

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL



**MEJORA DE LA LÍNEA DE ENVASADO DE GLP EN BALONES DE 10
kg MEDIANTE LA APLICACIÓN DE LA TEORÍA DE
RESTRICCIONES PARA EL INCREMENTO DE LA PRODUCCIÓN**

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE

INGENIERO INDUSTRIAL

AUTOR

MARY LUZ BARBOZA DIAZ

ASESOR

MAXIMILIANO RODOLFO ARROYO ULLOA

<https://orcid.org/0000-0002-6066-6299>

Chiclayo, 2019

**MEJORA DE LA LÍNEA DE ENVASADO DE GLP EN BALONES DE 10
kg MEDIANTE LA APLICACIÓN DE LA TEORÍA DE RESTRICCIONES
PARA EL INCREMENTO DE LA PRODUCCIÓN**

PRESENTADA POR:

MARY LUZ BARBOZA DIAZ

A la Facultad de Ingeniería de la
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
para optar el título de

INGENIERO INDUSTRIAL

APROBADA POR:

Oscar Kelly Vásquez Gervasi

PRESIDENTE

Evans Nielander Llontop Salcedo

SECRETARIO

Maximiliano Rodolfo Arroyo Ulloa

ASESOR

DEDICATORIA

A mi familia, por ser las personas más importantes en mi vida y por su apoyo en mi formación tanto profesional como personal.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco de manera especial al Dr. Maximiliano Arroyo Ulloa por haber sido mi asesor y el apoyo fundamental en el desarrollo de mi proyecto de investigación.

Agradezco al Mgtr. Ing. Oscar Vásquez Gervasi por su apoyo en esta etapa de formación profesional.

A los ingenieros de la escuela por todos los conocimientos transmitidos a lo largo de la carrera.

RESUMEN

Este trabajo de investigación se desarrolló en una empresa envasadora de GLP en balones de 10, 15 y 45 kg ubicada en el parque industrial de la región Lambayeque, siendo su línea principal, la línea de envasado en balones de 10 kg. La empresa actualmente incumple con sus pedidos debido a la baja producción, es por esto que se planteó como objetivo principal elaborar una propuesta de mejora de la línea de envasado de GLP en balones de 10 kg mediante la aplicación de la teoría de restricciones en una empresa envasadora de GLP en el departamento de Lambayeque para el incremento de la producción, realizando en primer lugar, el diagnóstico de la situación actual de la línea de envasado de GLP en balones de 10 kg en la empresa envasadora de GLP, la evaluación y determinación de la herramienta a aplicar en la propuesta de mejora mediante una matriz de priorización y la elaboración de la propuesta de mejora de la línea de envasado de GLP en balones de 10 kg, para finalmente realizar un análisis costo – beneficio de la propuesta de mejora.

Para el desarrollo del proyecto de investigación se realizó un estudio de tiempos en la línea de envasado de balones de 10 kg determinando así los indicadores actuales de producción y productividad, identificando el problema principal y las causas de este. Se evaluó las herramientas a aplicar para solucionar los problemas de la línea de envasado y se desarrolló la propuesta de mejora mediante la aplicación de la teoría de restricciones y a su vez, la estandarización de los tiempos y el balance de línea.

Se determinaron los nuevos indicadores de producción, evidenciando un incremento de la producción del 37,5 %. Mediante un análisis costo – beneficio se pudo determinar que la propuesta es factible para la empresa, puesto que se obtiene un TIR del 43,6%.

Palabras clave: pedidos no atendidos, teoría de restricciones, balance de línea.

ABSTRACT

This research work was developed in a packing company of LPG in balloons of 10, 15 and 45 kg located in the industrial park of the Lambayeque region, being its main line, the line of packaging in balloons of 10 kg. The company currently fails to comply with their orders due to low production, which is why the main objective was to develop a proposal to improve the LPG packaging line in 10 kg balloons by applying the theory of restrictions in a company LPG packing machine in the department of Lambayeque for the increase of the production, carrying out in the first place, the diagnosis of the current situation of the line of packaging of LPG in balloons of 10 kg in the packing company of LPG, the evaluation and determination of the tool to be applied in the improvement proposal by means of a prioritization matrix and the preparation of the proposal to improve the LPG packaging line in 10 kg balloons, to finally carry out a cost - benefit analysis of the improvement proposal.

For the development of the research project, a study of times in the packaging line of 10 kg balloons was carried out, thus determining the current indicators of production and productivity, identifying the main problem and the causes of this. The tools to be applied to solve the problems of the packaging line were evaluated and the improvement proposal was developed by applying the theory of restrictions and, in turn, the standardization of times and line balance

The new production indicators were determined, showing an increase in production of 37.5%. Through a cost - benefit analysis it was possible to determine that the proposal is feasible for the company, since an IRR of 43,6% is obtained.

Keywords: unattended orders, theory of restrictions, line balance.

ÍNDICE

I.	INTRODUCCIÓN.....	13
II.	MARCO DE REFERENCIA DEL PROBLEMA	14
2.1.	ANTECEDENTES DEL PROBLEMA.....	14
2.2.	FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....	17
2.2.1.	Gas Licuado de Petróleo (GLP).....	17
2.2.2.	Proceso de producción.....	17
2.2.3.	Capacidad de planta.....	18
2.2.4.	Medición del trabajo	18
2.2.5.	Teoría de restricciones	20
2.2.6.	Estandarización de tiempos	20
2.2.7.	Balance de línea	21
2.2.8.	Pronóstico	21
2.2.9.	Indicadores de rentabilidad.....	22
III.	RESULTADOS	23
3.1.	DIAGNÓSTICO DE SITUACIÓN ACTUAL DE LA EMPRESA	23
3.1.1.	La empresa	23
3.1.2.	Descripción del sistema de producción	23
3.1.3.	Indicadores Actuales de Producción y Productividad	39
3.2.	ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN	44
3.3.	IDENTIFICACIÓN DE PROBLEMAS EN EL SISTEMA DE PRODUCCIÓN Y SUS CAUSAS	45
3.3.1.	Problemas, Causas y Propuestas de Solución en el Sistema de Producción.....	45
3.4.	EVALUAR Y DETERMINAR LA HERRAMIENTA A APLICAR EN LA PROPUESTA DE MEJORA	47
3.5.	PROPUESTA DE MEJORA	51
3.5.1.	Identificar las restricciones del sistema	51
3.5.2.	Explotar la restricción	51
3.5.3.	Subordinar todo el sistema a la decisión anterior	65
3.5.4.	Elevar la restricción	67
3.5.5.	Identificar una nueva restricción	68

IV. ANÁLISIS COSTO - BENEFICIO.....	69
4.1. Inversión.....	69
4.2. Ingresos.....	70
4.3. Egresos.....	71
4.4. Flujo de Caja.....	74
V. CONCLUSIONES.....	75
VI. RECOMENDACIONES.....	76
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	77
VIII. ANEXOS.....	79

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 01. Tabla de Westinghouse.....	19
Tabla 02. Registro histórico de producción.....	24
Tabla 03. Precios de venta.....	24
Tabla 04. Registro histórico de los ingresos percibidos	25
Tabla 05. Registro histórico de la demanda no atendida de balones de 10 kg por cada marca.....	25
Tabla 06. Registro histórico de los ingresos no percibidos	26
Tabla 07. Nivel de servicio	26
Tabla 08. Desechos generados en el proceso de envasado de GLP.....	26
Tabla 09. Residuos generados en el proceso de envasado de GLP	27
Tabla 10. Insumos utilizados en el proceso de envasado de GLP de la marca 1	27
Tabla 11. Insumos utilizados en el proceso de envasado de GLP de la marca 2.....	27
Tabla 12. Insumo utilizado en el proceso de envasado de GLP	27
Tabla 13. Materiales utilizados en el proceso de envasado de GLP.....	28
Tabla 14. Horarios de trabajo de acuerdo a turno.....	28
Tabla 15. Distribución de los operarios por etapa	28
Tabla 16. Ficha técnica de la balanza envasadora de GLP.....	29
Tabla 17. Ficha técnica de la cabina de pintura.....	30
Tabla 18. Ficha técnica del transportador de rodillos.....	30
Tabla 19. Tiempo ciclo promedio basado en el registro histórico	34
Tabla 20. Tiempo ciclo promedio	34
Tabla 21. Resumen de actividades.....	36
Tabla 22. Tiempos promedio y número de operarios por etapa	40
Tabla 23. Costo de materiales de la marca 1	42
Tabla 24. Costo de mano de obra de la marca 1	42
Tabla 25. Eficiencia económica de la marca 1	42
Tabla 26. Costo de materiales de la marca 2	43
Tabla 27. Costo de mano de obra de la marca 2	43
Tabla 28. Eficiencia económica de la marca 2	43
Tabla 29. Identificación de principales problemas y la propuesta de solución	45
Tabla 30. Matriz de valorización	47
Tabla 31. Herramientas propuestas para la mejora.....	48
Tabla 32. Herramientas propuestas para la mejora con criterio A	49
Tabla 33. Herramientas propuestas para la mejora con criterio B	49
Tabla 34. Herramientas propuestas para la mejora con criterio C	49
Tabla 35. Herramientas propuestas para la mejora con criterio D	49
Tabla 36. Matriz de ponderación	50
Tabla 37. Matriz de priorización	50
Tabla 38. Tiempos promedio por operación	51
Tabla 39. Tiempos normales por operación	52
Tabla 40. Suplementos considerados por operación.....	52
Tabla 41. Tiempos estándar por operación	53

Tabla 42. Registro histórico de la demanda.....	53
Tabla 43. Proyección de la demanda	54
Tabla 44. Tabla de precedencia de la línea de envasado	56
Tabla 45. Secuencia de puesto de trabajo equilibrados	57
Tabla 46. Número de operarios	57
Tabla 47. Actividad por operario en el nuevo tiempo ciclo	58
Tabla 48. Carga de trabajo del operario	58
Tabla 49. Resumen de actividades.....	60
Tabla 50. Comparación de indicadores de producción.....	65
Tabla 51. Capacidad de almacenes de plataforma.....	66
Tabla 52. Horas de recojo de producto terminado.....	66
Tabla 53. Actividad por operario en el nuevo tiempo ciclo	67
Tabla 54. Carga de trabajo del operario	67
Tabla 55. Presupuesto para la capacitación	69
Tabla 56. Precio de venta marca 1	70
Tabla 57. Precio de venta marca 2	70
Tabla 58. Ingresos de la marca 1	70
Tabla 59. Ingresos de la marca 2	71
Tabla 60. Ingresos no percibidos	71
Tabla 61. Método de suavización para pronóstico del precio de GLP	71
Tabla 62. Proyección del precio de GLP	72
Tabla 63. Costos de producción.....	73
Tabla 64. Costos de materiales indirectos de producción.....	73
Tabla 65. Flujo de caja de la propuesta	74

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 01. Organigrama de la empresa	23
Figura 02. Registro histórico de la venta de balón de 10 kg.....	24
Figura 03. Balón granallado junto a uno antes de granallar	31
Figura 04. Balón pintado y emblemado.....	32
Figura 05. Pesaje en transportadora de rodillo	32
Figura 06. Precinto de seguridad	33
Figura 07. Diagrama de operaciones de la línea de envasado	35
Figura 08. Cursograma de análisis del proceso	37
Figura 09. Diagrama de recorrido.....	38
Figura 10: Proyección de la demanda.....	54
Figura 11. Formación de puestos de trabajo balanceados	56
Figura 12. Diagrama de operaciones de la línea de envasado de la propuesta de mejora	59
Figura 13. Cursograma de análisis del proceso de la línea de envasado de la propuesta de mejora	61
Figura 14. Diagrama de recorrido de la mejora propuesta	62
Figura 15. Proyección del costo de GLP.....	72

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 01. Tiempos tomados día 01	79
Anexo 02. Tiempos tomados día 02	79
Anexo 03. Tiempos tomados día 03	80
Anexo 04. Tiempos tomados día 04	80
Anexo 05. Tiempos tomados día 05	81
Anexo 06. Factores de evaluación de la actuación del operario	82

I. INTRODUCCIÓN

El GLP es una de las principales fuentes de energía de personas alrededor del mundo y en la actualidad, es considerado tanto eficiente como sostenible. Este puede transportarse, almacenarse y utilizarse en cualquier parte del mundo. [1]

“El gas licuado de petróleo es el segundo combustible más consumido en el Perú y tiene un consumo doméstico muy extendido. Si analizamos la cadena de distribución del mercado de GLP se puede apreciar la importancia de su uso a nivel de hogares: según estimados del sistema de control de órdenes de pedido (SCOP), los productores destinan un 86% de su producción a plantas envasadoras. Estas, a su vez, destinan un 12% a gas centros, un 14% a consumidores directos y un 58% a locales de venta de GLP envasado (balones de gas para consumo doméstico)”. [2]

La empresa en estudio es una empresa envasadora de GLP en la región Lambayeque en balones de 10, 15 y 45 kg, siendo su línea principal, la línea de envasado en balones de 10 kg. El proceso tiene 6 etapas: alimentación del balón, pintura del balón, emblemado y tarado del balón, envasado, prueba hermética y precintado.

La empresa actualmente tiene pedidos no atendidos, registrándose un total de ingresos no percibidos de 9 165 923,76 soles en el año 2017 debido a la baja producción que tiene su línea de envasado, la cual cuenta con una utilización del 40,63 %. Se determinó también, que en el proceso de envasado existen un total de 49,6 % de actividades improductivas del total de actividades realizadas.

Con la finalidad de incrementar la producción frente a la problemática de la empresa surge la siguiente interrogante ¿Se podrá incrementar la producción de la línea de envasado de GLP en balones de 10 kg mediante la elaboración de una propuesta de mejora aplicando la teoría de restricciones?, por lo que se realizó el proyecto de investigación “Mejora de la línea de envasado de GLP en balones de 10 kg mediante la aplicación de la teoría de restricciones para el incremento de la producción”, la cual tiene como objetivo principal elaborar una propuesta de mejora de la línea de envasado de GLP en balones de 10 kg mediante la aplicación de la teoría de restricciones en una empresa envasadora de GLP en el departamento de Lambayeque para el incremento de la producción, realizando en primer lugar, el diagnóstico de la situación actual de la línea de envasado de GLP en balones de 10 Kg en la empresa envasadora de GLP del departamento de Lambayeque, la evaluación y determinación de la herramienta a aplicar en la propuesta de mejora mediante una matriz de valoración y la elaboración de la propuesta de mejora de la línea de envasado de GLP en balones de 10 Kg en la empresa envasadora de GLP del departamento de Lambayeque, para finalmente realizar un análisis costo – beneficio de la propuesta de mejora.

II. MARCO DE REFERENCIA DEL PROBLEMA

2.1. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA

“Teoría de restricciones para procesos de manufactura” tiene como objetivo elaborar una propuesta de mejora continua con la finalidad de incrementar la producción de snacks de papas fritas de la empresa “Productos Alexander”, utilizando la Teoría de Restricciones (TOC) como metodología científica. La empresa tiene un nivel de servicio al cliente del 89,58%, por lo cual se identificó que el proceso de fritura es la restricción, ya que no estaba trabajando al 100% de su tiempo en la jornada diaria, limitando así la capacidad de la fábrica, determinando que esta es la restricción que se debía explotar para. La propuesta consiste en mejorar la programación de la producción, programación de la cantidad de trabajo para cada uno de los operarios en la jornada y la preparación del proceso, de esta manera se permite que trabaje a su capacidad máxima todo el tiempo. Con la propuesta se logró incrementar la producción del sistema en aproximadamente un 21% y cumplir con los pedidos al 100%. El beneficio neto de la empresa aumentaría de \$15 333,09 a \$ 17 392,14. [3]

La investigación *“Teoría de restricciones aplicada a empresas manufactureras y de servicios”* tiene como objetivo mostrar las principales definiciones y conceptos sobre la teoría de restricciones, así como mostrar dos casos de éxito con la implementación de la teoría del TOC en una empresa de manufactura y una de servicios. Se concluye que el análisis de la teoría de restricciones en una empresa de servicios puede variar frente a una empresa manufacturera. Se requiere de un enfoque personalizado para determinar y aplicar los parámetros de aplicación. En la empresa de manufactura se consideró la empresa Fashion Label’s, la cual obtuvo resultados reduciendo los pedidos atrasados a 1% en tan solo el primer mes, además de incrementar sus ventas en un 22% y un 12% en utilidades. [4]

La investigación *“Programación de operaciones mediante la teoría de restricciones”* tiene como objetivo diagnosticar la programación de operaciones en las Pymes del sector muebles de madera en el Parque Industrial de Villa El Salvador en Lima, Perú; para ello se elabora una propuesta de mejora continua mediante la aplicación de los cinco pasos de la teoría de restricciones. Se encontró que la mayoría de las empresas trabajan bajo pedido y con el capital del cliente, por tanto, no es posible pronosticar el consumo externo, además no cuentan con listas de requerimientos de materiales y documentos sobre las secuencias de operaciones. Con el estudio realizado se determinó que se puede determinar el cuello de botella del proceso con datos sensatos. Para realizar una programación más detallada se requerirá de mayor información. [5]

In the project *"Proposal for the reduction of unproductive times in Dugotex SA"* a diagnosis is made of the current situation of the company, specifically the dry-cleaning area, which presents 40% of unproductive times, caused mainly by the lack of procedures of standardized operations, which generates defaults in the requested orders and low productivity in the plant. For this reason, the main objective of the research is to prepare

an improvement proposal to reduce unproductive times in the elastic dyeing plant. For this, the times and procedures of the operations were standardized. It is concluded that the standardization in times and processes of the dry-cleaning plant generated a reduction of unproductive times by 27%.

En el proyecto “*Propuesta para la reducción de los tiempos improductivos en Dugotex S.A.*” se realiza un diagnóstico de la situación actual de la empresa, específicamente del área de tintorería, la cual presenta un 40 % de tiempos improductivos, causados principalmente por la falta de procedimientos de las operaciones estandarizados, lo que genera incumplimientos en los pedidos solicitados y baja productividad en la planta. Es por ello, que la investigación tiene como objetivo principal elaborar una propuesta de mejora para reducir los tiempos improductivos en la planta de tintorería de elásticos. Para ello, se estandarizaron los tiempos y procedimientos de las operaciones. Se concluye que la estandarización en tiempos y procesos de la planta de tintorería generó una reducción de los tiempos improductivos en un 27 %. [6]

In the research "*Reduction of cycle time for the coil configuration process through standard work: Case study in the ceramics industry*" aims to develop and standardize a new coil configuration method that can improve the efficiency and reduce the time of the process. It was found that the cycle time of the configuration process in a pressing process is inconsistent. This is due to the absence of adequate work instruction and the workers perform the configuration process in different work steps. The method used in this study are lean tools and techniques, such as the Time Measurement Sheet (TMS), standard. Work combination table (SWCT), standard work and one-minute minute exchange technique (SMED). The finding of this study is a new Standard Operating Procedure (SOP) that can reduce cycle time and increase the efficiency of the coil configuration. The results obtained were the reduction of the cycle time of the new method, where the time taken to finish a coil using new method is 345 seconds. In addition, when using the new method, the unproductive times of the processes are reduced from 81 seconds to 59 seconds, that is, by 27%.

En la investigación “*Reducción del tiempo de ciclo para el proceso de configuración de la bobina a través del trabajo estándar: Estudio de caso en la industria cerámica*” tiene como objetivo desarrollar y estandarizar un nuevo método de configuración de la bobina que puede mejorar la eficiencia y reducir el tiempo del proceso. Se encontró que el tiempo de ciclo del proceso de configuración en un proceso de prensado es inconsistente. Esto es debido a la ausencia de instrucción de trabajo adecuada y los trabajadores realizan el proceso de configuración en diferentes pasos de trabajo. El método utilizado en este estudio son herramientas y técnicas lean, como la Hoja de medición del tiempo (TMS), estándar. Tabla de combinación de trabajo (SWCT), trabajo estándar y técnica de intercambio de minutos de un solo minuto (SMED). El hallazgo de este estudio es un nuevo Procedimiento Operativo Estándar (SOP) que puede reducir el tiempo del ciclo y aumentar la eficiencia de la configuración de la bobina. Se obtuvo como resultados la reducción del tiempo de ciclo del nuevo método, donde el tiempo tomado para terminar una bobina usando nuevo método es 345 segundos. Además, al usar el nuevo método, los

tiempos improductivos de los procesos se reducen de 81 segundos a 59 segundos, es decir, en un 27 %. [7]

2.2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.2.1. Gas Licuado de Petróleo (GLP)

Callejón [8] nos dice que “*El gas licuado de petróleo es un gas derivado de fósiles, como el gas natural o de petróleo y se puede refinar de estos dos componentes de la misma manera que la gasolina.*”

Tipo de suministro

- **A granel y Canalizado**

Se carga el producto en los camiones cisterna de las refinerías o en las plantas de almacenamiento. Se abastece los depósitos de GLP de los clientes en función a los pedidos y con una ruta establecida.

- **Envasado**

Las plantas envasadoras de GLP llenan gas los balones de diferente. Mediante los pedidos del cliente, se reponen los balones. [8]

2.2.2. Proceso de producción

El proceso de producción es el conjunto de actividades y procedimientos orientados a la transformación de los recursos en productos terminados, ya sean bienes o servicios. En el proceso de producción intervienen tanto información como tecnología, está conformado por un número de estaciones y tiempos determinados en cada una de estas.

Indicadores

- **Producción:** es la cantidad de productos que han sido elaborados en un periodo de tiempo establecido.

$$Producción (P) = \frac{Tiempo\ base\ (Tb)}{ciclo\ o\ velocidad\ de\ producción\ (c)}$$

El ciclo o velocidad de producción es la etapa del proceso que más tiempo tarda en realizar, la cual es considerada como el cuello de botella.

- **Productividad:** es un indicador que permite determinar la capacidad de producción por cantidad de recurso empleado, el cual puede ser mano de obra, materia prima y capital.

$$Productividad (p) = \frac{Producción}{cantidad\ de\ recurso\ empleado}$$

Eficiencia: Es un indicador que permite determinar la relación entre los ingresos y egresos. Para obtener beneficios, la eficiencia debe ser mayor a la unidad. [9]

$$Eficiencia (E) = \frac{Ingresos}{Inversiones}$$

2.2.3. Capacidad de planta

La capacidad de planta es la tasa de producción o la cantidad de unidades que pueden producirse en un concreto periodo de tiempo.

Se tiene dos definiciones de capacidad:

- Capacidad diseñada o proyectada: Es el número máximo de unidades de tiempo que se puede producir en determinado tiempo de manera teórica.
- Capacidad real: Es la producción que se realiza en condiciones reales del proceso de producción. [10]

Para determinar el rendimiento de una planta es necesario determinar el nivel de utilización de la planta:

- La utilización de planta:

$$Utilización = \frac{Producción\ real}{Capacidad\ proyectada}$$

- Colchón de capacidad:

$$Colchón\ de\ capacidad = (Capacidad\ total - Utilización) \times 100$$

Ingeniería de Métodos

La ingeniería de métodos comprende el estudio del proceso de fabricación o prestación del servicio, el estudio de movimientos y el cálculo de tiempos. [11]

Tiene como objetivo principal incrementar los beneficios de la empresa en cuanto a recursos, espacios, tiempos y esfuerzos.

2.2.4. Medición del trabajo

Es la utilización de ciertas técnicas que permiten examinar el tiempo que emplea un trabajador en realizar una tarea con una ejecución predeterminada.

2.2.4.1. Estudio de tiempos

“Es una técnica de medición del trabajo empleada para registrar los tiempos y ritmos de trabajo correspondientes a los elementos de una tarea definida, efectuada en condiciones determinadas, y para analizar los datos a fin de averiguar el tiempo requerido para efectuar la tarea según una norma de ejecución preestablecida.”
[12]

El objetivo inmediato de la medición del trabajo es determinar el tiempo estándar, es decir, calcular el tiempo requerido para realizar un bien con un patrón definido.

2.2.4.2. Número de observaciones necesarias

Tabla de Westinghouse

Esta tabla permite determinar el número de observaciones necesarias en función del tiempo por ciclo y de la cantidad de unidades producidas al año. La tabla de Westinghouse es de aplicable cuando las operaciones son realizadas de manera muy repetitivas. [13]

Tabla 01. Tabla de Westinghouse

Cuando el tiempo por pieza o ciclo es:	Número mínimo de ciclos a estudiar		
	Actividad más de 10 000 por año	1 000 a 10 000	Menos de 1 000
1 horas	5	3	2
0,8 horas	6	3	2
0,5 horas	8	4	3
0,3 horas	10	5	4
0,2 horas	12	6	5
0,12 horas	15	8	6
0,08 horas	20	10	8
0,05 horas	25	12	10
0,035 horas	30	15	12
0,02 horas	40	20	15
0,012 horas	50	25	20
0,008 horas	60	30	25
0,005 horas	80	40	30
0,003 horas	100	50	40
0,002 horas	120	60	50
Menos de 0,002 horas	140	80	60

Fuente: García

Herramientas de mejora

2.2.5. Teoría de restricciones

“La Teoría de Restricciones se basa en que todo sistema productivo siempre tiene un cuello de botella, o un eslabón en la cadena más débil, y su determinación es crucial para actuar sobre él, ya que este cuello de botella es el que marcará el ritmo productivo de la cadena”. [14]

Esta teoría busca la mejora continua y tiene aplicación en el sistema productivo para solucionar problemas de diseño relacionados con la capacidad productiva y la programación de actividades. [15]

Pasos para la mejora continua mediante la aplicación de TOC

1. Determinación las principales limitaciones del proceso productivo.
2. Decidir qué se debe realizar para eliminar las limitaciones. La alternativa más económica es tener la etapa cuello de botella a la máxima producción.
3. Subordinar el sistema a la decisión tomada en la etapa anterior para que todo el sistema trabaje bajo el mismo ritmo.
4. Elevar la restricción en caso no se haya logrado eliminar la restricción en la etapa 2.
5. Volver a identificar nuevas restricciones del sistema y se deberá repetir los pasos de la TOC. [14]

2.2.6. Estandarización de tiempos

La estandarización es un proceso mediante el cual se determina el método y el tiempo en el que se debe realizar una determinada unidad de trabajo en condiciones establecidas normales que se puedan mantener sin causar fatiga en el operario. [13]

La estandarización permite controlar la productividad y la calidad del proceso mediante un enfoque Lean. [16]

Cálculo del tiempo estándar:

- 1) Se calcula el tiempo promedio de las observaciones tomadas de acuerdo al tamaño de muestra determinado.
- 2) Se calcula el tiempo normal en base al tiempo promedio.
 $TN = \text{Tiempo promedio} (1 + \text{factor de calificación})$
- 3) Se obtiene el tiempo estándar para cada operación.
 $TE = \text{Tiempo normal} (1 + \text{factor de tolerancia})$ [17]

2.2.7. Balance de línea

El balance una línea consiste en asignar a los puestos de trabajo aproximadamente la misma carga de trabajo. [18]

Diagrama de precedencia:

El diagrama de precedencia permite determinar qué actividades deben realizarse antes de que las actividades siguientes puedan iniciar. Las líneas en su mayoría permiten que se realice más de una secuencia de las operaciones. [19]

Pasos para el balance de la línea:

1. Realizar el diagrama de precedencia.
2. Determinar el takt time.

$$\text{Takt time} = \frac{\text{Tiempo de producción disponible}}{\text{Cantidad total requerida}}$$

3. Calcular el número de estaciones de trabajo requeridas.

$$N^{\circ} \text{ puestos de trabajo} = \frac{\text{Número ciclo estándar}}{\text{Takt time}}$$

4. Seleccionar la asignación de las tareas en las estaciones de trabajo.
5. Evaluar la eficiencia de equilibrio de la estación. [13]

$$E = \frac{\text{Minutos estándar por operación}}{\text{Minutos estándar asignados} \times \text{número de operarios}} \times 100$$

2.2.8. Pronóstico

El pronóstico de las operaciones en una empresa permite anticiparse ante los posibles resultados o reducir el riesgo existente.

- ✓ Regresión lineal
- ✓ Método de suavización [20]

2.2.9. Indicadores de rentabilidad

Valor actual neto (VAN)

Es el valor actual de los beneficios netos que genera el proyecto. Se determina mediante la fórmula:

$$VAN = \sum_{t=0}^n \frac{B_t}{(1+i)^t} - \sum_{t=0}^n \frac{C_t}{(1+i)^t} - I_0$$

Dónde:

B_t : Beneficio del periodo (t)

C_t : Costos del período (t)

i: Tasa de descuento (tasa de interés o costo de oportunidad del capital).

I_0 : Inversión en el período cero.

n: Vida útil del proyecto.

Interpretación del VAN:

- ✓ $VAN > 0$. “Si el VAN es mayor que cero es recomendable realizar la inversión en el proyecto analizado”.
- ✓ $VAN = 0$. “Si el valor actual neto es igual a cero, para el inversionista es indiferente realizar la inversión en el proyecto u optar por la mejor alternativa”.
- ✓ $VAN < 0$. “Si el valor actual neto es menor que cero, el proyecto no resultará mejor que su alternativa, por lo que el inversionista deberá decidir no llevarlo a cabo”.

La tasa interna de retorno (TIR)

La tasa de interna de retorno indica la rentabilidad promedio anual que genera el capital invertido en el proyecto. Se determina mediante la fórmula:

$$\sum_{t=0}^n \frac{B_t - C_t}{(1 + TIR)^t} - I_0 = 0$$

El proyecto debe considerarse como factible cuando éste tenga una rentabilidad mayor que la ofrecida por la mejor alternativa. [21]

III. RESULTADOS

3.1. DIAGNÓSTICO DE SITUACIÓN ACTUAL DE LA EMPRESA

3.1.1. La empresa

La presente investigación se realizó en una planta envasadora de GLP, la cual se dedica al envasado de este combustible en balones de 10, 15 y 45 kg, ubicada en el Parque Industrial Lambayeque - Chiclayo – Pimentel.

- Organización:

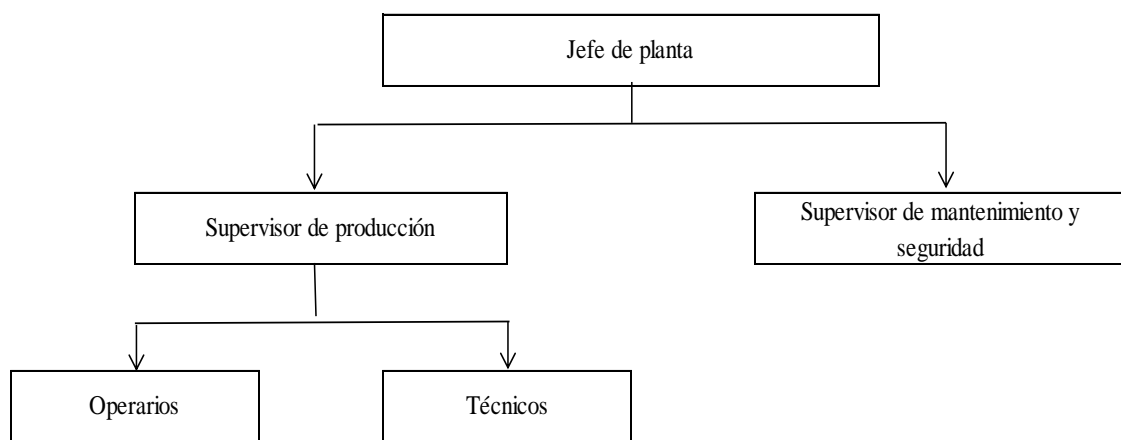


Figura 01. Organigrama de la empresa

Fuente: Empresa envasadora de GLP

La empresa cuenta con 1 jefe de planta, 2 supervisores de producción, 1 supervisor de mantenimiento y seguridad, 6 operarios por turno y 5 técnicos por los dos turnos.

3.1.2. Descripción del sistema de producción

3.1.2.1. Productos

a. Descripción del Producto

La empresa envasa gas licuado de petróleo en balones de acero metálico de 10, 15 y 45 kg. Se cuenta con un registro de las ventas realizadas en los últimos años, mostrado en la tabla 02.

Tabla 02. Registro histórico de producción

Presentación	Balones		
	2015	2016	2017
10 kg	1 322 112	1 428 854	1 466 496
15 kg	405	261	2 415
45 kg	3 970	993	2 648

Fuente: Empresa envasadora de GLP

Como se aprecia en la tabla anterior, los balones de 10 kg son el producto más producido. El comportamiento de la producción de los balones de 10 kg se puede visualizar de mejor manera en la figura 02.

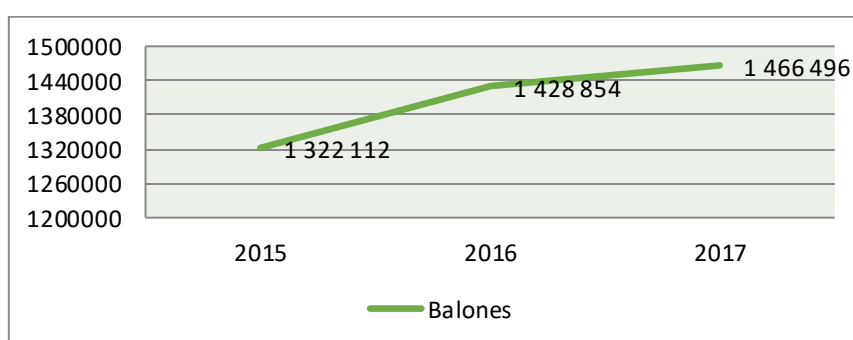


Figura 02. Registro histórico de la venta de balón de 10 kg

Fuente: Empresa envasadora de GLP

En la tabla 03 se visualiza el precio de venta para cada tipo de presentación. La presentación de 10 kg dentro de la empresa cuenta con dos marcas por estrategia comercial, y dos tipos de válvula para cada caso, válvula Fisher y premium.

Tabla 03. Precios de venta

Presentación		2015	2016	2017
10 kg	Marca 1	S/. 29,15	S/. 29,50	S/. 28,80
	Marca 2	S/. 28,15	S/. 28,50	S/. 27,80
15 kg		S/. 37	S/. 37,50	S/. 38
45 kg		S/. 130,50	S/. 132	S/. 133

Fuente: Empresa envasadora de GLP

El registro histórico de los ingresos percibidos en los últimos años se muestra en la tabla 04. Cabe mencionar, que los balones de 15 y 45 kg se realizan de manera esporádica, por lo que la línea de envasado de la plataforma en planta es solo para los balones de 10 kg, en la cual se realizó el estudio.

Tabla 04. Registro histórico de los ingresos percibidos

Presentación	Balones		
	2015	2016	2017
10 kg	S/38 103 267,84	S/41 736 825,34	S/41 707 146,24
15 kg	S/14 985	S/9 787,50	S/91 770
45 kg	S/518 085	S/131 076	S/352 184

Fuente: Empresa envasadora de GLP

Las producciones se realizan de acuerdo con los pedidos de cada distribuidor, se tiene la producción realizada para cada marca en los años pasados. Los balones son contabilizados de manera general en cuanto a tipo de válvula, ya que la válvula dependerá de la circulación de los balones en la empresa y no se tiene en cuenta para la entrega de los pedidos. Sin embargo, la demanda requerida para cada tipo de marca ha sido superior a la producción, generando que la empresa tenga una demanda no atendida, lo cual se muestra en tabla 05.

Tabla 05. Registro histórico de la demanda no atendida de balones de 10 kg por cada marca

	Producción (balones de 10 kg/año)			Demanda (balones de 10 kg/año)			Demanda no atendida (balones de 10 kg/año)		
	2015	2016	2017	2015	2016	2017	2015	2016	2017
Marca 1	885 815	1 014 486	938 557	1 169 000	1 207 500	1 249 514	283 185	193 014	310 957
Marca 2	436 297	414 368	527 939	501 000	517 500	535 506	64 703	103 132	7 567

Fuente: Empresa envasadora de GLP

Esta demanda no atendida ha representado ingresos no percibidos para la empresa, la cual se calculó con el precio de venta de cada balón (tabla 03) y se muestra en la tabla 06.

Tabla 06. Registro histórico de los ingresos no percibidos

	Ingresos no percibidos		
	2015	2016	2017
Marca 1	S/ 8 254 841,58	S/ 5 693 902,97	S/ 8 955 548,93
Marca 2	S/ 1 821 390,58	S/ 2 939 271,69	S/ 210 374,83
Total	S/ 10 076 232,16	S/ 8 633 174,66	S/ 9 165 923,76

Fuente: Empresa envasadora de GLP

De los datos mostrados anteriormente, se determinó el nivel de servicio en cada año mostrado en la tabla 07, obteniéndose como promedio un nivel de servicio del 77,1%. El nivel de servicio indica que, en promedio, la empresa ha cumplido el 77,1% del total de pedidos.

Tabla 07. Nivel de servicio

	2015	2016	2017
Nivel de Servicio	73,7%	79,3%	78,3%

Fuente: Empresa envasadora de GLP

b. Desechos

Los desechos generados dentro del proceso de envasado de GLP son generados en el área de preparación de balones, donde se realiza una limpieza superficial y en la etapa de envasado donde al retirarse el cabezal de las balanzas de llenado de la válvula del balón genera restos de GLP. Las cantidades aproximadas generadas de manera mensual son mostradas en la tabla 8.

Tabla 08. Desechos generados en el proceso de envasado de GLP

Actividad	Desechos	Cantidad (kg/mes)
Preparación de balones	restos de pintura	360
Envasado de balones	Restos de GLP	2 240

Fuente: Empresa envasadora de GLP

c. Residuos

Los residuos de la empresa son generados en la etapa de preparación, precintado y etiquetado de balones; las cantidades generadas al mes se muestran en la tabla 9.

Tabla 09. Residuos generados en el proceso de envasado de GLP

Actividad	Residuos	Cantidad (kg/mes)
Preparación de balones	restos de papel	96
Precintado de balones	restos de plástico	20
Etiquetado de balones	restos de papel	18

Fuente: Empresa envasadora de GLP

3.1.2.2. Materiales e Insumos

La marca 1 son balones pintados de esmalte plomo con emblemado de color azul y la marca 2, son pintados con esmalte azul y el emblemado se realiza con esmalte blanco. Se determinó las cantidades por balón, las cuales son mostradas en las tablas 10 para la marca 1 y en la tabla 11 para la marca 2.

Tabla 10. Insumos utilizados en el proceso de envasado de GLP de la marca 1

Insumos	Cantidad (L/balón)
esmalte azul	0,011
esmalte plomo	0,034

Fuente: Empresa envasadora de GLP

Tabla 11. Insumos utilizados en el proceso de envasado de GLP de la marca 2

Insumos	Cantidad (L/balón)
esmalte azul	0,032
esmalte blanco	0,009

Fuente: Empresa envasadora de GLP

En la etapa de precintado, utilizan agua jabonosa, la cual es elaborada con jabón tex gel. Se determinó la cantidad aproximada por balón y se muestra en la tabla 12.

Tabla 12. Insumo utilizado en el proceso de envasado de GLP

Insumo	Cantidad (ml/balón)
jabón tex gel	0,002

Fuente: Empresa envasadora de GLP

Los materiales utilizados por cada balón se visualizan en la tabla 13.

Tabla 13. Materiales utilizados en el proceso de envasado de GLP

Materiales	Cantidad (unid/balón)
precinto de seguridad	1
etiquetas	1

Fuente: Empresa envasadora de GLP

3.1.2.3. Mano de obra

La empresa cumple con un horario de trabajo de 6:00 am hasta las 11:45 pm de lunes a sábado. El recurso humano está conformado por 12 operarios, los cuales se dividen en dos turnos, especificados en la tabla 14 y la distribución de los operarios por etapa se indica en la tabla 15.

Tabla 14. Horarios de trabajo de acuerdo a turno

	Entrada	Receso	Salida
Primer turno	6:00 a. m.	10:00 a 10:45 a. m.	2:45 p. m.
Segundo turno	3:00 p. m.	7:00 a 7:45 p. m.	11:45 p. m.

Fuente: Empresa envasadora de GLP

Tabla 15. Distribución de los operarios por etapa

Etapa	Distribución
Alimentado	Operario 1
Pintado	Operario 2
Emblegado	Operario 3
Tarado	Operario 4
Envasado	Operario 4
Prueba hermética	
Etiquetado	Operario 5 y 6
Precintado	

Fuente: Empresa envasadora de GLP

3.1.2.4. Maquinaria y equipos:

➤ Plataforma de envasado:

La empresa cuenta con una plataforma de envasado de 8 metros de ancho por 34 metros de largo. Esta plataforma facilita la carga y descarga de balones de los camiones distribuidores.

El trabajo realizado en la línea de envasado de GLP se realiza de manera manual, utilizando como equipos las balanzas envasadoras, una cabina de pintura y transportador de rodillos. Las fichas técnicas para cada equipo se presentan a continuación.

Tabla 16. Ficha técnica de la balanza envasadora de GLP

Balanza envasadora de GLP	
Nombre:	Llenadora Universal
Marca:	Kosan Crisplant
Descripción: Llenado y control seguro y eficiente de cualquier tipo de cilindro para GLP.	
Capacidad:	40 a 50 balones por hora
Principales características:	
Flexible para diferentes diámetros y alturas de cilindros y varios tipos de válvulas. Diseño modular con componentes sometidos a rigurosos ensayos	




Tabla 17. Ficha técnica de la cabina de pintura

Cabina de pintura	
Nombre:	Cabina de pintura de balones de GLP
Marca:	- (hechiza)
Descripción: Pintado de balones de manera manual adaptado a la línea de envasado.	
Capacidad:	1 persona – 1 balón
Medidas:	
Alto: 2,5 metros Ancho: 2 metros Largo: 1 metro	





Tabla 18. Ficha técnica del transportador de rodillos

Transportador de rodillos	
Nombre:	Transportador de rodillos adaptado
Marca:	NESTAFLEX
Descripción: transportadores de piezas sueltas extremadamente robustos.	
Soporte de peso:	Hasta 50 kg por unidad
Medidas:	
Características:	
<ul style="list-style-type: none"> • Instalación simple de módulos en el sitio. • Mantenimiento libre • Económico • Rodillos de calidad probada • Carriles laterales integrados • Construcción dura y versátil 	



3.1.2.5. Proceso de producción

La carga y descarga de balones es realizada en la plataforma de envasado por los propios distribuidores y choferes de las unidades de carga, permitiendo de esta manera que no se generen interrupciones en las operaciones de línea.

Descripción del proceso:

a. Alimentado:

Los balones son puestos en la transportadora de rodillos por el operario a cargo, el cual realiza una ligera limpieza superficial con la finalidad de retirar los papeles y etiquetas adheridas a los balones para dejar la superficie preparada para el pintado.

Granallado de balones:

Es una limpieza superficial que se realiza al balón para alargar su tiempo de vida y brindarle una superficie lisa, libre de excesos de pintura o etiquetas, al mismo tiempo de facilitar de esta manera el pintado y emblemado de ellos. Este proceso es tercerizado y lo realiza la empresa GLP Chalpón Servicios generales S.A.C.



Figura 03. Balón granallado junto a uno antes de granallar

Fuente: Industria Ochoa

b. Pintado:

El balón pasa por la cabina de pintura, la cual cuenta con una base giratoria donde el operario lo ubica y esto facilita la aplicación del esmalte con el color correspondiente. La cabina de pintura fue hecha a pedido, bajo especificaciones de la empresa, esta tiene una capacidad para 1 persona y 1 balón.

c. Emblemado y tarado:

Los balones al estar pintados pasan a ser emblemados. Este proceso se realiza también de manera manual con la ayuda de un molde o planilla y, a su vez, se realiza el tarado en una balanza, la cual está incorporada en la transportadora de rodillos, el operario escribe el peso del balón vacío con crayola.



Figura 04. Balón pintado y emblemado

Fuente: Empresa envasadora de GLP



Figura 05. Pesaje en transportadora de rodillo

Fuente: Industria Ochoa

d. Envasado:

Los balones vacíos son alimentados a la línea de envasado, la cual está conformada por 14 estaciones de llenado y 1 operario.

El operario encargado de esta etapa tiene que visualizar el peso indicado con crayola en el balón y colocar dicho peso en el indicador de la balanza llenadora, la cual de manera automática al completar los 20 kg dejará de llenar GLP.

El operario no se abastece muchas veces en poder atender todas las balanzas, estas fueron implementadas antiguamente por el jefe de planta sin realizar un análisis del número óptimo de ellas que se requieren.

Los balones son repesados para la verificación del peso. Cuando existe exceso de peso, los balones son enviados a un tanque de trasiego. El GLP que se acumula en el tanque de trasiego es transferido a los tanques de almacenamiento.

e. Prueba hermética y etiquetado:

Primero, el operario realiza la prueba hermética, se le coloca agua jabonosa en la válvula para ver si existe fuga de gas, luego se agrega una etiqueta a cada balón, la cual indica el peso del balón vacío, el peso neto de GLP envasado y el peso total del balón con las tolerancias respectivas. Si en caso exista fuga de gas, el balón deberá ser trasegado.

f. Precintado:

Finalmente se coloca un precinto de seguridad, el cual es de PVC termo contraíble por lo que se sella a través de aire caliente y se adhiere la válvula del balón.



Figura 06. Precinto de seguridad

Fuente: Mercado Libre

3.1.2.6. Análisis del Proceso de Producción

Con la data de producción anual de balones de 10 kg del año 2015 al 2017, se pudo determinar el tiempo ciclo promedio para cada unidad, mostrado en la tabla 19.

Tabla 19. Tiempo ciclo promedio basado en el registro histórico

Año	Producción (balones)	Tiempo ciclo promedio (s/balón)
2015	1 322 112	12,55
2016	1 428 854	11,61
2017	1 466 496	11,00

Fuente: Empresa envasadora de GLP

Con los datos de la tabla anterior, se determinó que el tiempo ciclo promedio es 11,72 segundos por balón.

Se establece el número de observaciones necesarias para la toma de tiempos mediante la tabla de Westinghouse, eligiéndose este método por ser aplicable a operaciones muy repetitivas. Se determinó que el número de observaciones mínimos a estudiar son 100.

Las observaciones se llevaron a cabo en el plazo de 5 días, realizándose 20 observaciones por cada una de ellas.

Se determinó el tiempo promedio por cada etapa, los cuales son mostrados en la tabla 20, se pueden visualizar de mejor forma en el diagrama de operaciones realizado (figura 03) y el cursograma analítico del proceso (figura 04) para analizar los tiempos improductivos generados.

Tabla 20. Tiempo ciclo promedio

Etapa	Día 01	Día 02	Día 03	Día 04	Día 05	Promedio (s/balón)
Alimentado	5,1	4,9	5,1	2,5	4,7	4,4
Pintado	4,6	4,6	4,5	4,4	4,3	4,5
Emblegado	2,45	2,5	2,7	2,5	2,6	2,5
Tarado	2,0	2,0	2,0	1,9	2,0	2,0
Envasado	5,4	5,0	5,2	5,3	5,3	5,2
Prueba hermética	1,35	1,6	1,5	1,5	1,6	1,5
Etiquetado	2,06	1,9	2,1	2,1	2,2	2,1
Precintado	3,7	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5

Fuente: Empresa envasadora de GLP

a. Diagrama de operaciones del proceso:

El DOP se realizó para representar gráficamente las operaciones, inspecciones o actividades combinadas del proceso. El proceso consta de 7 operaciones con un tiempo de 24,2 segundos y 1 operación combinada con un tiempo de 1,5 segundos, haciendo un total de 25,7 segundos por balón.

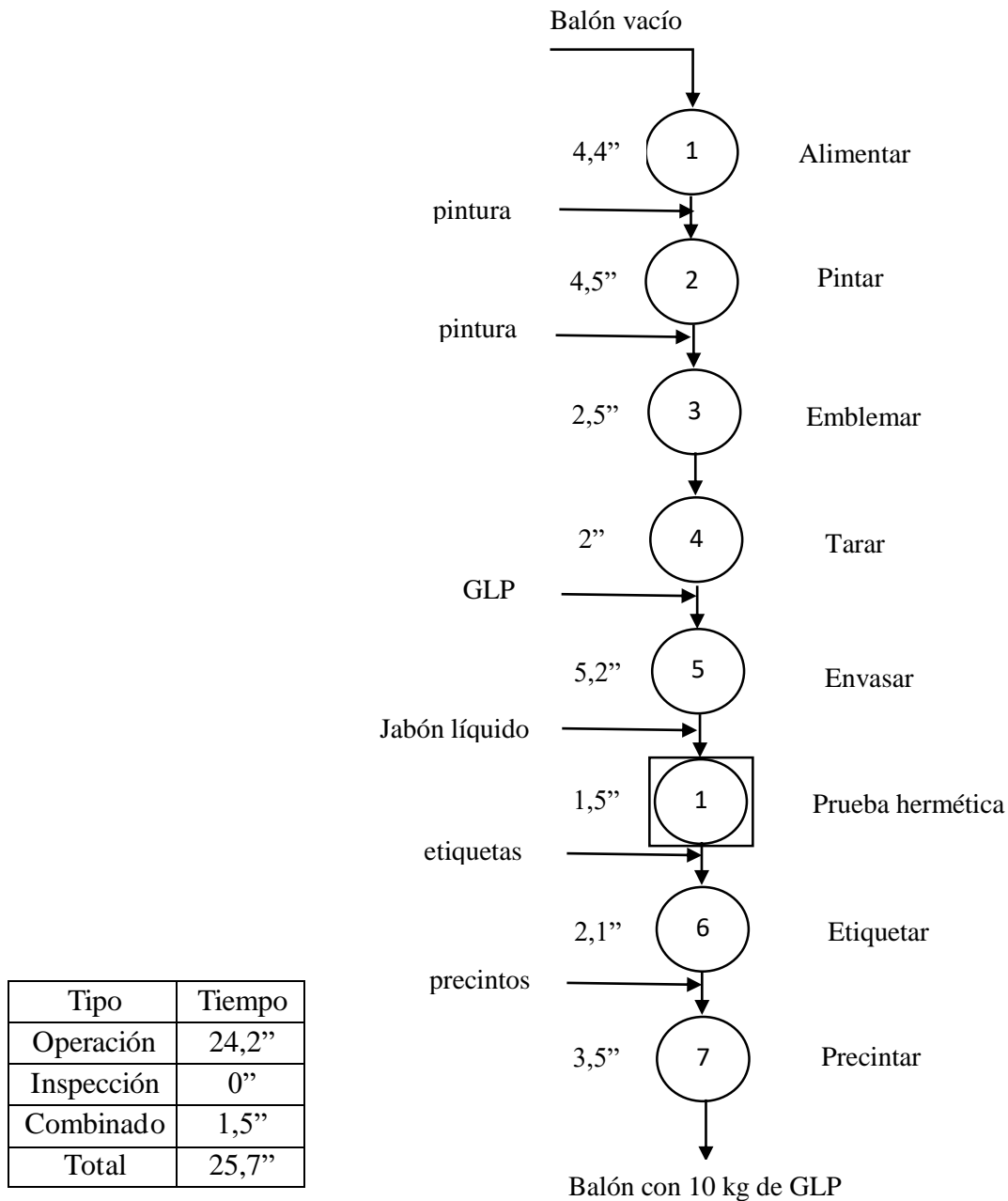


Figura 07. Diagrama de operaciones de la línea de envasado

Fuente: Empresa envasadora de GLP

b. Cursograma de análisis del proceso:

Del cursograma de análisis del proceso se obtiene los resultados de la tabla 21, lo que permite determinar que el proceso cuenta con un 50,4 % de actividades productivas y un 49,6 % de actividades improductivas del total de las actividades.

Tabla 21. Resumen de actividades

Actividad		Cantidad	Tiempo (s)
Actividades productivas			
Operación	Produce o realiza	16	100,1
Inspección	Verifica o comprueba	0	0
Combinado		1	1,5
Actividades improductivas			
Transporte	Mueve o traslada	10	31
Espera	Retrasa	3	69
Almacén	Guarda	0	0
Total		30	201,6

Fuente: Empresa envasadora de GLP

- Actividades productivas:

$$\% \text{ actividades productivas} = \frac{100,1 + 1,5 \text{ segundos}}{201,6 \text{ segundos}} \times 100$$

$$\% \text{ actividades productivas} = 50,4 \%$$

- Actividades improductivas:

$$\% \text{ act. improductivas} = \frac{31 + 69 \text{ segundos}}{201,6 \text{ segundos}} \times 100$$

$$\% \text{ act. improductivas} = 49,6 \%$$

c. Diagrama de recorrido

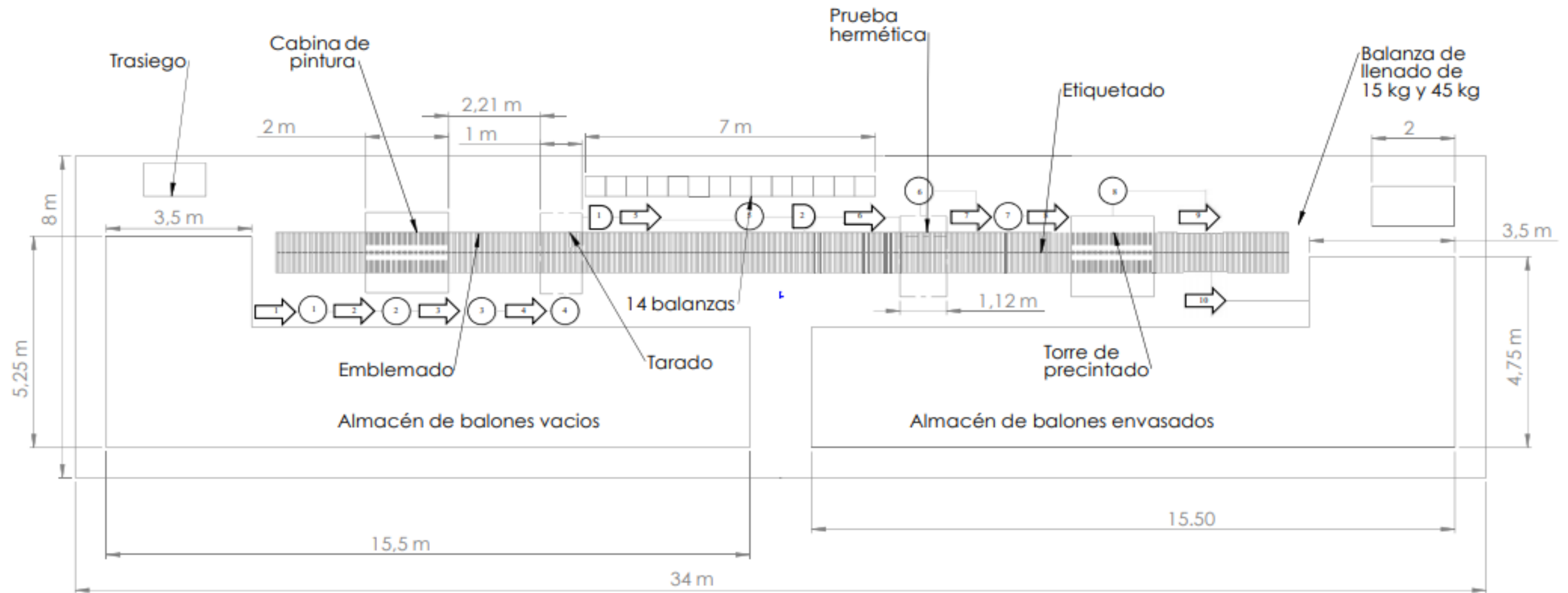
El diagrama de recorrido permite representar gráficamente las actividades del diagrama de flujo del proceso en un esquema de la distribución de la plataforma de envasado de balones de 10 kg. Para ello se realizó el diagrama de operaciones y de análisis del proceso para sobreponer estos diagramas sobre el plano y ubicar cada actividad en el lugar físico donde se ejecuta. [17]

Producto:		Balón de 10 kg		Actividad	Símbolo	Cantidad	Tiempo (s)
				Operación	○	16	100,1
Proceso de envasado de GLP				Inspección	■	0	0
				Transporte	➡	10	31
Elaborado por:	Barboza Diaz Mary Luz	Fecha:	05/04/18	Espera	D	3	69
				Almacén	▽	0	0
Aprobado por:	Ing. Arroyo Ulloa Maximiliano	Fecha:	08/04/18	Combinado	◻	1	1,5
				Total		30	201,6

N°	Descripción de la actividad	Tiempo (s)	Actividad					
			○	■	➡	D	▽	◻
1	Desplazamiento de balón a faja transportadora de rodillos	4			x			
2	Colocación del balón en faja transportadora de rodillos	1,5	x					
3	Limpieza superficial del balón	3	x					
4	Desplazamiento a pintado	2			x			
5	Colocación de balón en base giratoria	1	x					
6	Pintado de balón	4,5	x					
7	Desplazamiento a emblegado	3			x			
8	Espera para emblemar	27				x		
9	Colocar molde en superficie de balón	0,5	x					
10	Emblegado	2,5	x					
11	Retirar molde	0,5	x					
12	Desplazamiento a balanza	2			x			
13	Tarado	2	x					
14	Desplazamiento a envasado	4			x			
15	Espera por atención a otras balanzas envasadoras	26				x		
16	Desplazamiento del balón a la balanza envasadora	3,5			x			
17	Colocar balón en balanza envasadora	2	x					
18	Colocar cabezal	1	x					
19	Indicar peso de balón	2	x					
20	Envasado	71	x					
21	Espera por atención a otras balanzas envasadoras	16				x		
22	Retirado del balón de la balanza envasadora	1	x					
23	Desplazamiento de balón a faja transportadora	3,5			x			
24	Desplazamiento a prueba hermética y etiquetado	4			x			
25	Colocar agua jabonosa en válvula	1,5					x	
26	Colocar etiqueta	2,1	x					
27	Desplazamiento a precintado	1			x			
28	Colocar precinto	2	x					
29	Precintado	3,5	x					
30	Desplazamiento a almacén de balón envasado	4			x			

Figura 08. Cursograma de análisis del proceso

Fuente: Empresa envasadora de GLP




	Acabado:		Revisión:				
	Nombre	Fecha	Titulo				
Dibuj.	Mary Luz Barboza Diaz	26/06/2019	Diagrama de recorrido del proceso productivo actual de la empresa				
Verif.							
Aprob.							
Hoja 01 de 01		Unidad:	metros	Tamaño de hoja:	A3	Escala:	1:100

Figura 09. Diagrama de recorrido

Fuente: Empresa envasadora de GLP

3.1.3. Indicadores Actuales de Producción y Productividad

Tiempo base:

$$\begin{aligned} \text{tiempo base} &= 2 \frac{\text{turnos}}{\text{día}} \times 8 \frac{\text{horas}}{\text{turno}} \times 3600 \frac{\text{segundos}}{\text{hora}} \\ \text{tiempo base} &= 57\,600 \frac{\text{segundos}}{\text{día}} \end{aligned}$$

La empresa trabaja 2 turnos de 8 horas diarias, por lo que el tiempo base es de 57 600 segundos al día.

Cuello de botella:

La restricción del proceso de producción de envasado de GLP viene dada por el cuello de botella, que es la etapa de envasado, realizada por 1 solo operario, el cual tiene un tiempo promedio de 73 segundos por balón, sin embargo, la línea de envasado cuenta con 14 balanzas llenadoras, determinando así el cuello de botella:

$$\text{cuello de botella} = 5,2 \frac{\text{segundos}}{\text{balón}}$$

Capacidad diseñada:

$$\text{capacidad diseñada} = \frac{\text{tiempo base}}{\text{cuello de botella}}$$

$$\text{capacidad diseñada} = \frac{57\,600 \text{ s/día}}{5,2 \text{ s/balón}}$$

$$\text{capacidad diseñada} = 11\,076 \frac{\text{balones}}{\text{día}}$$

La producción teórica de la línea de envasado de balones de 10 kg es de 11 076 balones al día.

Producción real:

La producción real actual de la línea de envasado de balones de 10 kg es de aproximadamente 4 500 balones al día.

3.1.3.1. Indicadores de producción:

Utilización:

$$\text{Utilización} = \frac{\text{Producción real}}{\text{Producción teórica}}$$

$$\text{Utilización} = \frac{4\,500 \text{ balones}}{11\,076 \text{ balones}}$$

$$\text{Utilización} = 40,63 \%$$

Se determinó que la empresa utiliza el 40,63 % de la capacidad diseñada de su línea de envasado de balones de 10 kg.

Eficiencia de la línea:

Se tiene los siguientes datos:

Tabla 22. Tiempos promedio y número de operarios por etapa

Etapa	Promedio (s/balón)	Promedio (s/balón)	Nº de operarios
Alimentado	4,40	4,40	1
Pintado	4,50	4,50	1
Embleonado	2,50	4,50	1
Tarado	2,00		
Envasado	72,80	5,20	1
Prueba hermética	1,50	3,60	1
Etiquetado	2,10		
Precintado	3,50	3,5	1
	93,30	25,7	6

Fuente: Empresa envasadora de GLP

Se pudo determinar que la eficiencia de la línea balones de 10 kg es 82,3 %.:

$$E = \frac{\text{Segundos estándar por operación}}{\text{Segundos estándar asignados x número de operarios}} \times 100$$

$$E = \frac{25,7 \text{ segundos/balón}}{5,2 \text{ segundos} \times 6 \text{ operarios}} \times 100$$

$$E = 82,3 \%$$

Colchón de capacidad:

$$\text{Colchón de capacidad} = 100 \% - 40,63 \%$$

$$\text{Colchón de capacidad} = 59,37 \%$$

La línea de envasado de balones de 10 kg tiene un colchón de la capacidad del 59,37 % con respecto a su capacidad teórica.

3.1.3.2. Indicadores de productividad y eficiencia:

Productividad de mano de obra

$$\text{Productividad de mano de obra} = \frac{\text{Producción real}}{\text{Número de operarios al día}}$$

$$\text{Productividad de mano de obra} = \frac{4\,500 \text{ balones/día}}{12 \text{ operarios}}$$

$$\text{Productividad de mano de obra} = 375 \frac{\text{balones}}{\text{operario.día}}$$

Cada operario produce en promedio 375 balones al día.

Productividad de materia prima

$$\text{Productividad de materia prima} = \frac{\text{Producción real}}{\text{kg de GLP utilizados}}$$

$$\text{Productividad de materia prima} = \frac{4\,500 \text{ balones}}{45\,198 \text{ kg}}$$

$$\text{Productividad de materia prima} = 0,099 \text{ balón/kg}$$

Por cada kg de GLP utilizado en la línea de envasado, se obtiene 0,099 balones.

Eficiencia física

$$\text{Eficiencia física} = \frac{\text{kg de GLP obtenidos}}{\text{kg de GLP utilizados}}$$

$$\text{Eficiencia física} = \frac{4\,500 \text{ balones} \times 10 \text{ kg/balón}}{45\,198 \text{ kg}} \times 100$$

Eficiencia física = 99,5 %

Se obtiene que, por cada kilogramo de GLP, el 99,5% se aprovecha, quedando una merma del 0,5%, una pérdida mínima de GLP generada en la etapa de envasado.

Eficiencia económica:

Marca N° 01:

Tabla 23. Costo de materiales de la marca 1

Materiales	
esmalte azul	S/0,21
esmalte plomo	S/0,65
jabón tex gel	S/0,00
precinto de seguridad	S/0,01
etiquetas	S/0,00
granallado	S/5,00
flete	S/1,60
Total	S/7,47

Fuente: Empresa envasadora de GLP

Tabla 24. Costo de mano de obra de la marca 1

Costo de mano de obra (soles/mes por operario)	S/1 200
--	---------

Fuente: Empresa envasadora de GLP

A cada operario se le cancela 1200 soles mensualmente, con 12 operarios en total y con una producción de 4500 balones al día, se calculó que el costo por balón es de 0,13 soles.

Tabla 25. Eficiencia económica de la marca 1

Año	Costo del GLP (soles/balón)	Costo de Mano de obra (soles/balón)	Costo de materiales (soles/balón)	Costo de producción del balón de 10 kg	Precio de venta del balón de 10 kg	Eficiencia económica
2016	S/19,20	S/0,13	S/7,47	S/26,80	S/29,50	1,101
2017	S/18,50	S/0,13	S/7,47	S/26,10	S/28,80	1,103
2018	S/20,50	S/0,13	S/7,47	S/28,10	S/30,90	1,100

Fuente: Empresa envasadora de GLP

En la marca 01, por cada sol invertido se ha obtenido 0,101 soles de ganancia en el año 2016; 0,103 soles de ganancia en el año 2017 y 0,1 soles de ganancia en el año 2018.

Marca N° 02:

Tabla 26. Costo de materiales de la marca 2

Costo de materiales	
esmalte azul	S/0,62
esmalte blanco	S/0,18
jabón tex gel	S/0,00
precinto de seguridad	S/0,08
etiquetas	S/0,00
flete	S/1,60
granallado	S/5,00
Total	S/7,48

Fuente: Empresa envasadora de GLP

Tabla 27. Costo de mano de obra de la marca 2

Costo de mano de obra (soles/mes por operario)	S/1 200
--	---------

Fuente: Empresa envasadora de GLP

Tabla 28. Eficiencia económica de la marca 2

Año	Costo del balón de 10 kg	Costo de Mano de obra (soles/balón)	Costo de materiales (soles/balón)	Costo de producción del balón de 10 kg	Precio de venta del balón de 10 kg	Eficiencia económica
2016	S/19,20	S/0,13	S/7,48	S/26,81	S/28,50	1,063
2017	S/18,50	S/0,13	S/7,48	S/26,11	S/27,80	1,065
2018	S/20,50	S/0,13	S/7,48	S/28,11	S/29,80	1,060

Fuente: Empresa envasadora de GLP

En la marca 02, por cada sol invertido se obtiene 0,063 soles de ganancia en el año 2016 y 0,065 soles de ganancia en el año 2017 y 0,06 soles de ganancia en el año 2018.

3.1.3.3. Proveedores:

- ✓ Todos los insumos y materiales empleados en la línea de envasado de GLP de balones de 10 kg son enviados desde el almacén central, ubicado en la ciudad de Lima, para el cual, se le envían requerimientos mensuales.
- ✓ El abastecimiento de GLP es generado principalmente por SAVIA y PETROPERÚ, principales compañías petroleras del Perú.

3.2. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

La empresa envasadora de GLP trabaja actualmente bajo la orden de pedidos de los distribuidores al área de ventas, sin embargo, no se ha podido cumplir con todos los pedidos debido a la baja producción de la plataforma, registrándose un total de ingresos no percibidos de 9 165 923,76 soles en el año 2017.

Se analiza el proceso de producción estableciendo el número de observaciones necesarias para la toma de tiempos mediante la tabla de Westinghouse y se determinó que el tiempo ciclo promedio es 11,9 segundos por balón.

En el proceso de envasado existen un total de 49,6 % de actividades improductivas del total de actividades realizadas, las cuales se detallan en el diagrama de análisis del proceso.

Con la muestra tomada se determinó también que la etapa cuello de botella es la de envasado, con un tiempo promedio de 5,2 segundos estableciendo una capacidad diseñada de 11 076 balones por día, sin embargo, la producción real es de 4 500 balones al día generando una utilización de la plataforma de envasado del 40,63%, lo cual indica que la producción real es menor a la mitad de la capacidad diseñada, teniéndose un colchón de capacidad de más del 50%.

La etapa de envasado es en la cual se genera más tiempos improductivos, porque el operario designado tiene que atender las 14 balanzas de llenado y no se abastece para realizarlo (los balones esperan en las balanzas hasta ser retirados después de ya ser envasados o las balanzas están vacías hasta que el operario pueda colocar un balón en ellas). El desplazamiento del operario se puede visualizar en el diagrama de recorrido. Además, los dos operarios encargados del etiquetado, prueba hermética y precintado realizan estas operaciones de manera conjunta, generando, muchas veces, demoras en el proceso.

La productividad de mano de obra es de 375 balones al día por operario, sin embargo, al existir actividades improductivas de casi el 50% en el proceso de envasado de balones de 10 kg, indica que un operario podría realizar más balones de los que actualmente realiza o trabajar menos horas de las empleadas actualmente.

Se tiene una eficiencia física del 99,5% ya que por cada kg de GLP utilizado se obtiene 0,099 balones, es decir, la pérdida de GLP es mínima.

La eficiencia económica de la marca 01 es en promedio 1,101; es decir, por cada sol invertido se obtiene 0,101 soles de ganancia y de la marca 02 es en promedio 1,062; por cada sol invertido se obtiene 0,062 soles de ganancia. La eficiencia económica de las dos marcas supera la unidad, lo que indica que están generando utilidades, sin embargo, estas podrían ser mayores.

En síntesis, la empresa envasadora de GLP tiene actualmente pedidos no atendidos, los cuales son generados por la baja producción de su plataforma de envasado ya que existen tiempos improductivos, a esto se le adiciona el presentar un flujo no balanceado y que la designación de los operarios y estaciones de trabajo se realizan de acuerdo con la perspectiva y juicio del jefe de planta.

Cabe resaltar que la plataforma de envasado es de 8 m de ancho por 34 metros de largo, teniendo como condición de la empresa, no realizar construcciones mayores sino, sobre la plataforma cualquier mejoría a realizar. Además, esta plataforma cuenta con una capacidad de producto vacío de 1 234 balones (3 niveles) y de producto terminado de 1 166 balones (2 niveles), lo cual limitaría el incremento de la producción si es que no se establece una rotación adecuada de recojo de balones.

3.3. IDENTIFICACIÓN DE PROBLEMAS EN EL SISTEMA DE PRODUCCIÓN Y SUS CAUSAS

3.3.1. Problemas, Causas y Propuestas de Solución en el Sistema de Producción

En la tabla 29, se identifica los principales problemas de la línea de envasado, sus causas, las pérdidas económicas y las posibles propuestas de solución, describiéndose con mayor detalle a continuación:

Tabla 29. Identificación de principales problemas y la propuesta de solución

N°	Problema	Causas posibles	Pérdidas económicas	Propuesta de solución
1	Tiempos improductivos en la línea de envasado	Tiempos no estandarizados Variación en los tiempos por etapa	S/225 000,00	Estandarizar el tiempo ciclo al valor del Takt time Realizar un balance de línea para nivelar los tiempos por etapa
2	Pedidos no atendidos	Bajo rendimiento de la capacidad de planta Incumplimiento del ritmo que el cliente demanda	S/9 165 923,76	Incrementar la utilización de la planta mediante la aplicación de la teoría de restricciones Sincronizar el ritmo de producción con el ritmo de ventas

1.1. Tiempos improductivos en la línea de envasado

Causas:

Los tiempos improductivos son generados por la variación de los tiempos por etapa generando así demoras en el proceso, además no se puede corroborar la correcta asignación de puestos de trabajo, el número de balanzas a utilizar y la designación de operarios para cada puesto de trabajo, como se describe en el proceso de producción.

Los balones esperan en las balanzas hasta ser retirados después de ya ser envasados o las balanzas están vacías hasta que el operario pueda colocar un balón en ellas.

Posible solución:

Estandarización de tiempos y Balance de Línea

Se propone eliminar los tiempos improductivos del proceso de envasado mediante la estandarización de tiempos. Así como también, sincronizar el tiempo ciclo con el tiempo Takt (tiempo requerido para la producción de un producto de acuerdo con la demanda del cliente) y balancear el proceso determinando el número de operarios necesarios en cada operación, el número óptimo de estaciones de trabajo y determinar los recursos de trabajo para cada estación, buscando asignar una carga de trabajo pareja en cada estación que balancee la línea de producción.

1.2. Pedidos no atendidos

Causas:

La empresa no puede atender todos los pedidos actualmente debido a que la producción actual no abastece a cumplir con la demanda solicitada y esto, por los tiempos improductivos que se presentan en la línea de envasado generadas por las restricciones antes mencionadas contando con un bajo rendimiento de planta, utilización del 40,63% y un nivel de servicio del 77,1%

Posible solución:

Teoría de restricciones

Se pretende incrementar la producción mediante la aplicación de los 5 pasos de la teoría de restricciones y así poder cumplir con el 100% de los pedidos. La metodología TOC permite gestionar las restricciones que limitan al proceso a generar mayores ganancias económicas sin comprometer mayores inversiones en construcciones o modificaciones, lo cual es una condición dada por la empresa. A la vez se tiene que realizar un estudio de tiempos para determinar la restricción cuello de botella de la línea de envasado y poder explotarla, además de un balance de línea para determinar los recursos necesarios a utilizar.

3.4. EVALUAR Y DETERMINAR LA HERRAMIENTA A APLICAR EN LA PROPUESTA DE MEJORA

Como primer paso, se determinaron los criterios a evaluar, los cuales se identificaron de acuerdo con los problemas vistos en el punto anterior, determinándose así los siguientes:

- A. Incrementar la producción
- B. Reducir tiempos improductivos
- C. Determinar recursos necesarios
- D. Gestionar las restricciones

Una vez completada la lista de criterios, cada uno de estos fue valorizado con respecto a los valores mostrados a continuación:

1	Igual en importancia
2	Más importante
5	Significativamente más importante

Tabla 30. Matriz de valorización

	A	B	C	D	Total	Total (%)
A		2	2	1	5	36%
B	0,5		2	1	3,5	25%
C	0,5	0,5		0,5	1,5	11%
D	1	1	2		4	29%
Total					14	100%

Se determina mediante la matriz de valorización [22] que el criterio con más importancia es el de incrementar la producción con un 36% con respecto a los demás criterios.

Después de haber determinado la importancia relativa de cada criterio, se evaluó cada herramienta de mejora propuesta como solución con respecto a las soluciones que cada uno de ellos propone, lo cual se visualiza en la tabla 31. Con la información brindada, se pudo evaluar cada herramienta con respecto a los criterios anteriormente vistos (tabla 32, 33, 34 y 35), los resultados obtenidos se sintetizan en una tabla resumen (tabla 36), colocando en las filas las herramientas propuestas y como columnas, los criterios con sus respectivos valores. Finalmente, en la tabla 37, se multiplicó los valores de cada caso con los valores de ponderación de la matriz de valorización y se determinó como mejor herramienta a aplicar TOC con un 42%. Sin embargo, se aplicará también la estandarización de tiempos y balance de línea dentro de la metodología TOC.

Tabla 31. Herramientas propuestas para la mejora

Herramientas	Relación con la problemática de la empresa	
Teoría de Restricciones	Obtener más beneficios con los recursos de su empresa	sí
	Evitar realización de reestructuraciones u otras medidas	sí
	Enfoque en las actividades que agregan valor	sí
	Aprovechar al máximo la capacidad de la empresa (incremento de la producción)	sí
	Mejorar su eficiencia hasta el 100 %	sí
	Reducir los tiempos de entrega	sí
	Eliminar las restricciones del proceso	sí
Balance de Línea	Identificar la operación que constituya el cuello de botella	sí
	Establecer la velocidad de la línea de ensamble	sí
	Determinar el número de estaciones	sí
	Establecer la carga de trabajo porcentual de cada operador	sí
	Igualar la carga de trabajo de los operarios	sí
	Reducir el costo de producción	sí
Trabajo estandarizado	Determinar el número de máquinas-herramientas a utilizar	sí
	Definir el número de personal de producción por contratar.	sí
	Obtener el balanceo de la línea de ensamble	sí
	Determinar el desempeño individual de cada trabajador e identificar y corregir las operaciones problemáticas	sí
	Reducir el costo de producción.	sí

Tabla 32. Herramientas propuestas para la mejora con criterio A

Incrementar la producción	1	2	3	Total	
1. TOC		2	2	4	0,57
2. Balance de línea	0,5		1	1,5	0,21
3. Trabajo estandarizado	0,5	1		1,5	0,21
Total				7	1

Tabla 33. Herramientas propuestas para la mejora con criterio B

Reducir tiempos improductivos	1	2	3	Total	
1. TOC		0,5	0,5	1	0,14
2. Balance de línea	2		1	3	0,43
3. Trabajo estandarizado	2	1		3	0,43
Total				7	1

Tabla 34. Herramientas propuestas para la mejora con criterio C

Determinar recursos necesarios	1	2	3	Total	
1. TOC		0,5	0,5	1	0,14
2. Balance de línea	2		1	3	0,43
3. Trabajo estandarizado	2	1		3	0,43
Total				7	1

Tabla 35. Herramientas propuestas para la mejora con criterio D

Gestionar las restricciones	1	2	3	Total	
1. TOC		2	2	4	0,57
2. Balance de línea	0,5		1	1,5	0,21
3. Trabajo estandarizado	0,5	1		1,5	0,21
Total				7	1

Tabla 36. Matriz de ponderación

	Incrementar la producción	Reducir tiempos improductivos	Determinar recursos necesarios	Gestionar las restricciones
1. TOC	0,57	0,14	0,14	0,57
2. Balance de línea	0,21	0,43	0,43	0,21
3. Trabajo estandarizado	0,21	0,43	0,43	0,21
Totales de columna	0,36	0,25	0,11	0,29

Tabla 37. Matriz de priorización

	Incrementar la producción	Reducir tiempos improductivos	Determinar recursos necesarios	Gestionar las restricciones	Totales de fila
1. TOC	0,20	0,04	0,02	0,16	42%
2. Balance de línea	0,08	0,11	0,05	0,06	29%
3. Trabajo estandarizado	0,08	0,11	0,05	0,06	29%
Totales de columna	0,36	0,25	0,11	0,29	100%

3.5. PROPUESTA DE MEJORA

Se propone incrementar la producción mediante la aplicación de los 5 pasos de la teoría de restricciones.

3.5.1. Identificar las restricciones del sistema

- ✓ La principal restricción de la empresa está dada por su capacidad restrictiva de la línea de envasado, además existe tiempos improductivos, estos tiempos son causados por la variación de los tiempos de cada etapa, estos datos se pueden visualizar en el diagrama de análisis del proceso y el porcentaje de actividades improductivas.
- ✓ Pedidos no atendidos por la empresa, lo cual está representado por el nivel de servicio del 77,1 % con respecto a su cliente interno, el área de ventas.
- ✓ La capacidad de almacenamiento de los balones tanto como para los balones vacíos como para los llenos son de 1 234 y 1 166 respectivamente.

3.5.2. Explotar la restricción

3.5.2.1. Estandarización de tiempos

- **Registro de tiempos**

El número de observaciones se determinó mediante la tabla de Westinghouse, y se calculó el tiempo promedio para cada operación, las cuales se visualizan en la tabla 38. Estos tiempos promedio son los mismos tiempos tomados para el diagnóstico actual, los cuales se muestran de manera detallada en el anexo 01, 02, 03, 04 y 05.

Tabla 38. Tiempos promedio por operación

Etapa	Promedio (s/balón)
Alimentado	4,4
Pintado	4,5
Emblemado	2,5
Tarado	2
Envasado	72,8
Prueba hermética	1,5
Etiquetado	2,1
Precintado	3,5

Fuente: Empresa envasadora de GLP

- **Tiempos normales**

Se determinó el tiempo que un operario normal requerirá para realizar cada operación. Se evaluó 4 factores de actuación del operario (Anexo 06), los cuales son las condiciones, consistencia, destreza y esfuerzo, en base a las tablas de Westinghouse para la evaluación, sumándole 1 al resultado obtenido para determinar el factor de valoración.

Tabla 39. Tiempos normales por operación

Etapa	Tiempo promedio (s/balón)	Condiciones	Consistencia	Destreza	Esfuerzo	Factor de valoración	Tiempo normal (s/balón)
Alimentado	4,4	0,0	-0,02	0	-0,04	0,94	4,14
Pintado	4,5	0,0	0,1	0,06	0,05	1,21	5,45
Embleonado	2,5	0,0	0,1	0,06	0,05	1,21	3,03
Tarado	2	0,0	0,1	0,06	0,05	1,21	2,42
Envasado	5,2	0,0	-0,02	0,06	0,05	1,09	5,67
Prueba hermética	1,5	0,0	0,1	0,06	0,02	1,18	1,77
Etiquetado	2,1	0,0	0,1	0,06	0,02	1,18	2,48
Precintado	3,5	0,0	0,1	0,06	0,02	1,18	4,13

Fuente: Empresa envasadora de GLP

- **Tiempos estándar**

Se determinó los tiempos estándar por cada operación, multiplicando el tiempo normal por la sumatoria de los porcentajes de los suplementos considerados y 1 unidad.

Los suplementos considerados se muestran en la tabla 40.

Tabla 40. Suplementos considerados por operación

Suplementos	%	Operación afectada
Suplemento por trabajos personales	7	todas
Suplemento por trabajar de pie	2	todas
Uso de la fuerza (10 Kg)	3	todas
Trabajo de precisión	2	envasado
Monotonía	4	todas

Fuente: Empresa envasadora de GLP

Tabla 41. Tiempos estándar por operación

Etapa	Tiempo normal (s/balón)	Suplemento	Tiempo estándar (s/balón)
Alimentado	4,14	16%	4,80
Pintado	5,45	16%	6,32
Embleonado	3,03	16%	3,51
Tarado	2,42	16%	2,81
Envasado	5,67	18%	6,69
Prueba hermética	1,77	16%	2,05
Etiquetado	2,48	16%	2,87
Precintado	4,13	16%	4,79

Fuente: Empresa envasadora de GLP

3.5.2.2. Balance de línea

- **Pronóstico de la demanda**

Se tiene el registro histórico de la demanda de balones de 10 kg, mostrado en la tabla, con la cual se proyectó la demanda para los próximos 5 años mediante la regresión lineal.

Tabla 42. Registro histórico de la demanda

	Demanda (balones/año)	Demanda mensual (balones/mes)	Demanda diaria (balones/día)
2015	1 670 000	139 167	5 799
2016	1 725 000	143 750	5 990
2017	1 785 020	148 752	6 198

Fuente: Empresa envasadora de GLP

En la figura 10 se puede identificar que el coeficiente de correlación es de 0,9994 lo que nos indica que existe una correlación positiva entre las variables de la demanda de balones por periodo de tiempo.

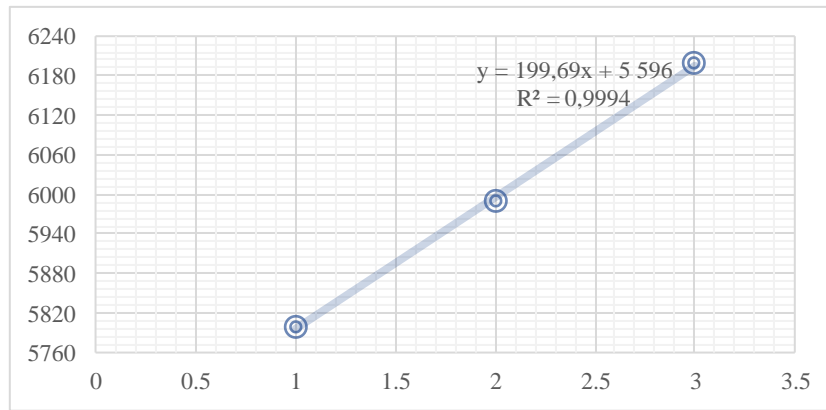


Figura 10: Proyección de la demanda

Fuente: Empresa envasadora de GLP

Tabla 43. Proyección de la demanda

Año	Demanda diaria (balones/día)	Demanda por turno (balones/turno)
2019	6 594	3 297
2020	6 794	3 397
2021	6 994	3 497
2022	7 194	3 597

Fuente: Empresa envasadora de GLP

Para realizar el balance de línea, se tomará la demanda del último año porque se busca cumplir con lo requerido a largo plazo.

- **Determinación del Takt time**

$$Takt\ time = \frac{Tiempo\ disponible}{Demanda}$$

$$Takt\ time = \frac{8\ horas \times 3\ 600 \frac{s}{h}}{3\ 597 \frac{balones}{turno}}$$

$$Takt\ time = 8\ segundos \times balón$$

Se calculó que el ritmo de producción deberá ser de 8 segundos x balón para cumplir con la demanda.

- **Determinación de número de puestos de trabajo**

$$N^{\circ} \text{ puestos de trabajo} = \frac{\text{Número ciclo estándar}}{\text{Takt time}}$$

$$N^{\circ} \text{ puestos de trabajo} = \frac{34,95 \frac{\text{segundos}}{\text{balón}}}{8 \frac{\text{segundos}}{\text{balón}}}$$

$$N^{\circ} \text{ puestos de trabajo} = 4,36 = 5$$

Se determinó que la línea de envasado requerirá 5 puestos de trabajo.

- **Determinación de número de balanzas llenadoras para la etapa de envasado**

$$N^{\circ} \text{ balanzas llenadoras} = \frac{\text{Tiempo de envasado}}{\text{takt time}}$$

$$N^{\circ} \text{ balanzas llenadoras} = \frac{93,64 \frac{\text{segundos}}{\text{balón}}}{8 \frac{\text{segundos}}{\text{balón}}}$$

$$N^{\circ} \text{ balanzas llenadoras} = 11,69 = 12$$

El número de balanzas llenadores para la etapa de envasado es de 12.

- **Nuevo tiempo estándar de envasado**

El tiempo de envasado estándar con respecto a las 14 balanzas envasadoras es de 93,64 segundos por balón, sin embargo, se determinó que el número de balanzas debería ser 12. Se calculó el nuevo tiempo estándar con respecto al número óptimo de balanzas llenadoras el cual sería 7,8 segundos por balón.

$$\text{Tiempo de envasado} = \frac{93,64 \text{ segundos/balón}}{12 \text{ balanzas}}$$

$$\text{Tiempo de envasado} = 7,8 \text{ segundos/balón}$$

- **Balance de la línea de envasado**

Para realizar el balance de línea se tiene que realizar una tabla de precedencia para mostrar la secuencia en la que las actividades son realizadas.

Tabla 44. Tabla de precedencia de la línea de envasado

Actividad	Precede
A Alimentado	-
B Pintado	A
C Emblemado	B
D Tarado	-
E Envasado	D
F Prueba hermética	E
G Etiquetado	F
H Precintado	E, F

Fuente: Empresa envasadora de GLP

Como el ritmo de producción está marcado por el cuello de botella, la etapa de envasado, se busca equilibrar las demás operaciones en puestos de trabajo con tiempos similares teniendo en consideración las actividades y las actividades predecesoras de cada una de estas. En la figura 11 se puede apreciar la formación de los puestos de trabajo tomando en cuenta que cada puesto no sobrepase el tiempo cuello de botella.

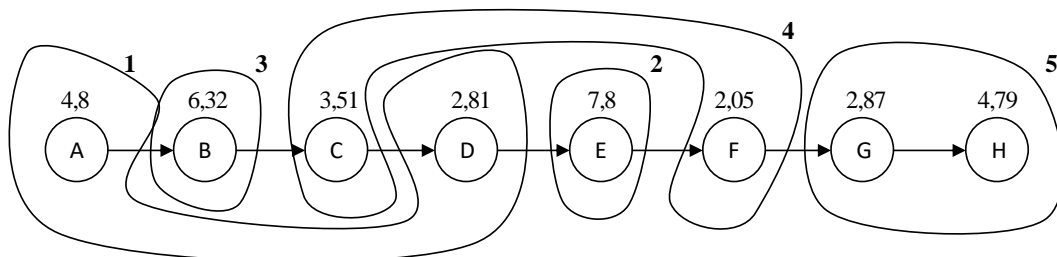


Figura 11. Formación de puestos de trabajo balanceados

Fuente: Empresa envasadora de GLP

Sin embargo, para poder asegurar que en la etapa cuello de botella no se generen retrasos ni inconvenientes, se brindará un amortiguador de tiempo, incrementando el tiempo por puesto de trabajo a 8 segundos/ balón como ciclo máximo, ya que no se debe superar al tiempo marcado por el cliente, Takt time.

En la tabla 45 se muestra los tiempos equilibrados con una nueva secuencia de puestos de trabajo, haciendo trabajar al 100% la capacidad de la etapa cuello de botella.

Tabla 45. Secuencia de puesto de trabajo equilibrados

Etapa	Tiempo estándar (s/balón)	Tiempo estándar (s/balón)	Tiempo equilibrado (s/balón)
Alimentado	4,80	5	8,00
Tarado	2,81	3	
Envasado	7,80	8	8,00
Pintado	6,32	7	8,00
Prueba hermética	2,05	2	8,00
Embleonado	3,51	4	
Etiquetado	2,87	3	8,00
Precintado	4,79	5	
Tiempo ciclo (s/balón)	34,95	37	40,00

Fuente: Empresa envasadora de GLP

- **Determinación de número de operarios necesarios para cada operación**

Se calculó el número de operarios necesarios mediante la fórmula, Dónde: TE es el tiempo estándar de cada operación; IP, índice de producción y E, la eficiencia planeada.

$$N^{\circ} \text{ operarios} = \frac{TE \times IP}{E}$$

$$IP = \frac{\text{Unidades a producir}}{\text{Tiempo disponible de un operario}}$$

Se consideró como unidades a producir 3 600 por turno, marcado por la capacidad de la etapa cuello de botella y una eficiencia de 95%. El tiempo disponible por operario, 8 horas y se determinó que el número de operarios es de 5 por turno.

Tabla 46. Número de operarios

Etapa	Tiempo estándar (s/balón)	N° teórico	N° real
Alimentado	5	1,05	1
Tarado	3		
Envasado	8	1,05	1
Pintado	7	0,92	1
Prueba hermética	2	0,78	1
Embleonado	4		
Etiquetado	3	1,05	1
Precintado	5		
N° total de operarios			5

Fuente: Empresa envasadora de GLP

- **Carga de trabajo del operario**

En la tabla 47 se puede apreciar que es lo que estará haciendo cada operario durante el nuevo tiempo ciclo total por balón, lo que garantizará el flujo continuo al evitar las demoras por esperas.

Tabla 47. Actividad por operario en el nuevo tiempo ciclo

Tiempo ciclo (40 s/balón)					
	8 s/balón	8 s/balón	8 s/balón	8 s/balón	8 s/balón
Operario 1	Etapa 1	Etapa 1	Etapa 1	Etapa 1	Etapa 1
Operario 2	Etapa 2	Etapa 2	Etapa 2	Etapa 2	Etapa 2
Operario 3	Etapa 3	Etapa 3	Etapa 3	Etapa 3	Etapa 3
Operario 4	Etapa 4	Etapa 4	Etapa 4	Etapa 4	Etapa 4
Operario 5	Etapa 5	Etapa 5	Etapa 5	Etapa 5	Etapa 5

Fuente: Empresa envasadora de GLP

Se determinó la carga de trabajo para cada operario, la cual se muestra en la tabla 48, para balancear la línea se redondeó los tiempos estándar, lo cual permitía darle holgura al operario, por lo que ninguno llega al 100% de carga de trabajo.

Tabla 48. Carga de trabajo del operario

Operario	Tiempo estándar (s/balón)	Cuello de botella (s/balón)	Carga de trabajo
Operario 1	7,60	8	95%
Operario 2	7,80	8	98%
Operario 3	6,32	8	79%
Operario 4	5,56	8	70%
Operario 5	7,67	8	96%

Fuente: Empresa envasadora de GLP

a. Diagrama de operaciones del proceso

Se realizó nuevamente el DOP para representar gráficamente las operaciones, inspecciones y actividades combinadas del proceso de la mejora propuesta. El proceso consta de 7 operaciones con un tiempo de 37 segundos y 1 operación combinada con un tiempo de 3 segundos, haciendo un total de 40 segundos por balón.

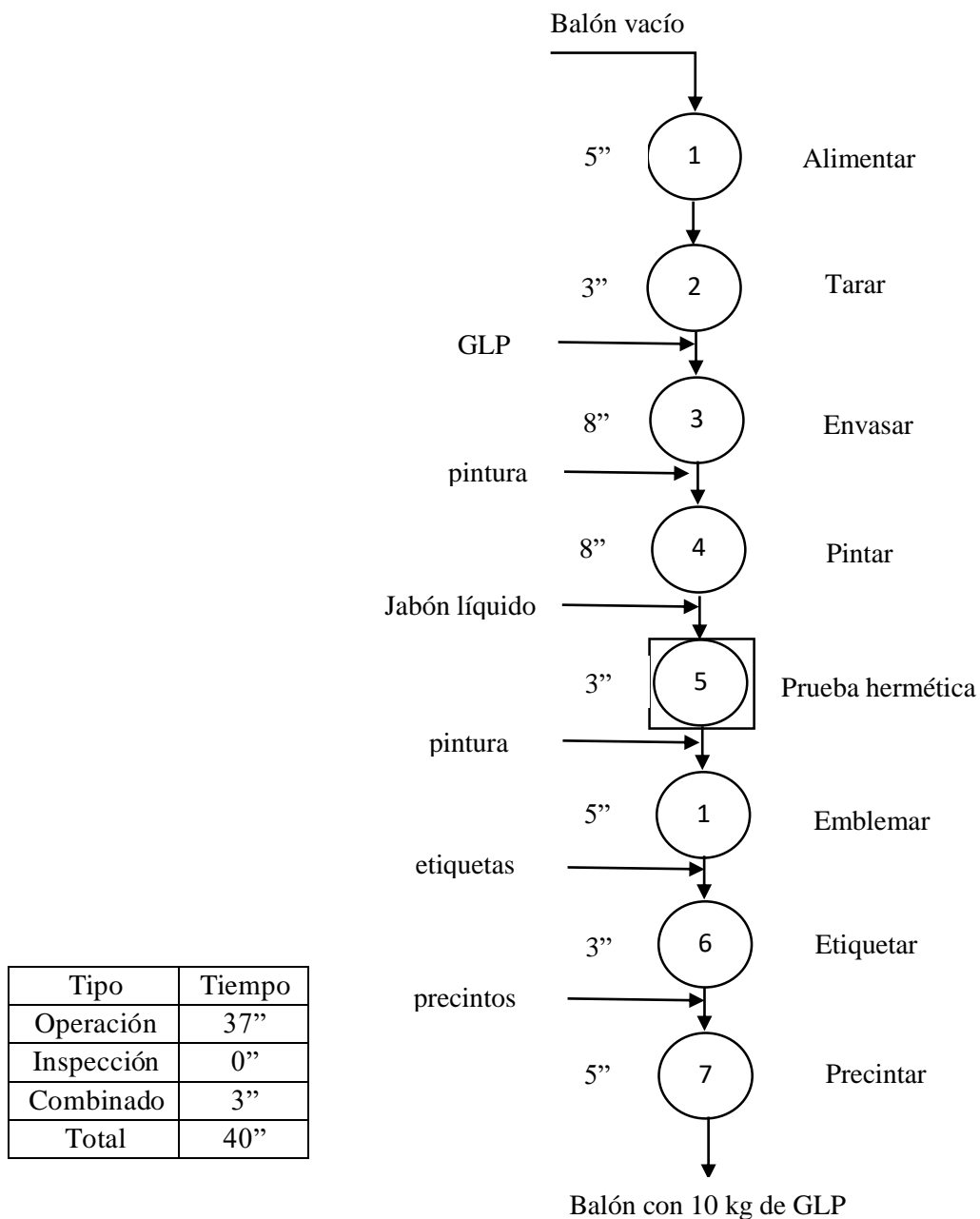


Figura 12. Diagrama de operaciones de la línea de envasado de la propuesta de mejora

Fuente: Empresa envasadora de GLP

b. Cursograma analítico del proceso

El proceso en la propuesta de mejora cuenta con un 78,7 % de actividades productivas y un 21,3 % de actividades improductivas del total de las actividades.

Tabla 49. Resumen de actividades

Actividad		Cantidad	Tiempo (s)
Actividades productivas			
Operación	Produce o realiza	16	127,11
Inspección	Verifica o comprueba	0	0
Combinado		1	2,05
Actividades improductivas			
Transporte	Mueve o traslada	11	35
Espera	Retrasa	0	0
Almacén	Guarda	0	0
Total		30	164,16

Fuente: Empresa envasadora de GLP

- Actividades productivas:

$$\% \text{ actividades productivas} = \frac{127,11 + 2,05 \text{ segundos}}{164,16 \text{ segundos}} \times 100$$

$$\% \text{ actividades productivas} = 78,7 \%$$

- Actividades improductivas:

$$\% \text{ act. improductivas} = \frac{35 \text{ segundos}}{164,16 \text{ segundos}} \times 100$$

$$\% \text{ act. improductivas} = 21,3 \%$$

c. Diagrama de recorrido

El diagrama de recorrido con la nueva reubicación de las etapas de trabajo se muestra en la figura 14. [17]

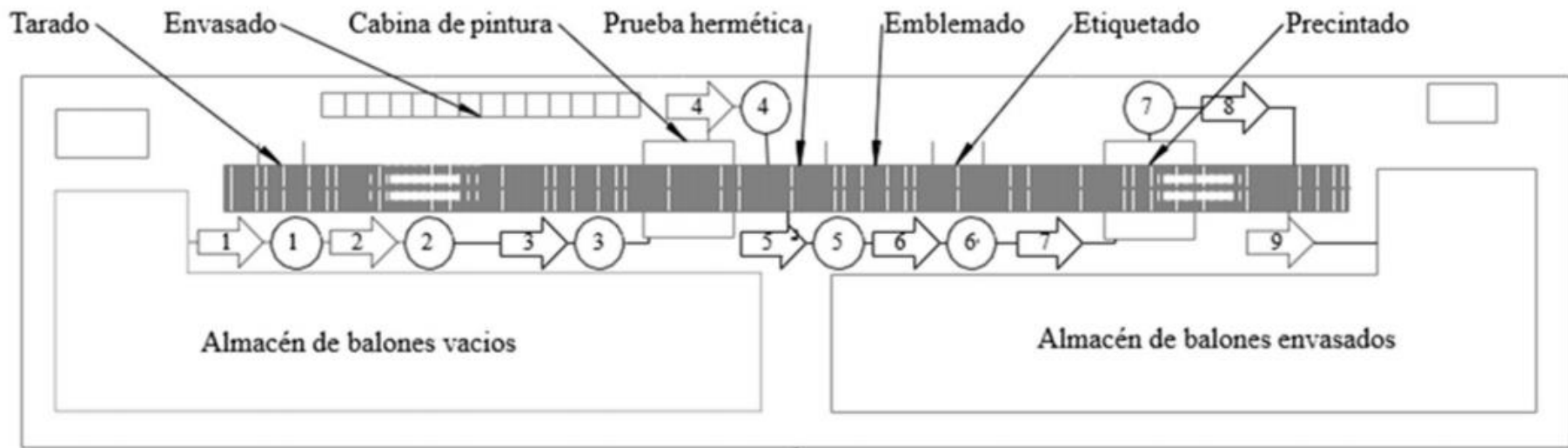
d. Cursograma de análisis del proceso

Producto:		Balón de 10 kg		Actividad	Símbolo	Cantidad	Tiempo (s)
				Operación	●	16	127,11
Proceso de envasado de GLP				Inspección	■	0	0
				Transporte	➡	11	35
Elaborado por:	Barboza Diaz Mary Luz	Fecha:	25/04/19	Espera	D	0	0
				Almacén	▼	0	0
Aprobado por:	Ing. Arroyo Ulloa Maximiliano	Fecha:	25/04/19	Combinado	◻	1	2,05
				Total			164,16

N°	Descripción de la actividad	Tiempo (s)	Actividad					
			●	■	➡	D	▼	◻
	Desplazamiento de balón a faja transportadora de rodillos	4			x			
	Colocación del balón en faja transportadora de rodillos	1,5	x					
	Limpieza superficial del balón	3	x					
	Desplazamiento a balanza	2			x			
	Tarado	2,81	x					
	Desplazamiento a envasado	4			x			
	Desplazamiento del balón a la balanza envasadora	3,5			x			
	Colocar balón en balanza envasadora	2	x					
	Colocar cabezal	1	x					
	Indicar peso de balón	2	x					
	Envasado	93,6	x					
	Retirado del balón de la balanza envasadora	1	x					
	Desplazamiento de balón a faja transportadora	3,5			x			
	Desplazamiento a pintado	2			x			
	Colocación de balón en base giratoria	1	x					
	Pintado de balón	6,32	x					
	Desplazamiento a prueba hermética	4			x			
	Colocar agua jabonosa en válvula	2,05					x	
	Desplazamiento a emblemado	3			x			
	Colocar molde en superficie de balón	0,5	x					
	Emblemado	3,51	x					
	Retirar molde	0,5	x					
	Desplazamiento a etiquetado	4			x			
	Colocar etiqueta	2,87	x					
	Desplazamiento a precintado	1			x			
	Colocar precinto	2	x					
	Precintado	3,5	x					
	Desplazamiento a almacén de balón envasado	4			x			

Figura 13. Cursograma de análisis del proceso de la línea de envasado de la propuesta de mejora

Fuente: Empresa envasadora de GLP




	Acabado:		Revisión:			
	Nombre	Fecha	Titulo			
Dibuj.	Mary Luz Barboza Diaz	20/06/2019	Diagrama de recorrido de la nueva distribución.			
Verif.						
Aprob.						
Hoja 01 de 01	Unidad:	metros	Tamaño de hoja:	A4	Escala:	1:50

Figura 14. Diagrama de recorrido de la mejora propuesta

Fuente: Empresa envasadora de GLP

3.5.2.3. Indicadores Nuevos de Producción y Productividad

Tiempo base:

$$\begin{aligned} \text{tiempo base} &= 2 \frac{\text{turnos}}{\text{día}} \times 8 \frac{\text{horas}}{\text{turno}} \times 3600 \frac{\text{segundos}}{\text{hora}} \\ \text{tiempo base} &= 57\,600 \frac{\text{segundos}}{\text{día}} \end{aligned}$$

La empresa trabaja 2 turnos de 8 horas diarias, por lo que el tiempo base es de 57 600 segundos al día.

Cuello de botella:

La restricción del proceso de producción de envasado de GLP viene dada por el cuello, que al estar equilibrado cuenta con un tiempo de 8 segundos por balón por etapa. Sin embargo, es la etapa de envasado, la que no podrá reducirse por ser tiempo de la balanza llenadora.

$$\text{cuello de botella} = 8 \frac{\text{segundos}}{\text{balón}}$$

Capacidad diseñada:

$$\text{capacidad diseñada} = \frac{\text{tiempo base}}{\text{cuello de botella}}$$

$$\text{capacidad diseñada} = \frac{57\,600 \text{ s/día}}{8 \text{ s/balón}}$$

$$\text{capacidad diseñada} = 7\,200 \frac{\text{balones}}{\text{día}}$$

La producción teórica de la línea de envasado de balones de 10 kg es de 7 200 balones al día.

Producción real:

La producción real actual de la línea de envasado de balones de 10 kg es de aproximadamente 7 200 balones al día.

Indicadores de producción

Utilización:

$$\text{Utilización} = \frac{\text{Producción real}}{\text{Producción teórica}}$$

$$\text{Utilización} = \frac{7\,200 \text{ balones}}{7\,200 \text{ balones}}$$

$$\text{Utilización} = 100 \%$$

Se determinó que la empresa utiliza el 100 % de la capacidad diseñada de su línea de envasado de balones de 10 kg.

Eficiencia:

Con los datos obtenidos en la tabla anterior se pudo determinar la eficiencia de la línea:

$$E = \frac{\text{Minutos estándar por operación}}{\text{Minutos estándar asignados} \times \text{número de operarios}} \times 100$$

$$E = \frac{40 \text{ segundos/balón}}{8 \text{ segundos} \times 5 \text{ operarios}} \times 100$$

$$E = 100 \%$$

La eficiencia de la línea es de 100 %.

Colchón de capacidad:

$$\text{Colchón de capacidad} = 100 \% - \text{Utilización}$$

$$\text{Colchón de capacidad} = 100 \% - 100 \%$$

$$\text{Colchón de capacidad} = 0 \%$$

La línea de envasado de balones de 10 kg tiene un colchón de la capacidad del 0 % con respecto a su capacidad teórica.

Indicadores de productividad

Productividad de mano de obra

$$\text{Productividad de mano de obra} = \frac{\text{Producción real}}{\text{Número de operarios al día}}$$

$$\text{Productividad de mano de obra} = \frac{7\,200 \text{ balones/día}}{10 \text{ operarios}}$$

$$\text{Productividad de mano de obra} = 720 \frac{\text{balones}}{\text{operario.día}}$$

Cada operario produce en promedio 720 balones al día.

3.5.2.4. Comparación de indicadores:

Se realizó la comparación de los indicadores de producción con los de la propuesta para evaluar la mejora en la tabla 50.

Tabla 50. Comparación de indicadores de producción

	Situación actual	Propuesta
N° de balanzas	14	12
N° de operarios	6	5
Producción (balones/día)	4 500	7 200
Utilización	40,63%	100%
Eficiencia	82,3%	100%
Colchón de capacidad	59,37%	0 %
Productividad de mano de obra	375 balones/operario. Día	720 balones/operario. Día
Actividades improductivas	49,6%	21,3%
Nivel de servicio	77,1%	100%

Fuente: Elaboración propia

3.5.3. Subordinar todo el sistema a la decisión anterior

La subordinación del sistema a la decisión anterior hace referencia a que cuando se realiza algún tipo de cambio en una parte del proceso de producción, en este caso la línea de envasado va a tener efectos en todo el sistema, por lo que se debe tomar las acciones adecuadas para permitir que todo el sistema trabaje al mismo ritmo.

La capacidad de los almacenes de plataforma de producto vacío y producto terminado, tal como se muestra en la tabla 51, no es suficiente para poder almacenar la nueva producción

de 3 600 balones por turno, por lo que se tiene que establecer un horario de recojo de balones durante cada turno para evitar paradas no planificadas en la línea de envasado, las cuales se pueden visualizar en la tabla 52.

Tabla 51. Capacidad de almacenes de plataforma

Almacén	Capacidad (balones)
Balones vacíos	1 234
Balones llenos	1 166

Fuente: Empresa envasadora de GLP

Para la definición de las horas de recojo por turno se considera la producción acumulada por hora. Con una producción de 450 balones por hora, se establece los siguientes horarios: en el primer turno, el horario de recojo de balones envasados llenos debe ser entre las 8 a 9 de la mañana, a las 11:45 de la mañana y a la 1:45 de la tarde. Y en el segundo turno, el tiempo de recojo de balones es de 5 a 6 de la tarde, a las 8:45 de la noche y a las 11:45 de la noche.

De esta manera tanto los balones vacíos como los llenos no llegarán al tope máximo de capacidad en el almacén de plataforma y permitiría que la línea pueda trabajar sin interrupciones.

Tabla 52. Horas de recojo de producto terminado

Horas por turno de trabajo	Producción (balones/hora)	Hora de recojo - primer turno	Hora de recojo - segundo turno
1	450	07:00 a. m.	04:00 p. m.
2	900	08:00 a. m.	05:00 p. m.
3	1 350	09:00 a. m.	06:00 p. m.
4	1 800	10:00 a.m.	07:00 p. m.
5	2 250	11:45 a. m.	08:45 p. m.
6	2 700	12:45 p. m.	09:45 p. m.
7	3 150	01:45 p. m.	10:45 p. m.
8	3 600	02:45 p. m.	11:45 p. m.

Fuente: Empresa envasadora de GLP

3.5.4. Elevar la restricción

Para elevar la restricción del sistema en caso de no lograr romperla en los pasos anteriores implicaría seguir incluyendo al operario sobrante con la finalidad de que aliviane el trabajo acumulado en los demás operarios sobre todo en la restricción (etapa de envasado), así como también considerar las 14 balanzas de llenado, incrementando los niveles de producción.

En la tabla 53 se puede apreciar que es lo que estará haciendo cada operario durante el nuevo tiempo ciclo total por balón, lo que garantizará el flujo continuo al evitar las demoras por esperas. El operario 6 que ya está en planilla actualmente seguiría trabajando en la empresa, con la finalidad de apoyar en las etapas que más carga de trabajo tienen, los cuales son la etapa 1,2 y 5.

Tabla 53. Actividad por operario en el nuevo tiempo ciclo

Tiempo ciclo (40 s/balón)					
	8 s/balón	8 s/balón	8 s/balón	8 s/balón	8 s/balón
Operario 1	Etapa 1	Etapa 1	Etapa 1	Etapa 1	Etapa 1
Operario 2	Etapa 2	Etapa 2	Etapa 2	Etapa 2	Etapa 2
Operario 3	Etapa 3	Etapa 3	Etapa 3	Etapa 3	Etapa 3
Operario 4	Etapa 4	Etapa 4	Etapa 4	Etapa 4	Etapa 4
Operario 5	Etapa 5	Etapa 5	Etapa 5	Etapa 5	Etapa 5
Operario 6	Etapa 2	Etapa 2	Etapa 2	Etapa 2	Etapa 2

Fuente: Empresa envasadora de GLP

Se determinó la carga de trabajo para cada operario contando con 1 operario más, la cual se muestra en la tabla 54. El operario 6 apoyará prioritariamente la etapa de envasado por ser el cuello de botella, reduciendo de esta manera la carga de trabajo a un 49% y asegurando la continuidad del flujo del proceso.

Tabla 54. Carga de trabajo del operario

Operario	Tiempo estándar (s/balón)	Cuello de botella (s/balón)	Carga de trabajo
Operario 1	7,60	8	95%
Operario 2	3,90	8	49%
Operario 3	6,32	8	79%
Operario 4	5,56	8	70%
Operario 5	7,67	8	96%
Operario 6	3,90	8	49%

Fuente: Empresa envasadora de GLP

3.5.5. Identificar una nueva restricción

De acuerdo con la proyección de la demanda, los primeros 4 años, la demanda sería menor a la nueva producción, por lo que se recomienda que el **área de ventas** identifique y vea una manera de poder vender la producción excedente diaria para evitar el exceso de inventarios en productos terminados.

Se propone contar con un propio almacén de distribución dentro del área total de la empresa para evitar inconvenientes en el almacenamiento del producto terminado.

IV. ANÁLISIS COSTO - BENEFICIO

Como propuesta de mejora planteada se pretende aplicar la teoría de restricciones, mediante la cual se explota la restricción con un balance de línea que reubica las etapas del proceso de envasado de GLP en balones de 10 kg, lo cual permitiría un flujo continuo.

4.1. Inversión

Para la realización de reubicación de las etapas, se realizó una cotización con la empresa GLP CHALPÓN SERVICIOS GENERALES S.A.C, empresa la cual realiza actualmente el servicio de granallado a los balones.

Capacitación:

Se plantea realizar capacitaciones a los operarios para poder implementar la metodología TOC en la línea de envasado, así como la estandarización de los tiempos y lograr la correcta ejecución de las operaciones.

Los operarios tendrán que asistir a una capacitación remunerada de 2 horas diarias durante una semana. La capacitación se realizará en horas extras a la jornada laboral.

Se plantea que en el año 2019 y 2020 se realice las capacitaciones de manera mensual con la finalidad de obtener mejores resultados y poder controlar situaciones adversas, a partir del 2021, las capacitaciones se realizarían de manera trimestral.

Tabla 55. Presupuesto para la capacitación

Recursos		Costo
Humano	Capacitador	S/3 500
Materiales	Materiales	S/150
	Coffe Break	S/300
Total		S/3 950

Operarios	Remuneración por operario (soles/semana)	Remuneración total (soles/semana)
12	S/72,92	S/875

Total de capacitación	S/4 825
------------------------------	----------------

Fuente: Empresa envasadora de GLP

4.2. Ingresos

Se determinó el precio de venta para cada marca mediante la multiplicación del costo de producción por el promedio de la eficiencia económica en los últimos años. Tal como se muestra en la tabla 56 para la marca 1 y tabla 57 para la marca 2. Se tuvo en cuenta que actualmente cada operario tiene una remuneración mensual de 1400 soles.

Tabla 56. Precio de venta marca 1

Año	Costo de producción del balón de 10 kg	Precio de venta del balón de 10 kg	Eficiencia económica
2020	S/26,75	S/29,46	1,101
2021	S/26,58	S/29,27	1,101
2022	S/26,73	S/29,43	1,101

Fuente: Empresa envasadora de GLP

Tabla 57. Precio de venta marca 2

Año	Costo de producción del balón de 10 kg	Precio de venta del balón de 10 kg	Eficiencia económica
2020	S/26,76	S/28,42	1,062
2021	S/26,59	S/28,24	1,062
2022	S/26,74	S/28,39	1,062

Fuente: Empresa envasadora de GLP

Se muestran los ingresos para la marca 01, en la tabla 58 y para la marca 02 en la tabla 59. Cabe resaltar que no se consideró la demanda total sino el incremento con respecto a la mejora propuesta.

Tabla 58. Ingresos de la marca 1

Año	Demanda proyectada Marca 01	Precio de venta	Ingresos
2019	175 896	S/29,40	S/5 171 342,40
2020	462 470	S/29,46	S/13 624 057,40
2021	502 790	S/29,27	S/14 717 728,81
2022	543 110	S/29,43	S/15 985 899,71

Fuente: Empresa envasadora de GLP

Tabla 59. Ingresos de la marca 2

Año	Demanda proyectada Marca 02	Precio de venta	Ingresos
2019	75 384	S/28,50	S/2 148 444,00
2020	198 202	S/28,15	S/5 578 538,36
2021	215 482	S/27,97	S/6 026 944,52
2022	232 762	S/28,12	S/6 545 709,90

Fuente: Empresa envasadora de GLP

Ingresos no percibidos:

Los ingresos no percibidos en las 2 semanas que se realizará la modificación de la línea de envasado se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 60. Ingresos no percibidos

	Producción perdida (2 semanas)	Ingresos no percibidos
Marca 01	55 390	S/1 628 454,24
Marca 02	23 738	S/676 544,40

Fuente: Empresa envasadora de GLP

4.3. Egresos

Pronóstico del precio de GLP:

Se aplicó el método de suavización para determinar el precio del GLP debido al comportamiento variante de los precios históricos brindados por la empresa.

Tabla 61. Método de suavización para pronóstico del precio de GLP

	Precio de GLP por kg	Pronóstico	Error	Valor Absoluto
2016	S/1,920		1,920	1,92
2017	S/1,850	S/1,920	-0,070	0,07
2018	S/2,050	S/1,913	0,137	0,137
2019	S/1,910	S/1,927	-0,017	0,0167
			0,493	0,535925

Fuente: Empresa envasadora de GLP

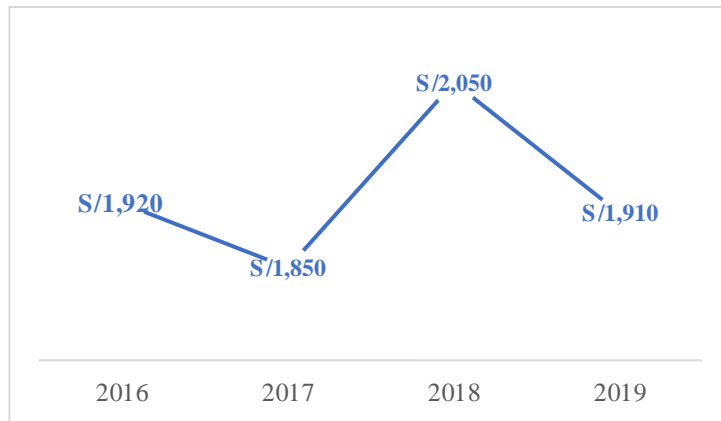


Figura 15. Proyección del costo de GLP

Fuente: Empresa envasadora de GLP

La proyección del costo de GLP se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 62. Proyección del precio de GLP

Año	Precio de GLP por kg
2020	S/1,920
2021	S/1,903
2022	S/1,918

Fuente: Empresa envasadora de GLP

Costos de Producción

Se consideró los costos de producción con respecto a la mejora, es decir, con la producción que se está incrementando.

Tabla 63. Costos de producción

COSTOS DIRECTOS DE PRODUCCIÓN	1 año	2 año	3 año	4 año
Materiales directos	S/4 799 448,00	S/12 684 902,40	S/13 740 543,36	S/14 948 725,82
Materiales indirectos	S/1 890 630,72	S/4 970 896,13	S/5 404 278,53	S/5 837 660,93
TOTAL COSTOS DIRECTOS	S/6 690 078,72	S/17 655 798,53	S/19 144 821,89	S/20 786 386,75

Fuente: Empresa envasadora de GLP

Tabla 64. Costos de materiales indirectos de producción

Insumo	2019	2020	2021	2022
esmalte azul	S/83 676,24	S/220 003,78	S/239 184,58	S/258 365,38
esmalte plomo	S/114 332,40	S/300 605,76	S/326 813,76	S/353 021,76
esmalte blanco	S/13 569,12	S/35 676,29	S/38 786,69	S/41 897,09
jabón	S/251,28	S/660,67	S/718,27	S/775,87
precinto de seguridad	S/20 102,40	S/52 853,76	S/57 461,76	S/62 069,76
etiquetas	S/251,28	S/660,67	S/718,27	S/775,87
granallado	S/1 256 400,00	S/3 303 360,00	S/3 591 360,00	S/3 879 360,00
flete	S/402 048,00	S/1 057 075,20	S/1 149 235,20	S/1 241 395,20
TOTAL	S/1 890 630,72	S/4 970 896,13	S/5 404 278,53	S/5 837 660,93

Fuente: Empresa envasadora de GLP

4.4. Flujo de Caja

Se realizó el flujo de caja para mostrar el movimiento del efectivo durante lo que queda del año 2019 y los próximos 3 años. El flujo de caja arroja un TIR de 43,6 %.

Tabla 65. Flujo de caja de la propuesta

ITEMS	0 AÑO	2019	2020	2021	2022
INGRESOS					
Inversión	S/31 500,00				
Ingresos de ventas (marca 01)		S/3 542 888,16	S/13 624 057,40	S/14 717 728,81	S/15 985 899,71
Ingresos de ventas (marca 02)		S/1 471 899,60	S/5 632 149,16	S/6 084 284,56	S/6 608 530,62
TOTAL, INGRESOS	S/31 500,00	S/5 014 787,76	S/19 256 206,56	S/20 802 013,37	S/22 594 430,34
EGRESOS					
Costos de producción		S/6 690 078,72	S/17 655 798,53	S/19 144 821,89	S/20 786 386,75
Capacitación		S/9 650,00	S/57 900,00	S/19 300,00	S/19 300,00
TOTAL, EGRESOS	S/0,00	S/6 699 728,72	S/17 713 698,53	S/19 164 121,89	S/20 805 686,75
SALDO BRUTO (antes de impuestos)	S/31 500,00	-S/1 684 940,96	S/1 542 508,03	S/1 637 891,48	S/1 788 743,58
Impuesto a la renta		S/0,00	S/462 752,41	S/491 367,44	S/536 623,08
SALDO (déficit /superhabit)	-S/31 500,00	-S/1 684 940,96	S/1 079 755,62	S/1 146 524,03	S/1 252 120,51
UTILIDAD ACUMULADA	-S/31 500,00	-S/1 716 440,96	-S/636 685,34	S/509 838,70	S/1 761 959,20
VALOR ACTUALIZADO NETO (VAN)	S/1 793 459,20				
TASA INTERNA DE RETORNO	43,6%				

V. CONCLUSIONES

- Mediante la aplicación de la Teoría de Restricciones se logra incrementar la producción en un 37,5 %, con una utilización de la línea de envasado del 100%, cumpliendo así con todos los pedidos. De igual manera, se logró reducir las actividades improductivas en un 28,3%.
- La empresa actualmente se dedica al envasado de GLP en balones de 10, 15 y 45 kg, siendo el principal producto los balones de 10 kg. Tiene un nivel de servicio del 77,1 % debido a que no cumple con todos los pedidos y generó S/9 165 923,76 de ingresos no percibidos en el 2017. La línea de envasado de balones de 10 kg tiene una producción de 4 500 balones al día con una utilización del 40,63% y el 49,6% de las actividades realizadas son improductivas.
- Mediante la matriz de priorización se determinó que la herramienta a aplicar sería Teoría de Restricciones. Se identificaron las principales restricciones y se aplicó el balance de línea, teniendo como primer paso, la estandarización de tiempos, además se determinó que se debía contar con 12 balanzas llenadoras, 5 estaciones de trabajo y 5 operarios en línea, los cuales tendrían una carga de trabajo menor al 100%. La producción incrementaría a 7 200 balones por día. Para subordinar todo el sistema a la decisión anterior se toma en cuenta que la capacidad de los almacenes de plataforma de producto vacío y producto terminado son de 1 234 y 1 166 balones respectivamente por lo que se establece un horario de entrega y recojo de balones, para elevar la restricción del sistema en caso de no lograr romperla en los pasos anteriores, se propone seguir incluyendo al operario sobrante con la finalidad de que aliviane el trabajo acumulado en los demás operarios sobre todo en la etapa de envasado.
- Mediante un análisis costo – beneficio se determinó que la propuesta es factible para la empresa, puesto que se obtiene un VAN de S/1 793 459,20 y un TIR del 43,6%.

VI. RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar un estudio de factibilidad para la ampliación de la plataforma y así poder incrementar la capacidad de almacenamiento de la empresa y de esta manera, la producción no se vea afectada.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] WLPGA, «LPG EXCEPTIONAL ENERGY,» Santo Domingo, 2015.
- [2] C. PERÚ, «Semanario ComexPerú,» [En línea]. Available: <https://semanariocomexperu.wordpress.com/el-mercado-del-gas-licuado-de-petroleo-glp/>. [Último acceso: 10 mayo 2019].
- [3] G. Villagomez, J. Viteri y A. Medina, «Teoría de restricciones para procesos de manufactura,» *ENFOQUETE*, n° 3, pp. 14-28, 2012.
- [4] J. Penagos, M. Acuña y L. Galvis, «Teoría de Restricciones Aplicada a Empresas Manufactureras y de Servicios,» *INGENIARE*, n° 12, pp. 79-86, 2012.
- [5] J. Álvarez, J. Inche y G. Salvador, «Programación de operaciones mediante la teoría de restricciones,» *GESTIÓN Y PRODUCCIÓN*, vol. 7, n° 1, pp. 12-19, 2014.
- [6] N. Rodríguez, N. Chavez y P. Martinez, «Propuesta para la reducción de los tiempos improductivos en Dugotex S.A.,» *Lasallista de investigación*, vol. XI, n° 2, pp. 43-50, 2014.
- [7] T. Chen, «A Systematic Cycle Time Reduction Procedure for Enhancing the Competitiveness and Sustainability of a Semiconductor Manufacturer,» *Sustainability*, n° 5, pp. 4637-4652, 2013.
- [8] Á. Callejón, «Gas Licuado de Petróleo,» de *Instalaciones de gas en el sector industrial, agrícola, urbano y doméstico*, Almería, Universidad Almería, 2009.
- [9] C. Rojas, Diseño y Control de Producción, Trujillo: Libertad E.I.R.L, 1996.
- [10] M. Arroyo y J. Torres, Organización de las plantas industriales, Lambayeque: Escuela de Ingeniería Industrial USAT.
- [11] L. Palacios, Ingeniería de Métodos: movimientos y tiempos, ECOE.
- [12] G. Kanawaty, Introducción al Estudio del Trabajo, Ginebra: Oficina Internacional del Trabajo, 1996.
- [13] R. García, Estudio del Trabajo: Ingeniería de métodos y medición del trabajo, Monterrey: McGraw-Hill Interamericana.
- [14] E. Goldratt, La meta: Un proceso de mejora continua, North River Press, 1984.
- [15] A. Suñé, F. Gil y I. Arcusa, MANUAL PRÁCTICO DE DISEÑO DE SISTEMAS PRODUCTIVOS, Madrid: Díaz de Santos , 2004.
- [16] J. Martí y J. Torrubiano, LEAN PROCESS: MEJORAR LOS PROCESOS PARA SER MÁS COMPETITIVOS, 2013.
- [17] O. Vásquez, INGENIERÍA DE MÉTODOS, Chiclayo: USAT, 2012.
- [18] A. Nuñez, L. Guitart y X. Baraza, Dirección de operaciones: Decisiones tácticas y estratégicas, Barcelona: UOC, 2014.

- [19] L. Krajewski y L. Ritzman, Administración de operaciones: estrategia y análisis, México: Pearson Educación, 2000.
- [20] R. Vilcarromero, LA GESTIÓN EN LA PRODUCCIÓN, Perú: Fundación Universitaria Andaluza Inca Garcilazo, 2017.
- [21] A. Beltrán y H. Cueva, Evaluación privada de proyectos, Lima: Universidad del pacífico, 2001.
- [22] J. Vilar, F. Gómez y M. Tejero, Las siete nuevas herramientas para la mejora de la calidad, FC Editorial, 1997.

VIII. ANEXOS

Anexo 01. Tiempos tomados día 01

Etapa	Tiempo (s)																				Tiempo promedio
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
Alimentado	5	6	5	4	5	4	6	4	4	5	6	5	4	6	6	5	6	6	6	4	5,1
Pintado	4	5	5	4	5	5	4	4	5	5	5	5	5	4	4	4	5	5	4	5	4,6
Embleado	2	2	3	2	2	2	3	3	2	2	2	2	2	3	3	3	2	3	3	3	2,5
Tarado	2	2	2	2	2	2	1	2	2	2	2	2	2	3	2	3	3	2	2	1	2,0
Envasado	82	84	80	84	70	85	80	63	81	80	82	81	73	65	65	81	82	63	61	70	75,6
Etiquetado	1	1	1,2	1,5	1	1,2	1	2	1	2	2	1,2	1,4	2	1	2	1	1,2	1	1,4	1,4
Prueba hermética	2,1	1,8	2	1	2,8	2	1,8	2,4	2	2	2	2,3	2,6	2	2,1	2,4	2	2	2	1,9	2,1
Precintado	4	4	4	3	4	4	4	4	3	4	3	4	3	4	4	3	4	4	3	4	3,7

Anexo 02. Tiempos tomados día 02

Etapa	Tiempo (s)																				Tiempo promedio
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
Alimentado	5	6	5	5	6	5	4	5	4	4	4	6	4	5	4	6	4	5	5	5	4,9
Pintado	5	5	4	5	5	4	5	4	4	5	4	5	4	5	5	5	4	4	5	5	4,6
Embleado	2	3	3	2	2	2	3	3	2	2	3	2	3	3	3	3	2	2	2	3	2,5
Tarado	2	2	2	2	3	2	2	2	2	2	2	2	2	3	2	3	3	2	2	1	2,0
Envasado	61	67	76	69	66	63	81	68	86	61	78	64	65	64	80	63	71	76	60	84	70,2
Etiquetado	1	2	3	2	1,2	1	1	1	1,2	2	2	1,3	2	2	1	1	1,5	2	1,5	1,4	1,6
Prueba hermética	2,3	2	2	2,4	2	2,4	1,8	2,1	2,1	2	1,9	1	2,4	2,1	1,8	1	2	2	2	1	1,9
Precintado	3	3	3	3	3	4	3	4	4	4	4	4	4	3	4	3	4	4	3	3	3,5

Anexo 03. Tiempos tomados día 03

Etapa	Tiempo (s)																				Tiempo promedio
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
Alimentado	5	4	4	5	6	4	4	4	4	6	6	4	6	6	6	6	6	5	5	6	5,1
Pintado	5	4	5	4	5	4	5	4	5	4	5	4	5	4	4	5	5	4	4	5	4,5
Emblemado	3	2	3	3	3	2	3	3	3	2	2	2	3	3	3	2	3	3	3	2	2,7
Tarado	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2,4	2,1	1,8	1,9	2,0
Envasado	76	67	63	78	74	73	80	84	62	86	75	69	86	71	61	72	68	70	60	68	72,2
Etiquetado	1,6	2	1,4	1,4	1,2	1	2	1	1	1,4	1,2	1	2	1	2	3	1	1	2	2	1,5
Prueba hermética	2	2	2,5	2,4	2	1	2,1	2	2,4	2	2	2	2	2	1,9	1,8	1,8	2,3	2,5	2,4	2,1
Precintado	4	3	3	3	3	3	4	3	4	4	4	3	4	4	4	3	4	3	3	3	3,5

Anexo 04. Tiempos tomados día 04

Etapa	Tiempo (s)																				Tiempo promedio
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
Alimentado	3	3	3	1	2	1	3	2	3	3	2	3	2	3	2	1	3	3	3	3	2,5
Pintado	4	4	4	5	4	4	4	4	4	4	5	5	5	4	5	5	4	5	4	5	4,4
Emblemado	3	3	2	3	3	3	2	2	3	2	3	3	2	2	3	2	2	2	2	3	2,5
Tarado	2	2	2	2	2	2	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1,9	1,9
Envasado	87	63	72	77	65	82	70	66	76	73	85	81	61	75	72	63	87	76	71	70	73,6
Etiquetado	2	1	2	1	1,5	2	1,6	1	2	1,7	2	1	1,5	1,6	1,8	1,5	1	2	1	2	1,6
Prueba hermética	2	2,3	2,5	2	2,4	2,6	2	2,4	2	2	1,9	2	1,8	2,5	2	1,9	1,8	2	1	2	2,1
Precintado	4	3	4	3	3	3	3	3	3	3	4	4	3	4	3	3	4	4	4	4	3,5

Anexo 05. Tiempos tomados día 05

Etapa	Tiempo (s)																				Tiempo promedio
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
Alimentado	4	4	6	4	4	6	6	6	4	4	4	4	6	4	4	5	6	4	4	4	4,7
Pintado	4	4	4	4	5	4	5	4	4	4	4	4	5	4	4	5	4	4	5	5	4,3
Embleonado	3	3	2	3	2	3	2	3	3	2	3	3	2	2	3	3	2	2	2	3	2,6
Tarado	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2,4	2,3	1,8	1,7	1,9	2,0
Envasado	78	86	68	85	74	76	78	66	87	75	85	75	60	71	81	72	61	61	70	61	73,5
Etiquetado	1	1,3	1	1,4	2	2	2	1,2	1,2	1,4	2	3	1,5	1	2	1	1	1,2	1,4	1	1,5
Prueba hermética	2,5	2,6	2	1,9	2	2	1,8	2,3	2,4	2,1	2,1	1,8	2,3	2,4	2	1,8	2,6	2,4	2,4	2	2,2
Precintado	3	4	4	4	4	3	3	4	3	3	4	3	3	3	4	3	3	4	4	4	3,5

Anexo 06. Factores de evaluación de la actuación del operario

Destreza o habilidad		Esfuerzo o empeño	
+0,15	Extrema	+0,13	Excesivo
+0,13	Extrema	+0,12	Excesivo
+0,11	Excelente	+0,1	Excelente
+0,08	Excelente	+0,08	Excelente
+0,06	Buena	+0,05	Bueno
+0,03	Buena	+0,02	Bueno
+0,00	Regular	0,00	Regular
-0,05	Aceptable	-0,04	Aceptable
-0,1	Aceptable	-0,08	Aceptable
-0,16	Deficiente	-0,12	Deficiente
-0,22	Deficiente	-0,17	Deficiente

Condiciones		Consistencia	
+0,06	Ideales	+0,04	Perfecta
+0,04	Excelentes	+0,03	Excelente
+0,02	Buenas	+0,01	Buena
0,00	Regulares	0,00	Regular
-0,03	Aceptables	-0,02	Aceptable
-0,07	Deficientes	-0,04	Deficiente