidad para la variable
Fuente: Elaboración Propia

3.2.3 Gráficas de control para la variable seleccionada

Teniendo en cuenta que la variable de salida (contenido) es de tipo continua, se realizara una gráfica de control X-S, tal y como se muestra en el gráfico 38 se llega a la conclusión que la variable contenido se encuentra estadísticamente controlado y no posee patrones no aleatorios.

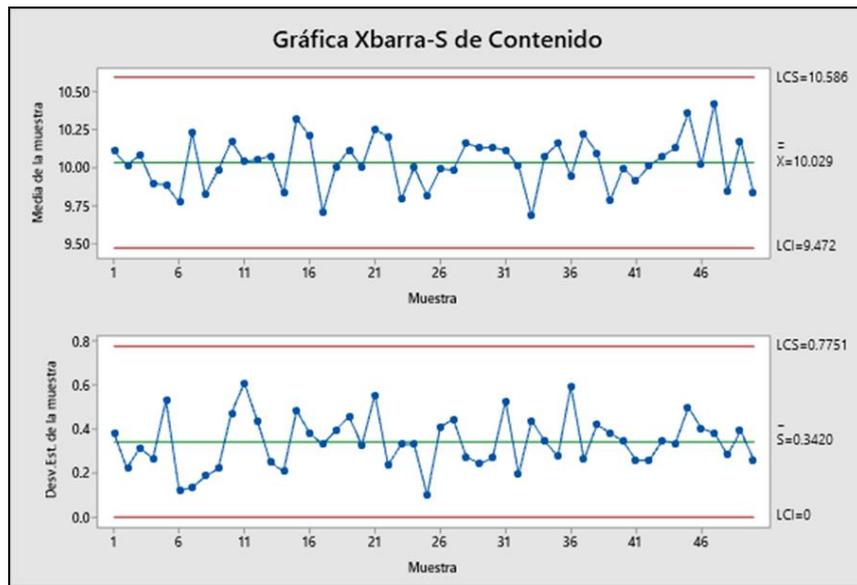


Gráfico 38: Gráfico de control Xbarra-S de la variable contenido(masa)

Fuente: Elaboración Propia

En relación con la variable “Balones con fugas”, se empleó una gráfica de control por atributos P, ya que los datos tomados hacen referencia a una variable de tipo discreta. En el gráfico 39 se presenta el gráfico de control P en el cual se observa que la variable se encuentra estadísticamente bajo control y no se visualizan los patrones no aleatorios.

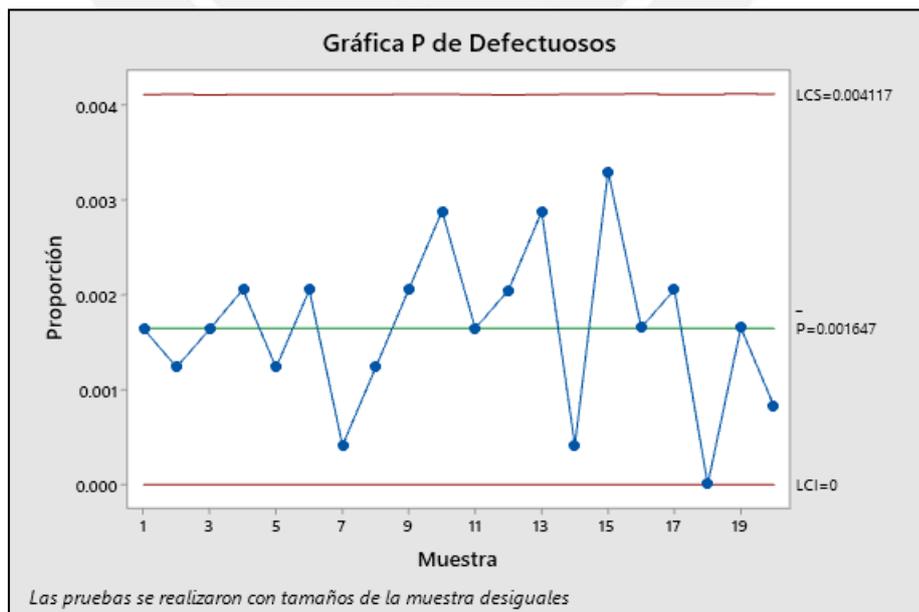


Gráfico 39: Gráfico de control P de la variable Balones con Fugas

Fuente: Elaboración Propia

3.2.4 Análisis de capacidad del proceso

Los requisitos para realizar un análisis de capacidad del proceso, es que los datos de la variable deben estar bajo control estadístico y así también deben tener una distribución normal en caso de que sea de tipo continua. En el paso anterior se determinó que la variable contenido (masa), se encuentra bajo control estadístico y así mismo se determinó que los datos obtenidos siguen una distribución normal.

Como se puede visualizar en el gráfico 40, el análisis de capacidad de proceso para la variable “contenido”, se muestra un valor de índice Cp de 0.14 y un valor de ppm de 680,000.00, lo cual nos lleva a una conclusión de que el proceso de envasado no es capaz de cumplir con las especificaciones del cliente.

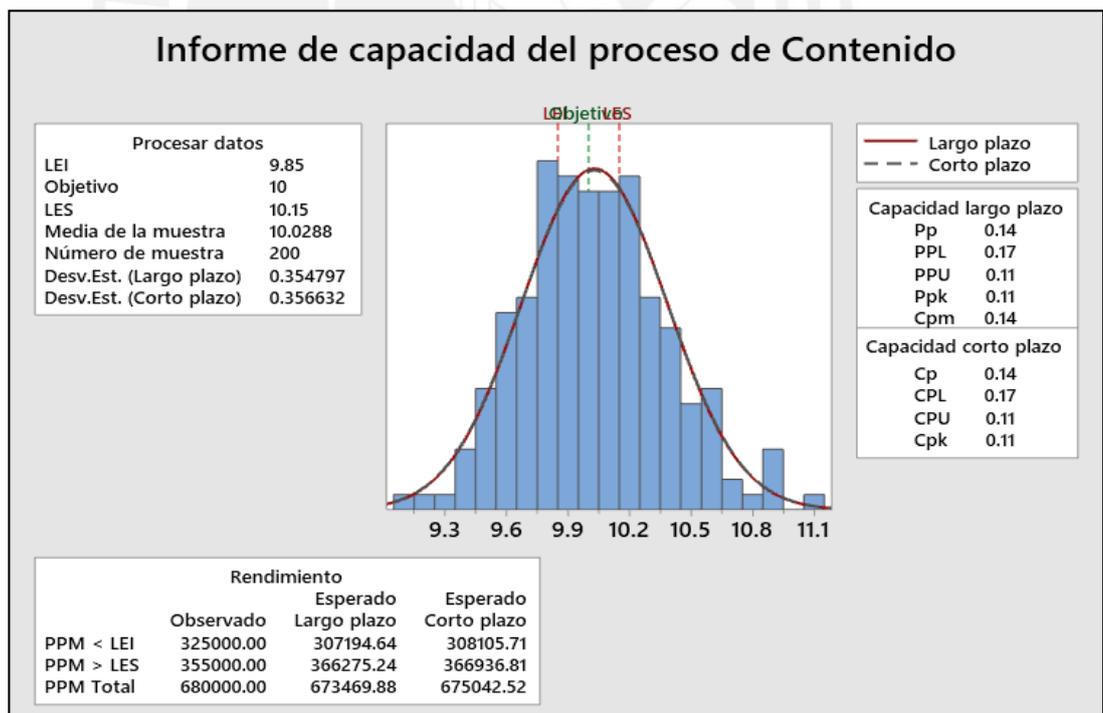


Gráfico 40: Gráfico del Análisis de Capacidad del Proceso – variable contenido
Fuente: Elaboración Propia

Se puede visualizar en el gráfico 41, el análisis de capacidad de proceso para la variable “balones con fugas”, se muestra un valor de z del proceso de 2.93 y un valor de ppm de 1,647 lo cual indica que el proceso no es capaz de cumplir con los requerimientos del cliente.

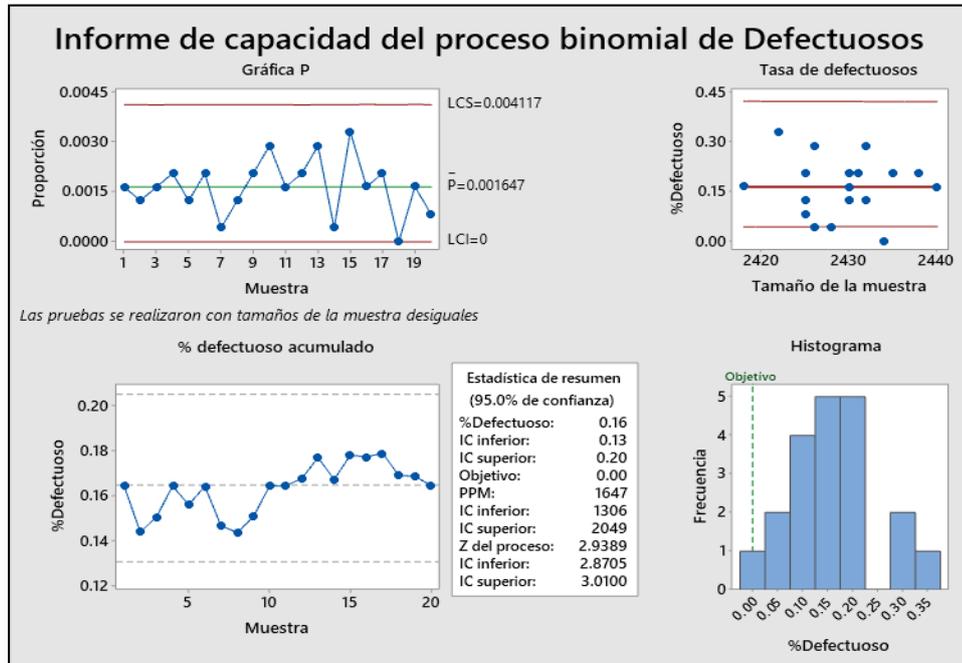


Gráfico 41: Grafico del Análisis de Capacidad del Proceso – variable balones con fugas
Fuente: Elaboración Propia

3.3 Análisis

En esta etapa se verificarán las causas que originan la alta variabilidad en el envasado. En ese sentido, se determinó realizar un diagrama causa-efecto a fin de determinar cuáles son las causas que están directamente involucradas en la generación de la problemática indicada anteriormente y que afecta de forma significativa a la rentabilidad de la empresa.

3.3.1 Diagrama Causa – Efecto

Se realizó una “Lluvia de Ideas” con todos en personal involucrado en el proceso, obteniendo de una lista general de posibles causas que general la

problemática, y posteriormente se agruparon según las 6M de forma que podremos determinar la causa o causas raíz.

A continuación, en el gráfico 42 se visualiza el diagrama causa y efecto para el problema de alta variabilidad en el proceso de envasado.

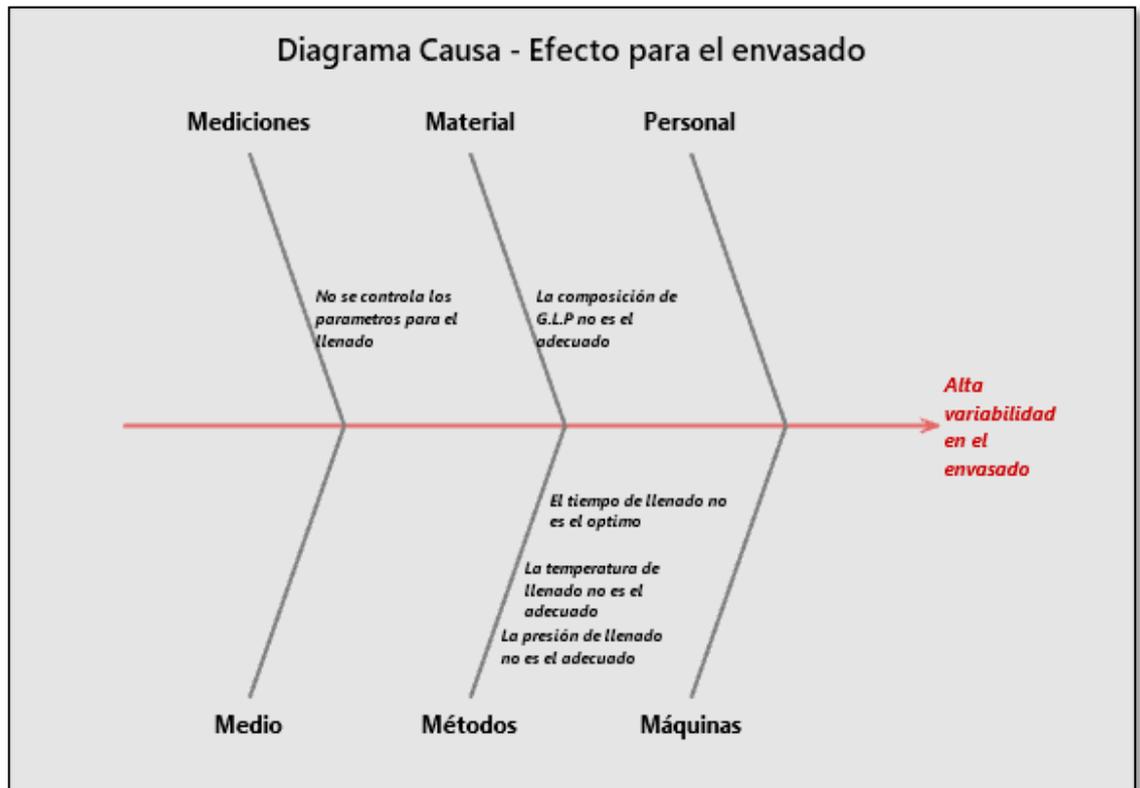


Gráfico 42: Grafico del Análisis de Capacidad del Proceso
Fuente: Elaboración Propia

Para el Material, se identificó que posiblemente una de las causas que el llenado de los balones no sea lo más exacto posible es la composición del Gas Licuado de Petróleo, el cual está compuesto por propano y butano.

Para el Método, se identificó que posiblemente las variables que no se están controlando y que afectan al llenado son la Presión, la temperatura del Gas Licuado de Petróleo y el tiempo promedio de llenado. Se tendrá que

realizar un análisis ANOVA para determinar la relación entre estas variables y la variable contenido(masa).

Para la Medición, se identificó que no se tiene claro cuáles deben ser los parámetros para medir antes de empezar con el envasado.

3.3.2 Análisis ANOVA

Luego de determinar en el diagrama causa-efecto, que una de las causas principales para que haya alta viabilidad de la cantidad(masa) en el llenado de Gas Licuado de Petróleo, es la variable presión, realizaremos un análisis ANOVA para determinar si esta variable influye en la otra.

Tabla 26: Datos obtenidos con diferentes presiones

Presión (psi)	Contenido (kg)				
100	8.94	8.79	8.80	8.69	8.98
105	9.20	9.35	9.12	9.27	9.36
115	9.63	9.62	9.56	9.70	9.73
120	9.93	10.06	10.01	10.05	9.92
125	10.35	10.21	9.97	10.13	9.92

Fuente: Elaboración Propia

ANOVA de un solo factor: Contenido_1 vs. Presión

Método

Hipótesis nula	Todas las medias son iguales
Hipótesis alterna	No todas las medias son iguales
Nivel de significancia	$\alpha = 0.05$

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Presión	4	5.5624	1.39061	107.52	0.000
Error	20	0.2587	0.01293		
Total	24	5.8211			

Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
0.113727	95.56%	94.67%	93.06%

Medias

Presión	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
100	5	8.8398	0.1197	(8.7337; 8.9459)
105	5	9.2597	0.1037	(9.1536; 9.3658)
115	5	9.6469	0.0654	(9.5408; 9.7529)
120	5	9.9927	0.0662	(9.8866; 10.0988)
125	5	10.1163	0.1758	(10.0102; 10.2224)

Desv.Est. agrupada = 0.113727

De los datos obtenido con el software Minitab se puede observar que el p-Valué (0.00) es menor que el alfa (0.05) por lo tanto rechazamos la hipótesis nula y podemos decir que la presión si influye en la cantidad(masa) de los balones.

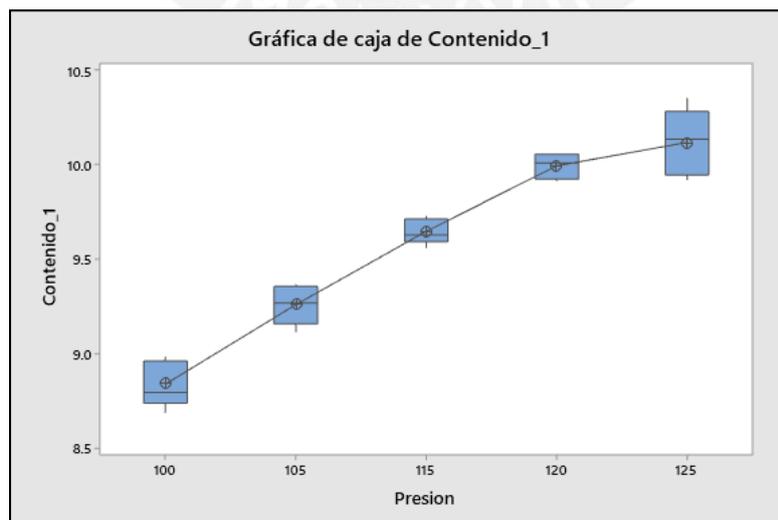


Gráfico 43: Grafico de cajas para presión vs cantidad(masa)

Fuente: Elaboración Propia

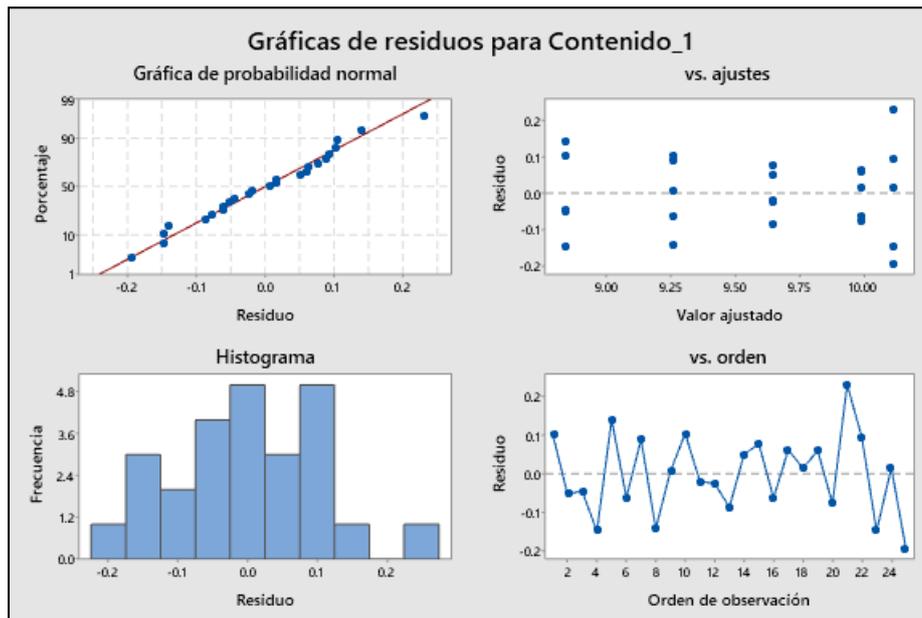


Gráfico 44: Grafico 4 en 1 para residuos
Fuente: Elaboración Propia

Se visualiza en el grafico 44, que la varianza de los residuos es el mismo, cumple con una distribución normal y no existe un patrón en los datos, por lo tanto, podemos afirmar la decisión anterior de que la variable presión influye en la cantidad(masa) del balón.

Así mismo según en el diagrama causa-efecto, se propuso que una de las causas principales para que haya alta viabilidad de la cantidad(masa) en el llenado de Gas Licuado de Petróleo, es la variable temperatura, realizaremos un análisis ANOVA para determinar si esta variable influye en la otra.

Tabla 27: Datos obtenidos con diferentes temperaturas

Temperatura (°C)	Contenido (kg)				
-37.5	10.21	10.01	10.12	9.94	10.23
-35.6	10.18	10.26	10.01	10.06	10.00
-34.8	10.08	10.04	10.12	9.96	10.17
-33.4	10.12	10.07	9.98	9.81	9.97
-32.8	10.03	9.99	9.99	9.97	10.33

Fuente: Elaboración Propia

ANOVA de un solo factor: Contenido_2 vs. Temperatura

Método

Hipótesis nula	Todas las medias son iguales
Hipótesis alterna	No todas las medias son iguales
Nivel de significancia	$\alpha = 0.05$

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC	MC	Valor F	Valor p
		Ajust.	Ajust.		
Temperatura	4	0.04441	0.01110	0.78	0.554
Error	20	0.28607	0.01430		
Total	24	0.33049			

Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
0.119598	13.44%	0.00%	0.00%

Medias

Temperatura	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
-37.5	5	10.1017	0.1267	(9.9901; 10.2133)
-35.6	5	10.1038	0.1136	(9.9923; 10.2154)
-34.8	5	10.0761	0.0807	(9.9645; 10.1876)
-33.4	5	9.9881	0.1160	(9.8765; 10.0997)
-32.8	5	10.0633	0.1503	(9.9517; 10.1748)

Desv.Est. agrupada = 0.119598

De los datos obtenido con el software Minitab se puede observar que el p- Valué (0.554) es mayor que el alfa (0.05) por lo tanto no rechazamos la hipótesis nula y podemos decir que la temperatura no influye en la cantidad(masa) de los balones.

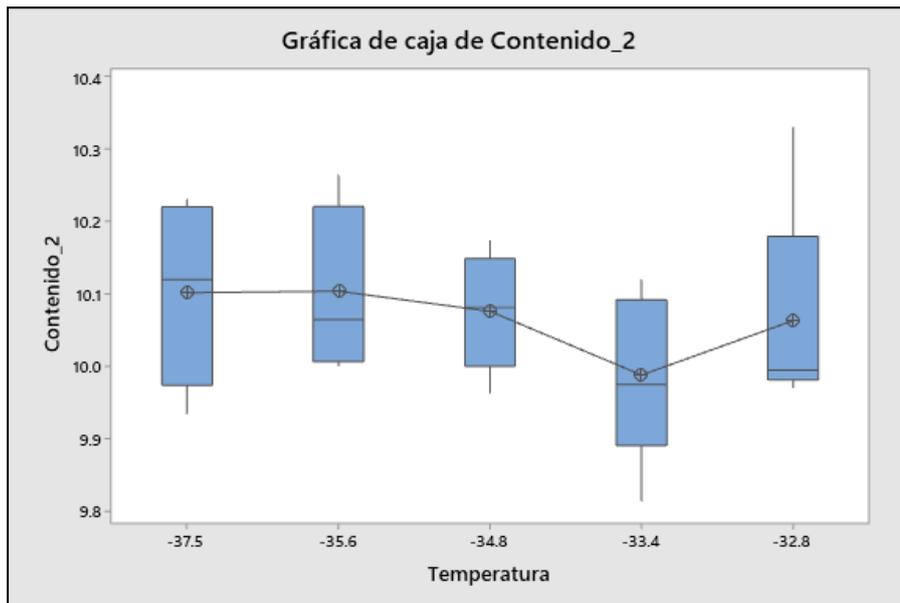


Gráfico 45: Gráfico de cajas para temperatura vs cantidad(masa)

Fuente: Elaboración Propia

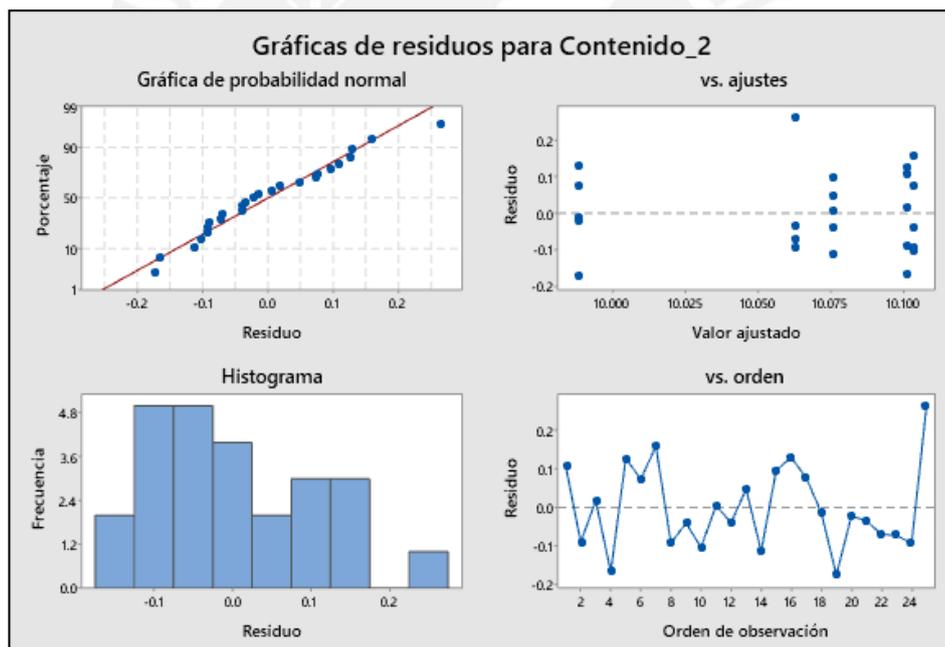


Gráfico 46: Gráfico 4 en 1 para residuos

Fuente: Elaboración Propia

Con el análisis de los residuos en el gráfico 46, la varianza de estas es diferente por lo tanto podemos afirmar que la temperatura no afecta en la cantidad de llenado de los balones.

Por último, según en el diagrama causa-efecto, se propuso que también una de las causas principales para que haya alta viabilidad de la cantidad(masa) en el llenado de Gas Licuado de Petróleo, es la variable tiempo de llenado, realizaremos un análisis ANOVA para determinar si esta variable influye en la otra.

Tabla 28: Datos obtenidos con diferentes tiempos

Tiempo (seg)	Contenido (kg)				
46	10.37	10.37	10.15	10.11	10.29
44	10.12	10.06	10.12	10.19	10.17
42	10.09	9.96	9.94	9.98	10.01
40	9.70	9.87	9.82	9.74	9.61
38	8.57	8.71	8.71	8.67	8.61

Fuente: Elaboración Propia

ANOVA de un solo factor: Contenido_3 vs. Tiempo

Método

Hipótesis nula	Todas las medias son iguales
Hipótesis alterna	No todas las medias son iguales
Nivel de significancia	$\alpha = 0.05$

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.

Análisis de Varianza

	SC	MC		
Fuente	GL	Ajust.	Ajust.	Valor F Valor p
Tiempo	4	8.3000	2.07499	290.47 0.000
Error	20	0.1429	0.00714	
Total	24	8.4428		

Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
0.0845191	98.31%	97.97%	97.36%

Medias

Tiempo	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
--------	---	-------	-----------	-----------

38	5	8.6549	0.0619	(8.5760; 8.7337)
40	5	9.7483	0.1036	(9.6694; 9.8271)
42	5	9.9959	0.0580	(9.9170; 10.0747)
44	5	10.1307	0.0517	(10.0519; 10.2096)
46	5	10.2555	0.1230	(10.1766; 10.3343)

Desv.Est. agrupada = 0.0845191

De los datos obtenido con el software Minitab se puede observar que el p-Valué (0.00) es menor que el alfa (0.05) por lo tanto rechazamos la hipótesis nula y podemos decir que la temperatura si influye en la cantidad(masa) de los balones.

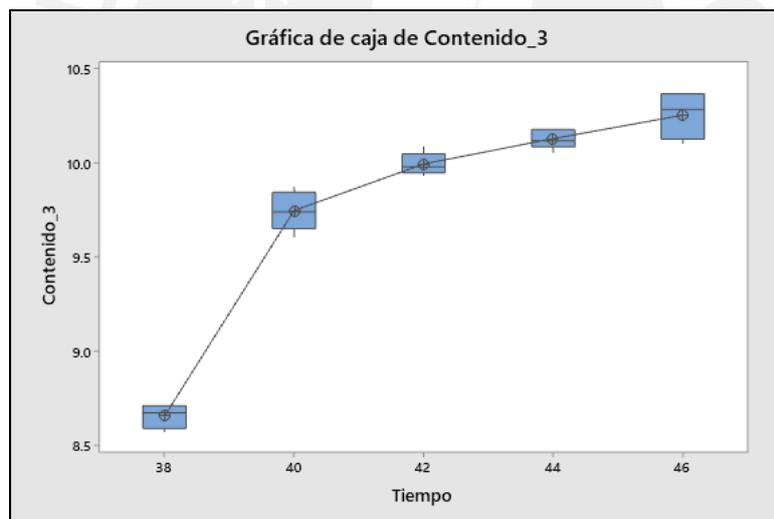


Gráfico 47: Gráfico de cajas para tiempo vs cantidad(masa)
Fuente: Elaboración Propia



Gráfico 48: Gráfico 4 en 1 para residuos
Fuente: Elaboración Propia

Se visualiza en el gráfico 48, que la varianza de los residuos es el mismo, cumple con una distribución normal y no existe un patrón en los datos, por lo tanto, podemos afirmar la decisión anterior de que la variable tiempo de llenado, influye en la cantidad(masa) del balón.

3.4 Mejorar

En la fase anterior se encontraron las causas (factores) que originan una alta variabilidad en la cantidad(masa) de los balones de Gas Licuado de Petróleo. Considerando los resultados encontrados como punto de inicio, en esta etapa se detallan las propuestas de mejora en el proceso.

En primer punto se propone presentar un diseño de experimentos con la finalidad de obtener e identificar la combinación de valores óptimos de los factores críticos del proceso de envasado.

3.4.1 Diseño de Experimentos

Antes de efectuar el análisis de Diseño de Experimentos, se analizarán los factores que son controlables y no controlables, en el proceso

de envasado, con la finalidad de determinar la cantidad de factores que estarán implicados en el análisis; ya sea de un factor o multifactorial.

3.4.1.1 Factores del Proceso

Los dos factores controlables que afectan al proceso son la presión de llenado que puede ser controlada en la máquina de envasado, asimismo el tiempo de llenado que puede ser controlado por el operario de envasado.

Tabla 29: Factores controlables

Factor	Regulación
Presión	Máquina de envasado
Tiempo	Maquina de envasado/Operio

Fuente: Elaboración Propia

3.4.1.2 Diseño de Experimentos

El diseño de experimentos propuesto es un diseño factorial completo (2k) que permitirá obtener y determinar el efecto de los dos factores antes indicados, así también como sus interacciones, en el gráfico 49 se indica el resumen del diseño de experimentos con los dos factores involucrados: Presión de llenado (A) y Tiempo de llenado (B).

Resumen del diseño			
Factores:	2	Diseño de la base:	2; 4
Corridas:	20	Réplicas:	5
Bloques:	1	Puntos centrales (total):	0

Gráfico 49: Diseño Factorial 2k para dos factores

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 30 se visualiza el resumen de las mediciones para el diseño de experimento, el cual servirá para determinar si existe o no influencia de los factores en el contenido de llenado.

Tabla 30: Resumen del diseño de experimento

Factor 1	Factor 2	Presion	Tiempo	Contenido
1	1	125	46	9.12
-1	1	100	46	9.57
1	-1	125	38	10.46
-1	-1	100	38	10.45
1	1	125	46	9.36
-1	1	100	46	9.33
1	-1	125	38	10.39
-1	-1	100	38	10.66
1	1	125	46	9.43
-1	1	100	46	9.59
1	-1	125	38	10.54
-1	-1	100	38	10.48
1	1	125	46	9.44
-1	1	100	46	9.56
1	-1	125	38	10.41
-1	-1	100	38	10.63
1	1	125	46	9.31
-1	1	100	46	9.56
1	-1	125	38	10.41
-1	-1	100	38	10.66

Fuente: Elaboración Propia

En el gráfico 50, se observa el gráfico de cubos para la variable “contenido” con las medias respectivas para cada nivel de los factores involucrados.

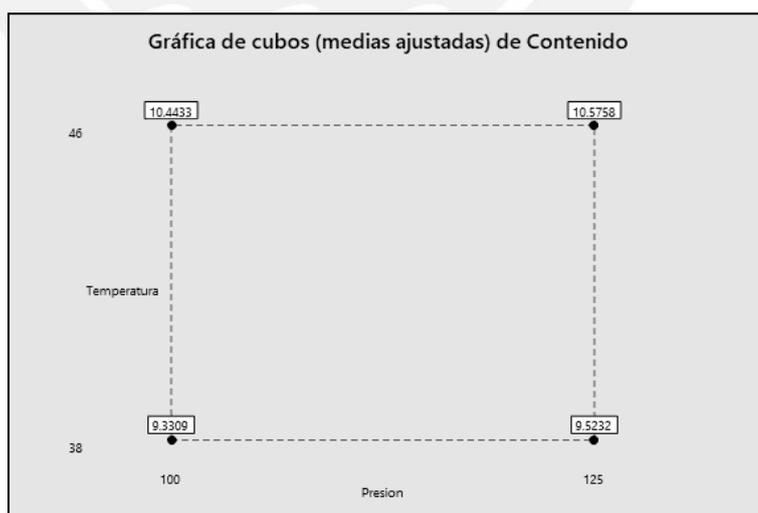


Gráfico 50: Gráfico de cubos para la variable contenido

Fuente: Elaboración Propia

Asimismo, en gráfico 51 se puede observar, la hipótesis nula H_0 es deducir que no existe influencia en el resultado “contenido”, como consecuencia de los factores considerados para el proceso, mientras que la hipótesis alternativa H_1 es deducir que existe influencia en el resultado debido a un factor por lo menos.

H_0: Los factores no influyen en la respuesta
H_1: Los factores si inluyen en la respuesta

Gráfico 51: Hipótesis nula y alterna para el análisis
Fuente: Elaboración Propia

En el gráfico 51, se visualiza el resultado del análisis de varianza en el cual podremos determinar los factores e interacciones que influyen en la variable dependiente, teniendo en consideración que el criterio para decidir si influye o no la variable de dependiente resulta de la comparación del valor del p- valué con el nivel de significancia (alfa) aplicado para este diseño de experimento; es decir que el p-valué debe ser mayor a alfa para determinar que los factores o interacciones no afectan a la variable de respuesta.

En este caso, el nivel de significancia es de 0.05.

Análisis de Varianza					
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Modelo	3	5.99520	1.99840	185.76	0.000
Lineal	2	5.99074	2.99537	278.43	0.000
Presion	1	0.13180	0.13180	12.25	0.003
Temperatura	1	5.85894	5.85894	544.61	0.000
Interacciones de 2 términos	1	0.00446	0.00446	0.41	0.529
Presion*Temperatura	1	0.00446	0.00446	0.41	0.529
Error	16	0.17213	0.01076		
Total	19	6.16733			

Gráfico 52: Análisis de Varianza
Fuente: Elaboración Propia

En relación con el gráfico 52, se observa que los valores del p-valúe del factor “Tiempo” y “presión” son inferiores al nivel de significancia (0.05). Por lo tanto, en relación con dichos factores, se rechaza la hipótesis nula y se puede aseverar con un 95% de confianza que estos factores son significativos e influyen sobre la variable de respuesta.

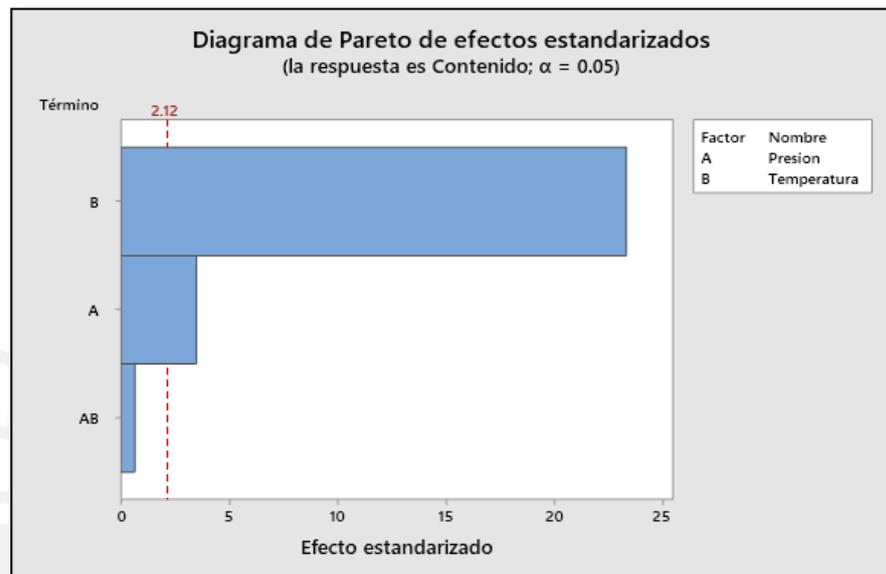


Gráfico 53: Pareto de efectos estandarizados
Fuente: Elaboración Propia

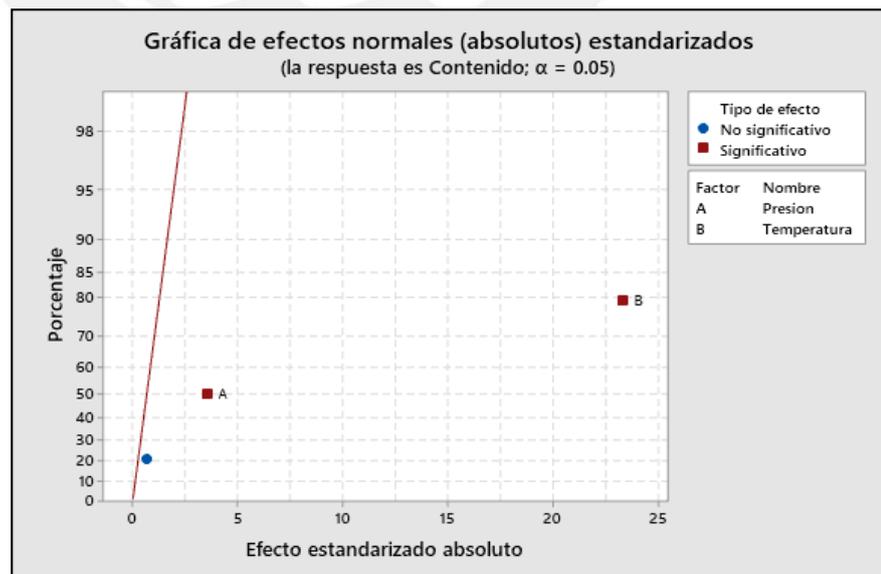


Gráfico 54: Grafica Normal de Efectos
Fuente: Elaboración Propia

En los gráficos 53 y 54, se muestran el gráfico de Pareto y de normal de efectos normales (absolutos) estandarizados, lo cual nos permite identificar que variables(factores) influyen en la variable de salida, como así también alguna de sus iteraciones.

Asimismo, se realizó el análisis de residuales según muestra el gráfico 55, como consecuencia del análisis de residuales se llega a la conclusión, que se pueden validar los datos obtenidos en el diseño de experimentos.



Gráfico 55: Análisis de residuales del diseño de experimento
Fuente: Elaboración Propia

Por último, se llega a la conclusión que los factores: Presión(A) y Tiempo (B), influyen a la variable de respuesta. Así también, en el gráfico 56 se constituye la siguiente ecuación de regresión con los coeficientes de los factores que influyen en la variable dependiente.

Ecuación de regresión de unidades no codificadas

$$\text{Contenido} = 2.14 + 0.0190\text{Presión} + 0.1689\text{Tiempo}$$

Gráfico 56: Ecuación de correlación

Fuente: Elaboración Propia

3.4.1.3 Optimización del Diseño de Experimento

En este paso trataremos de obtener los niveles óptimos de las variables de entrada (factores) que influyen en la variable de salida (contenido) y de tal manera que llegue a un objetivo de 10kg; se utilizó el optimizador de MINITAB 19.

A continuación, se visualiza en el gráfico 57, combinación de los niveles óptimos para cada factor a fin de obtener el valor objetivo de la variable contenido el cual es de 10 kg por balón.

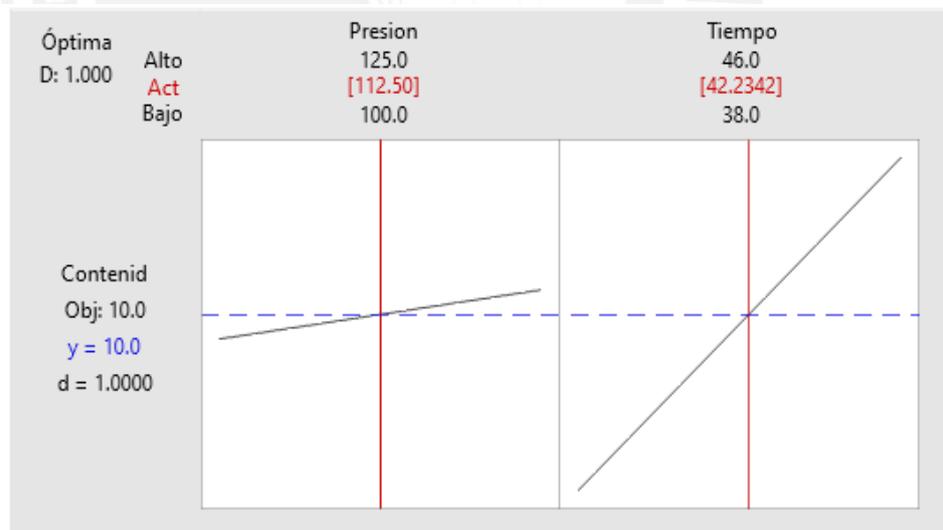


Gráfico 57: Optimización de Factores

Fuente: Elaboración Propia

Según indica en tabla 31, para obtener una variable de respuesta equivalente a 10 kilogramos por balón, se debe llenar a una presión de 112.50 Psi y en un tiempo de 42.23 segundos a fin de reducir la alta variabilidad.

Tabla 31: Condiciones óptimas para el llenado

Factor	Óptimo
Presión	112.50 Psi
Tiempo	42.23 Seg

Fuente: Elaboración Propia

3.5 Control

Para la variable “Contenido (masa)” se volvieron a tomar datos luego de los ajustes realizados a las variables presión y tiempo de llenado.

Asimismo, con el software MINITAB 19 se procedió a realizar una gráfica de control X-S según se visualizar en el gráfico 58, debido a que la variable dependiente (contenido) es continua; y podemos observar que dicha variable de salida se encuentra estadísticamente controlado.

Tabla 32: Nuevo datos tomados luego de la implementación

		Mediciones (Kg)																			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Dias	1	10.011	9.888	10.094	10.047	10.086	10.074	9.945	9.934	10.025	9.893	9.940	10.011	10.065	10.025	9.973	9.967	10.011	10.047	10.031	9.986
	2	9.970	9.970	10.081	9.874	9.984	10.029	10.022	10.025	10.089	10.047	10.020	10.006	10.097	9.958	9.970	10.027	9.854	10.099	9.949	9.989
	3	9.930	9.891	9.978	10.069	9.931	10.056	9.987	9.918	10.039	10.033	10.020	9.835	9.935	9.953	10.028	10.136	9.871	9.969	10.122	10.003

Fuente: Elaboración Propia

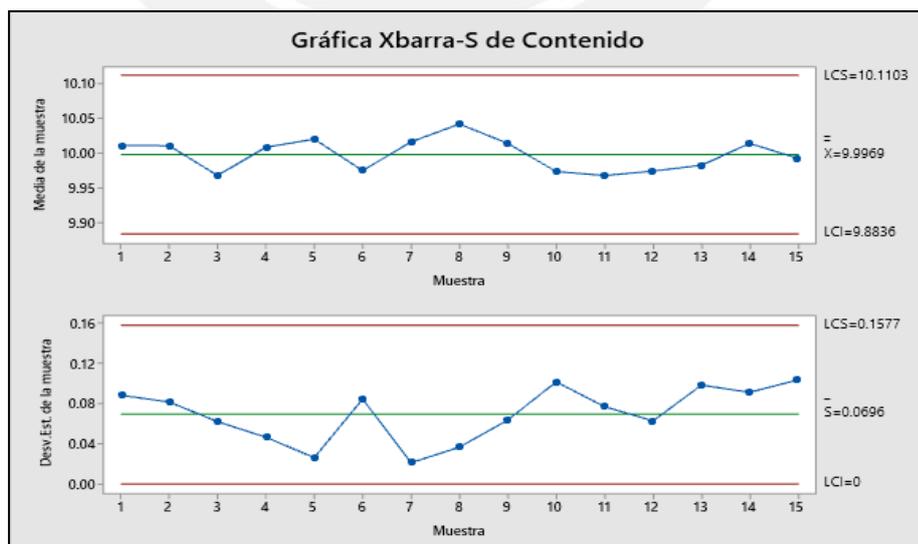


Gráfico 58: Gráfico de Control X-S para la variable contenido

Fuente: Elaboración Propia

Asimismo, se realizó un nuevo gráfico de capacidad de proceso, como se puede visualizar en el gráfico 59, los resultados de la capacidad de proceso de la variable dependiente “contenido”, señala un valor de índice de Cp de 0.67 y un valor ppm de 45,017.20, por lo tanto, se puede concluir que el proceso de envasado tiene la capacidad de cumplir con los requerimientos solicitados por el cliente.

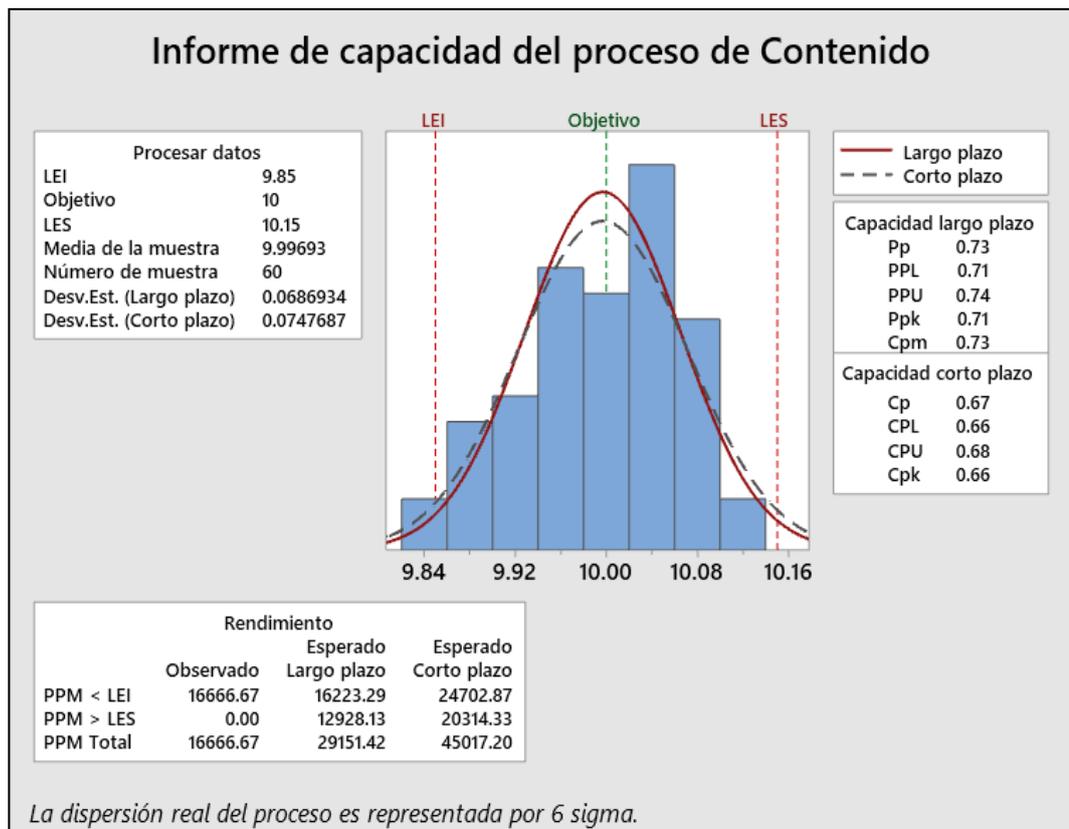


Gráfico 59: Gráfico de Capacidad del proceso – variable contenido
Fuente: Elaboración Propia

Para asegurar la continuidad de la reducción de variabilidad y estabilidad del proceso se tendrán que instalar equipos para la medición exacta de la presión de llenado y el tiempo de envasado, estos equipos serán barómetros y cronómetros automatizados.

CAPÍTULO 4: EVALUACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA

En el presente capítulo, se evaluará la parte técnica y económica de la propuesta de mejora para precisar su factibilidad de mejora. Para dicho fin, se detallará como era proceso inicial y luego como mejorará después de la implementación de la propuesta de mejora. Seguidamente se establecerán los costos de implementación de la propuesta y se analizará en un periodo de tiempo los ahorros y reducción de costos generados por las mejoras. Finalmente, se realiza la evaluación del valor presente neto y tasas interna de retorno; para determinar la viabilidad de las propuestas de mejora.

4.1 Evaluación Técnica:

En esta parte evaluaremos los CTQ'S en el proceso de envasado, en su situación inicial (AS IS) y luego en la situación después de implementar la mejora (TO BE).

Tabla 33: Variaciones de los CTQ'S luego de la mejora

CTQ	Variable	AS IS	TO BE
El contenido no debe estar fuera de los 10 kg +/- 250 gr	Contenido (masa)	10.03 +/- 354.8 gr	9.99 +/- 60 gr
La boquilla del balon no debe tener fuga alguna	Revisión de Fugas	4 +/- 2	4 +/- 2
Los costos de envasado deben ser lo minimos posibles	Costo de envasado	21.48	21.08

Fuente: Elaboración Propia

Se puede visualizar en la tabla 33, son dos CTQ'S lo que mejoraron luego de la implementación; uno de ellos es el crítico (contenido de los balones) el cual su variabilidad se redujo de 354.8 gr a 60 gr, así mismo el costo de producción

vano de 21.48 a 21.08 respectivamente. En ese sentido podemos justificar técnicamente que la mejora tuvo un impacto considerable.

4.2 Evaluación Económica:

Luego de realizar la evaluación técnica, procederemos a realizar la evaluación económica de la implementación realizada y así mismo determinaremos todos los indicadores necesarios.

Para realizar dicho propósito, recopilamos todos los egresos que serán necesario para nuestra implementación Seis Sigma, y se muestran en tabla 34.

Tabla 34: Presupuesto de Egreso para la Implementación

Concepto / Recurso	Cantidad	Monto
Ingeniero de Implementación	1	S/24,000.00
Asistentes para toma de datos	2	S/12,800.00
Asistentes para tratamiento de datos	2	S/9,200.00
Software Minitab - Licencia	1	S/4,500.00
Capacitaciones	1	S/10,200.00
Materiales	1	S/2,200.00
Diseño de Experimentos	1	S/2,100.00
Instrumentos	20	S/9,000.00
Contingencia	5%	S/3,700.00
Total		S/77,700.00

Fuente: Elaboración Propia

De la misma manera se hicieron los cálculos respectivos, y se realizó el cuadro de presupuesto de ingresos, que se generaran a consecuencia de la implementación Seis Sigma; el presupuesto de ingreso se puede observar en tabla 35.

Tabla 35: Presupuesto de Ingresos para la Implementación

Concepto / Recurso	Cantidad	Monto
Balones adicionales envasados	58	S/34,104.00
Reducción de Costos	S/0.40	S/23,328.00
Total		S/57,432.00

Fuente: Elaboración Propia

Teniendo en cuenta que la inversión total es de 77,700.00 soles, este será financiando en su totalidad por la empresa, por lo tanto, deberemos hacer un cálculo del COK y realizar un flujo de caja económico, el cálculo de costo de capital se puede observar en la tabla 36.

Tabla 36: Calculo del Costo de Capital

	Valores
Beta no apalancado	0.62
Beta apalancado	0.83
Rm – rf	6.30%
Tasa libre de riesgo	1.24%
Riesgo del país	1.04%
COK	6.19%

Fuente: Elaboración Propia

Luego de determinar el costo de capital de la inversión a realizar, se procederá a realizar un flujo de caja económico, teniendo como ingresos la venta de los balones adicionales que se obtendrán por la reducción de la merma del G.L.P, así mismo se tendrá una utilidad adicional por la reducción del costo de producción. En los egresos se tendrán los costos de ventas y el pago del impuesto.

El flujo de caja económico del proyecto se puede observar en la tabla 37.

Tabla 37: Flujo de Caja Económico

	Periodo 0	Periodo 1	Periodo 2	Periodo 3	Periodo 4	Periodo 5	Periodo 6
Ingresos							
Ventas		S/34,104.00	S/34,104.00	S/34,104.00	S/34,104.00	S/34,104.00	S/34,104.00
Egresos							
Costo de Ventas		S/29,343.36	S/29,343.36	S/29,343.36	S/29,343.36	S/29,343.36	S/29,343.36
Utilidad Operativa		S/4,760.64	S/4,760.64	S/4,760.64	S/4,760.64	S/4,760.64	S/4,760.64
Depreciación (-)		S/200.00	S/200.00	S/200.00	S/200.00	S/200.00	S/200.00
Ahorros		S/23,328.00	S/23,328.00	S/23,328.00	S/23,328.00	S/23,328.00	S/23,328.00
Utilidad Antes de Impuesto		S/27,888.64	S/27,888.64	S/27,888.64	S/27,888.64	S/27,888.64	S/27,888.64
Impuesto (29.5%)		S/8,227.15	S/8,227.15	S/8,227.15	S/8,227.15	S/8,227.15	S/8,227.15
Utilidad Bruta		S/19,661.49	S/19,661.49	S/19,661.49	S/19,661.49	S/19,661.49	S/19,661.49
Depreciación (+)		S/200.00	S/200.00	S/200.00	S/200.00	S/200.00	S/200.00
Inversión	S/77,700.00						
Utilidad Neta	-S/77,700.00	S/19,861.49	S/19,861.49	S/19,861.49	S/19,861.49	S/19,861.49	S/19,861.49

Fuente: Elaboración Propia

Así también se calcularon los indicadores necesarios para evaluar un proyecto de inversión, tal y como se visualiza en la tabla 38.

Tabla 38: Indicadores de Inversión

Indicador	Medida
VAN E	S/19,385.08
TIR E	14%
B/C	1.25
PR	5 meses

Fuente: Elaboración Propia

Se puede visualizar en el gráfico 80, el VAN E es mayor que cero, así mismo el TIRE es mayor que el COK por lo tanto podemos decir que nuestro proyecto de inversión es viable, también el B/C es mayor que uno y el tiempo de recuperación es de 5 meses.

4.3 Análisis de Sensibilidad:

En el flujo de caja económico se tomó en cuenta un escenario optimista donde el ahorro en costos es de 0.40 soles por balón, en este caso también analizaremos el flujo de caja económico y los indicadores; para un escenario moderado donde el ahorro en costos será de 0.30 soles por balón y un escenario pesimista en el cual el ahorro en costos será de 0.20 soles por balón.

En ese sentido en la tabla 39, se muestra los indicadores económicos para los tres escenarios.

Tabla 39: Indicadores por cada escenario

Indicador	Optimista	Moderado	Pesimista
VAN E	S/19,385.08	S/9,631.45	S/7,193.59
TIR E	14%	10%	8%
B/C	1.25	1.12	1.09
PR	5 meses	7 meses	10 meses

Fuente: Elaboración Propia

Se puede visualizar en la tabla 39, para los tres escenarios el proyecto es viable, ya que los VAN E son mayores a cero y el TIR en todos los escenarios es mayor al costo de capital (COK).

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones:

- Se pudo concluir que el proceso crítico para la empresa Extra Gas es el de envasado, y la actividad crítica es el de llenado; por lo cual se tuvo que reducir la variabilidad en dicho punto.
- Se pudo concluir que las variables críticas del proceso son, el contenido, presión y el tiempo de llenado, siendo la variable contenido dependiente de las otras dos.
- Se pudo concluir con el diseño de experimento que los ajustes para un correcto llenado de Gas Licuado de Petróleo es con una presión de 112.5 Psi y con un tiempo de llenado de 42.23 segundos.

Recomendaciones:

- Se recomienda que para mantener el control de los parámetros de envasado; tales como la presión y temperatura, la empresa debe optar por comprar equipos con sensores.
- Se recomienda mantener una cultura de calidad y de toma de datos en toda la empresa, para que la implementación perdure en el tiempo y así mismo pueda hacerse mejoras en otros procesos.
- Se recomienda mantener a la empresa la mejora continua, de tal manera que se vayan alcanzando mejores objetivos para la empresa, luego de haber realizado la implementación Seis Sigma en el proceso de envasado.

BIBLIOGRAFÍA

- ¿Qué es six sigma? [Figura]. Recuperado de <http://pmo3-ic.com/six-sigma/>
- Administración y gestión de mantenimiento (2015). [Figura]. Recuperado de <https://gestionamantenimiento.blogspot.com/2015/08/analisis-modo-efecto-de-falla-amef.html>
- Antony, J. & Banuelas, R. (2002). Key Ingredients for the effective implementation of six sigma program. *Measuring Business Excellence*, 6 (4), 20-27.
- Atehortua, F. (2005). *Gestión y auditoria de la calidad para las organizaciones públicas*. Colombia: Universidad de Antioquia.
- Berenson, M. et al. (2006). *Estadística para la educación*. México: Pearson
- Burgos, F. et al. (1994). *Manual normas técnicas para la calidad de bienes y servicios*. México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Carot, V. (1998). *Control Estadístico de la Calidad*. Valencia: Servicio de Publicaciones. Crosby, P. B. (1990). *Hablemos de Calidad*. México: McGraw-Hill.
- Chang, R.Y. & Niedzwiecki, J. G (1999). *Las herramientas para la mejora continua de la calidad*. Buenos Aires: Ediciones Granica.
- Cuatrecasas, L. (2005). *Gestión Integral de la Calidad: Implantación, control y certificación*. Barcelona: Ediciones Gestión 2000.
- Alcántara Lozano, Guillermo de Jesús (2017). *Análisis y mejora de procesos en una empresa de automatización industrial y electrificación aplicando la metodología DMAIC (Tesis de bachiller)*. PUCP, PERU.

- Delgado, E. (2015). Propuesta de un plan para la reducción de la merma utilizando la metodología six sigma en una planta de productos plásticos (Tesis de maestría). PUCP, PERU.
- Deming, E. (1989). Calidad, Productividad y Competitividad. La salida de la crisis. Madrid: Díaz de Santos.
- Diagrama de Pareto (2018). [Figura]. Recuperado de <https://leanmanufacturing10.com/diagrama-de-pareto>.
- Down, Kerkstra, Cvetkovski and Benham (2005). Manual Estadístico de Procesos. EE. UU: AIAG.
- Eckes, G. (2004). El Six Sigma para todos. Colombia: Norma.
- El diagrama de causa - efecto. [Figura]. Recuperado de <https://aprendiendocalidadyadr.com/el-diagrama-causa-efecto/>
- Enrick, N. L. (1989). Control de Calidad y beneficio empresarial. México: Díaz de Santos.
- Evans, J. R. & Lindsay, W. M. (2008). Administración y control de calidad. México: Cengage Learning.
- Galgano, A. (1995). Los siete instrumentos de la calidad total. Madrid: Díaz de Santos.
- Gómez, F. et al. (2003). Seis Sigma. Madrid: Fundación Confemetal.
- Gopalakrishnan, N. (2012). Simplified six sigmas. Methodology, Tools, and Implementation. Nueva Dheli: PHI Learning private limited.
- Grupo Kaizen S.A (s.f.). Seis sigmas. Recuperado el 31 de octubre del 2010, de <http://www.grupokaizen.com>.
- Harris, B. (2002). Transactional six sigma and lean servicing. Estados Unidos: St. Lucie Press.

- Ishikawa, K. (1986). ¿Qué es control de calidad? Bogotá: Norma. I Six Sigma, Quality Resources for Achieving Six Sigma Results (s.f.). Six Sigma. Recuperado el 10 de noviembre del 2010, de <http://www.isixsigma.com>
- Juran, J. M. (1990). Juran y el liderazgo para la Calidad. Madrid: Díaz de Santos.
- Juran, J. M. (1996). La Calidad por el diseño. Madrid: Díaz de Santos.
- Kalpakjian, S. & Schmid, S. R. (2002). Manufactura, Ingeniería y Tecnología. México: Pearson Educación.
- Mapa de proceso de alto nivel. [Figura]. Recuperado de <https://www.caletec.com/otros/sipoc-mapa-de-proceso-a-alto-nivel/>
- McCarty, T. et al. (2005). The Six Sigma black belt handbook. Estados Unidos: McGraw-Hill.
- McCarty, T., & Bremer, M., & Lorraine, D., & Praveen, G. (2004). Six Sigma Black Belt Handbook. EEUU: McGraw-Hill.
- Menéndez, F. et al. (2007). Formación superior en prevención de riesgos laborales. Valladolid: Lex Nova.
- Metodología DMAIC (2017). [Figura]. Recuperado de <https://traccsolution.com/blog/dmaic-problem-solving/>
- Miranda, F. et al. (2006) Introducción a la Gestión de Calidad. Madrid: Delta Publicaciones.
- Montgomery, D. & Runger, G. (2008). Probabilidad y estadística aplicadas a la ingeniería. México: Limusa.
- Motorola University, Six Sigma in action (s.f.). Seis Sigma. Recuperado el 13 de noviembre del 2010, de <http://www.motorola.com/mu>
- Ordóñez, W. (2014). Análisis y mejora de procesos en una empresa textil empleando la metodología DMAIC (Tesis para bachiller). PUCP, PERU.

- Plaza, A. (2009). Apuntes teóricos y ejercicios de aplicación de gestión del mantenimiento industrial. México: Norma.
- Prueba de hipótesis. [Figura]. Recuperado de [https://es.wikiversity.org/wiki/Prueba_de_hip%C3%B3tesis_\(estad%C3%ADstica\)](https://es.wikiversity.org/wiki/Prueba_de_hip%C3%B3tesis_(estad%C3%ADstica))
- Pyzdek, T. & Keller, P. (2009). The six-sigma handbook: the complete guide for green belts, and managers at all levels. Estados Unidos: McGraw-Hill.
- Pyzdek, T. (2003). The six-sigma handbook: revised and expanded. Estados Unidos: McGraw-Hill.
- Raisinghani, M.S. et al. (2005). Six sigmas: concepts, tools, and applications. *Industrial Management & Data Systems*, 106 (4), 491-505.
- Ranjan, N. (2004). Six Sigma: myths and realities. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 21 (6), 683-690.
- Reinoso, G. (2016). Propuesta de mejora para la reducción de productos defectuosos en una planta de producción de neumáticos aplicando la metodología Six sigma (Tesis de maestría). PUCP, PERU.
- Saderra, L. (1993). El secreto de la calidad japonesa: el diseño de experimentos clásico. Barcelona: Marcombo.
- Serra, J.A. & Bugueño, G. (2004). Gestión de calidad en las pymes agroalimentarias. Valencia: Editorial de La UPV.
- Shankar, R. (2009). Process improvement using six. Wisconsin: ASQ Quality Press. Tovar, A. & Mota, A. (2007). CPMIC: Un modelo de administración por procesos. México: Panorama.

- Wilson, G. (2005). Six sigma and the product development cycle. Norfolk: Elsevier. Yang, K. (2003). Design for six sigmas: a roadmap for product development. New York: McGraw

