



FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Industrial

“PROPUESTA DE MEJORA EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE BALONES DE 10 KILOGRAMOS CON GLP PARA REDUCIR LOS COSTOS OPERATIVOS DE LA EMPRESA COSTA GAS TRUJILLO S.A.C.”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Industrial

Autor:

Bach. Joseph Michell Alcántara Pérez

Asesor:

Ing. Rafael Luis Alberto Castillo Cabrera

Trujillo - Perú

2020

DEDICATORIA

A mi Padre Celestial:

Por estar conmigo en todo tiempo y darme la oportunidad de culminar una etapa más en mi vida. Gracias por tus bendiciones y por haber sido fiel conmigo en todo tiempo. Todo lo que soy, lo que tengo y lo que puedo lograr es gracias a ti.

A mis padres y hermanos:

Por su amor, sacrificio y apoyo incondicional durante mi etapa universitaria, gracias por aportar en mi crecimiento personal y profesional. Gracias por sus consejos y por darme aliento en toda mi etapa universitaria. Por enseñarme a no rendirme y que con Dios puedo enfrentar cualquier obstáculo. Este trabajo va dedicado a ustedes.

A mis hermanos que los amo mucho, gracias por estar conmigo y por apoyarme en todo.

A mi esposa:

Por darme tú apoyo en todo y por enseñarme a no rendirme nunca, ya que el camino para llegar hasta aquí no ha sido fácil, pero has estado conmigo en todo tiempo. Por aceptarme con mi virtudes y defectos. Sé que vamos a lograr muchos triunfos juntos. Este logro va para ti.

AGRADECIMIENTO

A mi Padre Celestial, por darme la bendición de culminar mi carrera universitaria y por estar conmigo en todo tiempo.

A mis padres y hermanos, por su apoyo y su amor, que han sido ese soporte para llegar hasta aquí.

A mi amada esposa, por sus consejos y por haberme enseñado la importancia de no rendirse nunca y que siempre tenga presente cuanto la amo.

A mis profesores de la Universidad Privada del Norte, por haber compartido sus conocimientos a lo largo de mi carrera, y por la dedicación y el esfuerzo que han tenido para poder culminar esta etapa.

Al Ing. Rafael Castillo Cabrera, por ser el asesor de este proyecto quien ha podido guiarme en toda la realización del mismo.

Tabla de contenidos

Dedicatoria	2
Agradecimiento.....	3
Índice de tablas	5
Índice de figuras.....	9
Índice de ecuaciones	11
Resumen	12
Capítulo I. Introducción.....	13
Capítulo II. Metodología.....	33
Capítulo III. Resultados	106
Capítulo IV. Discusión y Conclusiones	111
Referencias	115
Anexos.....	117

Índice de Tablas

Tabla 1. Relación de Agentes de GLP, por tipo de actividad (a diciembre 2016).	15
Tabla 2. Perdidas Económicas de los Principales Problemas en el Área de Producción.	17
Tabla 3. Ocho Pasos en la Solución de un Problema.....	22
Tabla 4. Equipos, Materiales y Servicios.....	33
Tabla 5. Datos de la Empresa Costa Gas Trujillo S.A.C.	36
Tabla 6. Leyenda de Layout de Planta	39
Tabla 7. Priorización de Causas Raíces.....	41
Tabla 8. Perdidas Económicas de las Causas Raíces.....	43
Tabla 9. Principales datos de la estaciones de trabajo de producción de la empresa Costa Gas.....	44
Tabla 10. Resumen de datos de la estaciones de trabajo de producción de la empresa Costa Gas.....	44
Tabla 11. Hoja de Verificación.....	47
Tabla 12. Clasificación de Defectos por Área.	48
Tabla 13. Priorización de Defectos en los balones de 10 Kilogramos.	48
Tabla 14. Identificación y Descripción de los Principales Problemas.	49
Tabla 15. Índices de Capacidad.....	53
Tabla 16. Matriz de Plan de Implementación.....	54
Tabla 17. Gráfica de Control X para Pesaje Incorrecto en Balones de 10 kg.	55
Tabla 18. Índice de Capacidad.	56
Tabla 19. CheckList para Inspección de Fugas en Balones de 10 kg.....	56
Tabla 20. Matriz de Resultados Obtenidos.	57
Tabla 21. Indicadores de mantenimiento.	59
Tabla 22. Descripción de la llenadora.....	59

Tabla 23. Descripción del compresor.....	60
Tabla 24. Descripción de la Granalladora.....	60
Tabla 25. Porcentaje de cumplimiento e incumplimiento de cada equipo.	61
Tabla 26. Fallas de la llenadora.....	62
Tabla 27. Fallas del compresor.....	62
Tabla 28. Fallas de la Granalladora.....	62
Tabla 29. Resultados del NPR por Equipo.....	63
Tabla 30. Matriz AMEF de Costa Gas Trujillo S.A.C.	64
Tabla 31. Por Frecuencia de Fallas.....	70
Tabla 32. Por Impacto Operacional.....	70
Tabla 33. Por Flexibilidad Operacional.	71
Tabla 34. Por Costo de Mantenimiento.	71
Tabla 35. Por Impacto a Seguridad Ambiental e Higiene.	71
Tabla 36. Matriz de Criticidad de Costa Gas Trujillo S.A.C.	72
Tabla 37. Resultados de la matriz de criticidad por equipo.	77
Tabla 38. Medidas preventivas para mantenimiento de la llenadora 5.....	78
Tabla 39. Agrupación de medidas preventivas.	79
Tabla 40. Resumen del plan de mantenimiento preventivo.....	79
Tabla 41. Hoja para Inspección y Limpieza.....	80
Tabla 42. Hoja para Mantenimiento Preventivo.	81
Tabla 43. Plan y Cronograma de Capacitaciones.....	82
Tabla 44. Disponibilidad de tesis.....	83
Tabla 45. Nuevos indicadores de mantenimiento.	84
Tabla 46. Producción actual.	84
Tabla 47. Producción mejorada.	84
Tabla 48: Beneficio de la Mejora con RCM.....	85

Tabla 49. Datos mejorados de las estaciones de trabajo del área de producción de la empresa Costa Gas.	86
Tabla 50. Resumen de datos mejorados de las estaciones de trabajo del área de producción de la empresa Costa Gas.	86
Tabla 51. Análisis del Balance de Línea Actual y Mejorado.	87
Tabla 52. Resumen de Diagrama de Análisis de Procesos	88
Tabla 53: Diagrama de Análisis de Procesos.	89
Tabla 54. Análisis de Flujo de Información.	90
Tabla 55. Tiempo de entrega de producción en meses.	91
Tabla 56. Resumen de Nuevo Diagrama de Análisis de Procesos.	93
Tabla 57. Nuevo Diagrama de Análisis de Proceso.	94
Tabla 58. Análisis de Nuevo Flujo de Información.	95
Tabla 59. Nuevos tiempos de entrega de producción en meses.	96
Tabla 60. Comparación de cálculos: Actividades que le agregan valor y no le agregan valor al proceso (en tiempo).....	99
Tabla 61. Pronostico de la Demanda para los 12 meses del año 2019.	99
Tabla 62. Resultados del Plan Agregado	100
Tabla 63. Resultados del Plan Agregado Mejorado.	101
Tabla 64. Resultados del PMP Mejorado.	101
Tabla 65. Resultados del PMP Mejorado.	101
Tabla 66. Lista de Materiales.	102
Tabla 67. Órdenes de aprovisionamiento Nov-18 Actual.	103
Tabla 68. Órdenes de aprovisionamiento Nov-18 Mejorado.	104
Tabla 69. Indicadores de la Mejora.	104
Tabla 70. TIR, VAN y B/C del proyecto.	105
Tabla 71. Financiamiento Banco Interbank.	105
Tabla 72. Resultados de la Metodología RCM.	107
Tabla 73. Resultados de Balance de Línea.	107

Tabla 74. Resultados de la Metodología VSM.	108
Tabla 75. Resultado de MRP.	108
Tabla 76. Resultados de Ciclo de Deming.	109
Tabla 77. Pérdidas económicas después de las mejoras.	109
Tabla 78. Resultados Obtenidos.	110
Tabla 79. Análisis de Tesis sobre RCM.	111

Índice de Figuras

Figura 1. Ubicación de Costa Gas Trujillo S.A.C.....	36
Figura 2. Fachada de Costa Gas Trujillo S.A.C.	37
Figura 3. Organigrama de Costa Gas Trujillo S.A.C.....	38
Figura 4. Layout de Costa Gas Trujillo S.A.C.....	38
Figura 5. Diagrama de Ishikawa de la empresa de Costa Gas Trujillo S.A.C.....	40
Figura 6. Diagrama de Pareto de la empresa de Costa Gas Trujillo S.A.C.	42
Figura 7. Balance de Línea Actual.....	45
Figura 8. Fases de la Metodología PHVA.....	45
Figura 9. Diagrama de Flujo del Proceso.....	46
Figura 10. Diagrama de Pareto de Defectos en Balones de 10 kilogramos.	49
Figura 11. Posibles Causas de Fuga en un Balón de Gas.....	50
Figura 12. Posibles Causas del Pesaje Incorrecto en un Balón de Gas.....	50
Figura 13. Diagrama de Ishikawa sobre las Causas de los Principales Problemas.....	51
Figura 14. Diagrama de Pareto sobre Principales Causas de la Fuga de un Balón de Gas.....	51
Figura 15. Diagrama de Pareto sobre Principales Causas de Pesaje Incorrecto en Balón de Gas.....	52
Figura 16. Gráfica de Control NP para Fuga de Gas en Balones de 10 kg.....	52
Figura 17. Gráfica de Control X para Pesaje Incorrecto en Balones de 10 kg.....	53
Figura 18. Gráfica de Control NP para Fuga de Gas en Balones de 10 kg.....	55
Figura 19. Fases de la Metodología RCM	58
Figura 20. Balance de Línea Mejorado	87
Figura 21. Pasos para la elaboración de un VSM.....	88
Figura 22. VSM Actual.	92
Figura 23. Pasos para la elaboración del nuevo VSM.....	93

Figura 24. VSM Mejorado.....	98
Figura 25. Comportamiento de la demanda.	100
Figura 26. Diagrama de Gozinto.....	103
Figura 27. Resultado Diagnostico de Pérdidas Mensuales.	106
Figura 28. Gráfico de Perdidas Económicas Antes y Después de la Mejora.	110

Índice de Ecuaciones

Ecuación 1: Índice Cp	26
Ecuación 2: Índice Cpk	27
Ecuación 3: Tiempo de Ciclo (C).....	31
Ecuación 4: Eficiencia	31
Ecuación 5: Tiempo de Operación	31
Ecuación 6: Productividad.....	31

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se realizó en la empresa “Costa Gas Trujillo S.A.C” y tuvo como objetivo general reducir los altos costos operativos generados en la línea de producción de balones de 10 kilogramos; para lo cual, se desarrollaron paso a paso las metodologías de VSM, MRP, RCM y Ciclo de Deming. Los métodos empleados para realizar la investigación fueron: recolección de datos, la observación, toma de tiempos, entrevistas, encuestas, videos, fotos, data histórica y documentación; así como las herramientas: Microsoft Excel, Word, gráfica de barras y circular, Diagrama de Pareto, Diagrama de Flujo. Por lo que, implementando dichas mejoras, se logró un ahorro total de costos operativos de S/.133,318.6. El Valor Actual Neto Económico y Financiero obtenido es de S/. 826,632.13 y S/. 819,707.93 respectivamente. La Tasa Interna de Retorno es de 1431%, y la razón Costo Beneficio es de 49.22. Esto indica que el proyecto es factible y viable, puesto que, frente a los ingresos que tienen y se proyectan a tener, la inversión en implementación de estas metodologías podría desarrollarse sin problema alguno. Todo esto demuestra que la propuesta es viable financieramente, además que las metodologías empleadas aportaron favorablemente al proceso de la empresa.

Palabras clave: VSM, MRP, RCM, Ciclo Deming.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

El GLP (Gas Licuado de Petróleo) es una de las fuentes de energía más utilizadas en el mundo. Esto se debe a que es un recurso energético excepcional, ya que se trata de una energía limpia, baja en carbono, eficiente e innovadora; que ofrece beneficios a los consumidores, la industria y el medio ambiente. Actualmente, es usado en la agricultura para desecación térmica y secado de cultivos, en la automoción como combustible y en uso doméstico.

En el mundo, el consumo y la producción de este recurso ha ido en aumento en los últimos años, teniendo como principales productores Estados Unidos, Arabia Saudita y China. Según la Unidad de Planeación Minero Energética (2017, p. 12) indica que: “La producción a través de shale oil y de shale gas (gas de esquisto), están revolucionado los mercados mundiales de GLP. Estados Unidos, el mayor productor mundial de GLP, en 2015 produjo alrededor de 71 MTON de GLP, del total de 292 MTON producidas en el mundo de este gas combustible. En su orden le siguen China con 29 MTON y Arabia Saudita con una producción aproximada de 25 MTON”.

Se dice que en los próximos años habrá un aumento en la producción de este recurso. Es así que, según la Unidad de Planeación Minero Energética (2017, p.13) afirma que: “La EIA (Agencia Internacional de Energía), pronostica que hacia el año 2020, se alcanzará un nivel de producción promedio de 580 MTON año, lo que representaría mayor volumen de GLP disponible para exportación”. Esto nos indica que, a nivel internacional, la industria de los hidrocarburos, está ascendiendo y tomando un papel importante en la economía mundial.

En el Perú, la importancia del sector de hidrocarburos, siendo uno de ellos el GLP, radica en la relevancia e impacto en los principales indicadores económicos asociados al crecimiento y desarrollo del país. El Gas Licuado de Petróleo es uno de los combustibles más usados en este país y ha traído consigo muchos beneficios para los usuarios. Según, el Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minas del Perú (2015, p. 19) afirma que: “Este combustible es uno de los más consumidos en el país y ha permitido generar ahorros en costos para los usuarios de transporte vehicular, ayudar a combatir el cambio climático, y preservar la calidad ambiental (menores emisiones de gases de efecto invernadero) y ha convertido al Perú en exportador neto de GLP”.

Por otro lado, el GLP en el Perú es obtenido de 3 maneras. Uno es de la refinación del petróleo, el otro es del procesamiento del gas natural y la última es a través de la importación de propano y butano, para realizar después las mezclas correspondientes en las instalaciones importadoras. Asimismo, existen dos tipos de productos que se comercializan en el mercado peruano, uno de ellos es el Gas Licuado de Petróleo para envasado (GLP-E) y el otro es el Gas Licuado de Petróleo a Granel (GLP-G).

La cadena de comercialización de GLP está conformada por los Comercializadores de GLP, consumidores directos, gasocentros, entre otros. Según el Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minas del Perú (2017 ,p. 8) señala que: “En el país existen 5 empresas que califican como Comercializador de GLP (mayorista), 7 561 agentes que son Consumidores Directos, 444 agentes como Distribuidores a Granel, 3 282 agentes como Distribuidor en Cilindros, 1 058 agentes como Estaciones de Servicio con GLP y Gasocentros, 17 agentes inscritos como Importadores de GLP, 6 561 agentes que operan Locales de Venta de GLP, 11 plantas

de Abastecimiento de GLP, 6 Productores de GLP y finalmente 667 agentes que operan Redes de Distribución”. Como se muestra en el siguiente cuadro:

Tabla 1. Relación de Agentes de GLP, por tipo de actividad (a diciembre 2016).

ACTIVIDAD	NUMERO DE AGENTES REGISTRADOS
Comercializador de GLP	5
Consumidores Directos de GLP	7561
Distribuidor de GLP a Granel	444
Distribuidor de GLP en Cilindros	3282
EE.SS con GLP y GNV, Gasocentros de GLP	1058
Importador de GLP	17
Locales de Venta de GLP	6561
Plantas de Abastecimiento GLP	11
Plantas Envasadoras de GLP	110
Productores	6
Redes de Distribución de GLP	667

Fuente: Vásquez et al. (2017) Análisis del mercado de GLP para dos regiones del Perú: Lima y Lambayeque. Perú.

Es por eso, que el sector de hidrocarburos en el Perú es importante para la economía del país, ya que ha generado muchos puestos de empleos y contribuido con el desarrollo del mismo.

La empresa Costa Gas Trujillo S.A.C. es una de las empresas dedicada a la comercialización de GLP-G y GLP-E, que compite en el mercado trujillano de plantas envasadoras de gas. Fue fundada en el año 1979 por el Señor Fernando Vásquez. Actualmente cuenta con plantas en diversas partes del Perú como: Lima, Arequipa, Talara, Tumbes, Chiclayo, Chimbote y Trujillo, siendo esta última la

planta con mayor producción y alcance del resto. Ofrece productos como: balones de 10 kg en sus tres marcas: balón Nazareno, el balón Norgas y el balón Costa Gas, además, ofrece balones de 15 kg y de 45 kg y venta de GLP a granel a diversos grifos, granjas, restaurantes, hoteles, entre otros.

El proceso productivo de los balones de 10 kg empieza con la limpieza de balones. Posterior a ello, el operario de pintado coloca los envases en la mesa giratoria de acuerdo a su color y tamaño; para terminar, coloca el logotipo de la empresa con un color diferente al color de envase. En el proceso de envasado, el operario encargado traslada los balones de la estación de pintado hacia esta estación, coloca en la balanza electrónica los envases para su respectivo tarado, registra el peso en el lomo del envases y los ubican en las respectivas balanzas manuales de precisión de acuerdo a los kilos del envase y se empieza el envasado hasta que se cierre el cabezal automático, se desconecta el llenador. Posterior a ello, el operario encargado de la inspección, verifica si existen posibles fugas o defectos para luego sellar el balón con el precinto y termina el proceso cuando este es apilado en la zona de balones llenos. Actualmente, la Empresa Costa Gas Trujillo S.A.C. posee distintos problemas dentro de sus procesos productivos, específicamente en el envasado de GLP en balones de 10 kg. Al analizar, se encontró que en cuanto a materiales, existe un alto índice de balones defectuosos, por lo que genera insatisfacción por parte del cliente. De igual manera, con respecto a las máquinas, no existe un plan de mantenimiento preventivo, por lo que se incurre en altos costos operativos y pérdidas de tiempo generadas por paradas. Con respecto a métodos, se encontró que no cuentan con una planificación de la producción, siendo este problema el que más pérdidas mensuales genera en la empresa, dado que abarca diversos factores, como son: tiempos muertos en la

producción, demanda insatisfecha, exceso de horas extras, entre otros; así como también, la ausencia de línea balanceada.

A continuación, se detalla las pérdidas mensuales que estos problemas están generando:

Tabla 2. Pérdidas Económicas de los Principales Problemas en el Área de Producción.

	CAUSAS	PÉRDIDAS MENSUALES
MATERIALES	Falta Control de Calidad en balones de GLP de 10 kg	S/ 5 797.575
	Ausencia de Línea Balanceada	S/ 4 664.38
MÁQUINA	Falta de un Plan de Mantenimiento Preventivo	S/ 40 288.53
MÉTODOS	Falta de Planificación de la Producción	S/ 40 410.769
	TOTAL	S/ 91 161.254

Fuente: Elaboración Propia

Todo lo mencionado anteriormente, se concluye en que el problema de la presente investigación se basa en la disminución de los altos costos operativos en la línea de producción de balones de 10 kg con GLP en la Empresa Costa Gas Trujillo S.A.C.

Como antecedentes de la presente investigación tenemos las siguientes tesis, tanto internacionales, nacionales y locales:

En la tesis Del Valle Marvin, Guatemala, en el año 2012, “Gestión de un Programa de Mantenimiento para Plantas de Almacenamiento y envasado de GLP (Gas Licuado de Petróleo) en el Ministerio de Energía y Minas”, tuvo la finalidad de

elaborar el diagnóstico e identificar las deficiencias, ya sean por equipo, personal o procedimientos, que actualmente se tienen en el Ministerio de Energía y Minas (MEM) sobre la falta de supervisión de los programas de mantenimiento de las plantas de almacenamiento y llenado de GLP, debido a las características físicas y químicas de este producto es necesario que cuenten con programas de mantenimiento que les permitan realizar de mejor manera sus actividades así como reducir el riesgo de accidentes en sus instalaciones. Por lo que, empleando las herramientas de ingeniería, lograron gestionar un programa de mantenimiento para plantas de almacenamiento y envasado en el MEM. Teniendo como resultados que, la elaboración de una lista de chequeo permitió a los técnicos e inspectores del MEM tomar decisiones cotidianas con un criterio sistemático orientado a mantener principalmente la seguridad en estas plantas, siendo uno de los pasos importantes para el proyecto, dando paso a dictámenes que autoricen las operaciones y el libre desempeño de las plantas de GLP; así como también, la mejora constante de la capacitación profesional del personal mediante planes de formación anuales por parte de las empresas comercializadoras y el mejoramiento continuo son herramientas que permiten renovar los procesos administrativos, permiten que las organizaciones sean más eficientes y competitivas, fortalezas que le ayudarán a sobresalir en el mercado.

En la tesis Balón Isabel, La Libertad – Ecuador, en el año 2015, “Estudio técnico para mejorar el proceso de reparación de cilindros de GLP y elevar la producción en la empresa envasadora de GLP Gas Guayas ubicada en El Cantón Santa Elena provincia de Santa Elena”, se realizó el estudio con el objetivo de disminuir tiempos para aumentar la producción y las áreas de trabajos, por ende se estudió la situación actual de la empresa por medio de los diferentes diagramas; de proceso, flujo del

proceso y diagrama de recorrido, dando como resultado una baja producción debido a una mala organización, generando pérdida de tiempo, recurso e inseguridad de los obreros en sus actividades diarias. Se obtuvo los tiempos de reparación de un cilindro de GLP, analizando la situación actual, se procedió a la propuesta en base a un estudio técnico en el proceso de producción consiguiendo que los procesos de reparación se lleven de una manera óptima y económica, facilitando el proceso de producción, mediante capacitaciones, programas de actividades diarias y sobre todo el control de la producción, este presente proyecto tiene como finalidad obtener un buen ambiente de trabajo, mayor seguridad, mayor productividad y por ende mayor rentabilidad para la empresa. Lo cual tiene como resultados, en el aspecto económico, que el proceso de reparación de cilindro tiene una ventaja económica, puesto que en el método actual, se trabajan 615 cilindros/día con un costo unitario de S/ 1.90, mientras que en el método propuesto, se mejora el proceso de reparación de cilindros, mejorando este trabajo y pasando de 615 cilindros/día a S/ 1,230, lo que implica una disminución del costo unitario, siendo este \$ 1,50, con una ventaja unitaria de \$ 0,40 y en el global de \$9840, lo que permitió recuperar la inversión inicial en 1.3 meses.

En la tesis Ortega Ricardo y Vilchez Mylena, Cajamarca, en el año 2012, “Propuesta de mejora en la línea de envasado de balones de GLP para incrementar la productividad de la empresa envasadora Caxamarca Gas S.A.”, el estudio se inició recabando información mediante entrevistas y filmaciones durante las visitas a la planta, luego fueron analizadas, procesadas y contrastadas a fin de plantear mejoras, dando como resultado un incremento en la producción y en los índices de productividad. Por lo que, tuvo como objetivo evaluar la viabilidad técnica y económica de la propuesta de mejora de la línea de envasado de balones de GLP para incrementar la productividad en la empresa Caxamarca Gas S.A., así como

determinar los tiempos en las estaciones del proceso de envasado de balones de GLP, mejorar los métodos de trabajo en el proceso de envasado de balones de GLP, eliminar desperdicios en el proceso de envasado de balones de GLP, optimizar el uso de recursos en el proceso de envasado de balones de GLP y estimar el costo beneficio de las propuestas de mejora a partir del estudio realizado. De manera que, Se logró demostrar que es posible lograr una adecuada administración de los recursos mediante procesos y procedimientos eficientes, todos los indicadores de eficiencia de línea mejoraron con las propuestas planteadas. El ciclo disminuyó en 27%, la producción aumentó en 38%, la productividad aumentó en 38%, la eficiencia económica aumentó en 13%, la eficiencia de la línea mejoró en 3.04% y el tiempo ocioso disminuyó en 36%. Además, mediante el análisis costo beneficio se logró determinar que la implementación de las mejoras propuestas es viable ya que haciendo una proyección a 5 años se ha obtenido un VAN > 0, una TIR > que la tasa COK y un IR de 112.25 soles por cada sol invertido.

En la tesis Pacherras Leedy y Plácido Junior, Trujillo – La Libertad, en el año 2017, “Sistema de gestión de inventarios para reducir los costos de inventario en la empresa Costa Gas Trujillo S.A.C.”, su estudio comenzó con la recopilación de los datos históricos de la demanda, con esa información se llevó a cabo el análisis de la clasificación ABC para determinar la participación de cada producto en los ingresos de la empresa durante el año 2016, posteriormente con los datos históricos de la demanda de los años 2015-2016 se hicieron pronósticos para determinar la demanda del año 2017 como: promedio móvil, suavización exponencial, suavización exponencial con tendencia, suavización exponencial con tendencia y estacionalidad; para elegir el pronóstico con el menor error, obteniendo como pronóstico la suavización exponencial con tendencia y estacionalidad por ser el que más se ajusta

a la demanda de la empresa. Es así que, teniendo este estudio la finalidad de proponer un sistema de gestión de inventarios que permita reducir los costos de mantenimiento del inventario, se propuso a la empresa Costa Gas seguir dicha gestión de inventarios, lo que trajo como resultados que se demostró que los costos de inventarios con el modelo propuesto disminuyeron en un total de S/ 1'968,893.72 equivalentes al 58.22% con respecto al modelo de gestión que actualmente aplica la empresa. Además, se demostró que los productos con mayor demanda fueron: a granel (kg) y balón de 10kg representando el valor de 79.28%. Con respecto al lote económico a comprar (EOQ), se determinó para los 5 tipos de productos: a granel (kg) 455,447, balón 10kg 20,949, balón 45kg 2,899, balón 15kg 2,516 y balón 5kg 299 unidades. El punto de reorden (ROP) en unidades para los 5 tipos de productos fue de: a granel (kg) 58,036, balón 10kg 2,554, balón 45kg 356, balón 15kg 311 y balón 5kg. 38. En cuanto al stock de seguridad (SS) en unidades, se determinó que fueron: a granel (kg) 235, balón 10kg 50, balón 45kg 19, balón 15kg 18 y balón 5kg 6.

En cuanto a las bases teóricas, para mejorar la productividad, usaremos las siguientes herramientas:

Ciclo de la Calidad

Proceso de cuatro etapas para desarrollar proyectos de mejora; consiste en planear, hacer, verificar y actuar (PHVA). (Gutiérrez & De la Vara, 2009).

Una forma de llevar a la práctica el ciclo PHVA, es dividir a éste en ocho pasos o actividades para su solución, como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 3. Ocho Pasos en la Solución de un Problema.

ETAPA	PASO	NOMBRE Y BREVE DESCRIPCION DEL PASO
Planear	1	Seleccionar y caracterizar un problema: elegir un problema realmente importante, delimitarlo y describirlo, estudiar antecedente e importancia, y cuantificar su magnitud actual.
	2	Buscar todas las posibles causas: Lluvia de ideas, diagrama de Ishikawa. Participan los involucrados.
	3	Investigar cuáles de las causas son más importantes: recurrir a datos, análisis y conocimiento del problema
	4	Elaborar un plan de medidas enfocado a remediar las causas más importantes: para cada acción, detallar en qué consiste, su objetivo y cómo implementarla; responsables, fechas y costos.
Hacer	5	Ejecutar las medidas remedio: seguir el plan y empezar a pequeña escala.
Verificar	6	Revisar los resultados obtenidos: comparar el problema antes y después.
Actuar	7	Prevenir la recurrencia: si las acciones dieron resultado, éstas deben generalizarse y estandarizar su aplicación. Establecer medidas para evitar recurrencia.
	8	Conclusión y evaluación de lo hecho: evaluar todo lo hecho anteriormente y documentarlo.

Fuente: Gutiérrez, H. & De la Vara, R. (2009) Control Estadístico de la Calidad y Seis Sigma. México.

Mc Graw Hi.

Estos pasos son descritos con más detalle a continuación:

Seleccionar y caracterizar el problema.

En este primer paso se selecciona un problema importante, se delimita y se define en términos de su magnitud e importancia. Para establecer la magnitud es necesario recurrir a datos estadísticos para que sea clara la frecuencia en la que ocurre el problema. Además, es necesario conocer cómo afecta al cliente (interno o externo) y el costo anual estimado de dicho problema. Con base en lo anterior se establece el objetivo del proyecto de mejora y se forma el equipo de personas que abordará dicho problema. (Gutiérrez & De la Vara, 2009).

Buscar todas las posibles causas.

En esta etapa se trata de buscar todas las posibles causas del problema, sin discutir las. Para ello se recomienda aplicar una sesión de “lluvia de ideas”, con especial atención en los hechos generales y no en los particulares (por ejemplo, si el problema es lotes rechazados por mala calidad, no preguntar por qué se rechazó un lote en particular; mejor preguntar por qué se rechazan los lotes). (Gutiérrez & De la Vara, 2009).

Investigar las causas más importantes.

El objetivo de este tercer paso es elegir de la lista de posibles causas detectadas en el punto anterior, las más importantes. Siempre que sea posible, para esta elección se debe recurrir a análisis estadísticos (análisis de Pareto, estratificación, etc.). De lo contrario la elección de las causas más importantes se puede hacer por consenso o por votación. Al final de esta actividad se deberán tener las causas sobre las que se actuará para resolver el problema. (Gutiérrez & De la Vara, 2009).

Considerar las medidas remedio.

En este paso se deciden las medidas remedio para cada una de las causas sobre las que se ha decidido actuar. Se recomienda buscar que estas medidas lleguen al fondo

de la causa, que modifiquen la estructura de la problemática; es decir, no adoptar medidas superficiales que dejen intactas las causas. Para acordar las soluciones para cada causa, se parte de los análisis hechos en el paso previo y/o de una sesión de lluvia de ideas. Para cada causa se debe completar la siguiente información sobre las soluciones: objetivo, dónde se aplicará, quién, cómo (plan detallado), cuánto costará, cuándo se implantará, cómo se va a verificar si fue efectiva y efectos secundarios esperados. (Gutiérrez & De la Vara, 2009).

Implementar las medidas remedio.

En este paso se deben ejecutar las medidas remedio, acordadas antes, iniciando a pequeña escala sobre una base de ensayo. Además, se recomienda seguir al pie de la letra el plan elaborado en el paso anterior e involucrar a los afectados, explicándoles los objetivos que se persiguen. Si hay necesidad de hacer algún cambio al plan previsto, esto debe ser acordado por el equipo responsable del proyecto. (Gutiérrez & De la Vara, 2009).

Revisar los resultados obtenidos.

Aquí, es necesario verificar con datos estadísticos si las medidas remedio dieron resultado. Una forma práctica es comparar estadísticamente la magnitud del problema antes con su magnitud después de las medidas. En caso de encontrar resultados positivos, éstos deben cuantificarse en términos monetarios (si esto es posible). (Gutiérrez & De la Vara, 2009).

Prevenir recurrencia del mismo problema.

Si las soluciones no dieron resultado se debe repasar todo lo hecho, aprender de ello, reflexionar, obtener conclusiones y con base en esto empezar de nuevo. En cambio, si las soluciones dieron resultado, entonces se debe generalizar y estandarizar la aplicación de las medidas remedio; y acordar acciones para prevenir la recurrencia

del problema. Por ejemplo, estandarizar la nueva forma de operar el proceso, documentar el procedimiento y establecer el sistema de control o monitoreo del proceso. (Gutiérrez & De la Vara, 2009).

Conclusión.

En este último paso se revisa y documenta todo lo hecho, cuantificando los logros del proyecto (medibles y no medibles). Además se señalan las causas y/o problemas que persisten y señalar algunas indicaciones de lo que puede hacerse para resolverlos. Finalmente, elaborar una lista de los beneficios indirectos e intangibles que se logró con el plan de mejora. (Gutiérrez & De la Vara, 2009).

Herramientas Básicas para Ciclo de la Calidad

Diagrama de Pareto.

Es un gráfico especial de barras cuyo campo de análisis o aplicación son los datos categóricos, y tiene como objetivo ayudar a localizar el o los problemas vitales, así como sus principales causas. (Gutiérrez & De la Vara, 2009).

Hoja de Verificación.

La hoja de verificación es un formato construido para coleccionar datos, de forma que su registro sea sencillo, sistemático y que sea fácil analizarlos. Una buena hoja de verificación debe reunir la característica de que, visualmente, permita hacer un primer análisis para apreciar las principales características de la información buscada. (Gutiérrez & De la Vara, 2009).

Lluvia de Ideas.

Las sesiones de lluvia o tormenta de ideas son una forma de pensamiento creativo encaminada a que todos los miembros de un grupo participen libremente y aporten ideas sobre determinado tema o problema. Esta técnica es de gran utilidad para el trabajo en equipo, ya que permite la reflexión y el

diálogo con respecto a un problema y en términos de igualdad. (Gutiérrez & De la Vara, 2009).

Diagrama de Ishikawa.

El diagrama de causa-efecto o de Ishikawa es un método gráfico que relaciona un problema o efecto con los factores o causas que posiblemente lo generan. La importancia de este diagrama radica en que obliga a buscar las diferentes causas que afectan el problema bajo análisis y, de esta forma, se evita el error de buscar de manera directa las soluciones sin cuestionar cuáles son las verdaderas causas. (Gutiérrez & De la Vara, 2009).

Cartas de Control.

El objetivo básico de una carta de control es observar y analizar el comportamiento de un proceso a través del tiempo. Así, es posible distinguir entre variaciones por causas comunes y especiales (atribuibles), lo que ayudará a caracterizar el funcionamiento del proceso y decidir las mejores acciones de control y de mejora. (Gutiérrez & De la Vara, 2009).

Indicadores para el Control de Calidad

Índice Cp.

El índice de capacidad potencial del proceso, Cp, se define de la siguiente manera:

Ecuación 1: Índice Cp

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

Donde σ representa la desviación estándar del proceso, mientras que ES y EI son las especificaciones superior e inferior para la característica de calidad. (Gutiérrez & De la Vara, 2009).

Índice Cpk.

Indica la capacidad real de un proceso que se puede ver como un ajuste del índice Cp para tomar en cuenta el centrado del proceso. (Gutiérrez & De la Vara, 2009).

Ecuación 2: Índice Cpk

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

RCM (Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad)

Mantenimiento Centrado en la garantía de funcionamiento es un proceso usado para determinar que debe hacerse para asegurar que todo bien físico continúe funcionando como sus usuarios lo desean en el presente contexto operativo. (García, 2001)

La metodología en la que se basa RCM supone ir completando una serie de fases para cada uno de los sistemas que componen la planta, a saber:

Fase 0: Codificación y listado de todos los subsistemas. Equipos y elementos que componen el sistema que se está estudiando. Recopilación de esquemas, diagramas funcionales, diagramas lógicos, etc. (García, 2001).

Fase 1: Estudio detallado del funcionamiento del sistema. Listado de funciones del sistema en su conjunto. Listado de funciones de cada subsistema y de cada equipo significativo integrado en cada subsistema. (García, 2001).

Fase 2: Determinación de los fallos funcionales y fallos técnicos. (García, 2001).

Fase 3: Determinación de los modos de fallo o causas de cada uno de los fallos encontrados en la fase anterior. (García, 2001).

Fase 4: Estudio de las consecuencias de cada modo de fallo. Clasificación de los fallos en críticos, importantes o tolerables en función de esas consecuencias. (García, 2001)

Fase 5: Determinación de medidas preventivas que eviten o atenúen los efectos de los fallos. (García, 2001).

Fase 6: Agrupación de las medidas preventivas en sus diferentes categorías.

Elaboración del Plan de Mantenimiento, lista de mejoras, planes de formación y procedimientos de operación y de mantenimiento. (García, 2001).

Fase 7: Puesta en marcha de las medidas preventivas. (García, 2001).

Herramientas en Mantenimiento

Árbol de Sistema y Sub-Sistema

Si queremos elaborar una lista de equipos realmente útil, debemos expresar esta lista en forma de estructura arbórea, en la que se indiquen las relaciones de dependencia de cada uno de los ítems con los restantes. (García, 2001).

Check List

Para que el sistema cumpla su función cada uno de los subsistemas en que se subdivide deben cumplir la suya. Para ello, será necesario listar también las funciones de cada uno de los subsistemas. (García, 2001).

Plan de Mantenimiento Preventivo

El plan de mantenimiento lo componen el conjunto de tareas de mantenimiento resultante del análisis de fallos. Puede verse que aunque era el objetivo inicial de este análisis, no es el único resultado útil. (García, 2001).

Indicadores en Mantenimiento

Disponibilidad

Es uno de los indicadores más importantes de la planta. Es el cociente de dividir el nº de horas que un equipo ha estado disponible para producir y el nº de horas totales de un periodo. (García, 2001).

Confiabilidad

Es el mismo índice anterior pero teniendo en cuenta tan solo las paradas por averías, las intervenciones no programadas. (García, 2001).

MTBF (Tiempo entre fallas)

Nos permite conocer la frecuencia con que suceden las averías. (García, 2001).

MTTR (Tiempo por falla)

Nos permite conocer la importancia de las averías que se producen en un equipo considerando el tiempo medio hasta su solución. (García, 2001).

VSM (VALUE STREAM MAPPING) Y MRP (MATERIAL REQUERIMENTS PLANNING)

Balance de Línea

Consiste en asignar todas las tareas a una serie de estaciones de trabajo de modo que cada una de ellas no tenga más de lo que se puede hacer en el tiempo del ciclo de la estación de trabajo y que el tiempo no asignado (es decir, inactivo) de todas las estaciones de trabajo sea mínimo. (Chase, Jacobs & Aquilano, 2009).

VSM

Diagramar los pasos del proceso en toda la cadena de suministro mediante la identificación de aquellos que agregan valor y la eliminación de aquellos que aumentan el desperdicio. (Chase, Jacobs & Aquilano, 2009).

MRP

La causa es que MRP es un método lógico y fácil de entender para abordar el problema de determinar el número de piezas, componentes y materiales necesarios para producir cada pieza final. MRP también proporciona un programa para especificar cuándo hay

que producir o pedir estos materiales, piezas y componentes. (Chase, Jacobs & Aquilano, 2009).

Herramientas de VSM y MRP

Diagrama de Análisis de Procesos

El análisis del proceso permite contestar algunas preguntas importantes, como ¿cuántos clientes pueden manejar el proceso por hora? ¿Cuánto tiempo tomará servir a un cliente? ¿Qué cambio necesita el proceso para expandir la capacidad? ¿Cuánto cuesta el proceso? (Chase, Jacobs & Aquilano, 2009).

Pronósticos

Los pronósticos son vitales para toda organización de negocios, así como para cualquier decisión importante de la gerencia. El pronóstico es la base de la planeación corporativa a largo plazo. En las áreas funcionales de finanzas y contabilidad, los pronósticos proporcionan el fundamento para la planeación de presupuestos y el control de costos. (Chase, Jacobs & Aquilano, 2009).

Plan Agregado de la Producción

Que convierte los planes de negocios anuales y trimestrales en extensos planes sobre la fuerza de trabajo y la producción para un plazo inmediato (de 3 a 18 meses). El objetivo del plan agregado de operaciones es minimizar el costo de los recursos necesarios para cubrir la demanda durante un periodo. (Chase, Jacobs & Aquilano, 2009).

Plan Maestro de la Producción

En general, el programa maestro se ocupa de piezas finales y es un insumo importante del proceso de MRP. Pero si la pieza final es grande o cara, el programa podría organizar ensambles o componentes parciales. (Chase, Jacobs & Aquilano, 2009).

Indicadores de VSM y MRP

Ecuación 3: *Tiempo de Ciclo (C)*

$$C = \frac{\text{Tiempo de Produccion por Dia}}{\text{Producto Requerido por Dia}}$$

Ecuación 4: *Eficiencia*

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{Suma de los Tiempos de las Tareas}}{\text{Numero real de Estaciones de Trabajo} * \text{Tiempo de Ciclo}}$$

Ecuación 5: *Tiempo de Operación*

$$\text{Tiempo de Operacion} = \text{Tiempo de Preparacion} + \text{Tiempo de Corrida}$$

Ecuación 6: *Productividad*

$$\text{Productividad} = \frac{\text{Productos}}{\text{Insumos}}$$

1.2. Formulación del problema

¿Cuál es el impacto de la propuesta de mejora en la línea de producción de balones de 10 kilogramos con GLP sobre los costos operativos de la empresa Costa Gas Trujillo S.A.C.?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Determinar el impacto de la propuesta de mejora en la línea de producción de balones de 10 kilogramos con GLP sobre los costos operativos de la empresa Costa Gas Trujillo S.A.C.

1.3.2. Objetivos específicos

- Diagnosticar la situación actual de la Empresa Costa Gas Trujillo S.A.C. para identificar los problemas y las causas principales que están interviniendo en los costos operativos.
- Desarrollar la Propuesta de Mejora en la Línea de Producción de Balones de 10 Kilogramos con GLP en la Empresa Costa Gas Trujillo S.A.C.
- Determinar la Variación de los Costos Operativos, en la Empresa Costa Gas Trujillo S.A.C.
- Analizar la factibilidad económica – financiera de la propuesta de mejora en la línea de Producción de Balones de 10 Kilogramos con GLP en la Empresa Costa Gas Trujillo S.A.C.

1.4. Hipótesis

La Propuesta de Mejora en la Línea de Producción de Balones de 10 Kilogramos con GLP reduce los costos operativos de la Empresa Costa Gas Trujillo S.A.C.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1. Tipo de investigación.

2.1.1. **Por la orientación:** Aplicada

2.1.2. **Por el diseño:** Diagnostica y Propositiva

2.2. Población y muestra.

Población:

Planta Envasadora Costa Gas Trujillo S.A.C.

Muestra:

Área de Producción de la planta envasadora Costa Gas Trujillo S.A.C.

2.3. Materiales, Instrumentos y Métodos.

2.3.1. Materiales

Tabla 4. Equipos, Materiales y Servicios.

Equipos	Materiales	Servicios
01 Laptop	Hojas Bond	Internet
01 Grabadora	Folders	Luz
01 Filmadora	Lapiceros	Fotocopia
01 escritorio	Resaltador	Transporte
01 silla	Libros	Alimentación

Fuente: Elaboración Propia

2.3.2. Instrumentos

Para recolectar los datos que nos servirán en esta investigación se empleará la técnica de análisis documental, que consiste en recopilar todos los documentos que nos puedan brindar información sobre los hechos o sucesos que se han dado en el pasado, en nuestra investigación se pedirán documentos virtuales y físicos sobre los gastos de la

empresa y ubicaremos aquellos que tenga que ver con los costos en el área de Producción. Al respecto Carrasco (2005,p.32) menciona que: “Se puede decir que la recopilación documental es un instrumento o técnica de la investigación social, cuya finalidad es obtener datos e información a partir de documentos escritos y no escritos, susceptibles de ser utilizados dentro de los propósitos de una investigación en concreto”. Como instrumento usaremos la lectura analítica, la cual consiste en leer un texto de forma pausada, reflexiva y minuciosa con el propósito de captar el mensaje contenido en los párrafos que se lee. También, se utilizara la técnica de la observación y como instrumentos para la recolección de datos se utilizarán la guía de observación y la lista de cotejo. Esta técnica con su respectivo instrumento se realizará en el área de Producción donde se observaran todo el proceso productivo de envasado de un balón de 10 kilogramos y se irán tomando datos sobre las fallas más recurrentes y la cantidad de fallos en un determinado lapso de tiempo. Al respecto, Behar (2008) menciona que: “La observación consiste en el registro sistemático, válido y confiable del comportamiento o conducta manifiesta” (p. 68). Además, Blanco (2015) señala que: “una guía de observación es un instrumento que señala paso a paso el desarrollo de una acción o de un proceso específico” (p.61). Por otro lado, utilizaremos la entrevista cualitativa que será realizada al ingeniero de planta, como instrumento para la recolección de datos se utilizará una guía de entrevista. Al respecto Heinemann (2003) menciona que: “La entrevista cualitativa es una entrevista individual, cara a cara, no estandarizada. Las preguntas, las indicaciones para las respuestas y el orden de las cuestiones no se encuentran fijados en un cuestionario” (p. 125). Asimismo, León (2005) afirma que: “La guía para la entrevista es una herramienta que permite realizar un trabajo reflexivo para la organización de los temas posibles que se abordarán en la entrevista. (...) Esta herramienta es de gran utilidad para la realización

de entrevistas cualitativas, que son flexibles y dinámicas” (p.180). Con la entrevista cualitativa plantearemos preguntas y las realizaremos en el transcurso de la conversación. Así se nos será más fácil ahondar en algunas opiniones que tenga el entrevistado. Por ende, como ya lo hemos mencionado, para el presente estudio se utilizará, como técnica de recolección de datos la entrevista, pero para poder realizarla vamos utilizar la guía de entrevista como instrumento de recolección de datos. Finalmente, usaremos la encuesta la cual será aplicada a los trabajadores de las áreas involucradas, de esta manera será más fácil identificar los problemas y las causas-raíces de los sobrecostos en la Empresa Costa Gas Trujillo S.A.C.

2.3.3. Métodos

Para realizar el diagnóstico de la empresa se hace de muchas herramientas las cuales nos ayudan a determinar las causas-raíces del problema de sobrecostos en la Empresa Costa Gas Trujillo S.A.C., para ello se utilizó las siguientes herramientas:

Mapa de Procesos

Que es una herramienta poco utilizada en las empresas, pero de gran utilidad, ya que nos da una visión global del negocio. (Pardo, J.2012, p. 11) El mapa de procesos, además de ofrecer una visión global de los procesos de la organización, tiene otras utilidades que en muchas ocasiones son desconocidas o infrautilizadas, lo cual hace que quede convertido en una simple representación de procesos, a veces ni siquiera bien resuelta. Se tiene porque es necesario o recomendable tenerlo, pero ahí termina todo. Por ello, es necesario que la empresa tenga un mapa de procesos y sobre todo que los miembros de la misma lo conozcan.

Diagrama de Pareto

Que nos permite visualizar de manera gráfica cuales son las causas- raíces y de esta manera enfocarnos en las más importante. (Galgano, A. 1995, p.125) El diagrama de

Pareto responde plenamente a estas exigencias: es muy útil para aprender a concentrar los esfuerzos en los aspectos más importantes y rentables del problema analizado, es decir, en los aspectos que ocupan las partes más elevadas del propio diagrama.

2.4. Procedimiento

2.4.1. Diagnóstico de la Realidad de la Empresa

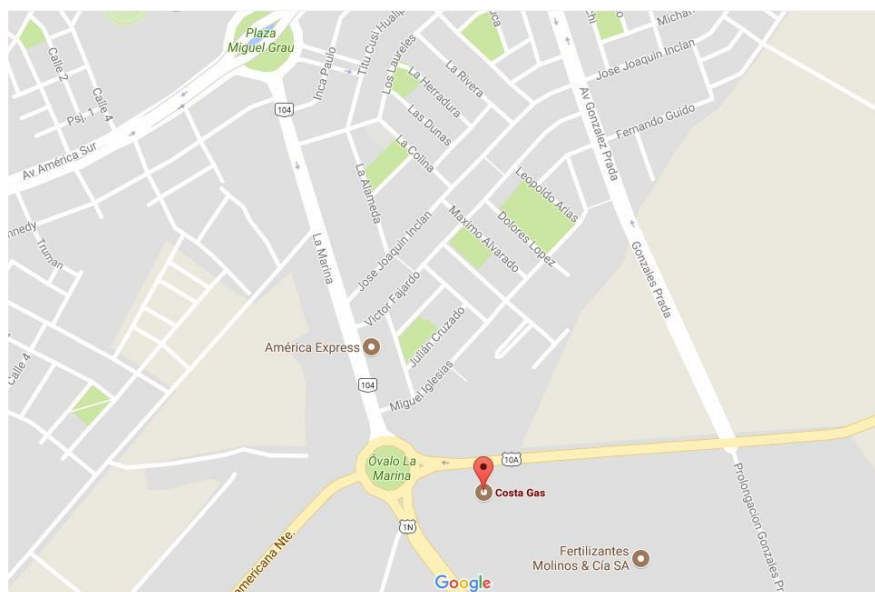
2.4.1.1. Datos de la Empresa

Tabla 5. Datos de la Empresa Costa Gas Trujillo S.A.C.

DATOS DE LA EMPRESA	
Razón Social	Costa Gas Trujillo S.A.C.
RUC	20539718810
Tipo de Empresa	Sociedad Anónima Cerrada
CIU	51906
Dirección	Km. 1-C Carretera a Laredo (40 Metros Ovalo la Marina Portón Verde)

Fuente: Elaboración Propia

Figura 1. Ubicación de Costa Gas Trujillo S.A.C.



Fuente: Google Maps.

Figura 2. Fachada de Costa Gas Trujillo S.A.C.



Fuente: La Empresa

Reseña Histórica

Fundada en la ciudad de Trujillo desde 1979, COSTAGAS brinda a sus clientes productos de alta calidad garantizada. De esta forma ha logrado consolidarse en el sector empresarial, competitivo y comprometido con el desarrollo del país.

Desde sus inicios la empresa trabaja bajo normas de calidad y seguridad para toda la actividad relacionada con el Gas Licuado de Petróleo (GLP); teniendo como objetivo la excelencia en su servicio.

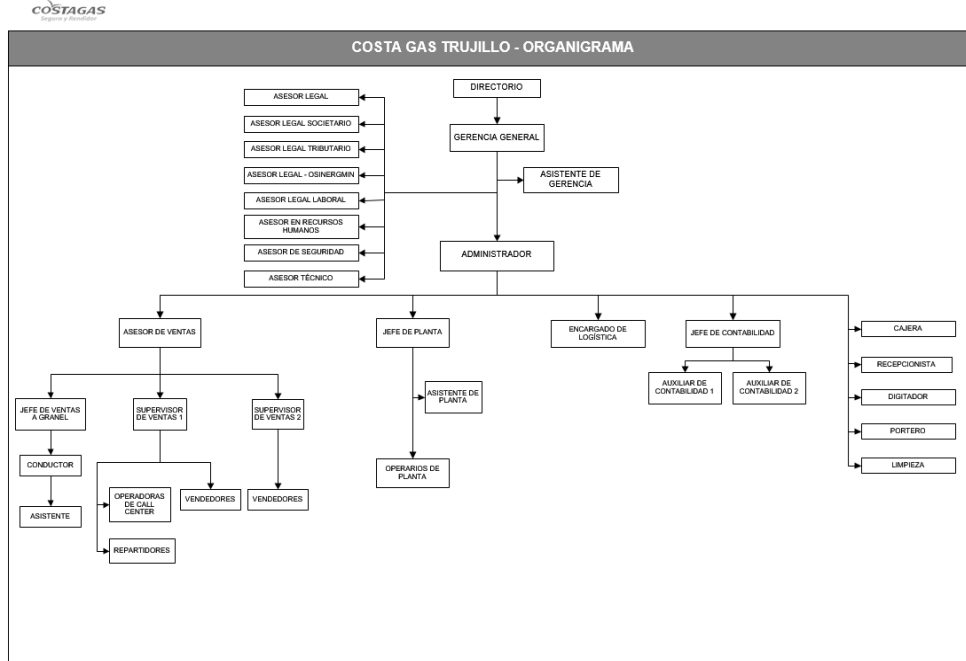
- **Misión**

Satisfacer las necesidades de los hogares y negocios consumidores de GLP, brindando productos de calidad y servicio de excelencia. Contamos con personal calificado y enfocado a atenderlo con rapidez, seguridad y confianza.

- **Visión**

Ser la empresa líder del rubro GLP, posicionándonos como la empresa más competitiva y reconocida por su excelente servicio y diferenciándonos con la mejor atención al cliente a nivel nacional.

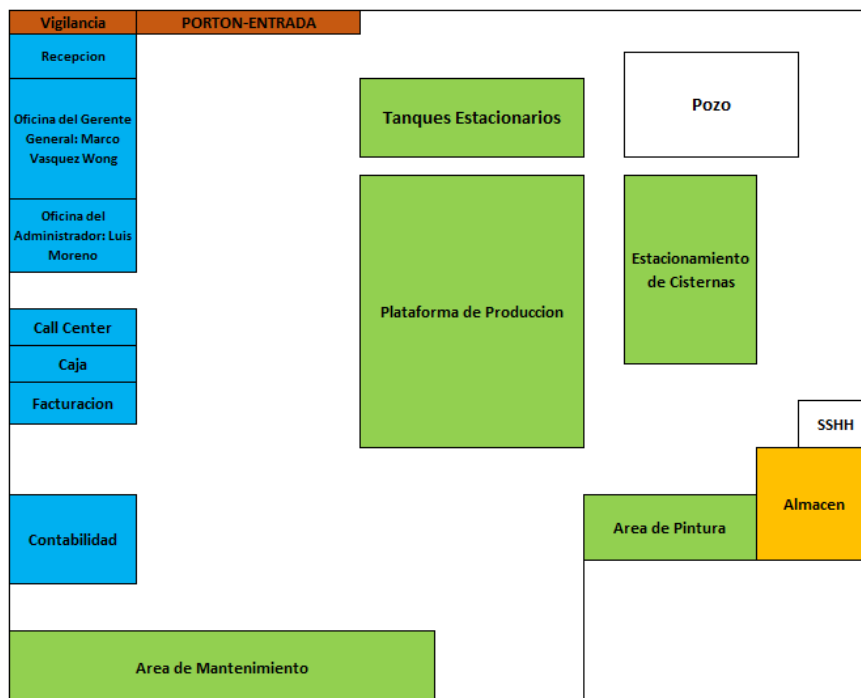
Figura 3. Organigrama de Costa Gas Trujillo S.A.C.



Fuente: La Empresa

Layout de la Planta

Figura 4. Layout de Costa Gas Trujillo S.A.C.



Fuente: La Empresa

Tabla 6. Leyenda de Layout de Planta

LEYENDA	
Producción	
Oficinas Administrativas	
Logística	

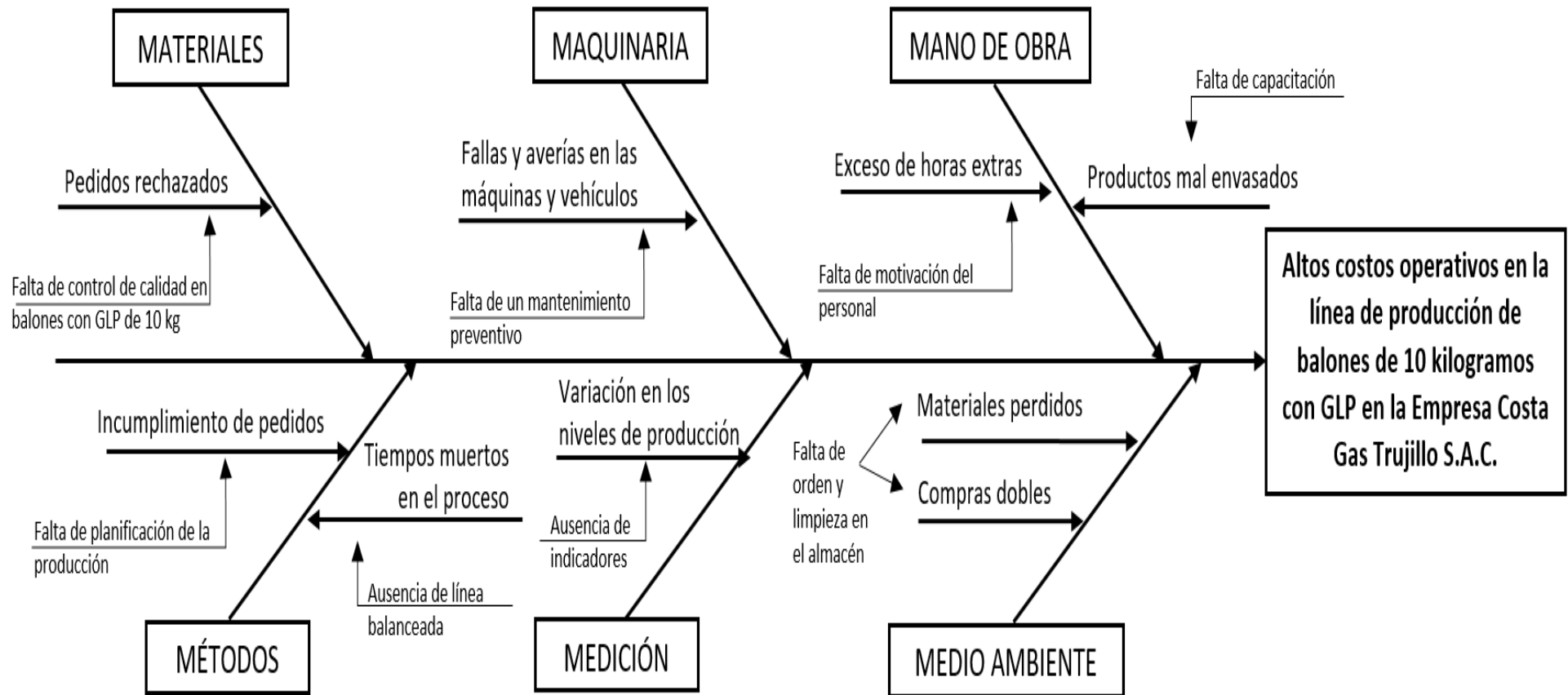
Fuente: Elaboración Propia

2.4.1.2. Identificación de Problemas y Causas Raíces

Diagrama de Ishikawa

A continuación se muestra el diagrama de Ishikawa de la empresa Costa Gas Trujillo S.A.C.:

Figura 5. Diagrama de Ishikawa de la empresa de Costa Gas Trujillo S.A.C.



Fuente: Elaboración Propia

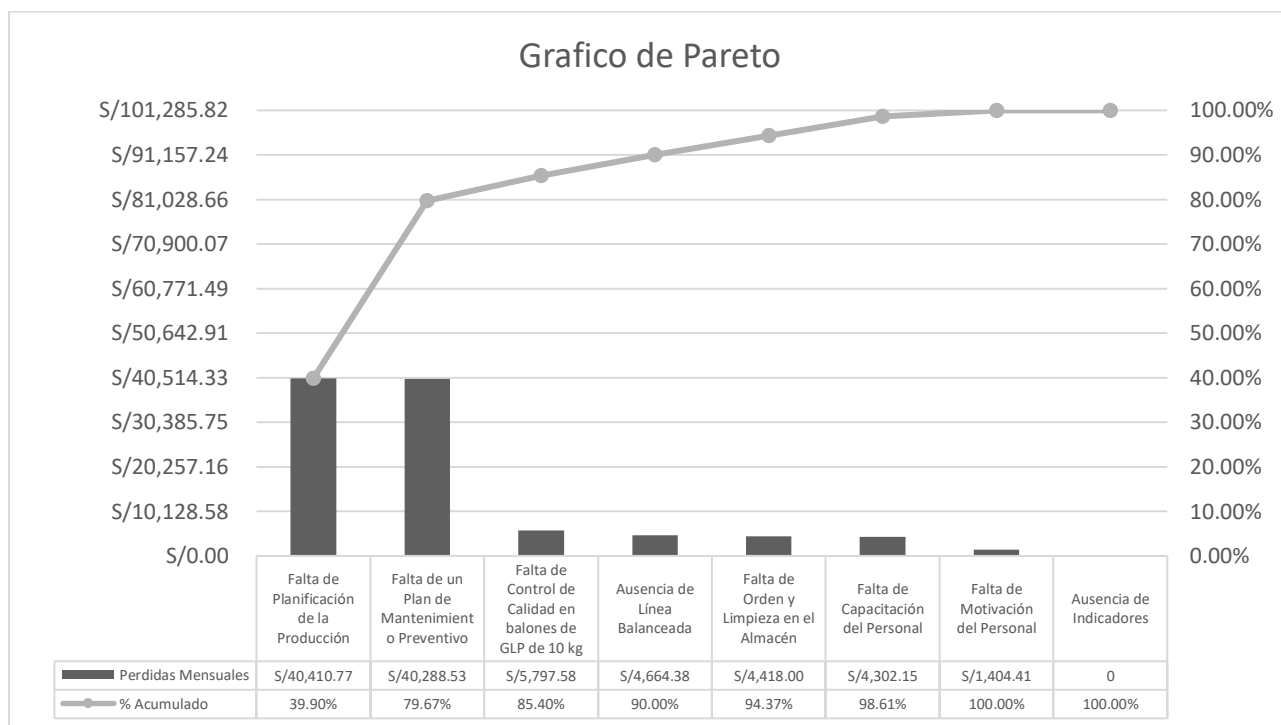
Priorización de Causas Raíces

Tabla 7. Priorización de Causas Raíces.

Causas	Pérdidas Mensuales	Porcentaje	Frecuencia Acumulada	% Acumulado
Falta de Planificación de la Producción	S/40,410.77	39.90%	S/40,410.77	39.90%
Falta de un Plan de Mantenimiento Preventivo	S/40,288.53	39.78%	S/80,699.30	79.67%
Falta de control de calidad en balones de GLP de 10 kg	S/5,797.58	5.72%	S/86,496.87	85.40%
Ausencia de Línea Balanceada	S/4,664.38	4.61%	S/91,161.25	90.00%
Falta de Orden y Limpieza en el Almacén	S/4,418.00	4.36%	S/95,579.25	94.37%
Falta de Capacitación del Personal	S/4,302.15	4.25%	S/99,881.41	98.61%
Falta de Motivación del Personal	S/1,404.41	1.39%	S/101,285.82	100.00%
Ausencia de Indicadores	-	0.00%	S/101,285.82	100.00%
	S/101,285.82			

Fuente: Elaboración Propia

Figura 6. Diagrama de Pareto de la empresa de Costa Gas Trujillo S.A.C.



Fuente: Elaboración Propia

Estimación de Perdidas

Para la propuesta de mejora, se han seleccionado las causas raíces que generan las pérdidas más significativas en la empresa, las cuales se muestran en la Tabla 8. De igual manera, se evaluó las metodologías que tendrían alto impacto en la empresa, por lo que se escogieron las siguientes:

CR1: *Falta de control calidad en balones de GLP de 10 kg.* Para lo cual, se utilizó la Metodología de Ciclo de Deming de los libros: Gutiérrez, H., & De la Vara, R. (2009). Control estadístico de calidad y seis sigmas. (2° Edición). McGraw-Hill y Gutiérrez, H. (2010). Calidad Total y Productividad. (3° Edición) Mc Graw-Hill.

CR2: *Falta de un Plan de Mantenimiento Preventivo.* Para lo cual, se utilizó la Metodología de RCM (Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad) del libro: García S. (2001). Organización y gestión del mantenimiento de instalaciones.

CR5: *Falta de Planificación de la Producción.* Para lo cual, se utilizó la Metodología de VSM y MRP del libro: Lean Manufacturing. Chase, R., Jacobs, R., y Aquilano, N. (2009). Administración de operaciones. México: McGraw-Hill/Interamericana.

CR6: *Ausencia de Línea Balanceada.* Para lo cual, se utilizó la Metodología de VSM y MRP del libro: Lean Manufacturing. Chase, R., Jacobs, R., y Aquilano, N. (2009). Administración de operaciones. México: McGraw-Hill/Interamericana.

Tabla 8. Perdas Económicas de las Causas Raíces.

CAUSAS			PÉRDIDAS MENSUALES
MATERIALES	CR1	Falta de control de calidad en balones de GLP de 10 kg	S/. 5,797.58
MÁQUINA	CR2	Falta de un Plan de Mantenimiento Preventivo	S/. 40,288.53
MÉTODOS	CR5	Falta de Planificación de la Producción	S/. 40,410.77
	CR6	Ausencia de Línea Balanceada	S/. 4,664.38
TOTAL			S/ 91,161.25

Fuente: Elaboración Propia

2.4.1.3.Desarrollo

Para poder desarrollar las metodologías de solución, primero se realizó el balance de línea actual para identificar el tiempo de ciclo actual, la eficiencia de línea actual y el tiempo ocioso actual, tomando como referencia el estudio de tiempos realizado en el área de producción, teniendo como estaciones de trabajo principales: 1. Limpieza, 2. Pintado, 3. Envasado y 4. Inspección y Sellado, teniendo un 51.23% de participación el área de envasado.

Tabla 9. Principales datos de la estaciones de trabajo de producción de la empresa Costa Gas.

Estación	Tiempo en seg.	Tiempo en hrs.	% Participación	N° operarios	Máquinas	Balones que salen	Productividad balones/oper.	Productividad balones/máquina	Velocidad prod balones/hr
1	655247.60	182.01	18.63%	2	1	50500	25250	50500	278
2	727043.25	201.96	20.67%	3	1	46460	15487	46460	231
3	1802337.29	500.65	51.23%	3	10	19745	6582	1975	40
4	333399.02	92.61	9.48%	2	0	13348	6674	13348	145
		977.23		10					

Fuente: Elaboración Propia

Se observa que la capacidad de planta actual es de 40 balones por hora por balanza. De igual manera, de los datos mostrados en la Tabla 9, se obtuvo la siguiente información:

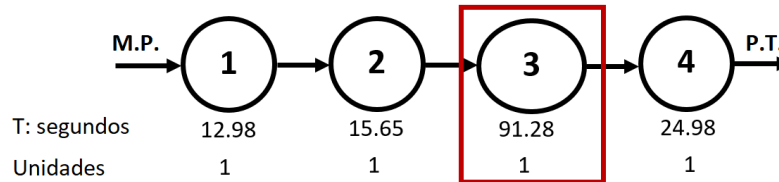
Tabla 10. Resumen de datos de la estaciones de trabajo de producción de la empresa Costa Gas.

Resumen de Datos del Área de Producción	
Producción Mensual Requerida	72011 balones
Tiempo de Ciclo	91.28 seg/balón
N° Mínimo de Estaciones	2
Eficiencia de la Línea	79.36%
Tiempo Ocioso	37.68 seg

Fuente: Elaboración Propia

Balance de Línea Actual

Figura 7. Balance de Línea Actual.



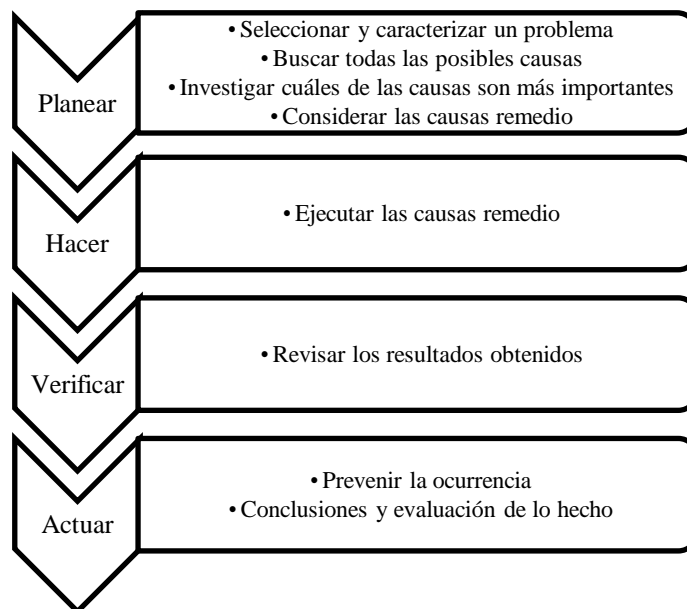
Fuente: Elaboración Propia

Materiales

Según Gutiérrez y De la Vara (2009), en su estudio sobre Control Estadístico de la Calidad y Seis Sigma, para aplicar el Ciclo PHVA o Ciclo Deming, se deben seguir 8 pasos.

Para la implantación del Ciclo PHVA, se toma en consideración las 4 fases y los 8 pasos establecidos en esta metodología. Dicho proceso es explicado a continuación:

Figura 8. Fases de la Metodología PHVA.



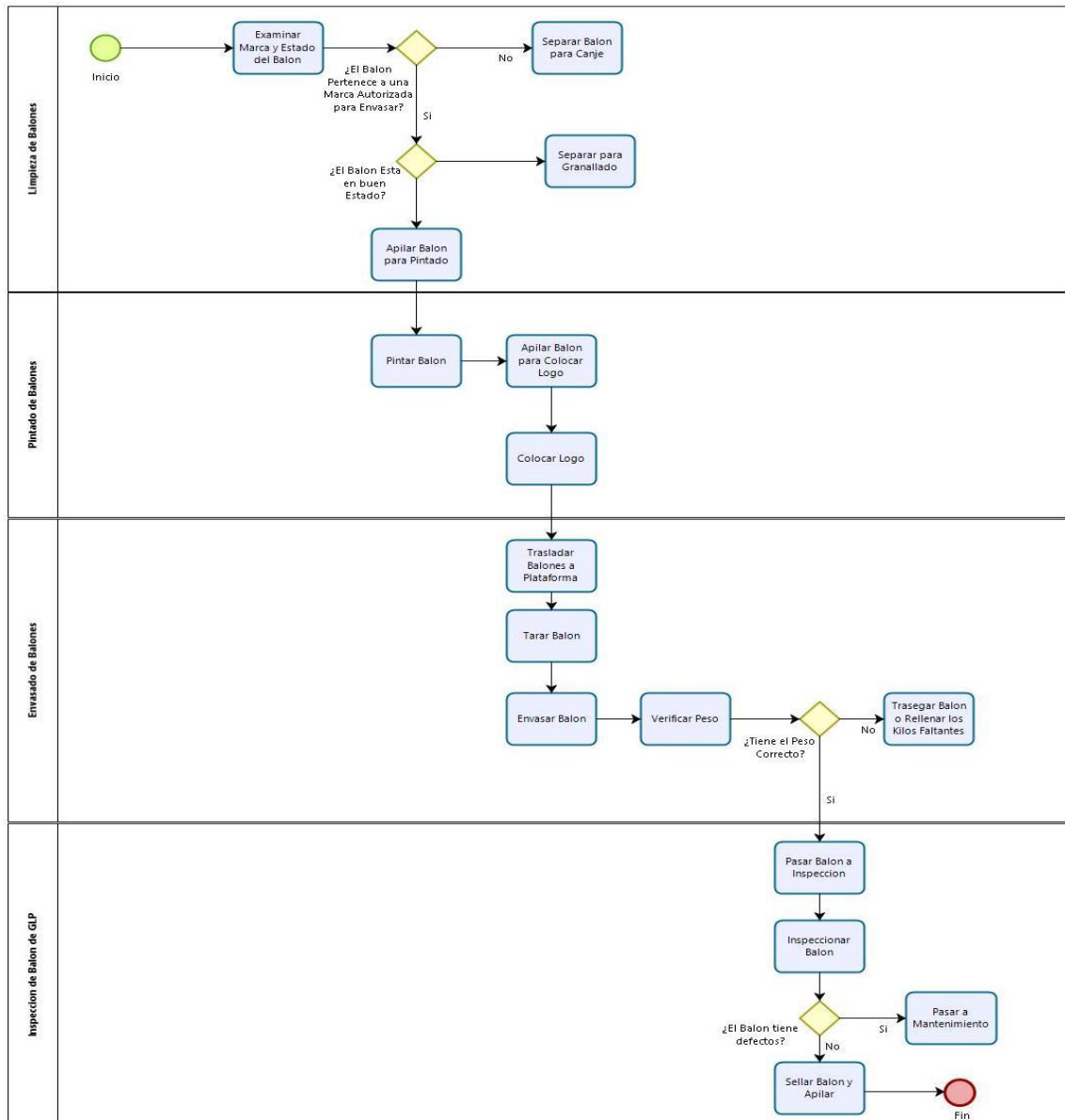
Fuente: Gutiérrez, H. & De la Vara, R. (2009) Control Estadístico de la Calidad y Seis Sigma. México. Mc

Graw Hi.

Paso 1. Seleccionar y Caracterizar un Problema

Para el desarrollo de este paso, se utilizó las siguientes herramientas: Diagrama de Flujo, Hoja de Verificación y Pareto.

Figura 9. Diagrama de Flujo del Proceso.



Fuente: Elaboración Propia

Tabla 11. Hoja de Verificación

Defectos	Descripción	Como se Manifiesta	Como Afecta al Cliente	Como Afecta a la Empresa
Fuga en Balón de Gas	La fuga de gas consiste en la salida de glp de manera incorrecta producida por una abertura en el recipiente que lo contiene	Se manifiesta de diversas formas: -Con el olor a Gas -Consumo rápido del contenido por parte del cliente -Sonido de la fuga	-Genera malestar en el cliente -Consumo Rápido del Gas -Devolución y Reclamo por parte del Cliente -Puede producir algún tipo de accidente como: incendios, explosión, etc.	-Genera pérdida de GLP -Tiempos Improductivos
Pesaje incorrecto	El pesaje incorrecto hace referencia cuando el balón es llenado con más de 10 kg o en su defecto con menos de lo establecido	Se manifiesta de la siguiente manera: -Cuando se realiza el pesado de verificación en la planta -Con el consumo rápido por parte del cliente -Con las inspecciones de Osinergmin	-Genera malestar por parte del cliente -Puede generar algún tipo de accidente -Produce una mala imagen de la marca	-Pérdida de GLP -Puede traer multas por parte de Osinergmin -Tiempos Improductivos -Retrasa la producción
Balón Chancado	Este defecto se refiere cuando el balón viene demasiado dañado	-Con la Inspección del Encargado de Limpiar los Balones -Cuando los vendedores no los cargan -Cuando el cliente rechaza los balones	-Genera Rechazos por parte del Cliente	-Aumento de Costos al tener que granallar -Reducción del stock de balones -Tiempos Improductivos
Orings en mal estado	Este problema hace referencia cuando los orings están dañados, provocando fugas de gas	-Con la inspección del Encargado de Limpiar los Balones -Cuando los vendedores no los cargan -Con la Inspección por parte de los Reguladores -Cuando el cliente presenta reclamo de fuga o poca duración del gas	-Genera molestias en el Cliente -Genera rechazo de los balones	-Tiempos Improductivos -Aumento de Costos
Válvula dañada	Este problema hace referencia al mal estado de la válvula en el balón de gas	-Cuando ocurren fugas y es detectado por el regulador	-Puede provocar accidentes en el cliente -Genera molestias en el cliente	-Reduce el Stock de balones hábiles para trabajar -Genera costos por reparar o cambiar válvula
Balón Cuchilla	Este defecto hace referencia al filo en la base que tiene algunos balones	-Se manifiesta con la observación del personal al momento de envasar o pintar	-Produce rechazo por parte del cliente	-Puede generar multas por parte de Osinergmin
Cuello dañado	Hace referencia al mal estado del cuello del balón de GLP	Se manifiesta en la inspección del regulador	-Produce Fuga de Gas	-Genera un costo por reparar -Genera tiempos improductivos
Ping malo	Se da cuando el ping de la válvula está dañado, generando fugas de gas	-Cuando el cliente coloca mal la válvula -Con la inspección del regulador	-Produce fuga de gas	-Genera un costo por reparación
Gas Congelado	Se da cuando el gas se congela en la parte inferior del balón generando molestias en el cliente	-Con el reclamo del cliente	-Genera que el gas no salga por la válvula	-Genera tiempos improductivos

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 12. Clasificación de Defectos por Área.

Defectos	Limpieza	Pintura	Envasado	Inspección	Total
Fuga de Gas	0	0	5	103	108
Balón Cuchilla	12	0	0	0	12
Balón Chancado	10	0	0	0	10
Orings en mal estado	0	0	0	45	45
Válvula dañada	0	0	0	34	34
Pesaje incorrecto	0	0	65	12	77
Cuello dañado	0	0	0	14	14
Ping malo	0	0	0	23	23
Gas Congelado	0	0	2	1	3
Total	22	0	72	232	

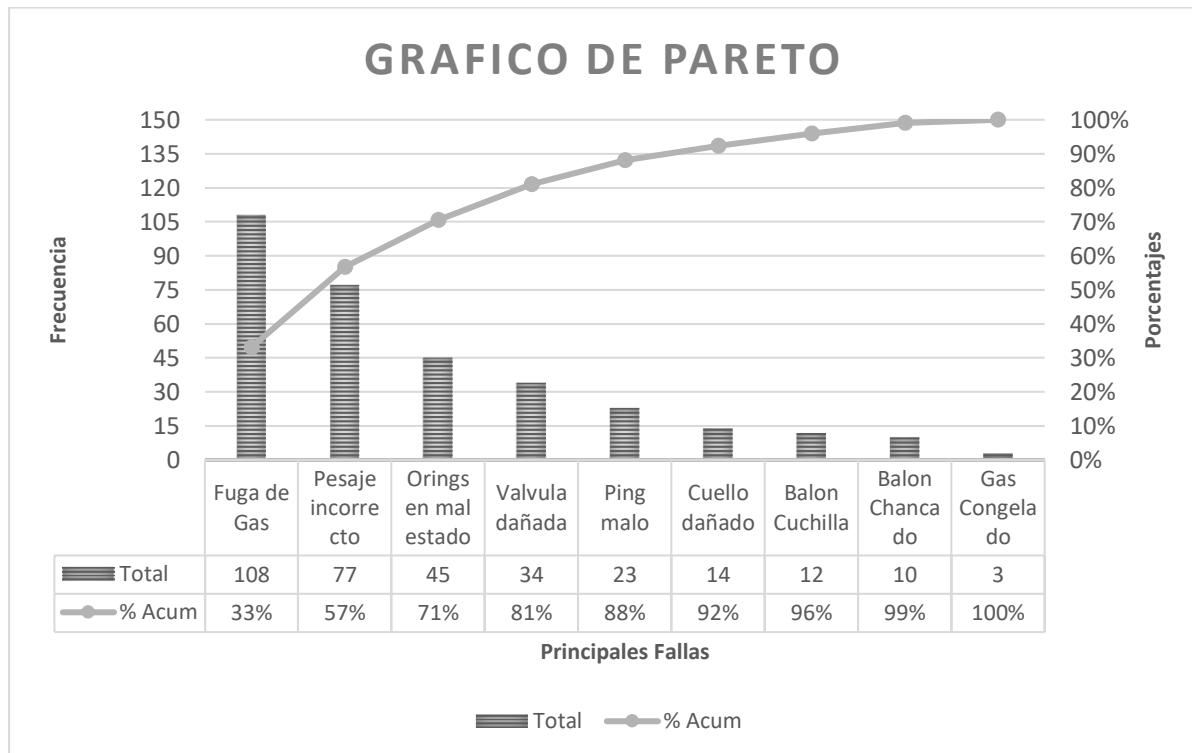
Fuente: Elaboración Propia

Tabla 13. Priorización de Defectos en los balones de 10 Kilogramos.

Defectos	Total	Porcentaje	Frecuencia Acu	% Acum.
Fuga de Gas	108	33%	108	33%
Pesaje incorrecto	77	24%	185	57%
Orings en mal estado	45	14%	230	71%
Válvula dañada	34	10%	264	81%
Ping malo	23	7%	287	88%
Cuello dañado	14	4%	301	92%
Balón Cuchilla	12	4%	313	96%
Balón Chancado	10	3%	323	99%
Gas Congelado	3	1%	326	100%
	326			

Fuente: Elaboración Propia

Figura 10. Diagrama de Pareto de Defectos en Balones de 10 kilogramos.



Fuente: Elaboración Propia

Se obtuvo como resultado la identificación, selección y descripción de los problemas más importantes relacionados con la Existencia de Defectos en los Balones de 10 kg.

Tabla 14. Identificación y Descripción de los Principales Problemas.

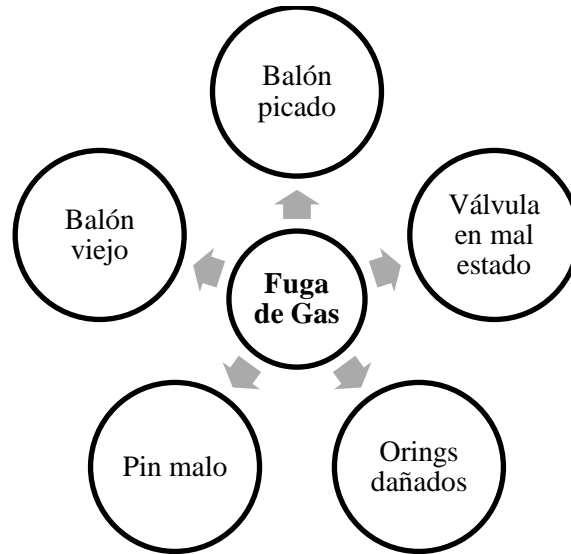
TABLA DE RESULTADOS		
Defecto	Descripción	Estación donde se presenta
Fuga de Gas	La fuga de gas consiste en la salida de GLP de manera incorrecta producida por una abertura en el recipiente que lo contiene	Inspección
Pesaje Incorrecto	El pesaje incorrecto hace referencia cuando el balón es llenado con más de 10 kg o en su defecto con menos de lo establecido	Envasado

Fuente: Elaboración Propia

Paso 2. Buscar todas las Posibles Causas

Para el desarrollo de este paso, se utilizó la herramienta de Lluvia de Ideas, a fin de obtener como resultado las posibles causas de los problemas más importantes.

Figura 11. Posibles Causas de Fuga en un Balón de Gas



Fuente: Elaboración Propia

Figura 12. Posibles Causas del Pesaje Incorrecto en un Balón de Gas.



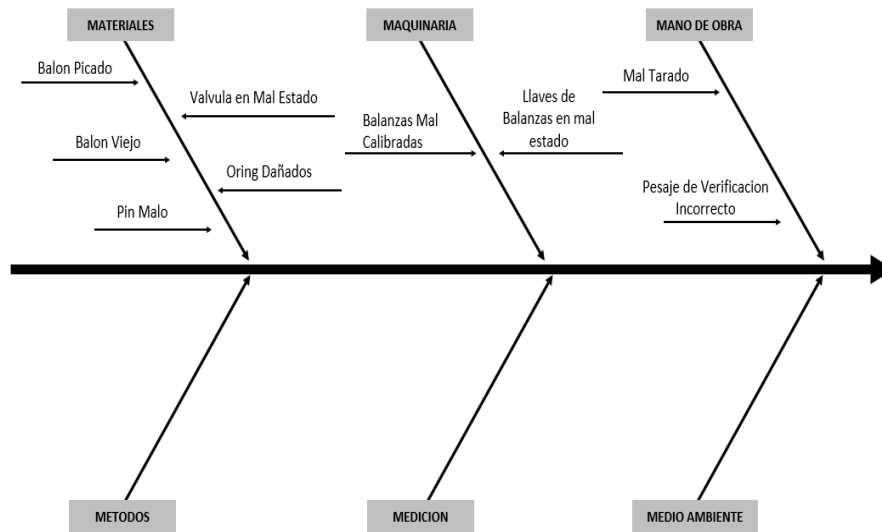
Fuente: Elaboración Propia

Paso 3. Investigar cuáles son las causas más importantes

En este paso, se utilizó como herramienta el Diagrama de Ishikawa y la Gráfica de Pareto.

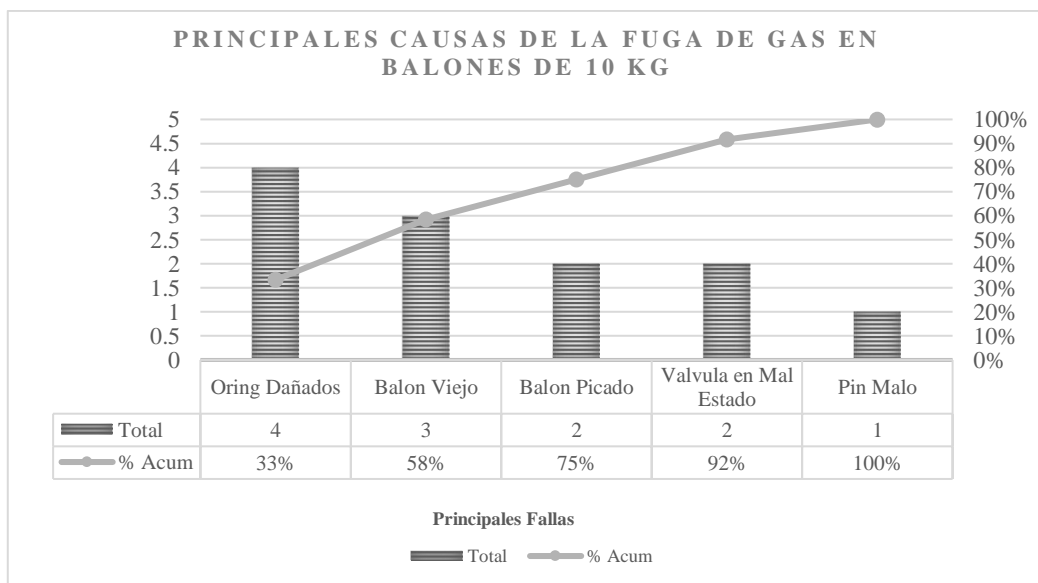
De manera que, se obtuvo como resultado la identificación y priorización de las causas más importantes para cada problema.

Figura 13. Diagrama de Ishikawa sobre las Causas de los Principales Problemas.



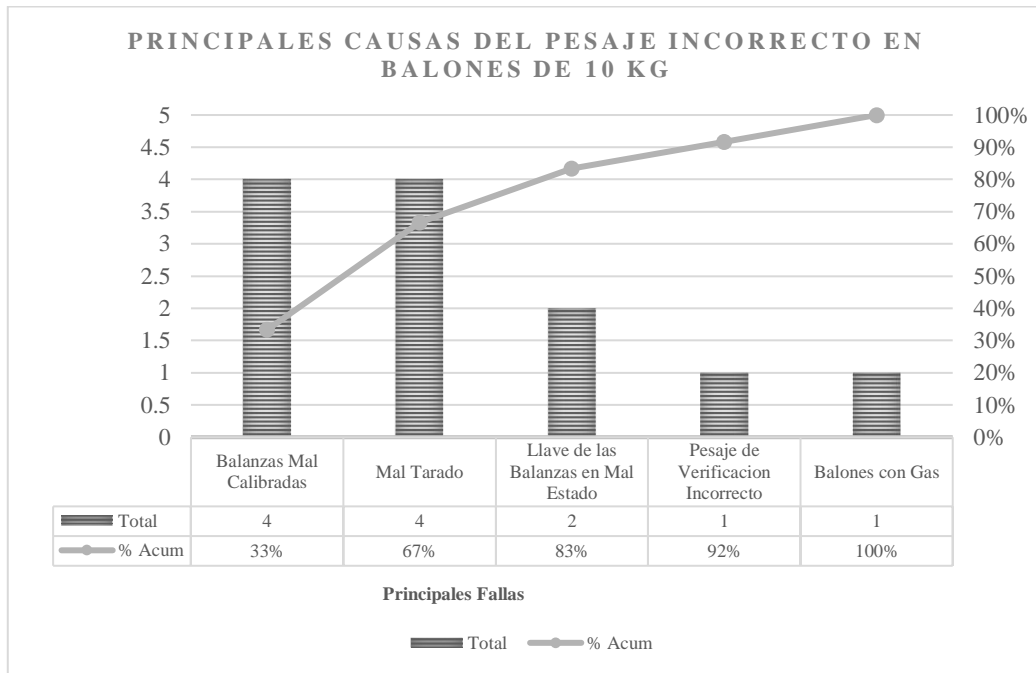
Fuente: Elaboración Propia

Figura 14. Diagrama de Pareto sobre Principales Causas de la Fuga de un Balón de Gas.



Fuente: Elaboración Propia

Figura 15. Diagrama de Pareto sobre Principales Causas de Pesaje Incorrecto en Balón de Gas

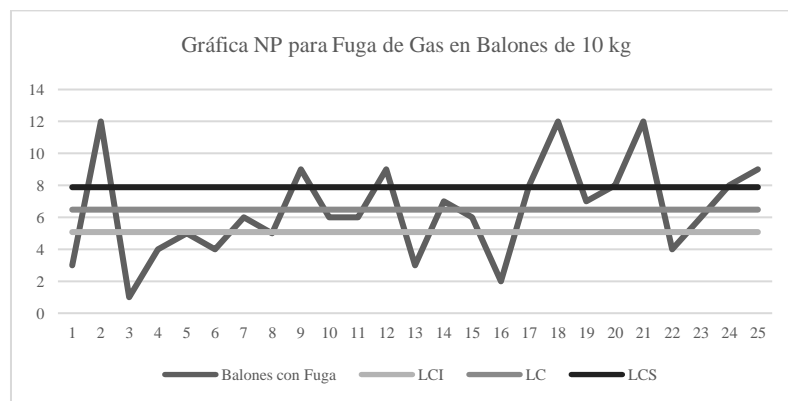


Fuente: Elaboración Propia

Paso 4. Considerar las Causas Remedio

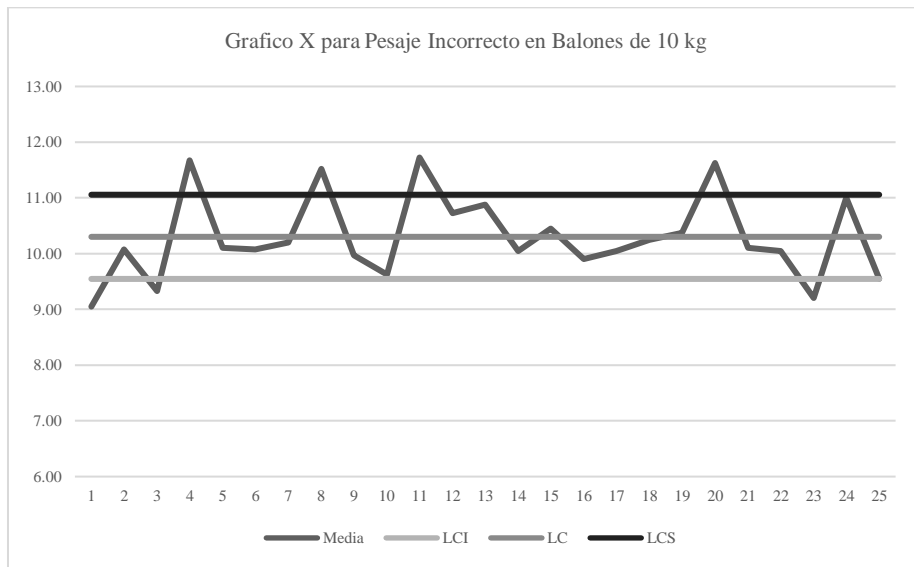
En este paso, se utilizó como herramienta las Gráficas de Control por Atributos y por Variables, para ambos problemas. Además, se identificaron los Índices de Capacidad (C_p y C_{pk}). Se obtuvo como resultado, la identificación de la estabilidad del proceso y los valores de los Índices de Capacidad.

Figura 16. Gráfica de Control NP para Fuga de Gas en Balones de 10 kg.



Fuente: Elaboración Propia

Figura 17. Gráfica de Control X para Pesaje Incorrecto en Balones de 10 kg.



Fuente: Elaboración Propia

Tabla 15. Índices de Capacidad

Índice de Capacidad	
Índice	Resultado
Cp	0.77
Cpk	0.696

Fuente: Elaboración Propia

Paso 5. Ejecutar las Causas Remedio

En este paso, se utilizó como herramienta una matriz para describir el Plan de Implementación de las Medidas Remedio. Se obtuvo como resultado el Plan de Implementación de las Medidas Remedio.

Tabla 16. Matriz de Plan de Implementación.

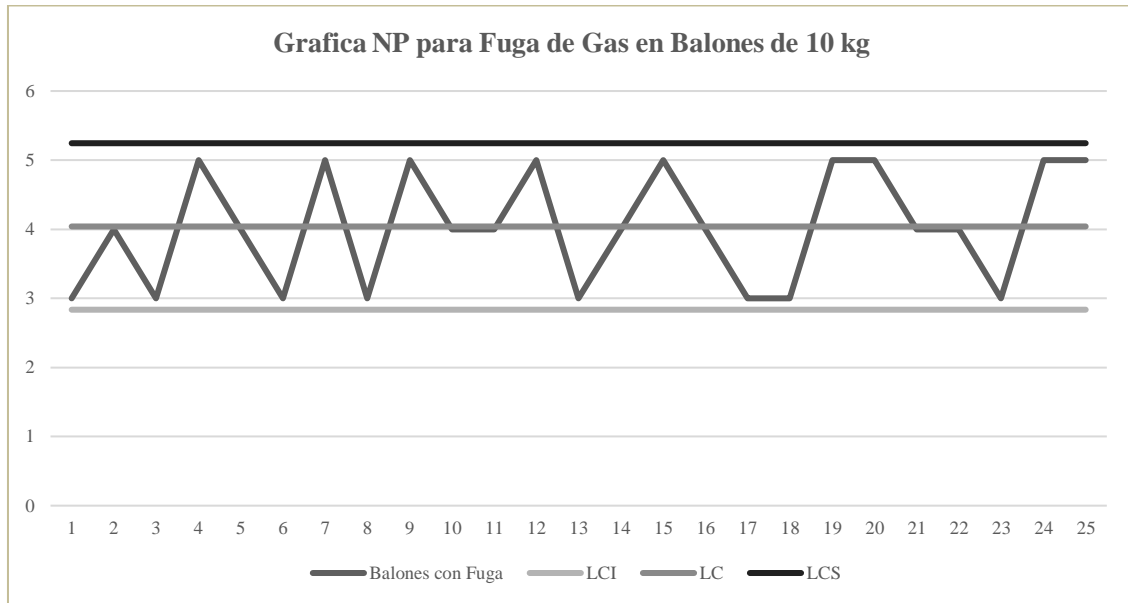
Plan de Implementación			
Problema	Objetivo	Lugar	Plan
Balones con Fuga de Gas en balones de 10 kg	Reducir los balones con Fuga en un 10%	Área de Inspección	-Mejorar la Inspección de los Balones, con la ayuda de un checklist de verificación. -Usar las Gráficas de Control para supervisar la estabilidad del proceso.
Pesaje Incorrecto en balones de 10 kg	Reducir los problemas con el peso en los balones de 10 kg, en un 20%	Área de Envasado	-Poner en marcha un plan de mantenimiento de la máquina para mejorar la confiabilidad y evitar que se descalibre -Realizar la inspección de la máquina, antes de iniciar la jornada laboral -Mejorar la inspección del Peso después de haberse envasado, siguiendo los lineamientos establecidos en el checklist.

Fuente: Elaboración Propia

Paso 6. Revisar los Resultados Obtenidos

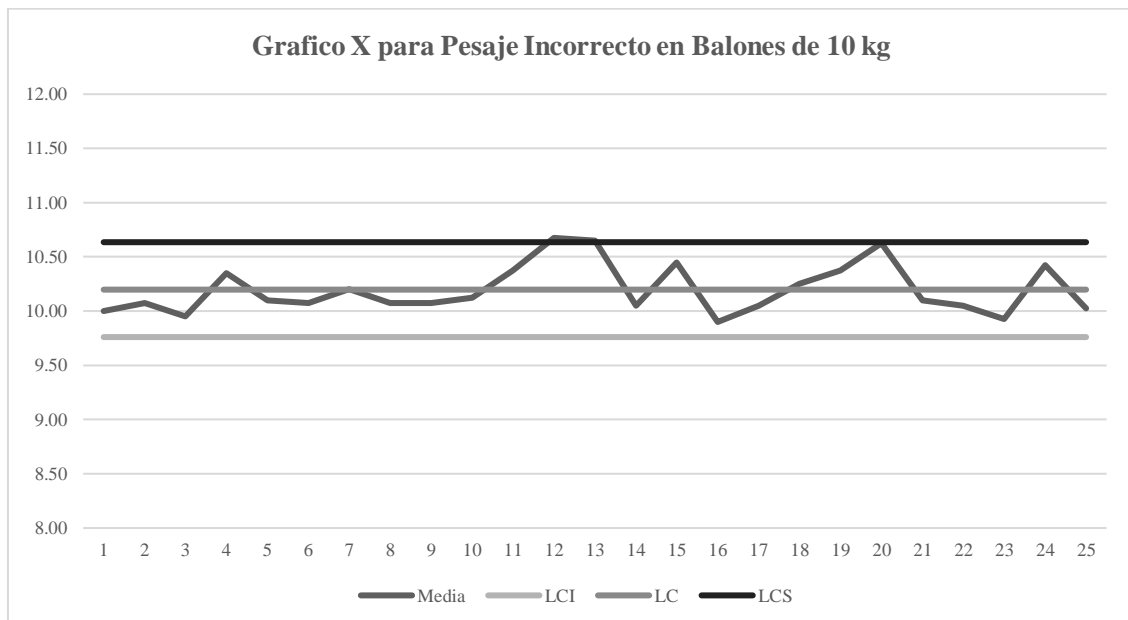
En este paso, se utilizó como herramienta las Gráficas de Control por Variables y Atributos, para ambos problemas. Además, se volvió a calcularon los Índices de Capacidad para su evaluación. Se obtuvo como resultado la estabilidad del proceso y los nuevos valores de los Índices de Capacidad.

Figura 18. Gráfica de Control NP para Fuga de Gas en Balones de 10 kg.



Fuente: Elaboración Propia

Tabla 17. Gráfica de Control X para Pesaje Incorrecto en Balones de 10 kg.



Fuente: Elaboración Propia

Tabla 18. Índice de Capacidad.

Índice de Capacidad	
Índice	Resultado
Cp	1.35
Cpk	1.276

Fuente: Elaboración Propia

Paso 7. Prevenir la Recurrencia del Problema

Para este paso, se utilizó la herramienta del checklist. Se obtuvo como resultado el establecimiento del nuevo proceso de inspección.

Tabla 19. CheckList para Inspección de Fugas en Balones de 10 kg.

CheckList para Inspección de Fugas en Balones de 10 kg	
<input type="checkbox"/>	Revisar Válvula
<input type="checkbox"/>	Hacer Prueba de Orings
<input type="checkbox"/>	Revisar Base de Balón
<input type="checkbox"/>	Revisar Contorno de Balón
<input type="checkbox"/>	Verificar Pin de la Válvula

Fuente: Elaboración Propia

Paso 8. Conclusión

Para este paso, se utilizó como herramienta una Matriz para sintetizar los resultados obtenidos. Por lo que, se obtuvo como resultado la mejora del proceso y de los índices de capacidad; así como también, la reducción de los defectos en balones de 10 kg.

Tabla 20. Matriz de Resultados Obtenidos.

MATRIZ DE RESULTADOS OBTENIDOS						
Problema	Antes de la Mejora			Después de la Mejora		
	Muestra	Balones Fallados	%	Muestra	Balones Fallados	%
Balones Defectuosos	600	214	36%	600	120	20%

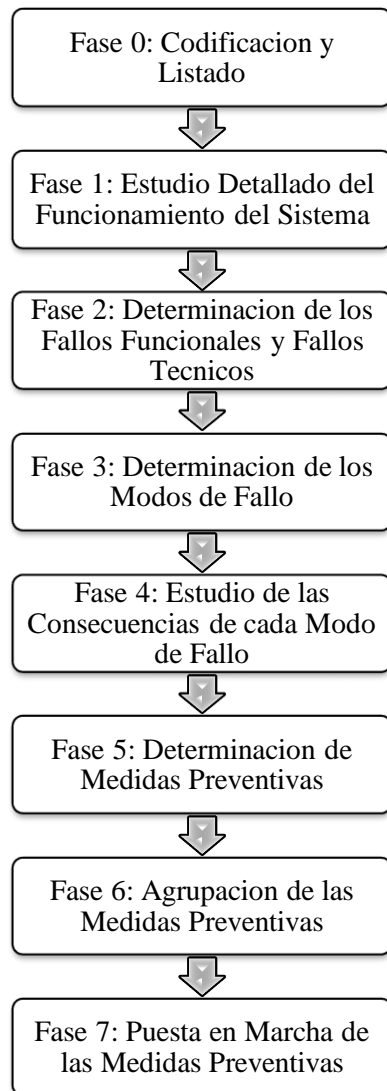
Fuente: Elaboración Propia

Al finalizar la implementación de la mejora de calidad, se obtuvo una reducción de la pérdida por falta de control de calidad en balones de 10kg de un 36% a un 20%, lo que genera un beneficio mensual de S/. 4,015.00.

Maquina

García (2001), organización y gestión del mantenimiento de instalaciones, menciona que para elaborar el mantenimiento basado en la confiabilidad (RCM) se debe seguir 8 fases, como se muestra:

Figura 19. Fases de la Metodología RCM



Fuente: Elaboración Propia

Antes del desarrollar la metodología se logró determinar los indicadores de mantenimiento de la Llenadora universal Kosan Crisplant modelo CUC-EX UFM basado en los datos facilitados por la empresa Costa Gas.

Tabla 21. Indicadores de mantenimiento.

INDICADOR	VALOR
Disponibilidad (%)	88.54%
Confiabilidad (%)	88.5 %
MTBF (Tiempo entre fallas)	3.83hr
MTTR(Tiempo por falla)	0.5hr

Fuente: Elaboración Propia

Fase 0: Listado y codificación de equipos.

Para el desarrollo de esta fase, se utilizó la técnica: observación para identificar las máquinas y sus partes. La herramienta que se utilizó fue el Árbol de Sistema y Subsistema. Por lo que, se obtuvo como resultado la descripción física de los equipos y sus partes, de la Empresa Costa Gas.

Tabla 22. Descripción de la llenadora.

Llenadora universal Kosan Crisplant model CUC-EX UFM	
Equipo	Llenadora de GLP
Sistema	Llenado y pesado de balones con GLP
Elementos	Llenado Pesaje
Componentes	Manguera Cabezal Teclado numérico Batería Celda de carga Base Retén

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 23. Descripción del compresor.

Compresor EVANS E230ME0500-500	
Equipo	Compresor de aire
Sistema	Pintado de balones de GLP
Elementos	Compresión de aire Pintado
Componentes	Cuerpo Cámaras de aire Motor Pistones Mangueras Pistola

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 24. Descripción de la Granalladora.

Granalladora AUTOMÁTICA IOG-100	
Equipo	Granalladora
Sistema	Despinte
Elementos	Despinte Filtro de aire
Componentes	Paletas Pernos Ruedas Filtros Cadenas Motor

Fuente: Elaboración Propia

Fase 1: Listado de funciones y especificaciones

Para el desarrollo de esta fase, se utilizó la técnica de documentación y se hizo uso de la herramienta check list, a fin de obtener como resultado el nivel de cumplimiento e incumplimiento de los equipos, de acuerdo al análisis del nivel de funcionamiento y

características que presentan, las cuales fueron rescatadas mediante el análisis de la documentación.

Tabla 25. Porcentaje de cumplimiento e incumplimiento de cada equipo.

Equipo	% de cumplimiento	% de incumplimiento
Llenadora 1	46%	54%
Llenadora 2	38%	62%
Llenadora 3	46%	54%
Llenadora 4	38%	62%
Llenadora 5	23%	77%
Llenadora 6	31%	69%
Llenadora 7	38%	62%
Llenadora 8	46%	54%
Llenadora 9	54%	46%
Llenadora 10	38%	62%
Compresor	50%	50%
Granalladora	33%	67%

Fuente: Elaboración Propia

Fase 2: Determinación de los fallos funcionales y técnicos

En esta fase no hay técnica, pero se utilizó el listado y una matriz como herramientas para agrupar los fallos. Se obtuvo como resultados, el agrupamiento de las fallas funcionales y técnicas, de los equipos: llenadora, compresor y granalladora.

Tabla 26. Fallas de la llenadora.

Equipo	Fallas funcionales	Fallas técnicas
Llenadora	Demoras y presencia de fugas de GLP durante el llenado de balones	Fallas en el teclado numérico
		Desgaste del sistema de conexión eléctrico
		Desgaste del jebe dentro del cabezal
		Equipo mal calibrado
	El equipo no pesa correctamente los balones llenados con GLP	Desgaste de la manguera
		Suciedad en el cabezal
		Falla de la batería
		Falla de las celdas de carga
		Falla de reten gata
		Suciedad en la base de la máquina

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 27. Fallas del compresor.

Equipo	Fallas funcionales	Fallas técnicas
Compresor	El equipo trabaja con una presión inferior a 175 PSI 38% 46%	Rotura de tuberías de aire
		Quema del motor
		Desgaste de pistones

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 28. Fallas de la Granalladora.

Equipo	Fallas funcionales	Fallas técnicas
Granalladora	El equipo procesa menos de 110 balones de 10Kg por hora	Desgaste de paletas
		Aflojado de pernos
		Cadena malograda
		Desgaste de filtros

Fuente: Elaboración Propia

Fase 3: Determinación de los modos de fallo

En esta fase, se empleó la técnica de ponderación AMEF para los criterios de gravedad, ocurrencia y detección. Además, se utilizó como herramienta la matriz AMEF para determinar el número de prioridad de riesgo (NPR). Se obtuvo como resultados el NPR de cada equipo.

Tabla 29. Resultados del NPR por Equipo.

Equipo	NPR
Llenadora 1	946
Llenadora 2	838
Llenadora 3	786
Llenadora 4	546
Llenadora 5	1490
Llenadora 6	514
Llenadora 7	1042
Llenadora 8	1026
Llenadora 9	364
Llenadora 10	802
Compresor	616
Granalladora	370

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 30. Matriz AMEF de Costa Gas Trujillo S.A.C.

AMEF - COSTAGAS									
	Modo de Fallo	Efecto	Causas	Controles actuales	Gravedad	Ocurrencia	Detección	NPR	NPR General
Llenadora 1	Llenado de balones de 10 kg con GLP	Desgaste del sistema de conexión eléctrico	Paradas del sistema de llenado	Falta de mantenimiento e inspección de cableado	Mantenimiento correctivo	9	4	8	288
		Desgaste del jebe dentro del cabezal	Fugas de gas durante el llenado	Falta de control y cambio de jebe	Mantenimiento correctivo	6	7	7	294
		Equipo mal calibrado	Variaciones en el peso	Falta de calibración	Mantenimiento correctivo e inspección visual	6	10	2	120
		Suciedad en el cabezal	Demoras en el llenado	Obstrucción de la válvula llenado	Inspección visual	4	10	2	80
	Control de llenado	Fallas en el teclado numérico	No se puede controlar el llenado	Cruce de teclas y/o desgaste	Cambio del sistema de control	6	6	4	144
	Pesaje de balones de 10 kg llenos de GLP	Suciedad en la base de la maquina	Variaciones en el peso	Acumulación de suciedad en sistema de pesaje	Inspección visual	2	10	1	20
Llenadora 2	Llenado de balones de 10 kg con GLP	Desgaste del jebe dentro del cabezal	Fugas de gas durante el llenado	Falta de control y cambio de jebe	Mantenimiento correctivo	6	7	7	294
		Equipo mal calibrado	Variaciones en el peso	Falta de calibración	Mantenimiento correctivo e inspección visual	6	10	2	120
	Pesaje de balones de 10 kg llenos de GLP	Falla de las celdas de carga	Variaciones en el peso	Desgaste de las celdas de carga	Mantenimiento correctivo	8	6	8	384
		Falla de reten	Demoras en el pesaje	Desgaste del reten	Inspección visual	2	10	1	20

PROPUESTA DE MEJORA EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE BALONES DE 10 KILOGRAMOS CON GLP PARA REDUCIR LOS COSTOS OPERATIVOS DE LA EMPRESA COSTA GAS TRUJILLO S.A.C.

	Suciedad en la base de la maquina	Variaciones en el peso	Acumulación de suciedad en sistema de pesaje	Inspección visual	2	10	1	20		
	Desgaste del jebe dentro del cabezal	Fugas de gas durante el llenado	Falta de control y cambio de jebe	Mantenimiento correctivo	6	7	7	294		
Llenadora 3	Llenado de balones de 10 kg con GLP	Equipo mal calibrado	Variaciones en el peso	Falta de calibración	Mantenimiento correctivo e inspección visual	6	10	2	120	
		Suciedad en el cabezal	Demoras en el llenado	Obstrucción de la válvula llenado	Inspección visual	4	10	2	80	
		Falla de la batería	Paradas del sistema de llenado	Desgaste de la batería	Mantenimiento correctivo	8	4	4	128	
	Control de llenado	Fallas en el teclado numérico	No se puede controlar el llenado	Cruce de teclas y/o desgaste	Cambio del sistema de control	6	6	4	144	
		Pesaje de balones de 10 kg llenos de GLP	Suciedad en la base de la maquina	Variaciones en el peso	Acumulación de suciedad en sistema de pesaje	Inspección visual	2	10	1	20
	Desgaste del jebe dentro del cabezal	Fugas de gas durante el llenado	Falta de control y cambio de jebe	Mantenimiento correctivo	6	7	7	294		
Llenadora 4	Llenado de balones de 10 kg con GLP	Equipo mal calibrado	Variaciones en el peso	Falta de calibración	Mantenimiento correctivo e inspección visual	6	10	2	120	
		Suciedad en el cabezal	Demoras en el llenado	Obstrucción de la válvula llenado	Inspección visual	4	10	2	80	
		Pesaje de balones de 10 kg llenos de GLP	Suciedad en la base de la maquina	Variaciones en el peso	Acumulación de suciedad en sistema de pesaje	Inspección visual	2	10	1	20
		Falla de reten	Demoras en el pesaje	Desgaste del reten	Inspección visual	2	8	2	32	

786

546

Llenadora 5	Llenado de balones de 10 kg con GLP	Desgaste del jebe dentro del cabezal	Fugas de gas durante el llenado	Falta de control y cambio de jebe	Mantenimiento correctivo	6	7	7	294	1490
		Desgaste del sistema de conexión eléctrico	Paradas del sistema de llenado	Falta de mantenimiento e inspección de cableado	Mantenimiento correctivo	9	4	8	288	
		Equipo mal calibrado	Variaciones en el peso	Falta de calibración	Mantenimiento correctivo e inspección visual	6	10	2	120	
		Suciedad en el cabezal	Demoras en el llenado	Obstrucción de la válvula llenado	Inspección visual	4	10	2	80	
		Falla de la batería	Paradas del sistema de llenado	Desgaste de la batería	Mantenimiento correctivo	8	4	4	128	
	Control de llenado	Fallas en el teclado numérico	No se puede controlar el llenado	Cruce de teclas y/o desgaste	Cambio del sistema de control	6	6	4	144	
	Pesaje de balones de 10 kg llenos de GLP	Falla de las celdas de carga	Variaciones en el peso	Desgaste de las celdas de carga	Mantenimiento correctivo	8	6	8	384	
		Falla de reten	Demoras en el pesaje	Desgaste del reten	Inspección visual	2	8	2	32	
		Suciedad en la base de la maquina	Variaciones en el peso	Acumulación de suciedad en sistema de pesaje	Inspección visual	2	10	1	20	
	Llenadora 6	Llenado de balones de 10 kg con GLP	Desgaste del jebe dentro del cabezal	Fugas de gas durante el llenado	Falta de control y cambio de jebe	Mantenimiento correctivo	6	7	7	
Equipo mal calibrado			Variaciones en el peso	Falta de calibración	Mantenimiento correctivo e inspección visual	6	10	2	120	
Suciedad en el cabezal			Demoras en el llenado	Obstrucción de la válvula llenado	Inspección visual	4	10	2	80	

	Pesaje de balones de 10 kg llenos de GLP	Suciedad en la base de la maquina	Variaciones en el peso	Acumulación de suciedad en sistema de pesaje	Inspección visual	2	10	1	20	
		Equipo mal calibrado	Variaciones en el peso	Falta de calibración	Mantenimiento correctivo e inspección visual	6	10	2	120	
Llenadora 7	Llenado de balones de 10 kg con GLP	Suciedad en el cabezal	Demoras en el llenado	Obstrucción de la válvula llenado	Inspección visual	4	10	2	80	1042
		Desgaste del jebe dentro del cabezal	Fugas de gas durante el llenado	Falta de control y cambio de jebe	Mantenimiento correctivo	6	7	7	294	
	Control de llenado	Fallas en el teclado numérico	No se puede controlar el llenado	Cruce de teclas y/o desgaste	Cambio del sistema de control	6	6	4	144	
	Pesaje de balones de 10 kg llenos de GLP	Falla de las celdas de carga	Variaciones en el peso	Desgaste de las celdas de carga	Mantenimiento correctivo	8	6	8	384	
		Suciedad en la base de la maquina	Variaciones en el peso	Acumulación de suciedad en sistema de pesaje	Inspección visual	2	10	1	20	
Llenadora 8		Suciedad en el cabezal	Demoras en el llenado	Obstrucción de la válvula llenado	Inspección visual	4	10	2	80	1026
	Llenado de balones de 10 kg con GLP	Desgaste del jebe dentro del cabezal	Fugas de gas durante el llenado	Falta de control y cambio de jebe	Mantenimiento correctivo	6	7	7	294	
		Equipo mal calibrado	Variaciones en el peso	Falta de calibración	Mantenimiento correctivo e inspección visual	6	10	2	120	
		Falla de la batería	Paradas del sistema de llenado	Desgaste de la batería	Mantenimiento correctivo	8	4	4	128	
	Pesaje de balones de 10	Falla de las celdas de carga	Variaciones en el peso	Desgaste de las celdas de carga	Mantenimiento correctivo	8	6	8	384	

	kg llenos de GLP	Suciedad en la base de la maquina	Variaciones en el peso	Acumulación de suciedad en sistema de pesaje	Inspección visual	2	10	1	20	
Llenadora 9		Fallas en el teclado numérico	No se puede controlar el llenado	Cruce de teclas y/o desgaste	Cambio del sistema de control	6	6	4	144	
	Llenado de balones de 10 kg con GLP	Equipo mal calibrado	Variaciones en el peso	Falta de calibración	Mantenimiento correctivo e inspección visual	6	10	2	120	
		Suciedad en el cabezal	Demoras en el llenado	Obstrucción de la válvula llenado	Inspección visual	4	10	2	80	364
	Pesaje de balones de 10 kg llenos de GLP	Suciedad en la base de la maquina	Variaciones en el peso	Acumulación de suciedad en sistema de pesaje	Inspección visual	2	10	1	20	
Llenadora 10		Desgaste del sistema de conexión eléctrico	Paradas del sistema de llenado	Falta de mantenimiento e inspección de cableado	Mantenimiento correctivo	9	4	8	288	
	Llenado de balones de 10 kg con GLP	Desgaste del jebe dentro del cabezal	Fugas de gas durante el llenado	Falta de control y cambio de jebe	Mantenimiento correctivo	6	7	7	294	
		Equipo mal calibrado	Variaciones en el peso	Falta de calibración	Mantenimiento correctivo e inspección visual	6	10	2	120	802
		Suciedad en el cabezal	Demoras en el llenado	Obstrucción de la válvula llenado	Inspección visual	4	10	2	80	
	Pesaje de balones de 10 kg llenos de GLP	Suciedad en la base de la maquina	Variaciones en el peso	Acumulación de suciedad en sistema de pesaje	Inspección visual	2	10	1	20	
Compresor	Pintado de balones de GLP	Quema del motor	No se pueden pintar los balones	Falta de inspección y mantenimiento	Mantenimiento correctivo	9	2	8	144	616

PROPUESTA DE MEJORA EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE BALONES DE 10 KILOGRAMOS CON GLP PARA REDUCIR LOS COSTOS OPERATIVOS DE LA EMPRESA COSTA GAS TRUJILLO S.A.C.

		Desgaste de pistones	Desperdicio de pintura	Deterioro de los pistones	Inspección visual	4	4	4	64	
		Manguera picada	Desperdicio de pintura y aire	Manguera antigua	Inspección visual	2	8	4	64	
		Fallas de la pistola	Paradas en el sistema de pintado	Pistola deteriorada	Mantenimiento correctivo	4	8	4	128	
		Rompimiento de tuberías de aire	Escape de aire	Falta de mantenimiento	Mantenimiento correctivo	6	6	6	216	
Granalladora	Despinte y eliminación del óxido de los balones	Desgaste de paletas	Dificultad para realizar el despintado	Falta de control y cambio de paletas	Mantenimiento correctivo	6	6	4	144	
		Aflojado de pernos	Paradas momentáneas en el despintado	Falta de inspección y ajuste	Inspección visual	1	10	1	10	370
		Cadena malograda	Imposibilidad en el funcionamiento	Falta de inspección y reemplazo de cadena	Mantenimiento correctivo	6	6	6	216	

Fuente: Elaboración Propia

Fase 4: Estudio de las consecuencias de cada modo de fallo

En esta fase, se utilizó la técnica de ponderación de criticidad y como herramienta a la Matriz de Criticidad. En el desarrollo de esta fase, se realizó una ponderación a los criterios de criticidad (frecuencia de las fallas, impacto operacional, flexibilidad operacional, costo de mantenimiento e impacto a la seguridad ambiental e higiene). En base a cada máquina y su modo de fallo, se le otorgó la ponderación respectiva a cada criterio. Se obtuvo como resultados: el valor de criticidad de cada equipo y se determinó que la llenadora 5 es el equipo que presenta más problemas; por lo que las mejoras y los siguientes pasos serán desarrollados en base a este equipo.

Para elaborar la Matriz de Criticidad se utilizó los siguientes criterios:

Tabla 31. Por Frecuencia de Fallas.

Criterio de Criticidad: Por Frecuencia de fallas	
Elevado mayor a 40 fallas/año	4
Promedio 20-40 fallas/año	3
Buena 10-20 fallas/año	2
Excelente menos de 10 fallas/año	1

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 32. Por Impacto Operacional.

Criterio de Criticidad: Por Impacto Operacional	
Parada total del equipo 10	10
Parada parcial del equipo y repercute a otro equipo o subsistema	7-9
Impacta a niveles de producción o calidad	5-6
Repercute en costos operacionales asociado a disponibilidad	2-4
No genera ningún efecto significativo	1

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 33. Por Flexibilidad Operacional.

Criterio de Criticidad: Por Flexibilidad Operacional	
No existe opción igual o equipo similar de repuesto	4
El equipo puede seguir funcionando	2-3
Existe otro igual o disponible fuera del sistema (stand by)	1

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 34. Por Costo de Mantenimiento.

Criterio de Criticidad: Por Costo de mantenimiento	
Mayor o igual a US\$ 400 (incluye repuestos)	2
Inferior a US\$ 400 (incluye repuestos)	1

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 35. Por Impacto a Seguridad Ambiental e Higiene.

Criterio de Criticidad: Impacto a Seguridad Ambiental e Higiene	
Accidente catastrófico	8
Accidente mayor serio	6-7
Accidente menor e incidente menor	4-5
Cuasi accidente o incidente menor	2-3
Desvío	1
No provoca ningún tipo de riesgo	0

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 36. Matriz de Criticidad de Costa Gas Trujillo S.A.C.

	MODO DE FALLO	FRECUENCIA	IMPACTO OPERACIONAL	FLEXIBILIDAD OPERACIONAL	COSTO DE MANTENIMIENTO	IMPACTO SAH	CONSECUENCIA	TOTAL	CRITICIDAD	TOTAL EQUIPO
Llenadora 1	Fallas en el teclado numérico	1	10	4	2	1	43	43	MEDIA	97
	Desgaste del sistema de conexión eléctrico	1	7	1	1	4	12	12	BAJA	
	Equipo mal calibrado	3	2	2	1	1	6	18	BAJA	
	Suciedad en el cabezal	1	1	2	1	1	4	4	BAJA	
	Desgaste del jebe dentro del cabezal	2	6	1	1	3	10	20	BAJA	
Llenadora 2	Desgaste del jebe dentro del cabezal	2	6	1	1	3	10	20	BAJA	72
	Equipo mal calibrado	3	2	2	1	1	6	18	BAJA	
	Falla de las celdas de carga	1	7	2	1	1	16	16	BAJA	
	Falla de reten	2	2	2	1	2	7	14	BAJA	
	Suciedad en la base de la maquina	1	1	2	1	1	4	4	BAJA	

Llenadora 3	Fallas en el teclado numérico	1	10	4	2	1	43	43	MEDIA	104
	Equipo mal calibrado	3	2	2	1	1	6	18	BAJA	
	Suciedad en el cabezal	1	1	2	1	1	4	4	BAJA	
	Desgaste del jebe dentro del cabezal	2	6	1	1	3	10	20	BAJA	
	Suciedad en la base de la maquina	1	1	2	1	1	4	4	BAJA	
	Falla de la batería	1	10	1	2	3	15	15	BAJA	
Llenadora 4	Suciedad en la base de la maquina	1	1	2	1	1	4	4	BAJA	56
	Equipo mal calibrado	3	2	2	1	1	6	18	BAJA	
	Suciedad en el cabezal	1	1	2	1	1	4	4	BAJA	
	Desgaste del jebe dentro del cabezal	2	6	1	1	3	10	20	BAJA	
	Falla de reten	2	2	2	1	2	7	14	BAJA	
Llenadora 5	Fallas en el teclado numérico	1	10	4	2	1	43	43	MEDIA	146
	Desgaste del sistema de conexión eléctrico	1	7	1	1	4	12	12	BAJA	
	Desgaste del jebe dentro del cabezal	2	6	1	1	3	10	20	BAJA	

PROPUESTA DE MEJORA EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE BALONES DE 10 KILOGRAMOS CON GLP PARA REDUCIR LOS COSTOS OPERATIVOS DE LA EMPRESA COSTA GAS TRUJILLO S.A.C.

	Suciedad en el cabezal	1	1	2	1	1	1	4	4	BAJA	
	Equipo mal calibrado	3	2	2	1	1	1	6	18	BAJA	
	Falla de la batería	1	10	1	2	3	1	15	15	BAJA	
	Falla de las celdas de carga	1	7	2	1	1	1	16	16	BAJA	
	Falla de reten	2	2	2	1	2	1	7	14	BAJA	
	Base de la maquina	1	1	2	1	1	1	4	4	BAJA	
Llenadora 6	Suciedad en la base de la maquina	1	1	2	1	1	1	4	4	BAJA	46
	Desgaste del jebe dentro del cabezal	2	6	1	1	3	1	10	20	BAJA	
	Equipo mal calibrado	3	2	2	1	1	1	6	18	BAJA	
	Suciedad en el cabezal	1	1	2	1	1	1	4	4	BAJA	
Llenadora 7	Fallas en el teclado numérico	1	10	4	2	1	1	43	43	MEDIA	105
	Falla de las celdas de carga	1	7	2	1	1	1	16	16	BAJA	
	Equipo mal calibrado	3	2	2	1	1	1	6	18	BAJA	
	Suciedad en el cabezal	1	1	2	1	1	1	4	4	BAJA	
	Desgaste del jebe dentro del cabezal	2	6	1	1	3	1	10	20	BAJA	

	Suciedad en la base de la maquina	1	1	2	1	1	1	4	4	BAJA	
Llenadora 8	Suciedad en la base de la maquina	2	6	1	1	3	10	20	20	BAJA	
	Suciedad en el cabezal	3	2	2	1	1	6	18	18	BAJA	
	Desgaste del jebe dentro del cabezal	1	10	1	2	3	15	15	15	BAJA	73
	Equipo mal calibrado	1	7	2	1	1	16	16	16	BAJA	
	Falla de la batería	1	1	2	1	1	4	4	4	BAJA	
Llenadora 9	Suciedad en la base de la maquina	1	10	4	2	1	43	43	43	MEDIA	
	Fallas en el teclado numérico	3	2	2	1	1	6	18	18	BAJA	85
	Equipo mal calibrado	2	6	1	1	3	10	20	20	BAJA	
	Suciedad en el cabezal	1	1	2	1	1	4	4	4	BAJA	
Llenadora 10	Desgaste del sistema de conexión eléctrico	1	7	1	1	4	12	12	12	BAJA	
	Equipo mal calibrado	3	2	2	1	1	6	18	18	BAJA	58
	Desgaste del jebe dentro del cabezal	2	6	1	1	3	10	20	20	BAJA	
	Suciedad en el cabezal	1	1	2	1	1	4	4	4	BAJA	

	Suciedad en la base de la maquina	1	1	2	1	1	1	4	4	BAJA	
	Quema del motor	1	10	3	2	2	2	34	34	MEDIA	
Compresor	Desgaste de pistones	1	5	1	1	2	2	8	8	BAJA	66
	Manguera picada	2	2	1	1	1	1	4	8	BAJA	
	Fallas de la pistola	2	2	1	1	1	1	4	8	BAJA	
	Rompimiento de tuberías de aire	1	5	1	1	2	2	8	8	BAJA	
	Desgaste de paletas	1	6	1	1	1	1	8	8	BAJA	
Granallador a	Afrojado de pernos	2	2	1	1	1	1	4	8	BAJA	59
	Quema del motor	1	10	3	2	2	2	34	34	MEDIA	
	Cadena malograda	1	5	1	1	3	3	9	9	BAJA	

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 37. Resultados de la matriz de criticidad por equipo.

Equipo	Criticidad
Llenadora 1	97
Llenadora 2	72
Llenadora 3	104
Llenadora 4	56
Llenadora 5	146
Llenadora 6	46
Llenadora 7	105
Llenadora 8	73
Llenadora 9	85
Llenadora 10	58
Compresor	66
Granalladora	59

Fuente: Elaboración Propia

Fase 5: Determinación de medidas preventivas

En esta fase, se utilizó las técnicas de entrevista y análisis documental. Como herramienta se utilizó una matriz para organizar las medidas preventivas. En el desarrollo de esta fase, se hizo una clasificación de las medidas preventivas para la llenadora de GLP, de acuerdo a su función, modo de falla y efectos. Por lo que, se obtuvo como resultados: la medida preventiva por cada modo de falla.

Tabla 38. Medidas preventivas para mantenimiento de la llenadora 5

Equipo	Modos de falla	Medidas preventivas	Realizada por
Llenadora 5	Desgaste del jebe dentro del cabezal	Inspección de cabezal y mantenimiento preventivo	Operario
		Capacitación para cambio de jebe	Mecánico
	Desgaste del sistema de conexión eléctrico	Inspección y mantenimiento preventivo	Mecánico
	Equipo mal calibrado	Calibrar la llenadora	Operario
	Suciedad en el cabezal	Limpieza del cabezal	Operario
	Falla de la batería	Inspección y mantenimiento de batería	Mecánico
	Fallas en el teclado numérico	Inspección, mantenimiento preventivo	Operario/ Mecánico
		Reemplazo	Mecánico
	Falla de las celdas de carga	Verificar y cambiar si es necesario	Mecánico
	Falla de retén	Verificar y cambiar si es necesario	Mecánico
Suciedad en la base	Limpieza de la base	Operario	

Fuente: Elaboración Propia

Fase 6: Agrupación de medidas preventivas

En esta fase no hay técnica para el desarrollo, pero se utilizó como herramienta, una matriz, para agrupar las medidas preventivas. Se obtuvo como resultados: el resumen de medidas preventivas a implementar en la empresa Costa Gas.

Tabla 39. Agrupación de medidas preventivas.

Equipo	Medidas preventivas	Realizada Por	Duración	Tiempo
Llenadora 5	Inspección y mantenimiento preventivo	Operario	1 hr.	Mensual
	Reemplazo	Mecánico	1 hr.	Cuando se requiera
	Verificar y cambiar si es necesario	Mecánico	1.5 hr.	Cuando se requiera
	Capacitación en mantenimiento básico para operarios	Mecánico	2 hr.	1 mes
	Limpieza	Operario	5 min.	Semanal
	Calibrar la llenadora	Operario	5 min.	Diario y Mensual
	Inspección y mantenimiento de batería	mecánico	1 hr.	Mensual

Fuente: Elaboración Propia

Fase 7: Puesta en marcha de medidas preventivas

En esta fase, se utilizó la técnica de cronograma del Plan de mantenimiento preventivo e inspecciones, como herramienta se utilizó el Diagrama de Gantt. En el desarrollo, se elaboró un diagrama de Gantt con la planificación de mantenimiento preventivo e inspecciones, en base a las medidas preventivas obtenidas en los 2 pasos anteriores. Se obtuvo como resultados: el resumen del cronograma de mantenimiento y el plan de capacitaciones.

Tabla 40. Resumen del plan de mantenimiento preventivo.

Falla	Veces	Tiempo	Realizada por
Desgaste del jebe dentro del cabezal	1	3 meses	Operario/Mecánico
Desgaste del sistema de conexión eléctrico	1	1 año	Mecánico
Equipo mal calibrado	1	1 mes	Operario
Suciedad en el cabezal	4	1 mes	Operario
Falla de la batería	1	4 meses	Mecánico
Fallas en el teclado numérico	1	6 meses	Operario/Mecánico
Falla de las celdas de carga	1	6 meses	Mecánico
Falla de reten	1	6 meses	Mecánico
Suciedad en la base	4	1 mes	Operario

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 41. Hoja para Inspección y Limpieza.

HOJA PARA INSPECCIÓN Y LIMPIEZA																															
Nombre de Maquinaria / Equipo :			Encargado de Inspección:																								Mes :				
N ^o	Descripción	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
1	Desgaste del jebe dentro del cabezal				█																										
2	Desgaste del sistema de conexión eléctrico					█																									
3	Equipo mal calibrado	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
4	Suciedad en el cabezal	█							█							█							█								█
5	Falla de la batería		█																												
6	Fallas en el teclado numérico			█																											
7	Falla de las celdas de carga						█																								
8	Falla de reten				█																										
9	Suciedad en la base	█							█							█							█								█

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 42. Hoja para Mantenimiento Preventivo.

HOJA PARA MANTENIMIENTO PREVENTIVO													
Nombre de Maquinaria / Equipo :		Encargado de Inspección:											
N ^o	Descripción	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
1	Desgaste del jebe dentro del cabezal	■			■			■			■		
2	Desgaste del sistema de conexión eléctrico	■											
3	Equipo mal calibrado	■											
4	Suciedad en el cabezal												
5	Falla de la batería	■				■				■			
6	Fallas en el teclado numérico	■						■					
7	Falla de las celdas de carga		■										
8	Falla de reten	■						■					
9	Suciedad en la base												

Fuente: Elaboración Propia

El mantenimiento básico de las maquinas será realizado por el personal de producción, para lo cual será debidamente capacitado, tomando el siguiente plan:

Tabla 43. Plan y Cronograma de Capacitaciones.

N°	Curso/Tema	Sesión	Hrs.	Dirigido a:	Setiembre				Octubre				Noviembre				Diciembre							
					1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
1	Control de Calidad	Capacitación sobre Válvulas de balones de GLP	1	Jefe de Planta, Asistente de Planta y Operarios	x									x										
		Revisión de Fugas	1			x										x								
		Envasado de Balones de 10 kg.	1				x										x							
		Trasiego de Balones	1					x										x						
2	Mantenimiento de Equipos	Utensilios Básicos	2	Jefe de Planta, Asistente de Planta y Operarios					x												x			
		Maquinaria Básica	2								x												x	
		Mantenimiento Básico de Equipos	2														x							x

Fuente: Elaboración Propia

Al finalizar el desarrollo de la metodología, se evaluó 3 tesis en las cuales se implementó la metodología RCM a fin saber en cuanto se incrementa la disponibilidad de las maquinas tras el desarrollo de su respectiva propuesta de mejora. Para posteriormente tomarlo como base para nuestra respectiva mejora.

Tabla 44. Disponibilidad de tesis.

Tesis	Disp. actual	Disp. con mejora	Variación
Rcm para optimizar la disponibilidad de los tractores d8t en la empresa Aruntani SAC – unidad Tukari	83.5%	94%	10.50%
Aplicación de Rcm como estrategia de implementación del mantenimiento predictivo para la metodología TPM	85%	93%	8.00%
Propuesta de un plan de mantenimiento centrado en confiabilidad para mejorar la eficiencia de los activos críticos en la empresa Cartavio S.A.A.	87.4%	90.16%	2.76%
Promedio			7.1%

Fuente: Elaboración Propia

Tras realizar un promedio a los valores del incremento de la disponibilidad tras la mejora en las 3 tesis analizadas, se obtuvo como dato: 7.1%, el cual será la empresa COSTAGAS utilizara y asimilara como el valor de mejora de la disponibilidad, a fin de determinar los nuevos indicadores de confiabilidad y mantenimiento de la Llenadora 5 universal UFM.

Tabla 45. Nuevos indicadores de mantenimiento.

INDICADOR	VALOR
Disponibilidad (%)	95.60%
Confiabilidad (%)	95.6%
MTBF (Tiempo entre fallas)	51.63hr
MTTR(Tiempo por falla)	2.38hr

Fuente: Elaboración Propia

En base a la mejora, la disponibilidad de la llenadora incremento de un 88.54% a un 95.6%, lo que se ve reflejado en la capacidad productiva de la empresa. Pues antes se necesitaba 0.040 hr/balón y ahora se necesita 0.037 hr/balón.

Tabla 46. Producción actual.

Producción con disponibilidad del 88.54%	
Producción	0.040 hr/balón
Producción mensual	48,000 balones

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 47. Producción mejorada.

Producción con disponibilidad del 95.6%	
Producción	0.037 hr/balón
Producción mensual	51,830 balones

Fuente: Elaboración Propia

Al finalizar la implementación de la mejora de mantenimiento, se obtuvo una reducción de la pérdida por mantenimiento en un 52%, lo que genera un beneficio de S/. 23,616.18.

Tabla 48: Beneficio de la Mejora con RCM

Resumen	
Pérdida actual	S/40,288.53
Pérdida después de la Mejora	S/21,497.85
Beneficio de la Mejora	S/23,616.18

Fuente: Elaboración Propia

Métodos

Luego de desarrollar las metodologías de RCM y Ciclo de Deming, se realiza nuevamente el balance de línea. En el cual, se determinó que para reducir el tiempo de ciclo en la estación de envasado, se decide separarla en dos: envasado 1 y envasado 2, en la cual se distribuye 5 máquinas a cada una y solo se agregan 2 operarios en la nueva estación. Los datos que se obtuvieron fueron los siguientes:

Tabla 49. Datos mejorados de las estaciones de trabajo del área de producción de la empresa Costa Gas.

Estación	Tiempo en seg.	Tiempo en hrs.	% Participación	N° operarios	Máquinas	Balones que salen	Productividad balones/oper.	Productividad balones/máquina	Velocidad prod balones/hr
1	531000.00	147.50	25.05%	2	1	48000	24000	48000	326
2	599326.27	166.48	28.27%	3	1	44160	14720	44160	266
3	674073.98	187.24	31.80%	3	5	15198	5066	3040	82
4	674073.98	187.24	31.80%	2	5	15198	7599	3040	82
5	315376.38	87.60	14.88%	2	0	24256	12128	25520	277
		588.83		12					

Fuente: Elaboración Propia

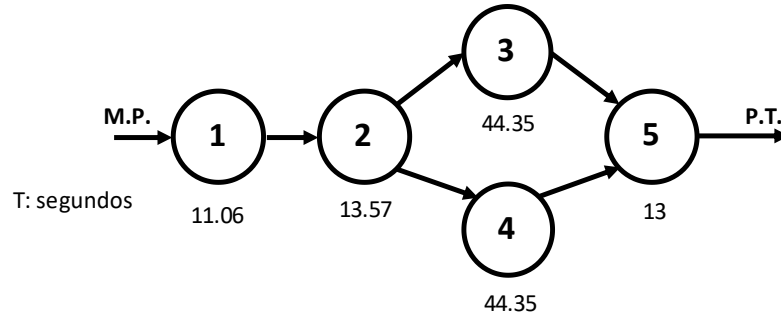
Se observa que la capacidad de planta luego de la mejora es de 82 balones por hora.

Tabla 50. Resumen de datos mejorados de las estaciones de trabajo del área de producción de la empresa Costa Gas.

Resumen de Datos Mejorados en el Área de Producción	
Producción mensual requerida	72011 balones
Tiempo de ciclo	44.35 seg./balón
N° mínimo de estaciones	3
Eficiencia de línea	94.95%
Tiempo ocioso	6.72 seg.

Fuente: Elaboración Propia

Figura 20. Balance de Línea Mejorado



Fuente: Elaboración Propia

Tabla 51. Análisis del Balance de Línea Actual y Mejorada.

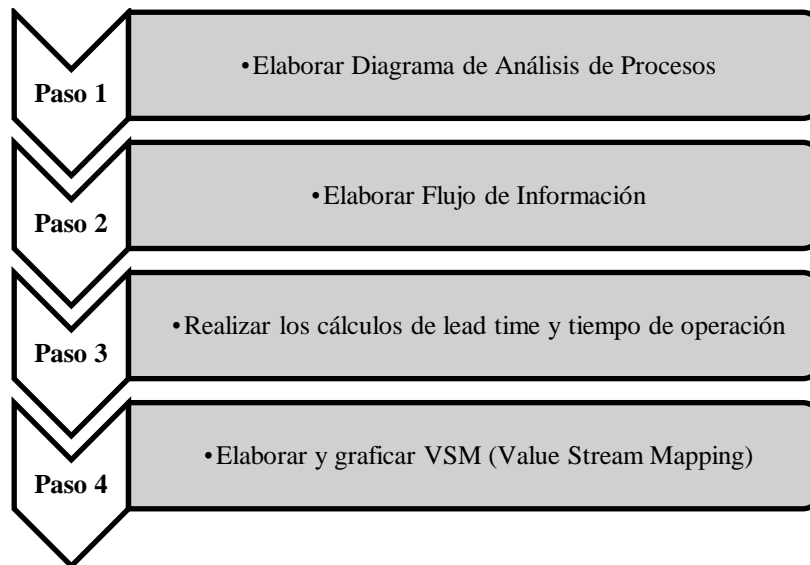
	ANTES DE LA MEJORA	DESPUÉS DE LA MEJORA
Tiempo de ciclo	91.28 seg./balón	44.35 seg./balón
Eficiencia de la línea	79.36%	94.95%
Tiempo ocioso	37.68 seg.	6.72 seg.
Capacidad de planta	40 balones/hora	88 balones/hora

Fuente: Elaboración Propia

a. Mapa de flujo de valor (VSM)

Según el libro: Lean Manufacturing. Chase, R., Jacobs, R., y Aquilano, N. (2009). Administración de operaciones. México: McGraw-Hill/Interamericana, menciona acerca de la Metodología VSM (Value Stream Mapping) que permite visualizar todo un proceso, así como detallar y entender completamente el flujo, tanto de información como de materiales necesarios, para que un producto o servicio llegue al cliente. A la vez, permite identificar las estaciones que no agregan valor al proceso para posteriormente iniciar las actividades necesarias para eliminarlas. Para desarrollar esta metodología, se deben seguir los siguientes pasos:

Figura 21. Pasos para la elaboración de un VSM



Fuente: *Lean Manufacturing*. Chase, R., Jacobs, R., y Aquilano, N. (2009). *Administración de operaciones*.

México: McGraw-Hill/Interamericana.

Para el desarrollo del VSM actual de la empresa COSTA GAS S.A.C., se realizó en base a una muestra de 2 500 balones como demanda promedio diaria de GLP en envase de 10kg.

Paso 1. Elaboración de Diagrama de Análisis de Procesos

En este paso, la técnica empleada es la observación, que permitió definir las estaciones de trabajo y la toma de tiempos, para encontrar el tiempo estándar de cada estación. La herramienta empleada es una matriz en Excel, en la cual se graficó el Diagrama de Análisis de Procesos. Por lo cual, se obtuvo como resultados siguiente cuadro resumen.

Tabla 52. Resumen de Diagrama de Análisis de Procesos

Actividad	Cantidad	Tiempos (seg.)	Distancia (m)
Operación	9	116.63	0
Transporte	4	38.4	14
Demora	0	0	0
Inspección	1	7.8	2
Almacenaje	1	12.5	0
Total	15	175.33	16

Fuente: *Elaboración Propia*

Tabla 53: Diagrama de Análisis de Procesos.

EMPRESA COSTA GAS S.A.C.								
Actividad: Envasado de GLP en balones de 10 kg.								
Muestra: 2 000 balones de GLP x 10kg. Fecha: 19/10/18								
N°	Descripción de actividades	Símbolo					Tiempo (seg)	Distancia (m)
		●	➔	◐	■	▼		
1	Descargar el balón	●					5.2	
2	Trasladar el balón al área de limpieza	●	➔	●			10.5	2
3	Limpiar el balón	●					8.4	
4	Apilar el balón	●					3.2	
5	Pintar el balón	●					7.97	
6	Colocar el logo en el balón	●					5.2	
7	Apilar el balón	●					4.16	
8	Trasladar balón al carro	●	➔	●			7.5	3
9	Trasladar a la plataforma	●	➔	●			10.6	2.5
10	Descargar el balón en la plataforma	●					4.6	
11	Envasar GLP en balón	●					74.3	
12	Verificar el balón	●			●		7.8	2
13	Apilar el balón	●					3.6	
14	Trasladar el balón al área de almacén de PT	●	➔	●			9.8	6.5
15	Almacenar el balón	●				●	12.5	

Fuente: Elaboración Propia.

Paso 2. Elaborar Flujo de Información

En este paso, se detalla toda la información requerida para poder ejecutar los cálculos que se observarán en el paso 3, como: tiempo de ciclo, tiempo de preparación, número de operarios, turnos, hora de entrada y materia prima. Por lo que, no se necesitó de una técnica específica para desarrollarla, pero sí de la herramienta: matriz de análisis de flujo de información en Excel. Por lo que, se obtuvo los siguientes resultados.

Tabla 54. Análisis de Flujo de Información.

		Demanda Promedio: 2 000 balones / día
		Demanda Promedio: 48 000 balones / mes
	ATRIBUTOS GLOBALES DEL PROCESO	Tamaño del Lote: 100 balones
		N° de Turnos por día: 1
		Disponibilidad: 8 horas por turno con 1 hora de descanso
		Tiempo de Ciclo: 720 000 segundos
		Tiempo de Preparación: -
1	ABASTECIMIENTO DE MATERIA PRIMA	Operarios: 2
		Turnos: 1
		Hora de Entrada: 5:00 a.m.
		Materia Prima: 50 500 balones
		Tiempo de Ciclo: 653 956.83 segundos
		Tiempo de Preparación: 240 minutos
2	LIMPIEZA Y SELECCIÓN DE BALONES	Operarios: 2
		Turnos: 1
		Hora de Entrada: 5:00 a.m.
		Materia Prima: 50 500 balones
		Tiempo de Ciclo: 787 012.99 segundos
		Tiempo de Preparación: 360 minutos
3	PINTADO	Operarios: 3
		Turnos: 1
		Hora de Entrada: 4:00 a.m.
		Materia Prima: 46 460 balones
		Tiempo de Ciclo: 418 140 segundos
		Tiempo de Preparación: 480 minutos
4	ENVASADO	Operarios: 3
		Turnos: 1
		Hora de Entrada: 5:00 a.m.
		Materia Prima: 19 746 balones

		Tiempo de Ciclo: 490 245.52 segundos
		Tiempo de Preparación: 240 minutos
		Operarios: 2
		Turnos: 1
		Hora de Entrada: 5:00 a.m.
5	INSPECCIÓN Y APILADO	Materia Prima: 13 349 tapas, 13 349 balones de 10 kg de GLP

Fuente: Elaboración Propia.

Paso 3. Cálculo del Lead Time y Tiempos de Operación

En este paso, se calculó el LT en base a la cantidad de balones que serán envasados, el cuál será calculado en meses al dividir la cantidad de producto en proceso entre la demanda promedio por mes. En este caso, no se empleó una técnica específica. Y con respecto a la herramienta, se utilizó una matriz en la hoja de cálculo de Excel para hallar el lead time y tiempo de operación de cada estación. A continuación, se presenta la tabla con los cálculos antes mencionados.

Tabla 55. Tiempo de entrega de producción en meses.

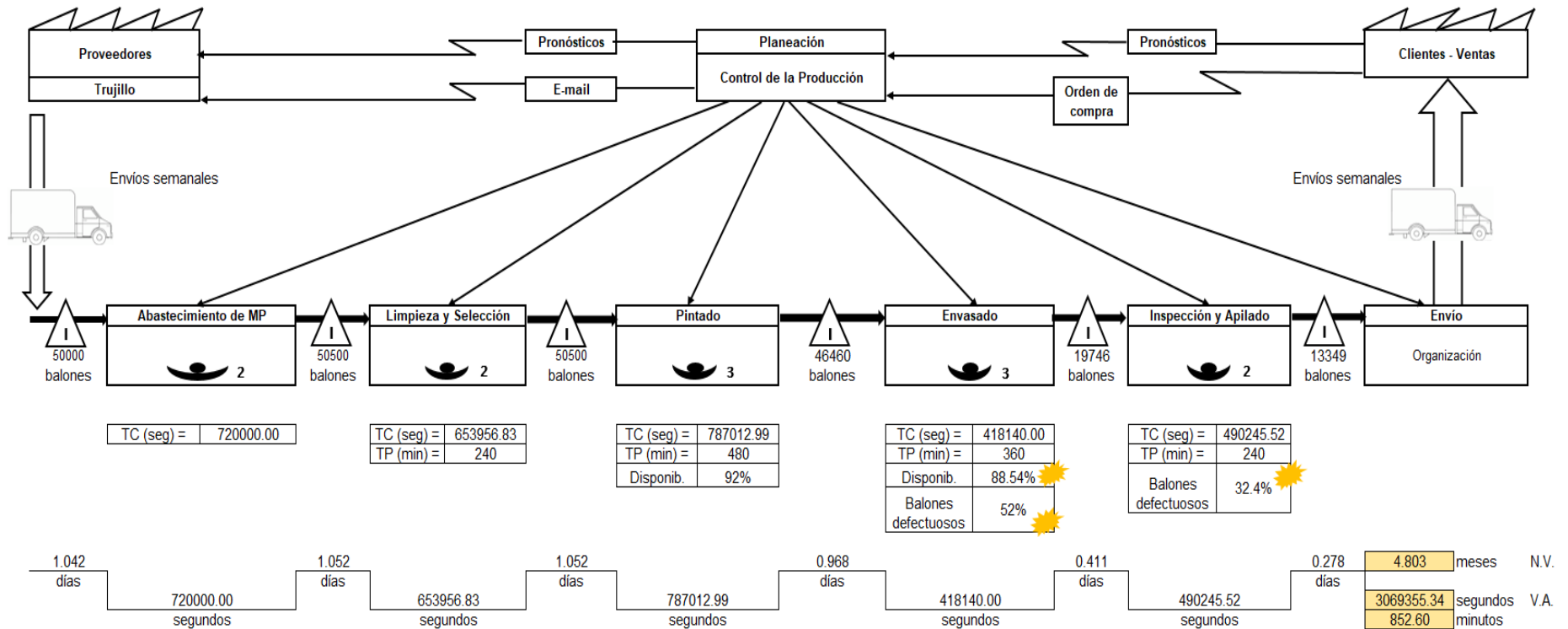
1	Tiempo de entrega entre descarga y abastecimiento de MP.	(50000/48000)	1.042 mes
2	Tiempo de entrega de balones entre abastecimiento de MP y limpieza y selección.	(50500/48000)	1.052 mes
3	Tiempo de entrega de balones entre limpieza y selección y pintado.	(50500/48000)	1.052 mes
4	Tiempo de entrega de balones entre pintado y envasado.	(46460/48000)	0.968 mes
5	Tiempo de entrega de balones entre envasado e inspección y apilado.	(19746/48000)	0.411 mes
6	Tiempo de entrega de balones entre inspección y apilado y zona de envío.	(13349/48000)	0.278 mes
	Total		4.803 meses

Fuente: Elaboración Propia.

Paso 4. Elaborar y Graficar VSM

En este caso, la técnica empleada es evaluación de cálculos y la herramienta es la matriz VSM en la hoja de cálculo de Excel. Por lo que se obtuvo los siguientes resultados.

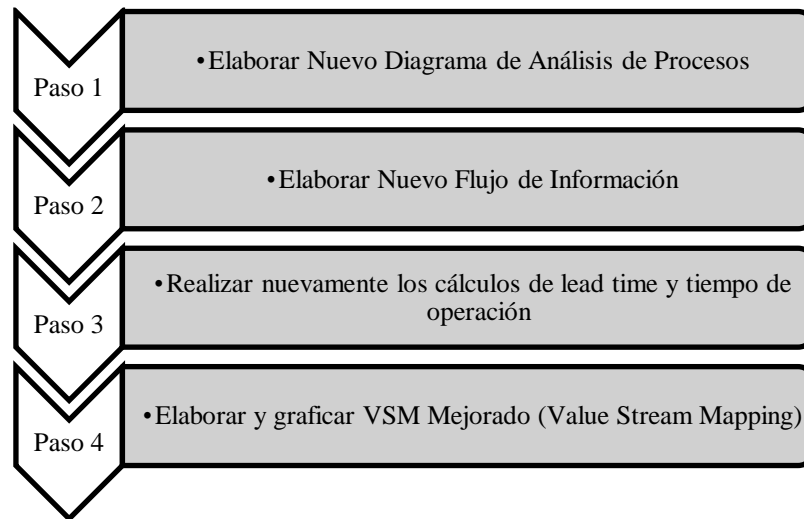
Figura 22. VSM Actual.



Fuente: Elaboración Propia.

Luego de aplicar la mejora, se redujo el tiempo en el diagrama de análisis de procesos, de 175.33 segundos a 155.5 segundos.

Figura 23. Pasos para la elaboración del nuevo VSM



Fuente: Elaboración Propia.

Paso 1. Elaboración de Nuevo Diagrama de Análisis de Procesos

En este paso, se vuelve a desarrollar el diagrama de análisis de proceso mediante la técnica de observación, que permitió definir las estaciones de trabajo y la nueva toma de tiempos, para encontrar el nuevo tiempo estándar de cada estación. La herramienta empleada fue una matriz en Excel. Por lo cual, se obtuvo como resultados siguiente cuadro resumen.

Tabla 56. Resumen de Nuevo Diagrama de Análisis de Procesos.

Actividad	Cantidad	Tiempos (seg.)	Distancia (m)
Operación	9	107.9	0
Transporte	4	27.3	14
Demora	0	0	0
Inspección	1	7.8	2
Almacenar	1	12.5	0
Total	15	155.5	16

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 57. Nuevo Diagrama de Análisis de Proceso.

EMPRESA COSTA GAS S.A.C.								
Actividad: Envasado de GLP en balones de 10 kg.								
Muestra: 2000 balones de GLP x 10kg.								
N°	Descripción de actividades	Símbolo					Tiempo (seg)	Distancia (m)
		●	➔	◐	■	▼		
1	Descargar el balón	●					2.5	
2	Trasladar el balón al área de limpieza	●	➔	●			5	2
3	Limpiar el balón	●					8	
4	Apilar el balón	●					2.5	
5	Pintar el balón	●					6.5	
6	Colocar el logo en el balón	●					3.5	
7	Apilar el balón	●					3	
8	Trasladar balón al carro	●	➔	●			6.5	3
9	Trasladar a la plataforma	●	➔	●			6	2.5
10	Descargar el balón en la plataforma	●					4	
11	Envasar GLP en balón	●					74.3	
12	Verificar el balón	●	➔	●			7.8	2
13	Apilar el balón	●					3.6	
14	Trasladar el balón al área de almacén de PT	●	➔	●			9.8	6.5
15	Almacenar el balón	●	➔	●			12.5	

Fuente: Elaboración Propia.

Paso 2. Elaborar Nuevo Flujo de Información

En este paso, se detalla la nueva información requerida para poder ejecutar los cálculos (paso 3), como: tiempo de ciclo, tiempo de preparación, número de operarios, turnos, hora de entrada y materia prima. Por lo que, nuevamente no se necesitó de una técnica específica para desarrollarla, pero sí de la herramienta: matriz de análisis de flujo de información en Excel. Por lo que, se obtuvo los siguientes resultados.

Tabla 58. Análisis de Nuevo Flujo de Información.

ATRIBUTOS GLOBALES DEL PROCESO	Demanda Promedio: 2 000 balones / día
	Demanda Promedio: 48 000 balones / mes
	Tamaño del Lote: 100 balones
	Nº de Turnos por día: 1
	Disponibilidad: 8 horas por turno con 1 hora de descanso
ABASTECIMIENTO DE MATERIA PRIMA	Tiempo de Ciclo: 720 000 segundos
	Tiempo de Preparación: -
	Operarios: 2
	Turnos: 1
	Hora de Entrada: 5:00 a.m.
LIMPIEZA Y SELECCIÓN DE BALONES	Materia Prima: 18 500 balones
	Tiempo de Ciclo: 531 000 segundos
	Tiempo de Preparación: 240 minutos
	Operarios: 2
	Turnos: 1
PINTADO	Hora de Entrada: 5:00 a.m.
	Materia Prima: 48 000 balones
	Tiempo de Ciclo: 599 326.27 segundos
	Tiempo de Preparación: 360 minutos
	Operarios: 3
ENVASADO 1	Turnos: 1
	Hora de Entrada: 4:00 a.m.
	Materia Prima: 48 000 balones
	Tiempo de Ciclo: 674 073.98 segundos
	Tiempo de Preparación: 450 minutos
	Operarios: 3

ENVASADO 2	Turnos: 1
	Hora de Entrada: 5:00 a.m.
	Materia Prima: 22 080 balones
	Tiempo de Ciclo: 674 073.98 segundos
	Tiempo de Preparación: 450 minutos
	Operarios: 2
INSPECCIÓN Y APILADO	Turnos: 1
	Hora de Entrada: 5:00 a.m.
	Materia Prima: 22 080 balones
	Tiempo de Ciclo: 315 376.38 segundos
	Tiempo de Preparación: 240 minutos
	Operarios: 2
	Turnos: 1
	Hora de Entrada: 5:00 a.m.
	Materia Prima: 30 397 tapas, 30 397 balones de 10 kg de GLP

Fuente: Elaboración Propia.

Paso 3. Cálculo del Nuevo Lead Time y Nuevos Tiempos de Operación

En este paso, se calculó nuevamente el L.T. en base a la cantidad de balones que serán envasados, el cuál será calculado en meses al dividir la cantidad de producto en proceso entre la demanda promedio por mes. En este caso, no se empleó una técnica específica. Y con respecto a la herramienta, se utilizó una matriz en la hoja de cálculo de Excel para hallar el lead time y tiempo de operación de cada estación. A continuación, se presenta la tabla con los nuevos cálculos antes mencionados.

Tabla 59. Nuevos tiempos de entrega de producción en meses.

1	Tiempo de entrega entre descarga y abastecimiento de MP.	(18500/48000)	0.385 mes
2	Tiempo de entrega de balones entre abastecimiento de MP y limpieza y selección.	(48000/48000)	1 mes
3	Tiempo de entrega de balones entre limpieza y selección y pintado.	(48000/48000)	1 mes

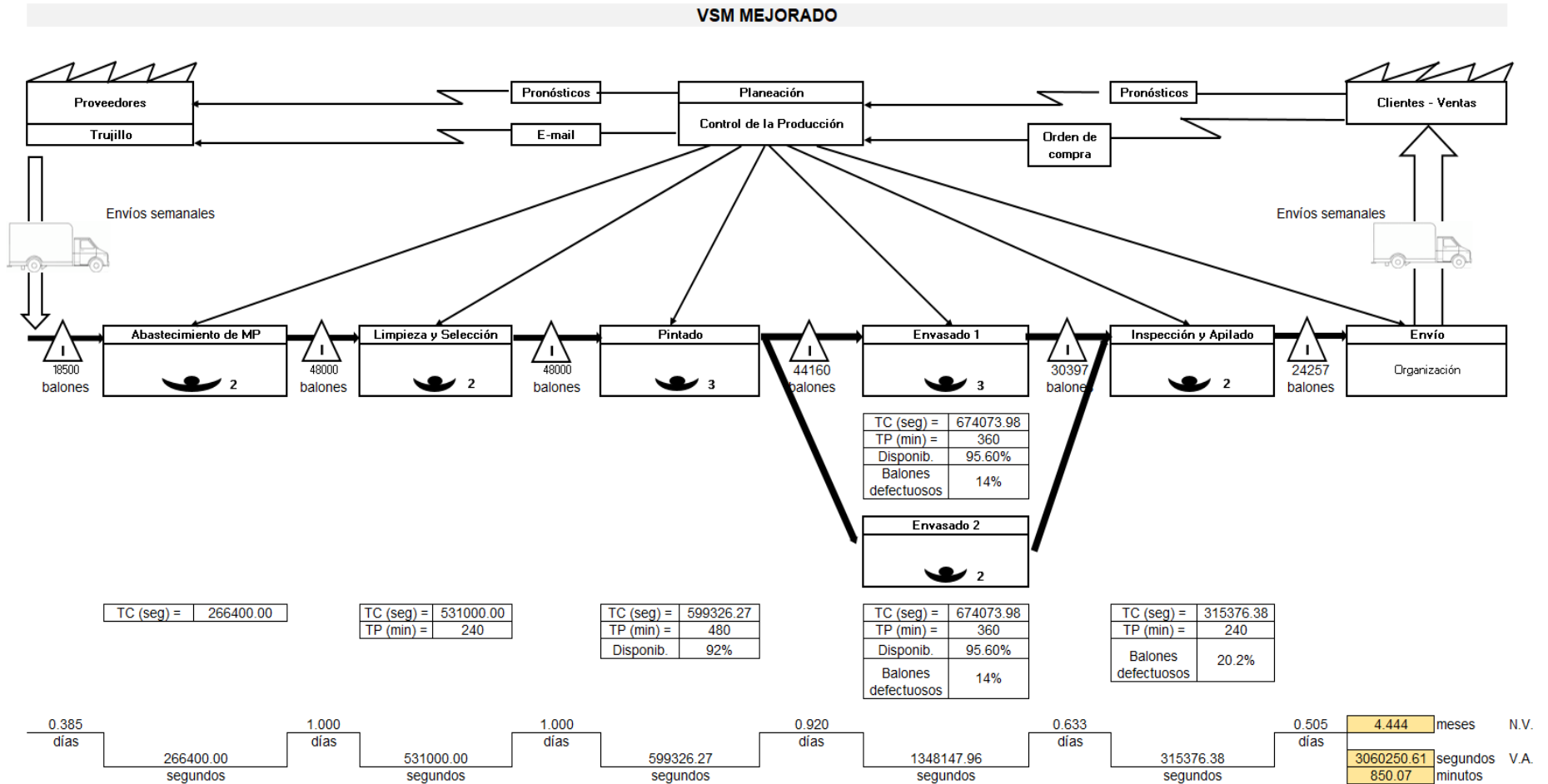
4	Tiempo de entrega de balones entre pintado y envasado.	(44160/48000)	0.920 mes
5	Tiempo de entrega de balones entre envasado e inspección y apilado.	(30397/48000)	0.633 mes
6	Tiempo de entrega de balones entre inspección y apilado y zona de envío.	(24257/48000)	0.505 mes
Total			4.444 meses

Fuente: Elaboración Propia.

Paso 4. Elaborar y Graficar el nuevo VSM.

En este caso, se volvió a emplear la técnica de evaluación de cálculos y la herramienta es la matriz VSM en la hoja de cálculo de Excel. Por lo que se obtuvo los siguientes resultados:

Figura 24. VSM Mejorado.



Fuente: Elaboración Propia.

Comparación de los datos actuales con los mejorados:

Tabla 60. Comparación de cálculos: Actividades que le agregan valor y no le agregan valor al proceso (en tiempo).

	ANTES DE LA MEJORA	DESPUÉS DE LA MEJORA	%
N.V. (meses)	4.80	4.44	7.48%
V.A. (minutos)	852.60	850.07	0.30%

Fuente: Elaboración Propia.

Con respecto a la reducción de tiempos que no le agregan valor al producto, se redujo en un 7.48 % y en cuanto al tiempo operativo (que sí agrega valor al producto) se redujo en un 0.30 %.

b. MRP I

Paso 1. Pronóstico de la demanda

Se ha pronosticado la demanda para los 12 meses del año 2019, teniendo como base información de las demanda del año 2018. Para esto, el tipo de pronóstico se ha evaluado mediante el R^2 , el cual debe ser mayor a 0.8, para poder tener valores más cercanos a la realidad. Es por ello, que mediante la técnica de pronósticos, se ha optado por un pronóstico polinómico de quinto orden.

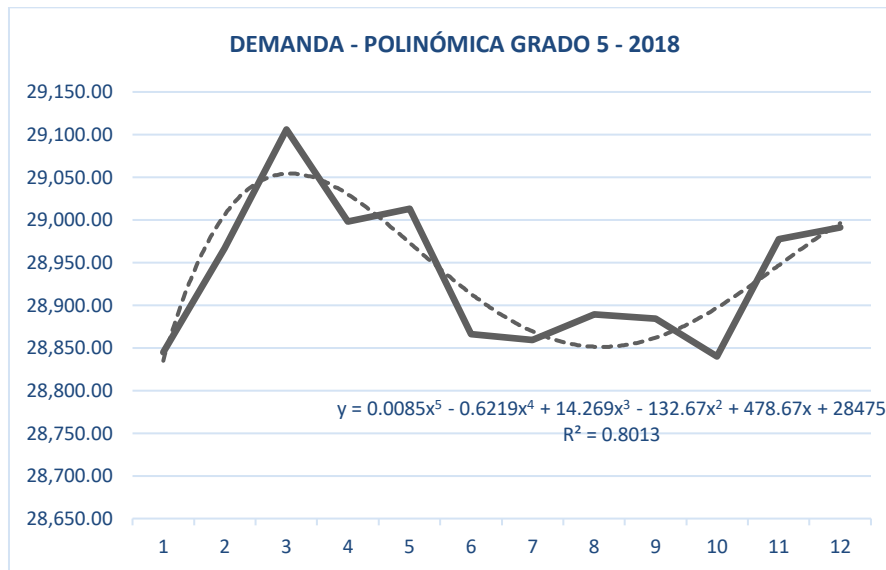
Tabla 61. Pronostico de la Demanda para los 12 meses del año 2019.

MES	BALONES DE GLP DE 10 KG (UNIDADES)
37	11,211
38	14,810
39	19,951
40	26,901
41	35,952
42	47,422
43	61,655
44	79,024

45	99,931
46	124,806
47	154,113
48	188,346

Fuente: Elaboración Propia.

Figura 25. Comportamiento de la demanda.



Fuente: Elaboración Propia.

Paso 2. Plan agregado de producción

Respecto al segundo paso, se desarrolló el plan agregado bajo tres estrategias; de persecución, nivelación y nivelación-tiempo extra; según lo explicado por Chase, R. & Jacobs, F. (2014) en el libro “Administración de Operaciones, Producción y Cadena de Suministros”. Los resultados del plan se muestran en la *tabla 52*; el plan a escoger es el de nivelación por tener el más bajo costo y cumplir con la demanda.

Tabla 62. Resultados del Plan Agregado

Descripción del plan	Costo total
1. Persecución	S/. 393,923
2. Nivelación	S/. 223,737
3. Nivelación – Tiempo extra	S/. 350,627

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 63. Resultados del Plan Agregado Mejorado.

Descripción del plan	Costo total
1. Persecución	S/. 373,672
2. Nivelación	S/. 220,847
3. Nivelación – Tiempo extra	S/. 329,051

Fuente: Elaboración Propia.

Paso 3. Plan maestro de producción.

Posteriormente, se realizó el tercer paso, el cual consiste en determinar el plan maestro de producción, se consideró un trimestre, por lo que se trabajará con las demandas pronosticadas para los meses de Noviembre-18, Diciembre-18 y Enero-19.

Tabla 64. Resultados del PMP Mejorado.

	Nov-18			
	SEM1	SEM2	SEM3	SEM4
Horas disponibles por semana	480	480	480	480
Horas requeridas por semana	499	520	522	519
Balón de gas de 10 kg	499	520	522	519
Diferencia de horas	(19)	(40)	(42)	(39)
Capacidad en horas	Insuficiente	Insuficiente	Insuficiente	Insuficiente

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 65. Resultados del PMP Mejorado.

	Nov-18			
	SEM1	SEM2	SEM3	SEM4
Horas disponibles por semana	480	480	480	480
Horas requeridas por semana	448	478	480	477
Balón de gas de 10 kg	448	478	480	477
Diferencia de horas	32	2	0	3
Capacidad en horas	Suficiente	Suficiente	Suficiente	Suficiente

Fuente: Elaboración Propia.

Paso 4. Lista de materiales.

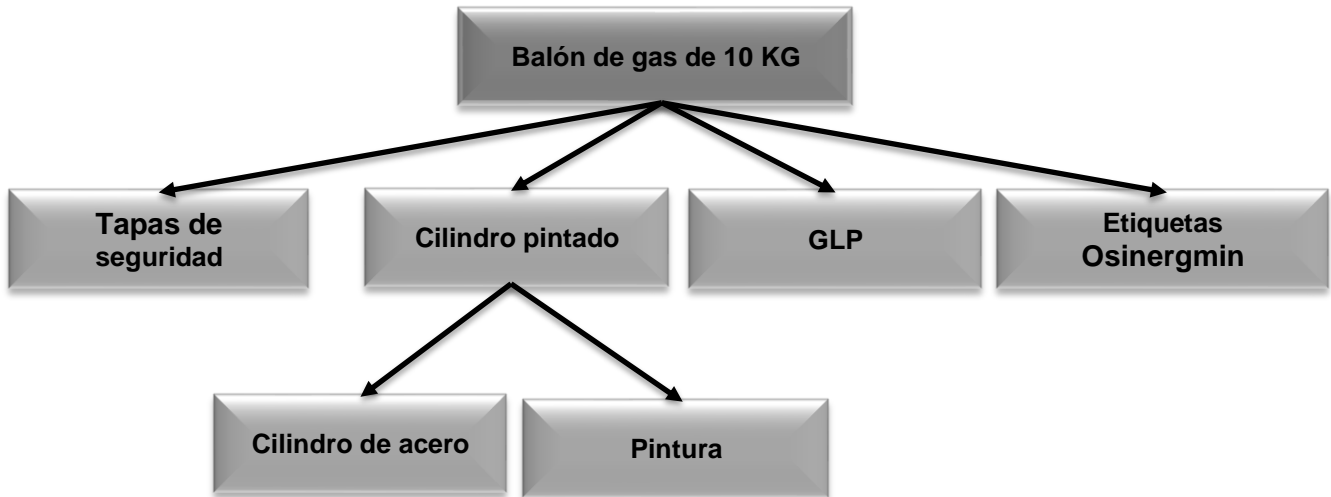
Con respecto a la Lista de Materiales que integran un producto final, se debe descomponer teniendo así los componentes necesarios para poder producir el SKU utilizando la técnica de Gozinto, teniendo así una forma estructurada para poder realizar el MRP y la relación con el SKU.

Tabla 66. Lista de Materiales.

Tipo	Descripción	Unidad	Stock disponible	Lead Time (semana)	Tamaño de lote	Stock Seguridad
SKU1	Balón de gas de 10 KG	balón	1250	0	LFL	0
COM P1	Cilindro pintado	Batch	100	0	LFL	0
Mat	Cilindro de acero	pieza	550	0	LFL	0
Mat	Etiqueta de Osinergmin	pieza	5100	1	4500	2100
Mat	GLP	kg	10500	1	LFL	9800
Mat	Pintura	galón	600	0	LFL	500
Mat	Tapas de seguridad	pieza	5000	1	1000	3400

Fuente: Elaboración Propia.

Figura 26. Diagrama de Gozinto.



Fuente: Elaboración Propia.

Paso 5. Ejecución del MRP

Una vez realizado los procedimientos necesarios, se ejecuta el MRP, para el cual es necesario tener el inventario con datos tales como Lead Time y tamaño de lote. Además, en los cuadros del MRP, se especifican valores tales como: necesidades brutas, entradas previstas, stock final, necesidades netas, pedidos planeados y lanzamientos de órdenes. Estos cálculos nos ayudan a determinar y poder tener en claro nuestras ordenes de aprovisionamiento para cumplir con la producción.

Tabla 67. Órdenes de aprovisionamiento Nov-18 Actual.

	TIPO	Nov-18			
		SEM1	SEM2	SEM3	SEM4
SKU's	Balón de gas de 10 KG	9400.00	12920.00	12970.00	12901.00
COMPONENTES	Cilindro pintado	9300.00	12920.00	12970.00	12901.00
MATERIALES	Cilindro de acero	8050.00	12920.00	12970.00	12901.00
	Etiqueta Osinergmin	13500.00	13500.00	9000.00	13500.00

GLP	129200.00	129700.00	129010.00	129100.00
Pintura	52.00	64.60	64.85	64.51
Tapas de seguridad	8000.00	13000.00	13000.00	13000.00

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 68. Órdenes de aprovisionamiento Nov-18 Mejorado.

	TIPO	Nov-18			
		SEM1	SEM2	SEM3	SEM4
SKU's	Balón de gas de 10 KG	10850.00	12920.00	12970.00	12901.00
COMPONENTES	Cilindro pintado	10750.00	12920.00	12970.00	12901.00
MATERIALES	Cilindro de acero	10300.00	12920.00	12970.00	12901.00
	Etiqueta Osinergmin	13500.00	13500.00	13500.00	9000.00
	GLP	129200.0	129700.00	129010.0	129100.00
	Pintura	0.00	18.85	64.85	64.51
	Tapas de seguridad	13000.00	13000.00	13000.00	12000.00

Fuente: Elaboración Propia.

Asimismo, tras la elaboración del MRP incluyendo las mejoras desarrolladas anteriormente, se pueden determinar los siguientes indicadores que se muestran en el *Tabla 59*.

Tabla 69. Indicadores de la Mejora.

	ACTUAL	MEJORA
Producción mensual	48,000 balones/mes	51827 balones/mes
Producción hora	2000 balones/día	2160 balones/día
Producción hora	250 balón/h	270 balón/h
% Merma	36%	22%
Tiempo Estándar	144.88seg	133.34 seg

Fuente: Elaboración Propia.

Sobre todo, la importancia de dichos resultados se centran en la reducción del 25% de las pérdidas mensuales por una “falta de planificación de la producción” de S/. 40,410.77, a S/. 24,749.70; lo cual representa una gran oportunidad de mejora para beneficio de la empresa.

Al realizar el estado de resultados, se considera la demanda proyectada de noviembre 2018 a agosto 2019, considerando la producción al 88%, puesto que esta es su nueva disponibilidad.

Con respecto al flujo de caja, se realizó una inversión inicial de S/17,000.00, que abarca las tres propuestas de mejora.

De manera que, al evaluarlo en el periodo de tiempo mencionado anteriormente, se encontraron: el VAN, TIR y B/C detallado a continuación:

Tabla 70. TIR, VAN y B/C del proyecto.

VAN Económico	S/. 826,632.13
TIR Económico	1443%
VAN Financiero	S/. 819,707.93
TIR Financiero	1431%
B/C	49.22

Fuente: Elaboración Propia.

Con respecto al financiamiento, la inversión de la mejora 1 fue de S/4,917.00, la mejora 2 fue de S/10,870.00 y la mejora 3 de S/896.00, siendo un total de S/16,683.00. Por lo que se opta por financiamiento en el Banco Interbank.

Tabla 71. Financiamiento Banco Interbank.

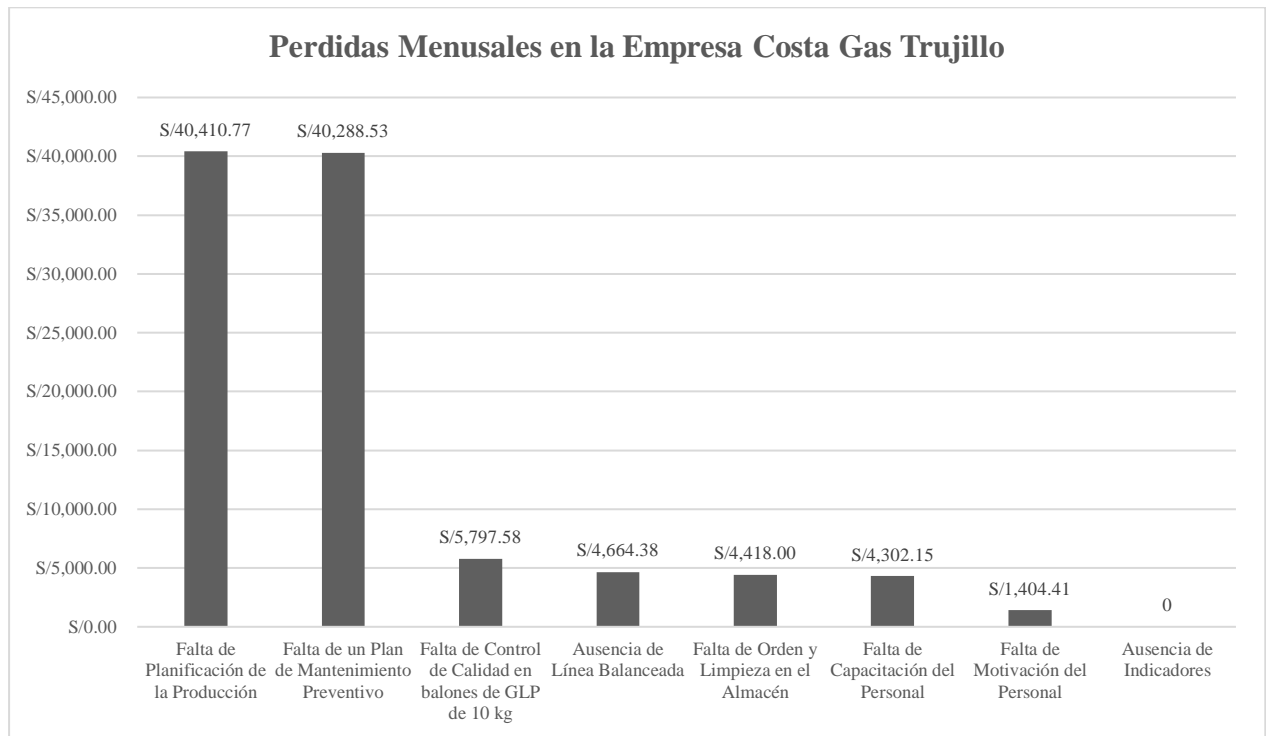
Préstamo	S/17,000.00
Periodo (meses)	10
TEA	34%
Tim	2%
Cuota	S/1,939.28

Fuente: Elaboración Propia.

CAPÍTULO III. RESULTADOS

Al realizar el diagnóstico de pérdidas en la Empresa Costa Gas Trujillo S.A.C., se obtuvo los siguientes resultados:

Figura 27. Resultado Diagnóstico de Pérdidas Mensuales.



Fuente: Elaboración Propia.

Después de desarrollar las metodologías en la empresa Costa GAS Trujillo S.A.C. se obtuvieron los siguientes resultados: Al desarrollar la metodología RCM, como propuesta de mejora, usando de referencia de la evaluación de las 3 tesis recopiladas, se obtuvo una mejora en la disponibilidad y confiabilidad de un 88.54% a un 95.6%, lo que representa una reducción de los gastos en S/23,616.18 al mes. Además, se incrementó la efectividad total de un 40.48%, lo cual es considerando inaceptable, a 71.33% que es considerado regular. La efectividad estándar es OEE>95%, siendo considerado excelente o de clase mundial. Para alcanzar dicha porcentaje y denominación, se debe incrementar el OEE en un 23.67%, lo

que el cual se verá reflejado en la productividad de la empresa, puesto que las paradas de las maquinarias son mínimas. Tenemos los siguientes resultados:

Tabla 72. Resultados de la Metodología RCM.

	ANTES DE LA MEJORA	DESPUÉS DE LA MEJORA
Disponibilidad	88.54%	95.60%
Confiabilidad	88.50%	95.6%
MTBF (Tiempo entre fallas)	3.83 hrs.	51.63 hrs.
MTTR (Tiempo por Falla)	0.5 hrs.	2.38 hrs.
Producción	0.04 hrs. /bal.	0.037 hrs. /bal.
Producción Mensual	48 000 balones	51 830 balones

Fuente: Elaboración Propia.

Con respecto al desarrollo de la metodología de VSM y MRP, se desarrolló el balance de línea, en la cual antes de la mejora, el tiempo de ciclo era de 91.28 seg/balón y después de la mejora fue de 44.35 seg/balón, reduciendo en un 51%. En cuanto a la eficiencia de línea, pasó de 79.36% a 94.95% y en cuanto a la capacidad de planta, pasaron de producir 40 balones/hora a 88 balones/hora, lo que llevó a un beneficio de S/290,304.00.

Tabla 73. Resultados de Balance de Línea.

	ANTES DE LA MEJORA	DESPUÉS DE LA MEJORA
Tiempo de ciclo	91.28 seg./balón	44.35 seg./balón
Eficiencia de la línea	79.36%	94.95%
Tiempo ocioso	37.68 seg.	6.72 seg.
Capacidad de planta	40 balones/hora	88 balones/hora

Fuente: Elaboración Propia.

En cuanto al Value Stream Mapping (VSM) se redujo los tiempos que no le agregan valor al producto en un 7.48% y en cuanto al tiempo operativo (que sí agrega valor al producto) en un 0.30%.

Tabla 74. Resultados de la Metodología VSM.

	ANTES DE LA MEJORA	DESPUÉS DE LA MEJORA	%
N.V. (meses)	4.80	4.44	7.48%
V.A. (minutos)	852.60	850.07	0.30%

Fuente: Elaboración Propia.

Con respecto al desarrollo de la metodología de MRP, la mejora se centró en la reducción del 25% de las pérdidas mensuales por una “falta de planificación de la producción” de S/. 46,049.37, a S/. 34,749.70; lo cual representa una gran oportunidad de mejora para beneficio de la empresa. En ambos casos, se tomó como referencia, la tesis de Ortega Ricardo y Vílchez Mylena, “Propuesta de mejora en la línea de envasado de balones de glp para incrementar la productividad de la empresa envasadora Caxamarca Gas S.A”, en la que se observa que el tiempo ciclo se redujo en un 27%, que si se compara con la presente investigación se superó el estándar en un 24%, siendo un índice altamente beneficioso para la empresa Costa Gas.

Tabla 75. Resultado de MRP.

	ACTUAL	MEJORA
Producción mensual	48,000 balones/mes	51827 balones/mes
Producción hora	2000 balones/día	2160 balones/día
Producción hora	250 balón/h	270 balón/h
% Merma	36%	22%
Tiempo Estándar	144.88seg	133.34 seg

Fuente: Elaboración Propia.

Respecto al desarrollo de la metodología de Ciclo PHVA y Control Estadístico de Procesos, se obtuvo una mejora de los indicadores de Cp y Cpk. Esto se ve plasmado en la reducción de un 36% a 20% en los balones fallados. Para llegar al estándar y obtener unos indicadores de clase mundial se debe reducir de 20% a 16% de fallos en los balones.

Tabla 76. Resultados de Ciclo de Deming.

Problema	Antes de la Mejora			Después de la Mejora		
	Muestra	Balones Fallados	%	Muestra	Balones Fallados	%
Balones Defectuosos	600	214	36%	600	120	20%

Fuente: Elaboración Propia.

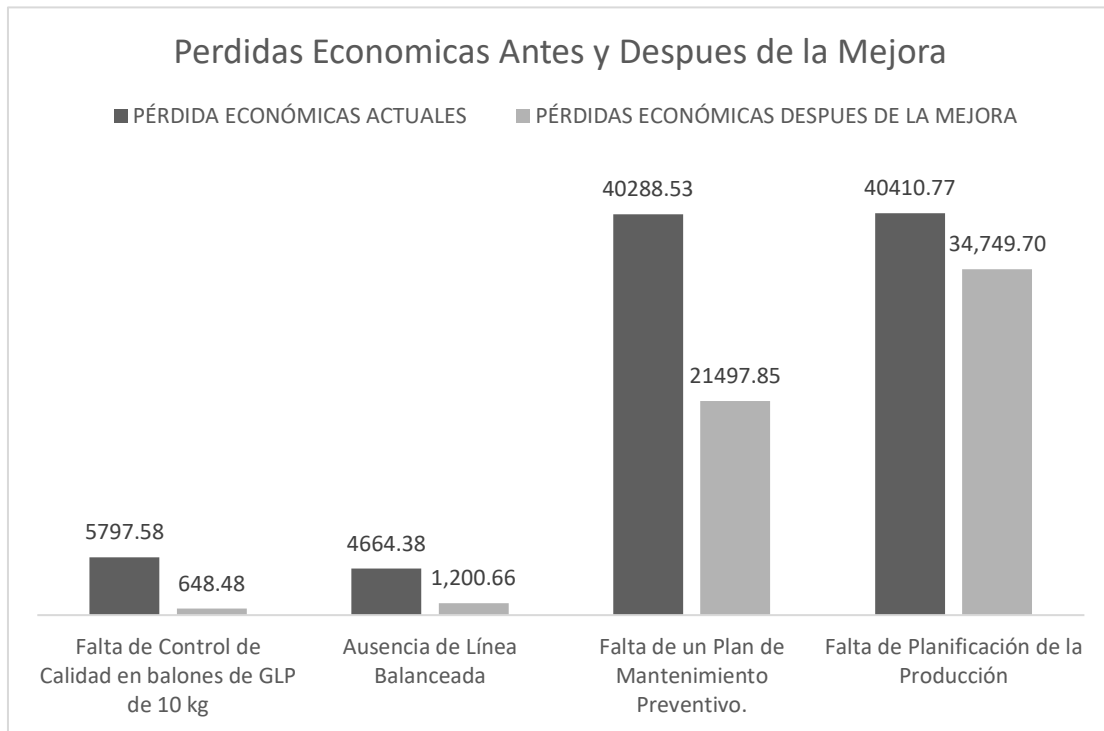
Al analizar las pérdidas económicas antes y después de la mejora, se obtuvo los siguientes resultados:

Tabla 77. Pérdidas económicas después de las mejoras.

ITEM	CAUSA	PÉRDIDA ECONÓMICAS ACTUALES	PÉRDIDAS ECONÓMICAS DESPUES DE LA MEJORA	% VARIACIÓN	BENEFICIO
CR1	Falta de Control de Calidad en balones de GLP de 10 kg	S/. 5,797.58	S/. 648.48	86.09%	S/. 5,419.1
CR6	Ausencia de Línea Balanceada	S/ 4,664.38	S/. 1,200.66	56.24%	S/.3,463.72
CR2	Falta de un Plan de Mantenimiento Preventivo.	S/ 40,288.53	S/21,497.85	72.65%	S/. 18,790.68
CR5	Falta de Planificación de la Producción	S/ 40,410.77	S/. 24,749.70	24.54%	S/. 15,661.07

Fuente: Elaboración Propia.

Figura 28. Gráfico de Pérdidas Económicas Antes y Después de la Mejora.



Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 78. Resultados Obtenidos.

CAUSA	ITEM	RESULTADOS	DIAGNÓSTICO	VARIACIÓN	ANTECEDENTES
Falta de Mantenimiento Preventivo	OEE	71.33%	40.48%	30.85%	OEE > 0.95
Ausencia de Línea Balanceada - Falta de Planificación de la Producción	Tiempo de ciclo	44.35 seg/balón	91.28 seg/balón	51%	27%
Falta de Control de Calidad en balones de GLP de 10 kg	Cp	1.35	0.768	0.582	Cp>=2
	Cpk	1.276	0.696	0.58	Cpk>1.25

Fuente: Elaboración Propia.

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1. Discusión

En el estudio se detectaron muchas causas que originan los elevados costos de la empresa. Entre ellos tenemos la falta de un plan de mantenimiento, esta tiene un impacto de 39.78% en los costos, siendo uno de los principales problemas. Para la mejora de esta problemática se propone como herramienta de mejora Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM), la cual permitió mejorar los indicadores de disponibilidad, confiabilidad, Mtrr, Mtbf.

Al finalizar el desarrollo de la metodología, se evaluó 3 tesis en las cuales se implementó la metodología RCM a fin saber en cuanto se incrementa la disponibilidad de las maquinas tras el desarrollo de su respectiva propuesta de mejora. Para posteriormente tomarlo como base para nuestra respectiva mejora.

Tabla 79. Análisis de Tesis sobre RCM.

Tesis	Disp. actual	Disp. con mejora	Variación
Rcm para optimizar la disponibilidad de los tractores d8t en la empresa Aruntani SAC – unidad Tukari	83.5%	94%	10.50%
Aplicación de Rcm como estrategia de implementación del mantenimiento predictivo para la metodología TPM	85%	93%	8.00%
Propuesta de un plan de mantenimiento centrado en confiabilidad para mejorar la eficiencia de los activos críticos en la empresa Cartavio S.A.A.	87.4%	90.16%	2.76%
Promedio			7.1%

Fuente: Elaboración Propia.

Tras realizar un promedio a los valores del incremento de la disponibilidad tras la mejora en las 3 tesis analizadas, se obtuvo como dato: 7.1%. El cual al ser comparado con la variación de la mejora de este proyecto, que es de 7.06%, nos damos cuenta que es muy cercano, lo que se podría calificar como aceptable.

Otro de los problemas es la Falta de Planificación de la Producción y de Línea Balanceada, lo cual representan el 39.9% y el 4.61% de las pérdidas. Para esto, se planteó como propuesta de mejora el uso de la Metodología VSM, MRP y Balance de Línea. Según Ortega & Vélchez (2012) en su tesis: “Propuesta de mejora en la línea de envasado de balones de GLP para incrementar la productividad de la empresa envasadora Caxamarca Gas S.A.”, obtuvo como resultado que el ciclo disminuyó en 27%, la producción aumentó en 38%, la productividad aumentó en 38%, la eficiencia económica aumentó en 13%, la eficiencia de la línea mejoró en 3.04% y el tiempo ocioso disminuyó en 36%. Mientras que en este proyecto se obtuvieron como resultado que el tiempo de ciclo disminuyó en 51%, la producción aumentó en 54%, la eficiencia mejoró en 15.59% y el tiempo ocioso disminuyó en 82.17%.

Finalmente, como último problema se tiene la Falta de Control de Calidad en balones de 10 kg con GLP, que representan 5.72% de los costos de la empresa. Como propuesta de mejora se usó la metodología de Ciclo de Deming. Según Gutiérrez & De la Vara en su libro: “Control Estadístico de Calidad y Seis Sigma”, señala que los Indicadores para medir si un proceso cumple con ciertas especificaciones y que el proceso está funcionando de manera satisfactoria son el Cp y Cpk. Al terminar la metodología se obtuvo una mejora de los indicadores Cp de 1.35 y Cpk de 1.28, los cuales al ser comparados con los estándares establecidos, nos indican que el proceso es adecuado y si cumple con las especificaciones adecuadas.

4.2. Conclusiones

- Se logró determinar que la Propuesta de Mejora en la Línea de Producción de Balones de 10 kg con GLP en la Empresa Costa Gas Trujillo S.A.C. genera una reducción de costos operativos de S/. 43,334.57
- Se realizó el diagnóstico de los principales problemas en la Empresa Costa Gas Trujillo S.A.C. y se obtuvo como resultado la Falta de un Plan de Mantenimiento, la Falta de Control de Calidad, Falta de Planificación de Producción y la Ausencia de una Línea Balanceada.
- Se determinó que las pérdidas mensuales en la Empresa Costa Gas Trujillo S.A.C., generadas por los principales problemas es de S/. 91,161.25
- Al desarrollar las metodologías VSM, MRP, RCM y Ciclo de Deming, se obtuvo un beneficio de S/. 43,334.57 en la línea de producción de envasado de gas GLP de 10 kilogramos.
- Se determinó que los costos operativos varían de S/. 91,161.25 a S/.47,826.68 lo que indica una reducción del 47.54%, generando un gran beneficio para la empresa.
- Se contrata a un personal de mantenimiento para reducir los gastos en el programa de mantenimiento para una correcta supervisión.
- Se contrata a 2 obreros para el área de envasado, con la finalidad de reducir el tiempo de ciclo de 91.28 seg/balón a 44.35 seg/balón.
- Al diseñar la propuesta de mejora, se obtuvo que para lograr la implementación de las Metodologías de VSM, MRP, RCM y Ciclo de Deming, se necesita una inversión inicial de S/. 17,000
- Se realizó la evaluación de la propuesta de mejora mediante los indicadores económicos como VAN, TIR y B/C, obteniéndose los siguientes resultados, S/.

826,632.13, 1443% y 49.22 respectivamente. Resultados que indican que la propuesta es viable y será de mucho beneficio para la Empresa Costa Gas Trujillo.

REFERENCIAS

- [1] Chase, R., Jacobs, R., y Aquilano, N. (2009). Administración de operaciones. México: McGraw-Hill/Interamericana.
- [2] Chiavenato, I. (2011). El Capital Humano de las Organizaciones. (9° Edición). McGraw-Hill.
- [3] Decreto Supremo N° 2294-EF
- [4] Del Valle, M. (2012). *Gestión de un programa de mantenimiento para plantas de almacenamiento y envasado de GLP (gas licuado de petróleo) en el ministerio de energía y minas* (tesis de grado). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
- [5] Gutiérrez, H., & De la Vara, R. (2009). Control estadístico de calidad y seis sigmas. (2° Edición). McGraw-Hill
- [6] Gutiérrez, H. (2010). Calidad Total y Productividad. (3° Edición) Mc Graw-Hill.
- [7] Hernández, J., & Vizán, A. (2013). Lean Manufacturing: Conceptos, técnicas e implementación. Madrid, España. EOI.
- [8] Ley N° 29571. Código de Protección y Defensa al Consumidor.
- [9] Ley N° 30222. Disposiciones del Trabajador en la Organización del Trabajo.
- [10] Mora, A. (2009) Mantenimiento, planeación, ejecución y control. Colombia. Alfaomega.
- [11] Niebel & Freivalds. (2009). Métodos, estándares y diseño del trabajo. (13° Edición). McGraw-Hill.
- [12] Ortega, R., & Vílchez, M. (2012). *Propuesta de mejora en la línea de envasado de balones de GLP para incrementar la productividad de la empresa envasadora Caxamarca Gas S.A – Cajamarca* (tesis de grado). Universidad Privada Del Norte, Cajamarca, Perú.

- [13] Pacheco, S. (2009). *Las mermas y su incidencia tributaria en las plantas envasadoras de GLP en Lima Metropolitana*. (tesis de grado). Universidad de San Martín de Porres, Lima, Perú.
- [14] Pacherras, L., & Placido, J. (2017). Sistema de gestión de inventarios para reducir los costos de inventario en la empresa “Costa Gas Trujillo S.A.C.” – 2017 (tesis de grado). Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo, Perú.
- [15] Real Decreto 1435,1992.
- [16] Resolución de Gerencia General OSINERGMIN N° 003706.
- [17] Rey, F. (2001) *Mantenimiento total de la producción: proceso de implantación y desarrollo*. Madrid, España. Fundación confemetal.
- [18] Rodríguez, R. (2015). *Estudio técnico para mejorar el proceso de reparación de cilindros de g.l.p. y elevar la producción en la empresa envasadora de GLP gas guayas ubicada en el cantón santa Elena provincia de Santa Elena* (tesis de grado). Universidad Estatal Península de Santa Elena, La Libertad, Ecuador.

ANEXOS

Anexo N° 1: Foto de Encuesta al Personal de Producción



Anexo N° 2: Foto del Área de Producción de la Empresa Costa Gas Trujillo S.A.C.



**Anexo N° 3: Foto de Principales Maquinas de Costa Gas Trujillo S.A.C. (Balanza de
Llenado)**



Anexo N° 4: Foto de Principales Maquinas de Costa Gas Trujillo S.A.C.

(Granalladora)



Anexo N° 5: Check List de Inspección de Balanzas Llenadora

Check list de inspección Llenadora 1

Inspector:

Fecha:

	SI	NO
1. Estructura		
1.1. ¿El equipo presenta desperfectos?		X
1.2. ¿El equipo tiene algunas fallas?	X	
1.3. ¿El teclado numérico funciona incorrectamente?	X	
1.4. ¿Hay presencia de desgaste en el cabezal?		X
1.5. ¿El equipo no se encuentra calibrado?	X	
1.6. ¿El cabezal se encuentra sucio?	X	
1.7. ¿La celda de carga está funcionando correctamente?		X
1.8. ¿La base de la maquinaria se encuentra sucia?	X	
1.9. ¿El retén gata se encuentra en mal estado?		X
2. Sistema Eléctrico		
2.1. ¿Hay presencia de desgaste en el sistema de conexión eléctrico?	X	
2.2. ¿La batería funciona correctamente?	X	
2.3. ¿Hay un alto consumo eléctrico?		X
3. Proceso productivo		
3.1. ¿No hay precisión en el llenado?		X

Anexo N° 6: Hoja de Inventario de Balones

INVENTARIO FISICO DE BALONES DE GAS

FECHA: 24/2/18

TOTAL STOCK BALONES: 4518

STOCK DE BALONES FISICO EN PLANTA						ROTACION		TRANSITO		OBSERVACIONES
ENVASADO	PINTURA	MANTENIMIENTO	DESECHO	OFICINA	GARITA	RESPONSABLE	CANTIDAD	RESPONSABLE	CANTIDAD	
88	219	171			04	AVALOS	426			Libro Gas 200
123	108	83			66	FREDDY	50			
05	101	8			66	LUNA	43			
20	106	55			04	MENDOZA	42			
66	152	44				ELKY	41			
66	124	65				VALQUI	13			
9	49	18				JOHAN	13			
138	86	56				CORNEJO	10			
	240					JAIRO	13			
	546					ELI GAMARRA	13			
	48					ALVARADO	13			
	136					CHINCHIHUARA	01			
	138					M. VASQUEZ	01			
	117					FERNANDEZ	34			
	48					GUILLENA	05			
	200					M. V. J. W. W.	50			
	39					ALVARADO	02			
						CHAVEZ	01			
						RUBIO	01			
						AVALOS	200			
515	2547	503			121		1002			

Juan Luis Sánchez Camán
SUPERVISOR DE SEGURIDAD
Celular: 94882663
DPI: 1956085815
RESPONSABLE
WATCHMAN

COSTA GAS TRUJILLO S.A.C.
Ing. Miguel Ángel Ortiz
RESPONSABLE
COSTA GAS

TOTAL EXISTENCIA
EN TRANSITO
COSTA GAS TRUJILLO S.A.C.
Luis G. Paz Vergara
LOGISTICA

RESUMEN	
TOTAL EXISTENCIA	3716 +
EN TRANSITO	1002
	4718 -
	200
	4518

Anexo N° 7: Planilla de Control de Despachos


VENDEDOR		PLACA	ZONA	LIQUIDAC. O GUIA	SALIDA				ENTRADA				VENTAS				Observ.							
					Llenos				Llenos				Camb.											
					HORA	X5	X10	X15	X45	HORA	Vacios	Llenos			Camb.									
						X5	X10	X15	X45	X5	X10	X15	X45	X5	X10	X15	X45	Xkg	X5	X10	X15	X45		
	Huero	13																						
	72000	13	10+05			15					13									15				
	Jairo	13	08			09					13									09				
	Omar	13	07 404			11					13									11				
	VIS Larcid Kp					92					92				04					11				
	Vilberto - Bldo	20				20					20									30				
	FIS Pado			(06 -) 204																				
	Fredy Chang					60					28				20	20000				28				
	Alan Avila			(02 02 -) 163		50					50									50				
	Fernando			(01) 12		34					66				02					66				
	Luis Avila			(01 -) 102																				
	Guilherme							08						05		03								
	Carlos Luna			(-) 20		195					194									194				
	LEON Avila			(-) 260		80					80									80				
	Fredy Chavez			(-) 20		100					72				05					95				
	ELK Pao			(02 -) 102		05			02					02						15		00 02		
	Diego										05													
	Carolina					25														25				
	Fredy Chang			(02 2) 82																				
	Fredy Chang					50					50									50				
	Jairo D+07					07					07													
	Alexander			(-) 355																				

VENDEDOR		PLACA	ZONA	LIQUIDAC. O GUIA	SALIDA				ENTRADA				VENTAS				Observ.							
					Llenos				Llenos				Camb.											
					HORA	X5	X10	X15	X45	HORA	Vacios	Llenos			Camb.									
						X5	X10	X15	X45	X5	X10	X15	X45	X5	X10	X15	X45	Xkg	X5	X10	X15	X45		
	Fredy Chavez					50					50									50				
	Fernando					24					15				09					15				
	Alan Avila					30					30									30				
	Leon Avila					40					40									40				
	Carlos Luna					50					50									50				
	Manolo Ba					80					78									78				
	Fredy Chang					50					34				16					34				
	Alan Avila					50					50									50				

Anexo N° 8: Fuga en un Balón de 10 kilogramos



Anexo N° 9: Encuesta de Satisfacción del Personal

ENCUESTA DE SATISFACCIÓN DEL PERSONAL					
Esta encuesta responde a un gradiente de 1 a 5 en el que: 1 corresponde a una respuesta de "NADA DE ACUERDO" o "NUNCA" y 5 corresponde a una respuesta "TOTALMENTE DE ACUERDO" o "SIEMPRE"					
		NOMBRE Y PUESTO:		FECHA:	
CARACTERÍSTICAS DE LA TAREA					
A	Agrupa cuestiones referidas al interés intrínseco del puesto, variedad del mismo, oportunidades para aprender, dificultad, cantidad, creatividad, posibilidades del éxito, autonomía, responsabilidad, participación en la toma de decisiones y en las propuestas de mejora, conocimiento de las tareas a realizar, seguridad en el trabajo y satisfacción en el puesto				
	1	2	3	4	5
A1.	Mi trabajo, en general, es lo suficientemente interesante como para que no me aburra.				
A2.	Mi trabajo implica realizar tareas variadas.				
A3.	Este puesto me ofrece oportunidades de aprender nuevas habilidades.				
A4.	Mi trabajo me exige ser creativo.				
A5.	La dificultad del trabajo que llevo a cabo se corresponde con mis posibilidades				
A6.	En mi puesto tengo autonomía suficiente para trabajar a mi gusto.				
A7.	La cantidad de trabajo que debo realizar se ajusta a mis posibilidades.				
A8.	En general, consigo los objetivos que me propongo en mi puesto de trabajo.				
A9.	Tengo un alto grado de responsabilidad personal sobre las tareas que realizo.				
A10.	Participo en las decisiones que se toman sobre el funcionamiento del servicio.				
A11.	Desde mi puesto puedo hacer propuestas de mejora para el funcionamiento del servicio.				
A12.	Conozco perfectamente las tareas que debo realizar en mi puesto de trabajo.				
A13.	Mi puesto de trabajo me ofrece estabilidad laboral.				
A14.	Me siento capacitado al realizar mis actividades laborales.				
A15.	Me siento motivado por mi trabajo.				