

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la
Producción**

“Mejora de la productividad de las líneas de envasado de galones y
baldes en una empresa de productos lubricantes”

PROYECTO INTEGRADOR

Previo la obtención del Título de:

INGENIEROS INDUSTRIALES

Presentado por:

Carlos Enrique Jalca Ramos

Andrea Vanessa Barros Tumalli

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2018

DEDICATORIA

A Pablo, por ser mi figura paterna.
A mis hermanas y hermano, por inspirarme a diario en este camino.
Pero sobre todo a mi madre, pilar fundamental de fuerza y amor para que esto se haga realidad.

A mi pequeña gran familia, sin ustedes no soy nada.

Carlos Jalca R.

DEDICATORIA

El presente proyecto lo dedico a Dios y a mis padres, quiénes me apoyaron en este camino, con quiénes aprendí a seguir adelante a pesar de cualquier circunstancia y me enseñaron a ser fuerte y perseverar. A cada uno de ellos, que definen la persona que hoy puedo ser.

Andrea Barros T.

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a Dios, por darme vida y fuerzas para completar esta fase. A mi familia por estar ahí siempre. A los compañeros y buenos amigos que hice durante estos años de carrera y que me dejan hermosos recuerdos de esta etapa de mi vida. A Cristel, por darme ánimos, comprenderme, acompañarme y esperarme en las largas jornadas que se dieron durante este tiempo, por ayudarme a ser una mejor persona y darme la mano en el peor momento.

A los ingenieros Guillermo Valencia y Aldo Martínez por su apoyo y apertura durante el proyecto.

Carlos Jalca R.

AGRADECIMIENTOS

Mi más sincero agradecimiento a mi familia, quiénes me apoyan y me animan a creer siempre en mí.

A Antony, Pamela, Michael y Bryan, que forjaron en mí el valor de la amistad desde el inicio de esta valiosa etapa de mi vida.

Y en especial a José, quién me empuja a crecer y ser mejor persona cada día.

A los profesores y profesionales que nos ayudaron en el desarrollo de este proyecto.

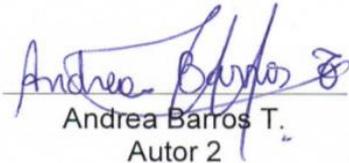
Andrea Barros T.

DECLARACIÓN EXPRESA

"Los derechos de titularidad y explotación, nos corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; *Carlos Enrique Jalca Ramos* y *Andrea Vanessa Barros Tumalli* y damos nuestro consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual"



Carlos Jalca R.
Autor 1



Andrea Barros T.
Autor 2

EVALUADORES



Sofia Anabel López Iglesias, M. Sc.

PROFESOR DE LA MATERIA



Ingrid Elsa Adanaque Bravo, M.Sc.

PROFESOR TUTOR

RESUMEN

El presente proyecto se desarrolló en una empresa dedicada a la fabricación de grasas y aceites lubricantes, situada al sur de la ciudad de Guayaquil, empresa que busca aumentar los niveles de producción mensual de barriles de lubricantes.

Con base en el análisis de los datos históricos y la situación actual de la empresa, el objetivo de este proyecto es aumentar la productividad de 3.19 a 4.33 (barriles/horas hombre) mediante el análisis de las líneas de galones y baldes, que representan el 43% del total del barrilaje mensual. La metodología a seguida en este trabajo fue DMAIC, que contempla las etapas de definición, medición, análisis, implementación y control. Se realizó el diagrama del proceso de envasado de las líneas de galones y baldes para identificar las actividades que no agregan valor a la producción además del obtener el cuello de botella del proceso. Se realizó la medición de los tiempos del proceso, mediante observación y con el soporte de la bitácora de tiempos de operación que maneja la empresa. Prosiguiendo con el análisis, se realizó una lluvia de ideas de las posibles causas que afectan al problema en estudio, para así determinar causas raíces, sobre las cuales nos enfocamos. Basándose en estas causas resultantes, se generó una lluvia de ideas de posibles soluciones con el cliente y el personal del área de producción correspondiente a las líneas de galones y baldes, esto con el fin de centrar nuestra evaluación en las más importantes. Luego, de realizar un análisis económico, se determinó el esfuerzo necesario para llevar a cabo cada una de estas, y el posible impacto que generaría a la empresa, con el fin de escoger las soluciones adecuadas.

A partir del análisis anterior, se realizó el plan de Implementación, de las soluciones, y así mismo se estableció la propuesta para el control del proceso mejorado.

Finalmente, se lograron los resultados esperados, al aumentar la productividad de 3.19 barriles/hora hombre a 4.51 barriles/hora hombre, aumentando así el nivel de barriles que se produce mensualmente.

Palabras Clave: Producción, Productividad, Lubricantes, cuello de botella.

ABSTRACT

This project was developed in a company dedicated to the manufacture of lubricating fats and oils, located south of the city of Guayaquil, a company that seeks to increase the levels of monthly production of barrels of lubricants.

Based on the analysis of historical data and the current situation of the company, the objective of this project is to increase productivity from 3.19 to 4.33 (barrels / man hours) by analyzing the lines of gallons and buckets, which represent 43% of the total monthly walloping. The methodology used in this work was DMAIC, which contemplates the stages of definition, measurement, analysis, implementation and control. The diagram of the packaging process of the gallon and bucket lines was made to identify the activities that do not add value to the production besides obtaining the bottleneck of the process. The measurement of the process times was made, through observation and with the support of the log of operating times that the company manages. Continuing with the analysis, we brainstormed the possible causes that affect the problem under study, in order to determine root causes, on which we focus. Based on these resulting causes, a brainstorm of possible solutions was generated with the client and the personnel of the production area corresponding to the lines of gallons and buckets, this in order to focus our evaluation on the most important ones. Then, to carry out an economic analysis, the necessary effort was determined to carry out each of these, and the possible impact it would generate for the company, in order to choose the appropriate solutions.

From the previous analysis, the implementation plan was made, the solutions, and the proposal for the control of the improved process was established.

Finally, the expected results were achieved, increasing the productivity from 3.19 barrels / man hour to 4.51 barrels'/ man hour, thus increasing the level of barrels produced monthly.

Keywords: Production, Productivity, Lubricants, bottleneck.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	I
<i>ABSTRACT</i>	II
ÍNDICE GENERAL	III
ABREVIATURAS	VI
SIMBOLOGÍA	VII
ÍNDICE DE FIGURAS	VIII
ÍNDICE DE TABLAS	X
CAPÍTULO 1	1
1. Introducción	1
1.1 Descripción del problema	1
1.1.1 Variable de interés	2
1.1.2 Alcance	3
1.1.3 Restricciones	5
1.2 Justificación del problema	5
1.3 Objetivos	7
1.3.1 Objetivo General	7
1.3.2 Objetivos Específicos	7
1.4 Marco teórico	7
CAPÍTULO 2	12
2. Metodología	12
2.1 Medición	12
2.1.1 Plan de recolección de datos	12
2.1.2 Verificación de datos	13
2.1.3 Cálculo del OEE inicial	16

2.1.4	Proceso detallado	17
2.1.5	Mapa de la cadena de valor	18
2.2	Análisis	21
2.2.1	Análisis de causas	21
2.2.2	Verificación de causas	26
2.2.3	Determinación de causas raíces	31
2.3	Mejoras.....	32
2.3.1	Lluvia de ideas para soluciones	32
2.3.2	Descripción de soluciones propuestas	32
2.3.3	Evaluación de soluciones propuestas	35
2.3.4	Matriz impacto esfuerzo	37
2.4	Plan de Implementación	38
2.4.1	Estandarizar los tiempos de set up	38
2.4.2	Rediseñar de la hoja de registros de tiempos de operación	40
2.4.3	Cambiar la política de la toma de inventario	42
2.4.4	Rediseño del protocolo de pruebas	43
2.5	Control.....	45
2.5.1	Entrenamiento al operador	45
2.5.2	Manual de procedimiento de set up	46
2.5.3	Listado de las pruebas de aprobación previa	46
2.5.4	Registro de Recepción de producto	47
2.5.5	Bitácora de tiempos de operación	47
CAPÍTULO 3		48
3.	Resultados y análisis	48
CAPÍTULO 4		56
4.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	56

4.1	Conclusiones	56
4.2	Recomendaciones	56
	BIBLIOGRAFÍA	57
	ANEXOS	58

ABREVIATURAS

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
OEE	Overall Equipment Effectiveness
DMAIC	Define, Measure, Analyze, Improve, and Control Methodology
VOC	Voice of Customer
SIPOC	Suppliers, Inputs, Process, Outputs and Customers
VSM	Value Stream Mapping
CIIU	Clasificación Industrial Internacional Uniforme
CTQ	Critical to Quality
APEL	Asociación de productores Ecuatorianos de Lubricantes
OPM	Operative Production Management
OTIF	On Time In Full
BBLS	Barriles
HH	Horas Hombre
SKU	Stock Keeping Unit
NAVT	Tiempo que no agrega valor
AVT	Tiempo que agrega valor
pH	Potencial de Hidrógeno
MP	Materia Prima
PT	Producto Terminado
CT	Cycle Time
TH	Throughput
IC	Intervalo de Confianza
GL	Grados de Libertad

SIMBOLOGÍA

K	Mil
%	Porcentaje
\$	Dólar
u	Unidad
#	Numeral
min	Minutos
h	Horas
n	Tamaño de muestra
N	Tamaño de la población
μ	Promedio
σ	Desviación estándar

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Serie de tiempos de productividad global	2
Figura 1.2 Árbol de variables críticas (CTQ)	3
Figura 1.3 Diagrama SIPOC del proceso de envasado de lubricantes	4
Figura 2.1 Verificación de cálculos de la Productividad	14
Figura 2.2 Flujograma del proceso de envasado de lubricantes	18
Figura 2.3 Mapa de la cadena de valor de la línea de galones	19
Figura 2.4 Mapa de la cadena de valor de la línea de baldes	20
Figura 2.5 Reunión del equipo de trabajo para la lluvia de ideas	22
Figura 2.6 Lluvia de ideas de causas potenciales.....	22
Figura 2.7 Diagrama causa-efecto de la baja productividad	23
Figura 2.8 Diagrama causa efecto de la Inconsistencia del OEE inicial	23
Figura 2.9 Diagrama de Pareto de las causas de baja productividad	25
Figura 2.10 Matriz impacto-control de las causas de baja productividad	25
Figura 2.11 Prueba de hipótesis de tiempos de espera por mezcla	27
Figura 2.12 Prueba de hipótesis de largos tiempos de set up.....	28
Figura 2.13 Cambios en la velocidad de la máquina llenadora de galones.....	29
Figura 2.14 Lluvia de idea de soluciones.....	32
Figura 2.15 Matriz impacto esfuerzo de las soluciones propuestas	37
Figura 2.16 Espacio de trabajo antes de la metodología 5s.....	39
Figura 2.17 Espacio de trabajo después de la metodología 5s	39
Figura 2.18 Manual de procedimientos del set up de galón	40
Figura 2.19 Entrenamiento del operador	46
Figura 3.1 Mapa de la cadena de valor de la línea de galones con tiempos mejorados	48
Figura 3.2 Mapa de la cadena de valor de la línea de baldes con tiempos mejorados	49
Figura 3.3 Simulación del proceso de envasado de las líneas de galones y baldes .	50
Figura 3.4 T de student del número promedio de barriles de las línea de galones y baldes.....	52
Figura 3.5 Hipótesis nula de la productividad promedio.....	53
Figura 3.6 Diagrama de Cajas de la Productividad	54

Figura 3.7 Serie de tiempos de la productividad	54
---	----

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Productos manufacturados y cantidades producidas en 2010	6
Tabla 2.1 Plan de recolección de datos	13
Tabla 2.2 Bitácora de tiempo de operación de las líneas.....	15
Tabla 2.3 Eventos posibles durante el tiempo de operación	16
Tabla 2.4 OEE promedio de la línea de galones.....	16
Tabla 2.5 OEE promedio de la línea de baldes.....	16
Tabla 2.6 Porcentaje de Tiempos de entrega	20
Tabla 2.7 Porcentaje promedio de tiempo por eventos - Galón	21
Tabla 2.8 Porcentaje promedio de tiempo por eventos - Baldes.....	21
Tabla 2.9 Ponderación del impacto sobre la productividad	24
Tabla 2.10 Impacto generado de las causas potenciales sobre la productividad	24
Tabla 2.11 Impacto de las causas potenciales sobre el OEE	24
Tabla 2.12 Plan de verificación de causas.....	26
Tabla 2.13 Registro de la bitácora de tiempo de operación	30
Tabla 2.14 Registro OTIF de los productos de galón	30
Tabla 2.15 Determinación de causas raíces	31
Tabla 2.16 Descripción del puesto de Asistente de Mezcla	33
Tabla 2.17 Matriz de costos de las soluciones.....	36
Tabla 2.18 Ponderación del esfuerzo	36
Tabla 2.19 Ponderación del Impacto	37
Tabla 2.20 Plan de Implementación de las soluciones	38
Tabla 2.21 Registro de tiempo de operación anterior	41
Tabla 2.22 Detalle de las causas de paras en la producción	41
Tabla 2.23 Bitácora propuesta de tiempos de operación	42
Tabla 2.24 Detalle propuesto de las causas de paras en la producción.....	42
Tabla 2.25 Pruebas de rutina eliminadas.....	44
Tabla 2.26 Plan de Control de las soluciones	45
Tabla 2.27 Detalle de las pruebas de aprobación previa	46
Tabla 2.28 Registro de Recepción de producto	47
Tabla 3.1 Beneficio diario de la reducción de tiempos de espera	49
Tabla 3.2 Porcentaje de tiempos de entrega mejorados	50

Tabla 3.3 Resultado de la simulación del estado actual	51
Tabla 3.4 Resultado de la simulación con mejoras	52
Tabla 3.5 Datos de productividad con mejoras	52
Tabla 3.6 Matriz de costos de las soluciones implementadas.....	55

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

La empresa en la que se desarrolló el presente proyecto se dedica a la mezcla y envasado de grasas y aceites lubricantes a base de petróleo. Pese a que inició sus actividades en el año 1980, tuvo una reestructuración en el año 2010 en el que inició sus labores bajo la razón social con la que se encuentra en la actualidad.

Aunque la empresa cuenta con su propia marca, la cual es comercializada a nivel nacional, también se encarga de la mezcla y envasado de aceites lubricantes de otras marcas para las que presta sus servicios.

En la actualidad, la empresa dispone de una planta de plásticos en la que produce los recipientes de sus propias marcas, mientras que las demás marcas proveen los recipientes en los que serán envasados sus productos de acuerdo con sus necesidades.

La empresa cuenta con 4 líneas principales de envasado que son especializadas de acuerdo con el tipo de presentación, y estas son: línea de galones, línea de baldes, línea de cuartos de galón y línea de tambores, además de contar también con las llamadas líneas menores; siendo la línea de galones y la línea de baldes los focos de este proyecto debido a su criticidad y su nivel de participación en la cantidad de barriles de producto envasados mensualmente.

El presente proyecto nace a partir la competitividad de las demás empresas que se dedican a estas actividades, y la necesidad de esta empresa por reducir los tiempos no productivos en el proceso de envasado y aumentar la cantidad de barriles que envasan mensualmente.

1.1 Descripción del problema

Teniendo en cuenta que, la empresa maneja la productividad como un indicador en términos de barriles producidos y horas hombre al mes, se ha realizado un análisis de los datos históricos de este indicador; de donde resulta que la productividad ha sido variable a lo largo del tiempo, sin embargo, en los últimos meses, a partir del año 2017, ha tomado constantemente valores por debajo de la meta establecida e incluso del

promedio, que es 3.19 barriles/horas hombre actualmente tal como se muestra en la figura 1.1.

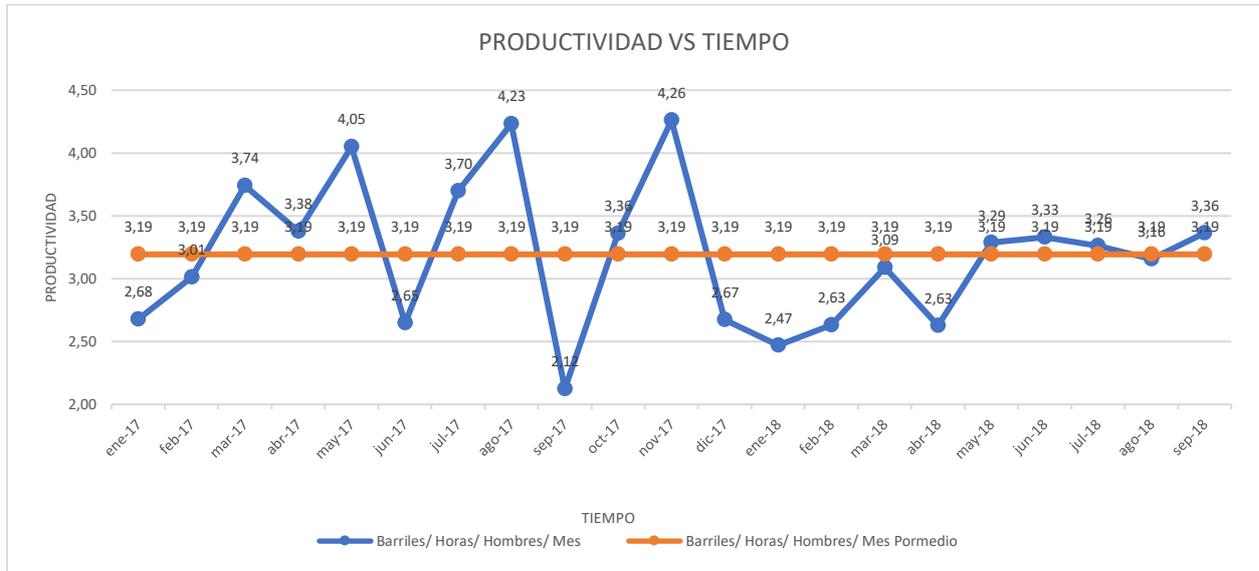


Figura 1.1 Serie de tiempos de productividad global

Además del primer punto, se consideran las quejas presentadas por no cumplir con la meta mensual de productividad y el ineficiente control de información confiable de cada una de las líneas de envasado. Es por esto que, la compañía se ve en la necesidad de atacar este problema mediante un análisis de las líneas más importantes en la planta de envasado de lubricantes. Resultando así, la definición de este problema, como se expresa a continuación:

“De acuerdo con los registros, la productividad en el proceso de envasado en una planta de lubricantes ha sido en promedio de 3.19 barriles/ horas/ hombres desde enero de 2017 hasta septiembre de 2018, mientras que la meta de la compañía es de 4.61 barriles/ horas hombres”.

1.1.1 Variable de interés

En búsqueda de la variable de interés del proyecto, lo primero que se consideró fue la voz del cliente, quien expresa los problemas y necesidades que presenta la empresa.

Con esta información se procede a realizar el árbol de variables críticas (CTQ), herramienta que traduce las necesidades del cliente en variables que pueden ser medidas, y que a su vez se convierten en las variables críticas del problema, tal como es mostrado en la figura 1.2 en donde se muestra dicha herramienta utilizada.

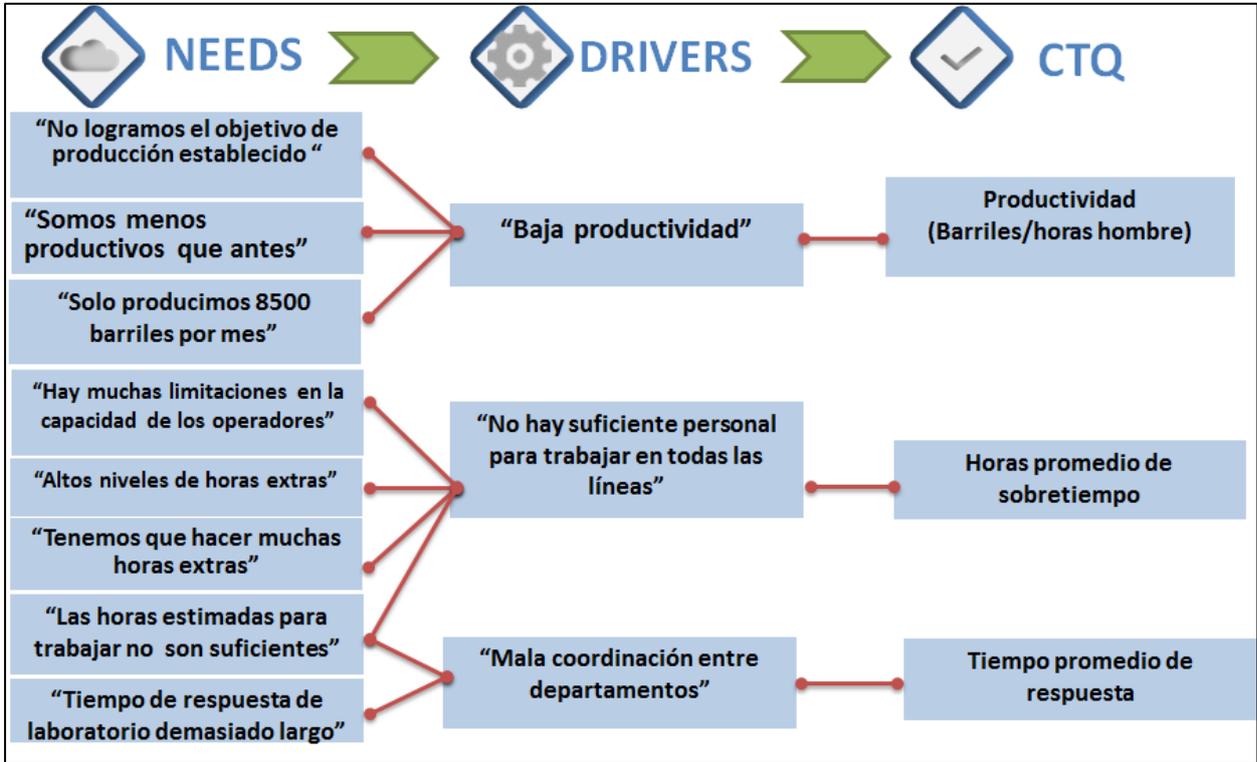


Figura 1.2 Árbol de variables críticas (CTQ)

Una vez definidas las variables críticas del problema, se prosigue con el análisis, y se escoge una de ellas como la variable de respuesta "Y", la cual se define como la productividad expresada en barriles/ horas - hombre.

$$\text{Productividad} = \frac{\text{Barriles producidos}}{\text{horas de jornada ordinaria} \cdot \text{hombre}} (1,1)$$

1.1.2 Alcance

A causa de las restricciones presentes de tiempo y recursos para la realización del proyecto, es fundamental definir claramente el alcance de este trabajo. Para lo cual, se utilizó la herramienta SIPOC, la cual nos permite representar el proceso de manera

gráfica a fin de analizar el desarrollo del proceso, los recursos necesarios desde los proveedores hasta los clientes, así como el producto final, de la manera en la que se detalla la herramienta utilizada en la figura 1.3.

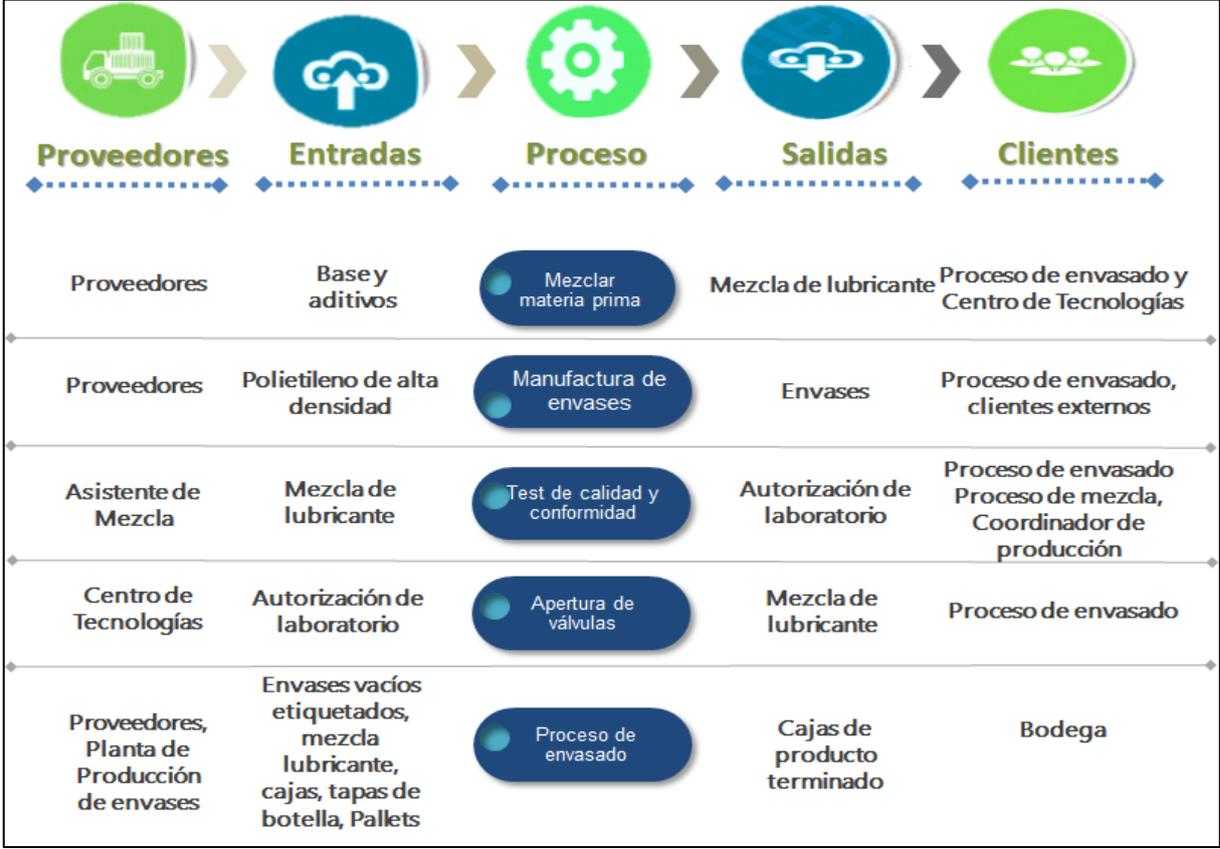


Figura 1.3 Diagrama SIPOC del proceso de envasado de lubricantes

Los productos terminados, que resultan del proceso de envasado de galones y baldes representan el 43% del total de barriles producidos al mes por todas las líneas, por lo que se considera a estas líneas de prioridad alta, ya que impactan a la meta de barrilaje establecida.

El proyecto se enfocará en el proceso de envasado de lubricantes de las líneas de galón y baldes, en presentaciones de 3.78 litros y 18.92 litros respectivamente.

Adicionalmente, se consideran otros criterios para establecer el alcance del proyecto:

- Los productos considerados para el caso de estudio son de Tipo A respecto al volumen de producción
- En la línea de baldes, se considera sólo la presentación de 3.78 litros, debido al criterio de volumen de producción.

1.1.3 Restricciones

Existen restricciones de nivel personal y administrativo, las cuales se detallan a continuación:

- El personal operativo se asigna a cualesquiera de las cuatro líneas existentes, según la planificación diaria de producción.
- Los registros de horas trabajadas, ordinarias y extraordinarias, así como los registros de productividad no cuentan con una estratificación para las líneas de galón y baldes en específico.
- El impacto de la productividad específica de las líneas de galón y baldes se refleja en un indicador de productividad global de la empresa.

1.2 Justificación del problema

El análisis de materias primas y productos 2010 de la Encuesta Nacional de Manufactura y Minería del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, muestra tal como se observa en la Tabla 1.1.1, la producción de aceite lubricante para motores de combustión interna y aceites para sistemas hidráulicos, que en conjunto alcanzan los 16,692,977 litros producidos en ese año, lo cual representa un valor de \$ 73,437,711 dólares en el mercado nacional de grasas y aceites lubricantes. (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, 2010)

Tabla 1.1 Productos manufacturados y cantidades producidas en 2010

CONT. CUADRO No.34 PRODUCTOS MANUFACTURADOS Y CANTIDAD PRODUCIDA POR CUENTA DE TERCEROS, SEGÚN AGRUPACIONES (CIU 4) DE ACTIVIDAD ECONÓMICA. (VALORES EN DÓLARES)				
CIU	ACTIVIDAD ECONÓMICA Y CLASES DE PRODUCTOS	UNIDAD DE MEDIDA	PRODUCTOS POR CUENTA PROPIA	
			CANTIDAD	VALOR
2310371999903	Artículos tales como: letras, cifras, placas-rotulo, etc.	METRO 2	1.343	131.576
2599429990908	Letreros no eléctricos de metal común	METRO 2	6.666	281.035
2620475500099	Otros dispositivos de almacenaje permanentes de estado sólido.	UNIDAD	570	6.535
3290389969999	Otros instrumentos, aparatos y modelos diseñados para demostraciones y no aptos para otros usos n.c.p	UNIDAD	150.519	399.871
9000389610200	Grabados, estampas y litografías originales	UNIDAD	3.691.860	4.446.699
1819999999994	Otros Productos	SIN UNIDAD		20.301.866
192	FABRICACIÓN DE PRODUCTOS DE LA REFINACIÓN DEL PETRÓLEO.			5.080.427.165
0899153300101	Cementos asfálticos	KILOS	89.722.374	23.911.013
1920333100101	Gasolina súper 90 octanos o más.	LITROS	381.130.848	160.394.318
1920333100104	Gasolina extra 80 octanos	LITROS	1.562.277.864	512.816.790
1920333300101	Nafta, n.c.p: aceites destilados ligeros o livianos entre 30°C y 210°C que no se encuentre con estándares abajo para motores a gasolina.	LITROS	609.395.140	111.911.304
1920333420001	Turbo fuel N° 1: queroseno para aviones de repulsión, aceites medios para uso en ingeniería de aviación gas-turbina.	LITROS	452.973.696	209.991.481
1920333600002	Fuel-oil N°2 (diesel N°2, para uso en vehículos como auto, camionetas, buses, etc.)	LITROS	2.162.210.164	521.558.798
1920333600003	Fuel-oil N°3	LITROS	3.401.928.096	527.298.855
1920333700007	Spray Oil (aceite agrícola)	LITROS	38.473.008	9.906.799
1920333800199	Otros aceites lubricantes derivados del petróleo y aceites obtenidos de minerales bituminosos.	KILOS	785.540	955.986
1920333800199	Otros aceites lubricantes derivados del petróleo y aceites obtenidos de minerales bituminosos.	LITROS	161.475.612	1.486.601.096
1920333800201	Grasas lubricantes	KILOS	80.320	175.760
1920333800206	Aceite lubricante para motores de combustión interna	LITROS	14.168.021	67.621.923
1920333800208	Aceite para sistemas hidráulicos	LITROS	2.524.956	5.815.788
1920335000801	Asfalto de petróleo	METRO 3	18.652	2.464.249
1920335001001	Adherentes	KILOS	42.676	13.340
1920335001002	Cemento de contacto	LITROS	6.762.164	14.771.691
1920335001003	Pegas: cola blanca, para madera, epóxicas etc..	LITROS	11.708.408	13.757.381
1920335001005	Kalipega	LITROS	1.414.440	5.392.545
1920335009900	Otros residuos de aceites de petróleo o de aceites derivados de minerales bituminosos	LITROS	1.418.721.200	164.133.202

“En el año 2015, la producción nacional de lubricantes ha tenido buenos resultados, ya que alcanzó USD 126 millones en la balanza comercial”. Así lo explica (Naveda, 2016)

Actualmente, el mercado de lubricantes se conforma de 43 marcas para industrias y vehículos. Siendo, Havoline, Shell y Castrol las marcas de mayor permanencia en el mercado, ya que juntas suman más de 30 años. (Benítez, 2016)

El volumen de aceites lubricantes producidos por la Asociación de Productores Ecuatorianos de Lubricantes (APEL) registró un despunte en los primeros cuatro meses del 2016, el incremento es del 12%, es decir, pasó de 4.41 a 4.94 millones de galones para los automotores que utilizan gasolina y diésel, según datos de la Asociación. APEL cuenta con cinco productoras de lubricantes a escala nacional. En estas plantas se producen 24 millones de galones aproximadamente, que representa

el 70% de la oferta total al año. Allí se elaboran aceites lubricantes y grasas para el sector automotor e industrial.

Según la información expuesta, el mercado nacional de productos lubricantes se encuentra en constante crecimiento, por lo que es un desafío mantener los niveles de producción total de lubricantes, en sus distintas presentaciones. Una de las ventajas que tienen las plantas de producción de lubricantes es su capacidad instalada. Así lo señala (Díaz, 2016) Gerente general de la empresa Swissoil del Ecuador; por lo que es indispensable aprovechar los recursos con los que ya cuenta la empresa, con el fin de cumplir los objetivos de la organización y aumentar los beneficios.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Aumentar a 4.33 Barriles/ Horas/ Hombre la productividad promedio mensual del proceso de envasado de la planta de lubricantes a través del análisis de la línea de galones y baldes.

1.3.2 Objetivos Específicos

1. Identificar cuellos de botella y actividades que no agregan valor en las líneas de galones y baldes.
2. Analizar el estado de las líneas de galones y baldes para proponer mejoras en el proceso de envasado.
3. Reducir el número de horas-hombre extras al mes de las líneas de galones y baldes.

1.4 Marco teórico

Metodología Seis sigma

Según (Pande, Neuman, & Cavanagh, 2001), el término seis sigma hace referencia al objetivo de reducir los defectos del proceso. En términos estadísticos, el propósito de seis sigma es reducir la variación para conseguir desviaciones estándar muy pequeñas, de manera que prácticamente la totalidad de sus productos o servicios cumplan con las expectativas del cliente.

Una de las metodologías seis sigma es DMAIC, la cual está conformada por cinco etapas que son: definición, medición, análisis, mejora y control.

Definición

La primera fase es la de definir el problema a ser evaluado, para lo cual se analiza la situación actual de la empresa. Una vez seleccionado, el enfoque del problema se precisan los objetivos y se selecciona el equipo de trabajo más apropiado.

Las herramientas seis sigmas utilizadas son:

- Diagrama SIPOC: permite identificar los implicados del proceso que se encuentra en análisis de tal manera que se pueda usar para fijar el alcance del proyecto.
- Voz del cliente (VOC): herramienta usada para conocer y recolectar información acerca de las preferencias, expectativas y requerimientos del cliente y de todos los involucrados en el proyecto.

Medición

Esta fase consiste en la estratificación del proceso, identificando los requerimientos del cliente, las variables de resultado del problema y las variables de entrada. A partir de esta estratificación se definen los parámetros a ser medidos, y se mapea el enfoque del proceso a través de herramientas como:

- Mapa de la cadena de valor: Mediante esta herramienta se tiene un análisis detallado del proceso estudiado y sus respectivas etapas para luego obtener detalles de las actividades que agregan y no agregan valor.
- Plan de recolección de datos: A través de este formato se detallan los datos y variables a ser medidos, como, cuando y donde serán medidos además de los responsables dicha medición.
- Diagrama de flujo: consiste en detallar gráficamente un proceso.

Análisis

En la tercera fase, se analizan los datos recolectados en la fase anterior, así como los datos históricos y se interpretan estadísticamente, utilizando comprobación de hipótesis, relación causa-efecto, la regla de Pareto. Es así como se determinan las causas potenciales que afectan el caso en estudio y sus respectivas causas raíces.

Mejora

En esta fase, el equipo de trabajo trata de determinar mejoras que optimicen el funcionamiento del proceso. Además, se determina el rango operacional de los parámetros o variables de entrada del proceso.

Control

La última fase, consiste en hacer el seguimiento de las mejoras implementadas para asegurar que los objetivos cumplidos en el proyecto perduren a lo largo del tiempo.

Eficiencia general de los equipos (OEE)

La eficiencia general de los equipos, o el Overall Equipment Effectiveness (OEE, por sus siglas en inglés), es un indicador que mide la eficacia de la maquinaria industrial, se utiliza como una herramienta clave dentro de la cultura de mejora continua. (Pérez & García, 2014)

El OEE es una razón que compara la producción efectiva con la capacidad de producción teórica. El cálculo del OEE es una combinación de tres razones principales:

$$OEE = Disponibilidad \times Rendimiento \times Calidad \quad (1,2)$$

Disponibilidad del OEE

$$Razón \ de \ disponibilidad = \frac{Tiempo \ real \ de \ producción}{Tiempo \ de \ producción \ teórica} \quad (1,3)$$

$$Tiempo \ real \ de \ producción = Tiempo \ de \ producción \ teórica - tiempo \ de \ paradas \quad (1,4)$$

$$Tiempo \ de \ producción \ teórica = número \ de \ horas \ trabajadas \quad (1,5)$$

$$Tiempo \ de \ paradas = número \ de \ horas \ de \ paradas \ de \ las \ máquinas \quad (1,6)$$

Rendimiento del OEE

$$\text{Razón de rendimiento} = \frac{\text{Tiempo de ciclo} \times \text{Producción efectiva}}{\text{Tiempo real de producción}} \quad (1,7)$$

$$\text{Tiempo de ciclo} = \frac{1}{\text{Capacidad de producción máxima}} \quad (1,8)$$

$$\text{Producción efectiva} = \text{Cantidad de productos fabricados efectivamente} \quad (1,9)$$

Calidad del OEE

$$\text{Razón de calidad} = \frac{\text{Producción efectiva} - \text{Producción rechazada}}{\text{Producción efectiva}} \quad (1,10)$$

Producción rechazada

= Cantidad de productos que no han alcanzado el nivel de calidad requerido

Aceite Lubricante

Un aceite lubricante es una sustancia que se interpone entre dos superficies para impedir su contacto y evitar el deterioro, permitiendo el movimiento, inclusive a altas temperaturas y presiones. (Sanz Tejedor, 2018)

El uso de los aceites lubricantes tiene las siguientes ventajas:

- Reducir el rozamiento, mejorando el rendimiento del motor y disminuyendo el consumo de carburante.
- Proteger los órganos mecánicos contra el desgaste y la corrosión para garantizar la duración del motor.
- El aceite permite evacuar las impurezas gracias al filtro de aceite y al drenaje de las partes del motor.
- Reforzar la impermeabilidad, indispensable para asegurar el buen funcionamiento del motor.
- Disipar de manera eficaz el calor, enfriando el motor para evitar la deformación de las piezas.

Los componentes principales de un lubricante son la base y los aditivos; los componentes utilizados en la formulación son de varios orígenes:

- Bases minerales convencionales
- Bases sintéticas
- Bases regeneradas
- Bases naturales

Aditivos

Los aditivos son productos químicos que intervienen en la composición de la fórmula de un lubricante; y es gracias a estos que los aceites lubricantes han adquirido las propiedades con las que cuenta actualmente. Los aditivos cumplen dos funcionalidades:

- Proteger la superficie metálica
- Mejorar las propiedades del aceite base

Proceso de Envasado

El proceso de envasado de aceites lubricantes inicia cuando el centro de tecnologías aprueba la mezcla y da el visto bueno para la apertura de las válvulas.

El supervisor de producción realiza la programación diaria OPM y el coordinador asigna a los operarios a la línea correspondiente.

El envasado de lubricantes consta de varias fases:

- *Abastecimiento de envases*
- *Llenado*
- *Proceso de tapado de envases*
- *Empaque y paletizado.*

CAPÍTULO 2

2. METODOLOGÍA

La metodología DMAIC fue utilizada en el presente proyecto para resolver el problema descrito en el Capítulo 1, esta metodología está compuesta por las fases de Definición, Medición, Análisis, Mejoras e Implementación y Control, de tal manera que en la fase de Definición se describe el problema de forma clara, tal y como se lo hizo en el capítulo anterior, en la etapa de Medición se conocen mayores detalles acerca del problema en estudio y el comportamiento de la variable que se busca mejorar. En Análisis, se detalla el proceso a seguir para la búsqueda de las causas raíces que afectan de forma directa al problema, de tal manera que se pueda finalizar con las fases de Mejoras, Implementación y Control en donde se detallan las mejoras propuestas e implementadas para resolver el problema en estudio, así como también el plan de control para garantizar la factibilidad de las soluciones seleccionadas.

2.1 Medición

Una vez que se ha definido el problema en estudio, la variable de respuesta, los objetivos y el alcance del proyecto, se procede a realizar un levantamiento de información en el proceso de envasado en las líneas de galones y baldes de tal manera que se tenga un vistazo general de dicho proceso y las posibles causas involucradas en el mismo que afecten al problema mencionado. Con el fin de detallar el proceso de envasado y poder encontrar las posibles causas del problema a ser atacado, se realizó un plan de recolección de datos para la obtención de información necesaria para dicho propósito, así como la verificación de la validez de dicha información recolectada.

2.1.1 Plan de recolección de datos

Tal como se muestra en la Tabla 2.1 Plan de recolección de datos, se desarrolló un plan de recolección de datos con el fin de obtener información necesaria y útil para cumplir con los objetivos del proyecto y poder desarrollar un mapeo general del proceso a ser mejorado, puntos para los cuales se incluyó un esquema de muestreo para la realización de un estudio de tiempos necesario para la recolección de dicha información en el que se incluyó el tamaño de la muestra y el error permitido para dicho estudio.

Tabla 2.1 Plan de recolección de datos

Plan de Recolección de Datos							
Fase de Medición							
Variable a ser medida	Unidad	Tipo de Dato	¿Por qué se mide esta variable?	¿Cuándo se mide esta variable?	¿Dónde medirla?	¿Cómo medirla?/ Metodo de Recolección	Persona a Cargo
Productividad	Número	Cuantitativa - Continua	Variable a ser medida y mejorada por el proyecto	Inicio de la fase de medición hasta la finalización del proyecto	Base de datos	Registros históricos: Productividad = Barriles envasados por mes/ Horas - Hombre por mes	Líderes del proyecto: Carlos Jalca & Andrea Barros
Horas de sobretiempo	Horas - Hombre	Cuantitativa - Continua	Esto permitirá determinar el número de horas de sobretiempo en las líneas de galones y baldes	Inicio de la fase de medición hasta la finalización del proyecto	Base de datos - Línea de galones - Línea de baldes	Registros históricos	Líderes del proyecto: Carlos Jalca & Andrea Barros
Tiempo de respuesta de laboratorio	Horas - Hombre	Cuantitativa - Continua	Existe la sospecha de que el tiempo de respuesta de laboratorio para aprobar las mezclas de lubricantes es mayor al esperado	Fase de Medición	Línea de galones - Línea de baldes	Esquema de muestreo: Error = 8% Nivel de confianza = 95% S = 0,32 n = 16 N = 60	Líderes del proyecto: Carlos Jalca & Andrea Barros
Tiempo de ciclo promedio de galones y baldes	Minutos	Cuantitativa - Continua	Permitirá determinar el tiempo de cada paso del proceso	Inicio de la fase de medición hasta la finalización del proyecto	Línea de galones - Línea de baldes	Esquema de muestreo - Galones: Error = 5% Nivel de confianza = 95% S = 0,10 n = 10 N = 18 Esquema de muestreo - Baldes: Error = 5% Nivel de confianza = 95% S = 0,11 n = 10 N = 43	Líderes del proyecto: Carlos Jalca & Andrea Barros
Tiempo de producción planeado	Horas	Cuantitativa - Continua	Permitirá determinar el tiempo de cada paso del proceso - Ayudará en la implementación del OEE	Inicio de la fase de medición hasta la finalización del proyecto	Línea de galones - Línea de baldes	Registros históricos - Estudio de tiempos	Líderes del proyecto: Carlos Jalca & Andrea Barros
Tiempos de set up	Horas	Cuantitativa - Continua	Permitirá determinar el tiempo de cada paso del proceso - Ayudará en la implementación del OEE	Inicio de la fase de medición hasta la finalización del proyecto	Base de datos - Línea de galones - Línea de baldes	Estudio de tiempos - Bitácora de Tiempo de Operación	Líderes del proyecto: Carlos Jalca & Andrea Barros
Tiempo de inactividad planificado	Horas	Cuantitativa - Continua	Permitirá determinar el tiempo de cada paso del proceso - Ayudará en la implementación del OEE	Inicio de la fase de medición hasta la finalización del proyecto	Base de datos - Línea de galones - Línea de baldes	Estudio de tiempos - Bitácora de Tiempo de Operación	Líderes del proyecto: Carlos Jalca & Andrea Barros
Tiempo de inactividad no planificado	Horas	Cuantitativa - Continua	Permitirá determinar el tiempo de cada paso del proceso - Ayudará en la implementación del OEE	Inicio de la fase de medición hasta la finalización del proyecto	Base de datos - Línea de galones - Línea de baldes	Estudio de tiempos - Bitácora de Tiempo de Operación	Líderes del proyecto: Carlos Jalca & Andrea Barros
Unidades defectuosas	Número de unidades	Cuantitativa - Continua	Permitirá determinar el tiempo de cada paso del proceso - Ayudará en la implementación del OEE	Inicio de la fase de medición hasta la finalización del proyecto	Base de datos - Línea de galones - Línea de baldes	Estudio de tiempos - Bitácora de Tiempo de Operación	Líderes del proyecto: Carlos Jalca & Andrea Barros

2.1.2 Verificación de datos

Luego de haber recolectado los datos que fueron considerados en el plan de recolección de datos, era necesario realizar una verificación acerca de la confiabilidad de dicha información que no contaba con algún tipo de fundamento estadístico. Para lo esto se verificó la siguiente información:

- Productividad
- Tiempo de inactividad planificado
- Tiempo de inactividad no planificado
- Tiempo de producción planificado
- Tiempos de *set up*

Para lo cual se usó el método de verificación en *Gemba* para verificar el correcto cálculo de la información proporcionada por la compañía, así como el uso de una bitácora para la recolección de los demás datos.

Productividad

Durante las conversaciones que se tuvo con el equipo de trabajo se recolectó la información correspondiente a los datos históricos de la productividad de la compañía, pero dicha información carecía de algún tipo de soporte estadístico, por lo que fue necesaria una revisión acerca de esos datos y sobre todo la manera en la que se realizó el cálculo para cada uno de los datos. Para esto, se realizó una reunión con parte del equipo de trabajo, como se muestra en la Figura 2.1 Verificación de cálculos de la Productividad, en la que se comprobó que efectivamente el cálculo de dicha información era coherente y confiable para su uso.



Figura 2.1 Verificación de cálculos de la Productividad

Tiempo de inactividad planificado, tiempo de inactividad no planificado, tiempo de producción planificado, tiempos de *set up*

Como se mencionó en el capítulo 1, uno de los objetivos específicos del proyecto es la implementación del OEE, y para dicho cálculo es necesaria información acerca de disponibilidad, rendimiento y calidad en las líneas que cubre este proyecto, por lo tanto era necesaria la confiabilidad de los datos recolectados para este indicador, por lo que el equipo de tesis realizó una bitácora de tiempo de operación, como se muestra en la Tabla 2.2 Bitácora de tiempo de operación de las líneas, de tal manera que se pueda obtener datos confiables y útiles para su posterior utilización.

Tabla 2.3 Eventos posibles durante el tiempo de operación

N° de evento	Evento
1	Producción
2	Falla llenadora
3	Falla cerradora tapas
4	Falla quemador foil
5	Falla cerradora cajas
6	Abastecimiento de producto
7	Daño montacarga
8	Abastecimiento de envases
9	Falla paletizadora cajas
10	Falta de personal
11	Falta de Energía
12	Accidentes
13	Derrame
14	Falla en codificadora
15	Falla quemador Capuchones
16	Saneamiento o reproceso
17	SET-UP
18	Almuerzo
19	Reunión
20	Maquina inactiva/sin trabajo
21	Otros eventos (detalle)

2.1.3 Cálculo del OEE inicial

De acuerdo con uno de los requerimientos del cliente, fue necesario realizar un cálculo inicial del OEE histórico presentado por la compañía, de tal manera que se pueda tener un vistazo inicial de la situación del indicador que se busca implementar con el presente proyecto, para lo cual se solicitó información a la compañía acerca de la disponibilidad, rendimiento y calidad de las líneas de galones y baldes de la planta de envasado.

Con la información proporcionada por la compañía se obtuvo un promedio del OEE diario en los meses de agosto y septiembre del año 2018 para ambas líneas mencionadas, tal y como se muestra en las Tablas 2.4 y 2.5.

Tabla 2.4 OEE promedio de la línea de galones

OEE PROMEDIO - GALONES	
ago-18	sep-18
81%	39%

Tabla 2.5 OEE promedio de la línea de baldes

OEE PROMEDIO - BALDES	
ago-18	sep-18
60%	75%

Para estos resultados obtenidos, se dio una notable variación entre los valores de los dos meses calculados, los cuales resultaron inconsistentes según la observación del cliente y también dado que, un OEE mayor al 85% es considerado de clase mundial (Stamatics, 2010), y para estos resultados se encontraron valores muy cercanos 85% o en su defecto, totalmente lejanos a dicho valor. Por lo que se decidió tomar estas inconsistencias como un problema enfocado a ser analizado en la fase de análisis.

2.1.4 Proceso detallado

En esta etapa también se debió conocer de forma más profunda el proceso que comprende el problema a atacar, en este caso se realizó un diagrama de flujo en el que se muestra el proceso de envasado de forma detallada, dividiéndolo para cada uno de los departamentos que intervienen en la consolidación de dicho proceso. Cabe recalcar que las líneas de galones y baldes siguen la misma gestión para realizar el envasado.

En este proceso, se identificó como cuello de botella el tiempo que la línea espera la aprobación de la mezcla de lubricante para iniciar el proceso de envasado, lo cual representa un desperdicio del tiempo productivo, tal como se muestra en la Figura 2.2.

El tiempo que las líneas de galón y baldes esperan por mezcla en promedio es de 66.6 minutos, lo que representa 452.88 galones y 107.23 baldes que dejan de ser producidos por cada vez que esperan la aprobación de la mezcla de lubricante por parte del Centro de Tecnologías.

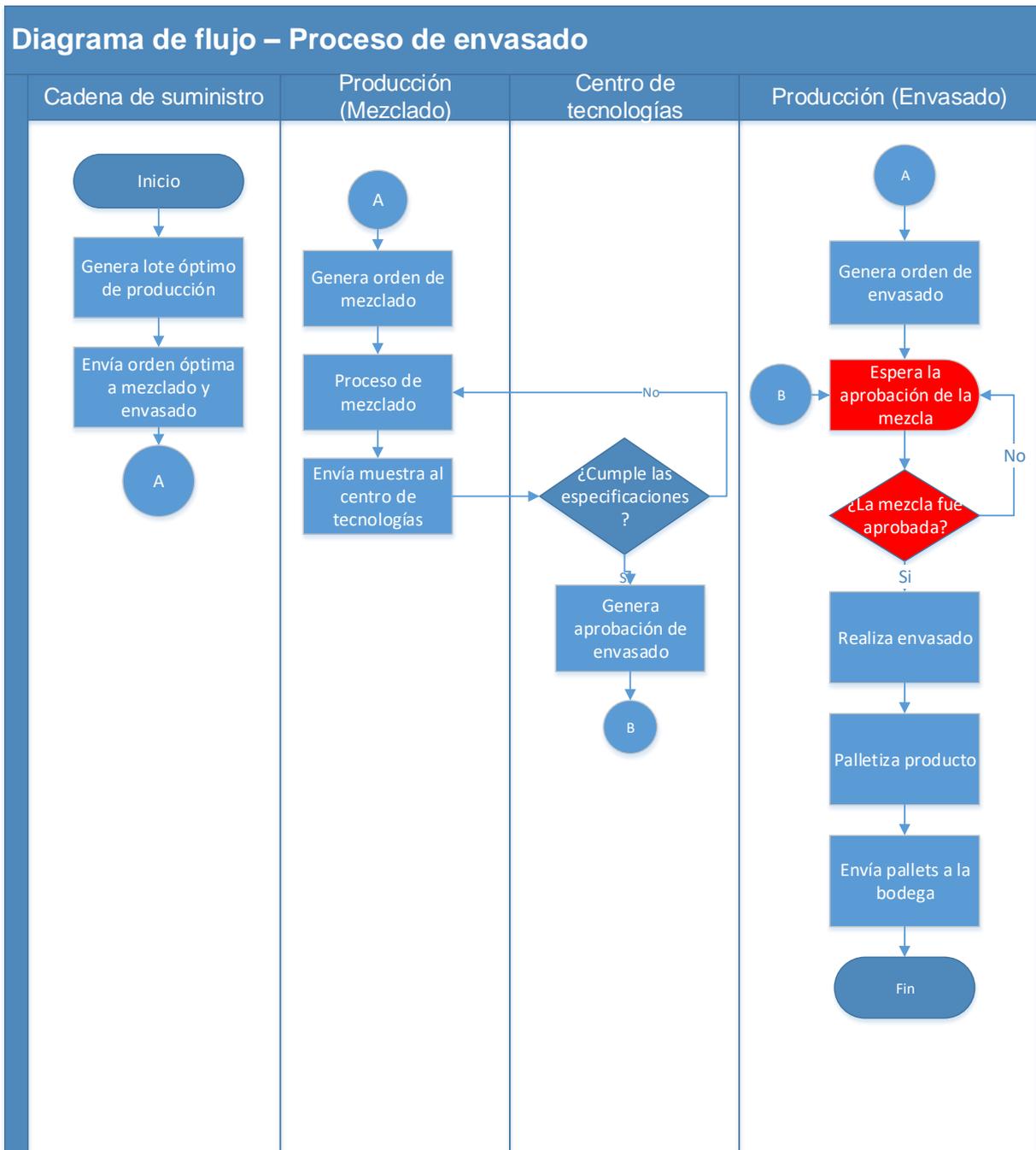


Figura 2.2 Flujograma del proceso de envasado de lubricantes

2.1.5 Mapa de la cadena de valor

Una vez que se ha recolectado la información necesaria de las actividades que se realizan a lo largo de la línea de envasado de galones y baldes, se procede a realizar el mapeo general de la cadena de valor para cada línea.

Esta herramienta provee una visión global de todos los requerimientos, flujos de información y el tiempo total de la producción de la demanda diaria promedio. El objetivo

es analizar los tiempos de cada una de las fases involucradas del proceso, y determinar el tiempo que le toma a un producto pasar por la línea de envasado, hasta que es empaquetado, paletizado y almacenado.

Como primer proceso se consideró la preparación para llenado que comprende el desempaque de los envases vacíos y el abastecimientos de los mismos al inicio de la línea de envasado; el segundo proceso es el llenado de cada envase mediante un pulpo de ocho boquillas, además el proceso de tapado de los envases y quemado de foil; el tercer proceso es paletizado, que comprende el empaque de los envases en cajas, y el empaque de un pallet completo; finalmente el último proceso es el de Almacenamiento, que comprende la movilización del pallet completo hacia la bodega de producto terminado, dicha información y valores son mostrados en la Figura 2.3.

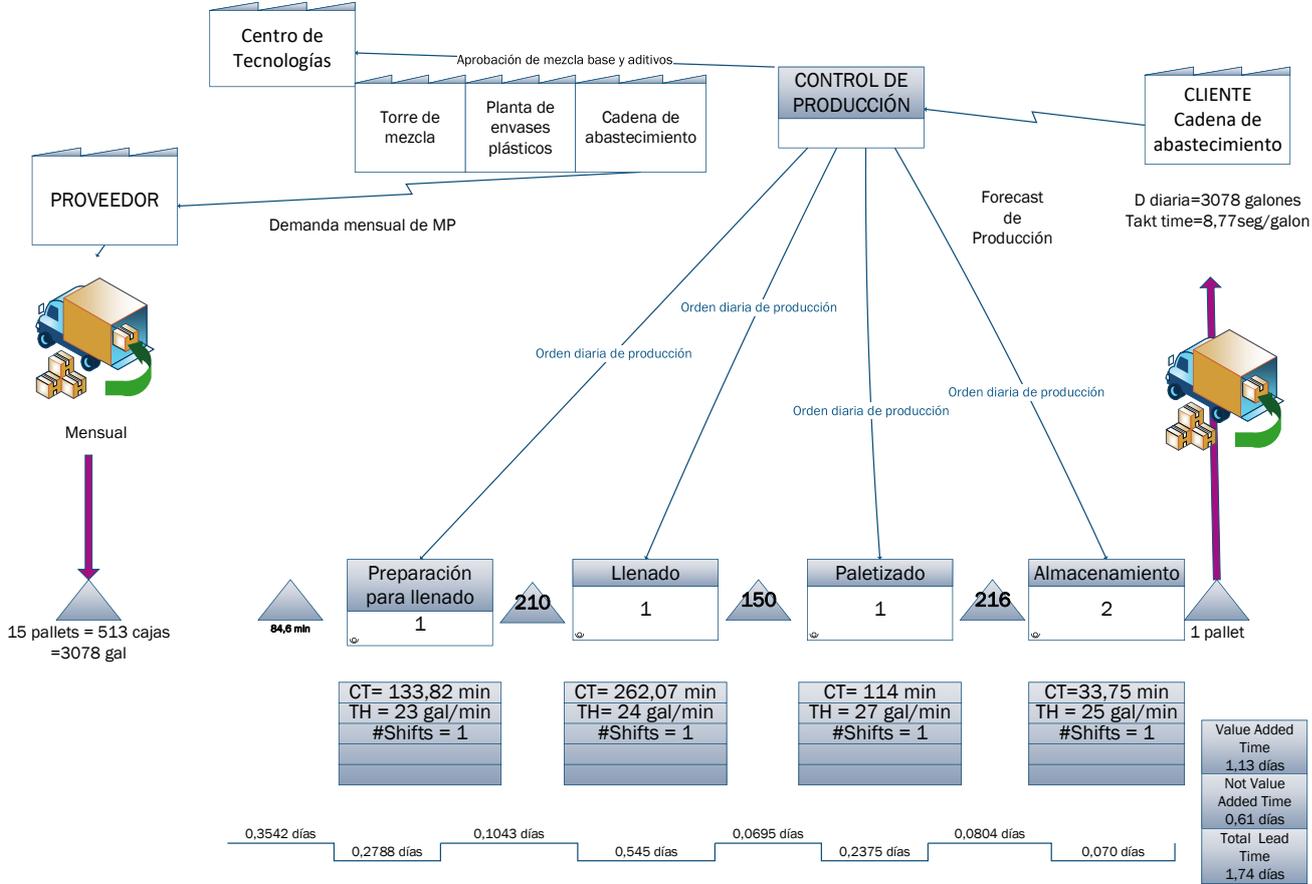


Figura 2.3 Mapa de la cadena de valor de la línea de galones

De igual manera para la línea de baldes en presentación de cinco galones, y dos boquillas llenadoras. El primer proceso comprende la preparación de la máquina y desempaque de los envases vacíos; el segundo comprende el llenado del balde y el

proceso de tapado; el tercer proceso comprende el empaque de los baldes en un pallet, y finalmente, el cuarto comprende la movilización del pallet hasta la bodega de producto terminado, esta información y sus valores son mostrados en la figura 2.4.

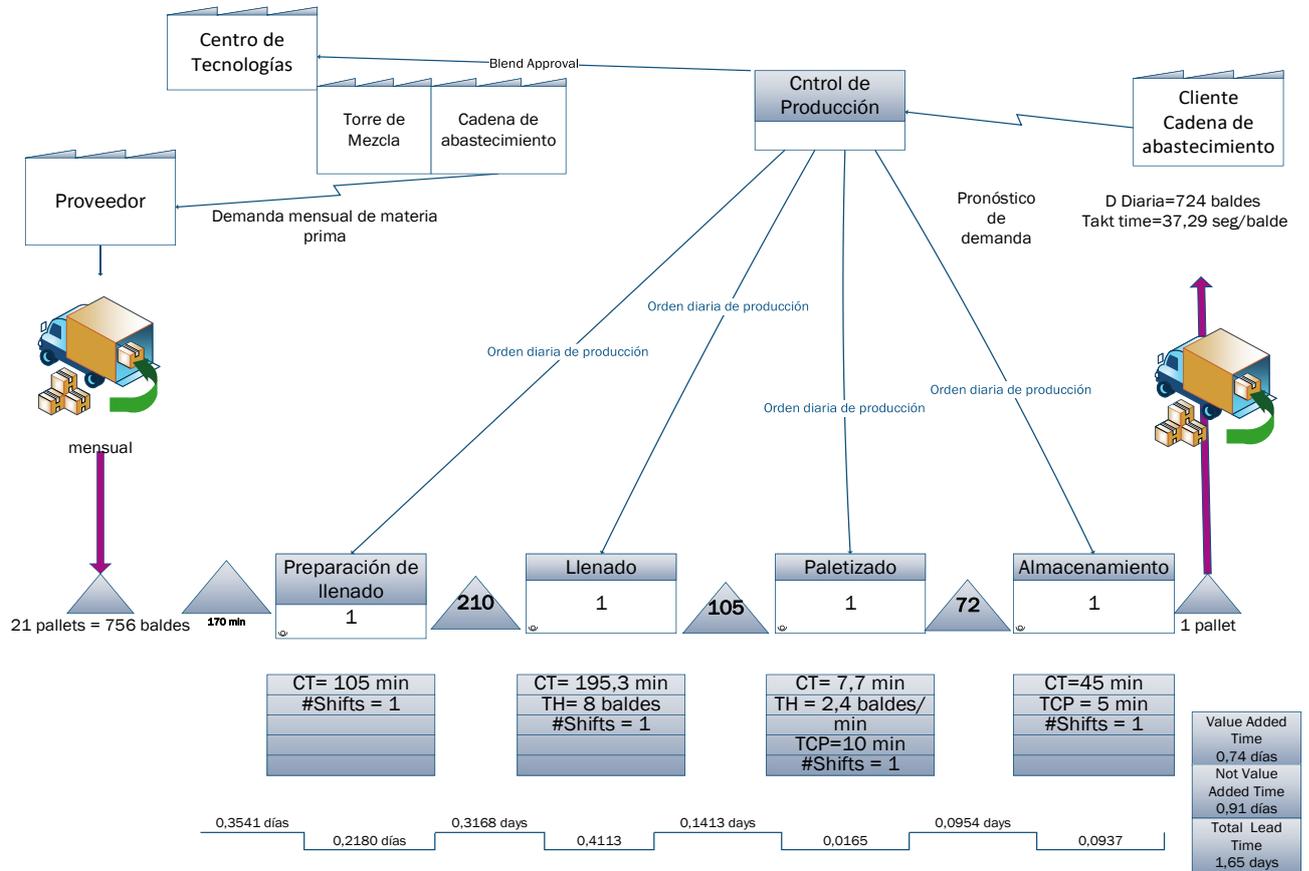


Figura 2.4 Mapa de la cadena de valor de la línea de baldes

A partir del análisis de los tiempos del proceso, se obtuvo el resultado del tiempo total de entrega del producto, el tiempo que agrega valor al proceso productivo y el tiempo que no agrega valor, así como se muestra en la Tabla 2.6.

Tabla 2.6 Porcentaje de Tiempos de entrega

	GALONES	BALDES
%AVT	65%	45%
% NAVT	35%	55%
Tiempo de entrega	1,74 días	1,65 días

2.2 Análisis

Luego de realizar un mapeo del proceso y recolectar información de relevancia sobre la variable de respuesta y los factores que afectan al proceso, se procedió a iniciar la fase de análisis con el fin de hallar las causas del problema. Durante esta fase se realizó una lluvia de ideas con todo el equipo de trabajo con el fin de hallar todas las posibles causas de la baja productividad, así como al problema de la inconsistencia en el OEE de la compañía que se generó en la fase anterior de la metodología, para luego poder analizar las causas más relevantes y a partir de estas, poder hallar las causas raíces de ambos problemas a través del uso de la herramienta 5 por qué.

2.2.1 Análisis de causas

Para iniciar la etapa de análisis, se realizó un mapeo de las causas que podrían afectar a la baja productividad y a la inconsistencia en los valores calculados del OEE, para esto, se analizó la información que fue recolectada por los líderes del proyecto y se construyó la Tabla 2.7 y Tabla 2.8, en las que se muestran un porcentaje promedio de los eventos diarios que mostraron las dos líneas de producción entre el 7 de noviembre del 2018 y el 26 de noviembre del mismo año.

Tabla 2.7 Porcentaje promedio de tiempo por eventos - Galón

Porcentaje promedio de tiempo por eventos - Línea de galones								
Producción	Abastecimiento de envases	Falta de personal	Saneos	Set up	Almuerzo	Reuniones	Máquina inactiva	Otros eventos
52%	14%	21%	24%	8%	6%	3%	28%	2%

Tabla 2.8 Porcentaje promedio de tiempo por eventos - Baldes

Porcentaje promedio de tiempo por eventos - Línea de baldes					
Producción	Set up	Almuerzo	Reuniones	Máquina inactiva	Otros eventos
39%	9%	6%	3%	49%	2%

Dicha información fue levantada con el fin de buscar causas que puedan ser aportadas en la reunión que se tuvo con todo el equipo de tesis, los jefes de producción, el supervisor de producción y los jefes de ambas líneas de producción, en donde se realizó una lluvia de ideas y se generaron el mayor número posible de causas de la baja productividad y la inconsistencia del OEE, como se muestra en la Figura 2.5 y Figura 2.6.



Figura 2.5 Reunión del equipo de trabajo para la lluvia de ideas



Figura 2.6 Lluvia de ideas de causas potenciales

Con todas las causas generadas en la lluvia de ideas se realizó dos diagramas de causa – efecto de los dos problemas mencionados anteriormente, tal como se muestra en la Figura 2.7 y Figura 2.8.

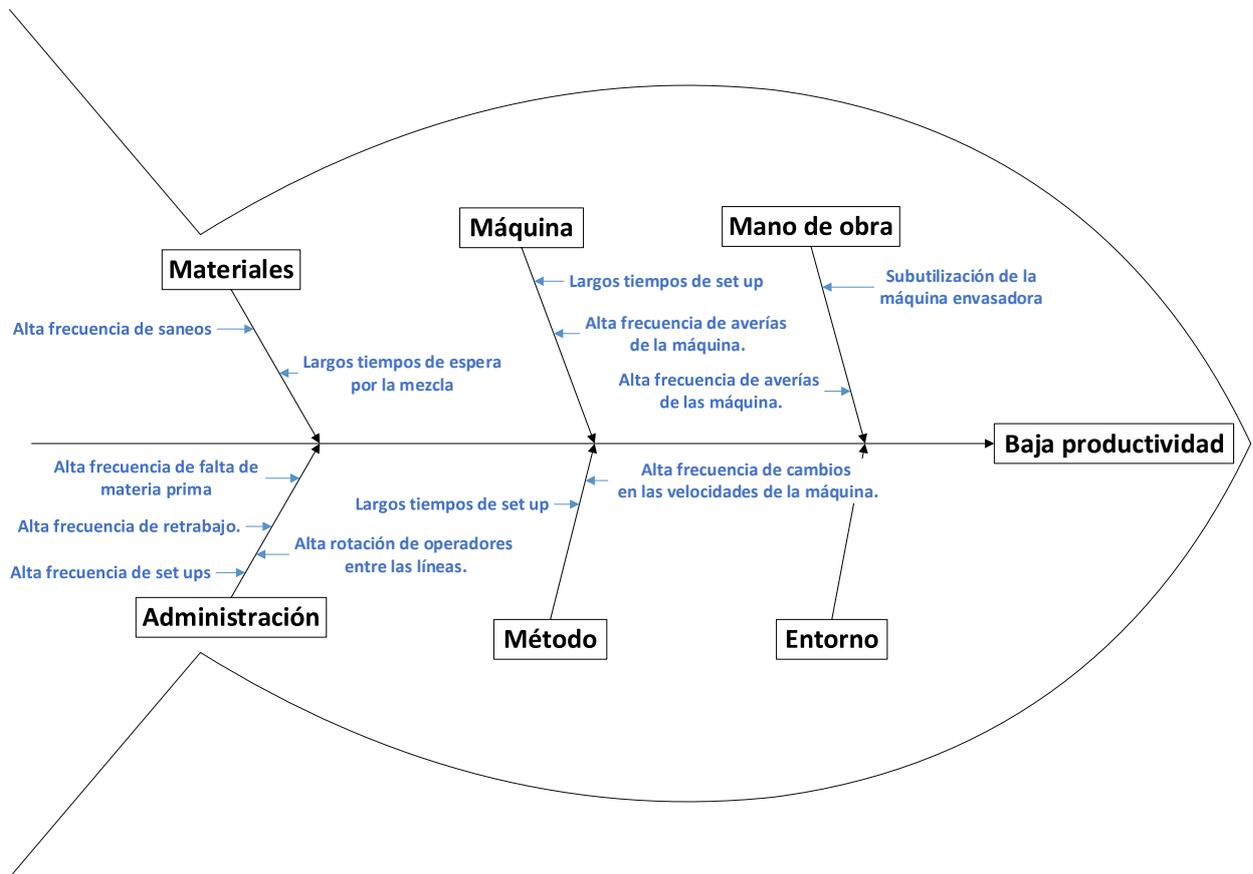


Figura 2.7 Diagrama causa-efecto de la baja productividad

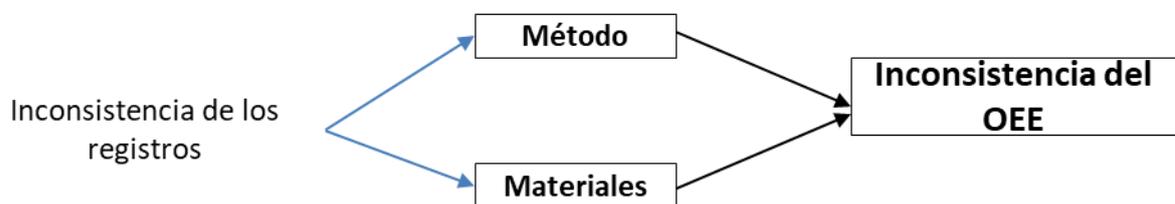


Figura 2.8 Diagrama causa efecto de la Inconsistencia del OEE inicial

Con esta información se hizo una priorización de causas con respecto al impacto de cada una sobre los dos problemas, y las ponderaciones fueron escogidas de acuerdo con la moda los valores que les asignó cada uno de los integrantes del equipo de trabajo de la manera que se muestra en la Tabla 2.9, Tabla 2.10 y Tabla 2.11.

Tabla 2.9 Ponderación del impacto sobre la productividad

Ponderación del impacto	
1	Bajo impacto
3	Medio impacto
9	Alto impacto

Tabla 2.10 Impacto generado de las causas potenciales sobre la productividad

N°	CAUSAS - PRODUCTIVIDAD	IMPACTO
1	Largos tiempos de espera por mezcla	9
2	Largos tiempos de set up	9
3	Alta frecuencia de cambios en las velocidades de las máquinas	9
5	Alta frecuencia de saneos	9
4	Alta frecuencia de paros en máquinas	3
6	Alta frecuencia de retrabajos	3
7	Alta frecuencia de set up's	3
8	Alta rotación de operadores entre las líneas	1
9	Subutilización de máquinas envasadoras	1
10	Alta frecuencia de falta de materia prima	1

Tabla 2.11 Impacto de las causas potenciales sobre el OEE

N°	CAUSAS - OEE	IMPACTO
1A	Inconsistencia de registros	9

Con la ayuda de estas ponderaciones que se realizó el análisis de Pareto que se muestra en la Figura 2.9 para las causas de la baja productividad, con el fin de seleccionar las causas que representen el 80% de las ponderaciones totales asignadas por el equipo de trabajo. Para el caso de la única causa de la inconsistencia del OEE, se decidió analizar directamente dicha causa dado su impacto sobre ese problema específico.

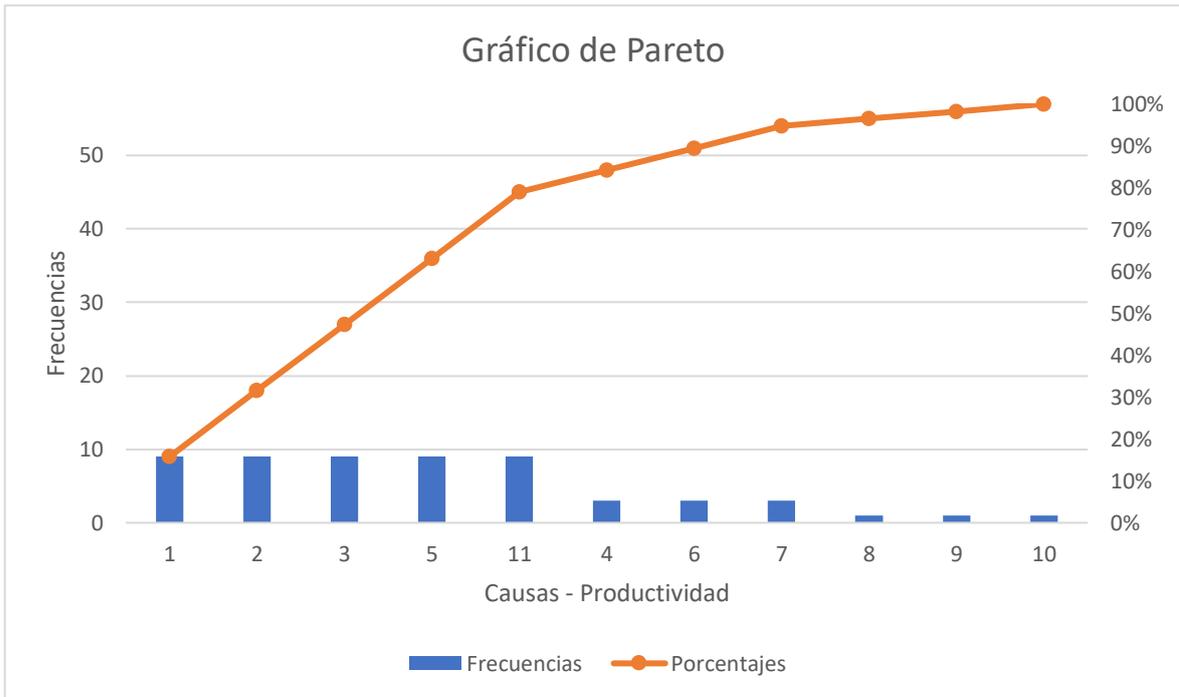


Figura 2.9 Diagrama de Pareto de las causas de baja productividad

Con estas causas se realizó la matriz de impacto – control que se muestra en la Figura 2.10, en donde con la ayuda del equipo de trabajo, se ubicó las causas de acuerdo con su nivel de impacto sobre la variable de respuesta y cuan controlables podían ser.

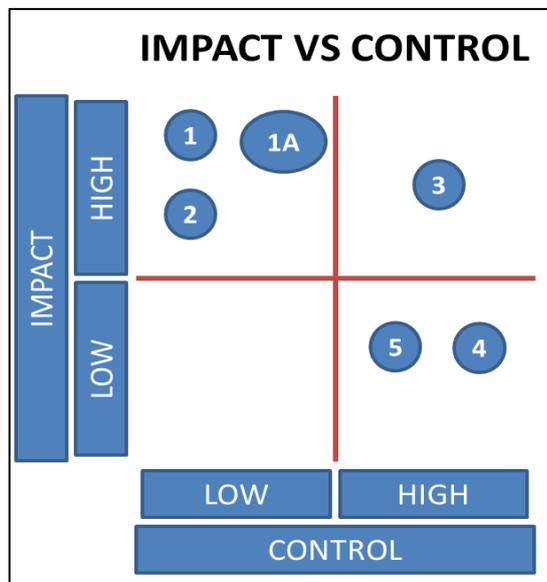


Figura 2.10 Matriz impacto-control de las causas de baja productividad

Como requerimiento del cliente, se decidió realizar la verificación de todas las causas que se ubicaron en los cuadrantes de alto impacto de la matriz, las cuales fueron:

1. Largos tiempos de espera por mezcla.
2. Largos tiempos de *set up*.
3. Alta frecuencia de cambios de las velocidades de las máquinas.
4. Inconsistencia de los registros.

2.2.2 Verificación de causas

Para realizar la verificación de las causas se construyó el plan de verificación de causas que se muestra en la Tabla 2.12, en la que se detalla la causa, el porqué de su verificación y la forma en la que se verificó cada causa.

Tabla 2.12 Plan de verificación de causas

PLAN DE VERIFICACIÓN DE CAUSAS			
N°	Causa potencial	¿Por qué verificarla?	¿Cómo verificarla?
1	Largos tiempos de espera por mezcla	Existe la sospecha de que hay mucho tiempo que puede ser usado en producción pero que es gastado en esperas por mezcla.	Verificación estadística
2	Largos tiempos de set up	Hay la sospecha de que hay mucho tiempo que puede ser usado en producción pero que es gastado en set up's.	Verificación estadística
3	Alta frecuencia de cambios en las velocidades de las máquinas	Es necesario verificar si hay muchos cambios de velocidad de las máquinas de llenado del proceso de envasado que podrían causar que la producción no se lleve a la velocidad programada.	Go - See
1A	Inconsistencia de los registros	There's the suspicion that recent records are not being taken as it should be and that alter the OEE calculation	Go - See

De acuerdo con el plan de verificación de causas se verificó cada una de las causas potenciales que se indicó anteriormente.

Largos tiempos de espera por mezcla

Se tomó una muestra de 21 observaciones del tiempo que espera cada línea y se realizó una prueba de hipótesis como se muestra en la Figura 2.11, para la cual se planteó la hipótesis nula de que el tiempo de espera por mezcla es igual a 35 minutos tal y como lo indicó el cliente.

T de una muestra: Tiempos de espera por mezcla

Estadísticas descriptivas

N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media	Límite inferior de 95% para μ
21	45,19	15,88	3,47	39,21

μ : media de Tiempos de espera por mezcla

Prueba

Hipótesis nula $H_0: \mu = 35$
Hipótesis alterna $H_1: \mu > 35$

Valor T	Valor p
2,94	0,004

Figura 2.11 Prueba de hipótesis de tiempos de espera por mezcla

A partir de la estadística descriptiva se puede observar que se obtuvo un valor p menor a 0.05 y por lo tanto se puede concluir con un 95% de confianza que el tiempo de espera por mezcla es mayor a 35 minutos.

Largos tiempos de *set up*

Para esta verificación se tomó una muestra de 55 observaciones del tiempo que toma realizar la preparación de la línea de producción y se realizó la prueba de hipótesis que se muestra en la Figura 2.12 y se planteó la hipótesis nula de que el tiempo que toma preparar la línea de producción es de 15 minutos, de igual manera, valor proporcionado por el cliente.

T de una muestra: Tiempos de set up

Estadísticas descriptivas

N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media	Límite inferior de 95% para μ
55	17,455	7,193	0,970	15,831

μ : media de Tiempos de set up

Prueba

Hipótesis nula $H_0: \mu = 15$
Hipótesis alterna $H_1: \mu > 15$

Valor T	Valor p
2,53	0,007

Figura 2.12 Prueba de hipótesis de largos tiempos de set up

A partir del gráfico se puede observar el valor p de 0.007, por lo cual se rechaza la hipótesis nula y con un 95% de confianza se puede decir que los tiempos de *set up* son mayores a 15 minutos.

Alta frecuencia de cambios en las velocidades de las máquinas

Para esta causa potencial se realizó una verificación por *Gemba* como se muestra en la Figura 2.13, mediante la cual se pudo observar en las líneas de producción que existe un constante cambio en las velocidades de las máquinas por parte de los operadores con el fin de acoplar la línea a las necesidades de esta.



Figura 2.13 Cambios en la velocidad de la máquina llenadora de galones

Inconsistencia de los registros

Para la verificación de esta causa potencial con respecto a la inconsistencia del cálculo del OEE, se tomaron registros de la compañía de las paradas de las máquinas como se muestra en la Tabla 2.13, en donde se puede observar claramente que existe una deficiencia en el registro de las paradas dado que no se registran las mismas, caso similar que ocurre con el registro de calidad que se muestra en la Tabla 2.14, en donde se puede observar que siempre se registran valor de 0% o 100% de calidad en las líneas de producción.

Tabla 2.13 Registro de la bitácora de tiempo de operación

BITÁCORA DE TIEMPO DE OPERACIÓN DE LINEAS DE LLENADO								
#	# ORDEN	LINEA	SET-UP	LLENADO	PARADA IMPREVISTA	PARADA PREVISTA	TOTAL HORAS	# PERSONAS
5	152854	LB	0,15	6			6,15	2
7	152859	LB	0,1	1			1,1	2
8	152862	LB	0,25	1,5			1,75	2
9	152875	LB	0,15	2			2,15	2
11	152886	LB	0,25	2,5			2,75	2
12	152873	LB	0,15	3			3,15	2
13	152894	LB	0,1	1			1,1	2
14	152869	LB	0,1	0,1			0,2	2
15	152877	LB	0,1	2			2,1	2
19	152880	LG	0,5	8			8,5	4
20	152884	LG	0,2	4			4,2	4
21	152907	LB	0,1	4,5			4,6	2
24	152915	LB	0,1	2			2,1	2
25	152918	LG	0,5	9			9,5	4
28	152946	LB	0,05	0,1			0,15	2
30	152889	LB	0,1	2			2,1	2
33	152937	LG	0,5	2			2,5	4
34	152938	LG	0	0,5			0,5	4
38	152954	LB	0,15	0,5			0,65	2
39	152966	LB	0,15	3,5			3,65	2
40	152940	LG	0,2	4			4,2	4
42	152948	LG	0,5	2			2,5	4

Tabla 2.14 Registro OTIF de los productos de galón

Producto	Lineas de producción	Línea de llenad.	OPM	Ree ¹	DF	% OTIF	MOTIVO
TX Havoline Motor Oil 20W50 SN	GALÓN	LG	1.669	1.669	-	100%	OK
CA GTX 5X 20W50 SN	GALÓN	LG	540	540	-	100%	OK
CA GTX 10W30 SN	GALÓN	LG	216	216	-	100%	OK
CA GTX High Mileage 25W60 SN	GALÓN	LG	432	432	-	100%	OK
CA EPX 85W140	GALÓN	LG	396	395	(1)	100%	Falta Empaque Local
CA Diesel Oil 40	GALÓN	LG	144	144	-	100%	OK
TX Ursa LA-3 40 CF	GALÓN	LG	360	361	1	100%	OK
TX Ursa Premium TDX 15W40 CI4	GALÓN	LG	1.080	1.080	-	100%	OK
TX Havoline Premium 40 SL	GALÓN	LG	1.764	1.764	-	100%	OK
CA MAGNATEC 20W50	GALÓN	LG	900	900	-	100%	OK
CA CRB PLUS 15W40 CI-4	GALÓN	LG	288	288	-	100%	OK
CA EP 140	GALÓN	LG	432	-	(432)	0%	Falta Materia Prima Local
CA EP 90	GALÓN	LG	396	396	-	100%	OK
MOTOROEL SAE 20W50 Teilsynthes	GALÓN	LG	256	-	(256)	0%	Falta Empaque SWO - Plásticos
MOTOROEL SAE 40 SL	GALÓN	LG	256	-	(256)	0%	Falta Empaque SWO - Plásticos
ATF MD III	GALÓN	LG	32	-	(32)	0%	Falta Empaque SWO - Plásticos
MOTOROEL SAE 40 CF	GALÓN	LG	32	-	(32)	0%	Falta Empaque SWO - Plásticos
MOTOROEL SAE 40 SG	GALÓN	LG	96	-	(96)	0%	Falta Empaque SWO - Plásticos
CA GTX High Mileage 25W60 SN	GALÓN	LG	432	432	-	100%	OK
CA MAGNATEC 10W30	GALÓN	LG	900	900	-	100%	OK
CA EPX 80W90	GALÓN	LG	216	216	-	100%	OK
TX Multigear Lub EP 75W85	GALÓN	LG	288	288	-	100%	OK
TX Ursa Super TD 40 CF	GALÓN	LG	288	288	-	100%	OK
TX Ursa Premium TDX 40 CF	GALÓN	LG	288	288	-	100%	OK
TX Havoline Motor Oil 10W30 SN	GALÓN	LG	288	-	(288)	0%	Reprogramación por descarga marina
MO MOTOREX TCW3	GALÓN	LG	288	-	(288)	0%	Reprogramación x Cliente
CA GTX 5X 20W50 SN	GALÓN	LG	540	-	(540)	0%	Reprogramación x Cliente

2.2.3 Determinación de causas raíces

Para determinar las causas raíces asociadas a cada una de las causas que se encontraron anteriormente se realizó el análisis 5 por qué, que se puede ver en el anexo A, el cual se basó en la realización de preguntas asociadas a las causas dadas de tal manera que se pueda hallar las relaciones que conllevan a los dos problemas planteados anteriormente. Luego de realizar dicho análisis se pudieron obtener las causas raíces mostradas en la Tabla 2.15.

Tabla 2.15 Determinación de causas raíces

Causa	Causas Raíces
Largos tiempos de espera por mezcla	Sobrecarga de trabajo del operador de mezcla
	No se sigue un procedimiento en todos los tipos de mezcla
	El asistente de mezclado tiene muchas actividades lejos del elevador donde son puestas las muestras
Largos tiempos de set up	Hay muchos modelos de envases
	No se sigue un procedimiento para realizar los set up's
Alta frecuencia de cambios en las velocidades de las máquinas	Sobre carga de trabajo del operador de mezcla
	Alta rotación de los operadores entre las líneas
	Material inapropiado de los rodillos de cerrado
Inconsistencia de los registros	Mala definición de los roles del personal de supervisión
	Hoja de registro inapropiada

2.3 Mejoras

En la etapa de mejoras, se generó una lluvia de ideas y se buscaron las posibles soluciones para el problema presentado, las cuales fueron evaluadas entre sí, para finalmente decidir la solución idónea y planificar la implementación.

2.3.1 Lluvia de ideas para soluciones

En conjunto con el personal de las líneas de galón y baldes, y el Jefe de Planta se realizó una lluvia de ideas respecto a las posibles soluciones para cada una de las causas raíces que afectan al problema, como se puede observar en la figura 2.14.



Figura 2.14 Lluvia de idea de soluciones

2.3.2 Descripción de soluciones propuestas

Con el fin de comprender mejor las soluciones planteadas, a continuación, se describen las mismas.

Reducir la carga de trabajo del asistente de mezcla

Modificar la carga de trabajo del Asistente de Mezcla, debido a que su actividad principal, que es movilizar las mezclas desde el área de mezcla hasta el Centro de tecnologías para el análisis de laboratorio, como se muestra en la Tabla 2.16, se ve postergada por demás actividades que se realizan lejos del área de mezclado, lo cual afecta directamente al tiempo de espera por mezcla en las líneas de galón y baldes.

Tabla 2.16 Descripción del puesto de Asistente de Mezcla

DESCRIPCIÓN DEL PUESTO			
Posición / cargo :	Asistente de Mezclado	El cargo reporta a :	Coordinador Producción Productos
Unidad :	PRODUCCIÓN	N° de reportes directos :	0
Área :	PRODUCCIÓN PRODUCTOS	N° de reportes totales :	0
Nivel :	6- ASISTENTES	Tipo de empleado :	FIJO
Parámetros de magnitud y alcance del cargo: Soporte operativo en proceso de mezclado, destinado a alcanzar metas establecidas por la organización y que demanda el mercado.			
PERFIL REQUERIDO PARA EL CARGO			
EDUCACION/FORMACION			
Estudios no indispensables, de preferencia bachiller técnico.			
Cursos de capacitación y actualización Operativa interna.			
COMPETENCIAS			
Experiencia previa de 3 años en cargos operativos similares			
Capacidad analítica			
Proactivo			
N°	% Tiempo	Detalle de Principales Funciones	
1	70%	Prepara las mezclas de lubricantes asegurando la correcta dosificación y calidad, haciendo un uso óptimo de la capacidad de los tanques de los tanques de mezcla y de los equipos de mezcla, evitando desperdicio de recursos, contaminación y derrames. Su gestión se realiza en el marco de los Sistemas de Gestión implementados, tales como ISO 9001, y sistemas de Excelencia Operacional, Medio Ambiente y Salud/Seguridad. Comunica por radio envío de muestra a Asistente de Llenado para oportuno tratamiento de muestra. <u>Abre válvula timón posterior a toma de muestra para control de calidad</u>	
2	20%	Reporta con exactitud los materiales usados en la Orden a fin de mantener correctos los registros de materiales en el sistema ERP y lotes de las materias prima. Responsabilidad incluye, llenado de registros, cumplimiento de controles operativos y procedimientos (Manejo de desechos y uso EPPs). Separar lo necesario de lo innecesario. Ordenar y mantener un adecuado housekeeping y limpieza de áreas a su control. Mantener equipos funcionando y operativos. Aprovechar recursos, maximizando eficiencia y mejora	
3	10%	Llena check list de mezclado, reportando nivel de limpieza de tanque, temperatura y tiempo de mezcla en ordenes de mezcla.	
	100%		
ANALISIS DE RIESGOS DEL PUESTO			
De acuerdo a Matriz de riesgos y JLAs de tareas a desempeñarse.			
Back Up: Operador IV			

Programar la producción de ítems de baja demanda en la planificación de OPM

La producción de bajo volumen de uno o varios productos puede afectar en el rendimiento de la línea de envasado, ya que cada cambio de producto incluye cambios

de formato y set up, que varían de 15 a 30 minutos. Por lo que, esta solución plantea incluir una planificación estratégica de estos ítems en la OPM.

Estandarización de las actividades de *set up*

El procedimiento de set up es realizado de forma empírica por los operadores, y varía de acuerdo a los ajustes de cada diseño de envase, por lo que el tiempo total depende de la experiencia del operador y el número de operadores que lo realizan en conjunto.

La propuesta consiste en diagramar el proceso, y definir un estándar de los pasos a seguir para realizar el procedimiento de set up.

Rediseño de la hoja de registro

El área de producción maneja un registro del tiempo de operación, para llevar un control de las actividades de producción y no producción que se llevan a cabo en las líneas de galón y baldes, así también el número de órdenes de producción realizadas en una jornada laboral; sin embargo, para llevar un verdadero control es necesaria la información adecuada, por lo que se propone modificar el formato actual para incluir la información requerida que permita reflejar la situación real del tiempo de operación y establecer las acciones idóneas.

Rediseñar las tapas de galones

A lo largo de la producción existen envases que están tapados incorrectamente y deben volver a pasar por la tapadora. Esta propuesta consiste en modificar el diseño existente de los lados laterales de las tapas de galones para que el rodillo de la tapadora cumpla su funcionalidad de manera eficiente, con el fin de reducir este tiempo de reproceso.

Automatización de las líneas tapadoras

La tolva de la tapadora se debe alimentar manualmente cada vez que se cumple cierta capacidad, lo que demanda tiempo y esfuerzo, además del tiempo de *set up* para cada cambio de producto, por lo que se propone alimentar de forma automática la tolva de la tapadora.

Otro punto que se plantea automatizar es la acción de girar la tapa para sellar el envase, ya que los rodillos se reemplazan quincenal y mensualmente dependiendo del tipo de material, y demandan tiempo y esfuerzo en el *set up*, realizando la calibración de acuerdo al diseño y grosor de cada tapa.

Definir personal fijo para todas las líneas de envasado

Existen 18 operadores dedicados a las líneas de envasado que rotan entre las líneas de galón, baldes, cuartos de galón y tambor. Sin embargo, hay operadores que tienen mayor experiencia y habilidad en una determinada línea, la cual tiene relación directa con el tiempo que el operador necesita para realizar las actividades de *set up* y producción. Por estas razones, se plantea definir operadores a cada línea de acuerdo a su destreza y habilidad.

Cambiar la política de la toma de inventario

La política de inventario actual consiste en asignar los 18 operadores de las líneas a las distintas bodegas, durante 1.5 días cada mes, con lo cual la producción se ve afectada en un aproximado de 600 barriles que se dejan de producir en este periodo. Con el fin de aprovechar de manera óptima la capacidad instalada se plantea modificar esta política, obteniendo horas hombre disponible para producción y definir líneas que puedan operar en este lapso de tiempo.

Rediseño del protocolo de pruebas del centro de Tecnologías

Una de las mayores causas de máquina inactiva es el tiempo que espera mientras el Centro de Tecnologías aprueba la mezcla, debido al tiempo que se requiere para analizar la mezcla de lubricante. Por lo que, se plantea redefinir el procedimiento de las pruebas de protocolo que se realizan, ya que existen pruebas que se reprocesan, generando un tiempo de espera mayor para aprobar la mezcla e iniciar el proceso de envasado.

2.3.3 Evaluación de soluciones propuestas

Se realizó un análisis económico para cada una de las soluciones propuestas, para evaluar el esfuerzo de implementación que demanda cada una de ellas, así como también el impacto que genera en las causas raíces, y por lo tanto en la problemática de este proyecto.

El objetivo fue analizar las soluciones que generan mayor impacto positivo al problema en estudio, y definir un plan de implementación para la situación actual.

El esfuerzo requerido para cada una de las soluciones se mide en base a la disponibilidad de recursos y el costo estimado en que se incurriría para llevar a cabo dicha solución.

Tal como se muestra en la Tabla 2.17.

Tabla 2.17 Matriz de costos de las soluciones

N°	Solución	Número de Personas a cargo	Días de implementación	Horas Hombre	Costo de personal	Costo de Equipos	Otros Costos	Total
1	Reducir la carga de trabajo del asistente de mezcla	3	3	72	\$ 1,188.00	\$ -	\$ -	\$ 1,188.00
2	Programar la producción de items de baja demanda en la planificación de OPM	4	10	320	\$ 5,280.00	\$ -	\$ -	\$ 5,280.00
3	Estandarización de las actividades de set up	3	15	360	\$ 5,940.00	\$ 50.00	\$ 300.00	\$ 6,290.00
4	Rediseño de la hoja de registro	4	2	64	\$ 1,056.00	\$ -	\$ -	\$ 1,056.00
5	Rediseñar las tapas de los galones	3	20	480	\$ 7,929.00	\$ -	\$ 1,500.00	\$ 9,420.00
6	Automatización de las líneas tapadoras	4	87	2784	\$ 45,936.00	\$ 20,000.00	\$ 4,000.00	\$ 69,936.00
7	Definir personal fijo para todas las líneas	5	10	400	\$ 6,600.00	\$ -	\$ -	\$ 6,600.00
8	Cambiar la política de toma de inventario	6	10	480	\$ 7,920.00	\$ -	\$ -	\$ 7,920.00
9	Rediseño del protocolo de pruebas	5	7	280	\$ 4,620.00	\$ -	\$ -	\$ 4,620.00

Se definió un puntaje de esfuerzo para cada rango del total de costos, quedando expresado como se muestra en la Tabla 2.18.

Tabla 2.18 Ponderación del esfuerzo

N° Solución	Costo total	Recursos disponibles	Esfuerzo
4	\$ 1,584.00	1	10
1	\$ 5,280.00	3	30
2	\$ 5,280.00	3	30
8	\$ 5,280.00	3	30
3	\$ 5,630.00	9	40
7	\$ 6,600.00	6	90
9	\$ 6,600.00	3	40
5	\$ 9,420.00	6	60
6	\$69,936.00	9	90

El factor impacto se definió en base al número de causas que se afectan directamente de una forma positiva, para cada solución, de la manera que se muestra en la Tabla 2.20.

Tabla 2.19 Ponderación del Impacto

N° solución	N° Causas	Impacto (HH)	Factor Impacto
1	3	1	20
2	2	3	30
3	2	3	30
4	1	1	30
5	2	6	70
6	1	9	90
7	2	3	30
8	1	6	60
9	2	9	90

2.3.4 Matriz impacto esfuerzo

Como resultado de la evaluación de las soluciones propuestas y el análisis del impacto y esfuerzo para cada una, se seleccionaron aquellas que generarán un mayor impacto al menor esfuerzo, tal como se muestra en la Figura 2.15.

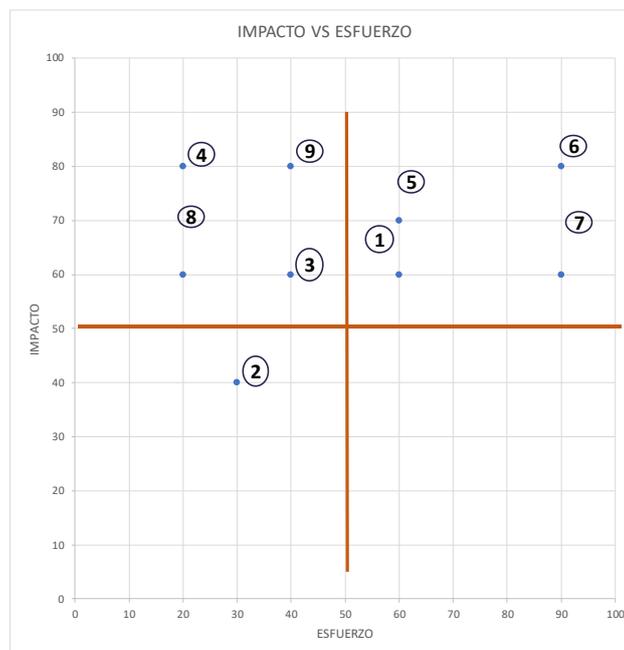


Figura 2.15 Matriz impacto esfuerzo de las soluciones propuestas

Y con de esta información se seleccionaron cuatro soluciones que se detallan a continuación:

1. Estandarizar los tiempos de set up
2. Rediseñar la hoja de registros de tiempos de operación.
3. Cambiar la política de la toma de inventario
4. Rediseño del protocolo de pruebas del Centro de Tecnologías

2.4 Plan de Implementación

A partir de las soluciones seleccionadas, y considerando las limitaciones de recursos y tiempo en el desarrollo del proyecto; se realizó la planificación que se muestra en la Tabla 2.21, para llevar a cabo la implementación de estas soluciones a fin de cumplir con el objetivo establecido.

Tabla 2.20 Plan de Implementación de las soluciones

N°	Solución	Por qué implementarlo	Como implementarlo	Dónde	Cuando	Quién
1	Estandarización de las actividades del set up	Existe mucha variación en los tiempos de preparación (set up) de acuerdo con las diferentes actividades que realizan los trabajadores porque no existe un proceso estándar.	Realizar el mapeo del proceso y estandarizar las actividades.	Planta de Producción	ene-19	Carlos Jalca, Andrea Barros, Jefe de Producción
2	Rediseñar la hoja de registro del tiempo de operación	Hacer uso eficiente de la información proporcionada por el proceso.	Reuniones con las personas interesadas para revisar las hojas y cambiarlas.	Planta de Producción	ene-19	Carlos Jalca, Andrea Barros, Jefe de Producción
3	Cambiar la política de toma de inventario.	Existe la sospecha de que hay actividades innecesarias que pueden ser eliminadas	Reuniones y mapeo de procesos con las personas interesadas para buscar mejoras en el proceso.	Planta de Producción	ene-19	Carlos Jalca, Andrea Barros, Jefe de Producción
4	Rediseñar el protocolo de pruebas del Centro de Tecnologías	Hay mucho tiempo perdido en el proceso de espera para la combinación de las pruebas de calidad	Reuniones con las personas interesadas para verificar el proceso y cambiarlo o buscar mejoras.	Centro de Tecnología	ene-19	Carlos Jalca, Andrea Barros, Jefe de Producción, Analista de calidad

2.4.1 Estandarizar los tiempos de set up

En la situación actual de la empresa, las actividades del tiempo de preparación de la línea de galones, que incluye una máquina llenadora, tapadora, codificadora, y selladora

de cajas toma en promedio 17.34 minutos, aunque es necesario recalcar que este tiempo podría extenderse en base a la experiencia y habilidad del operador. Por otro lado, el procedimiento a seguir para realizar el set up de la línea no se ha definido, por lo que no existe una secuencia estándar como guía para los operadores. Por las razones expresadas, se propone estandarizar las actividades del set up.

El primer punto que se desarrolló fue el del orden en el área de trabajo que se encontraba como se muestra en la Figura 2.16, implementando la metodología 5S, para disponer de las herramientas de trabajo rápidamente y mantener el puesto como se muestra en la Figura 2.17.



Figura 2.16 Espacio de trabajo antes de la metodología 5s



Figura 2.17 Espacio de trabajo después de la metodología 5s

Como segundo punto, se levantó un procedimiento para los pasos del set up que se muestra en la Figura 2.18, en donde se definieron los pasos a seguir para la preparación de la línea de galón, con el objetivo de reducir el tiempo que la máquina está inactiva mientras se realizan los ajustes o calibraciones antes de producir y al cambiar de un producto a otro; así como también el drenado que se realiza al terminar cada orden de producción.

DRENADO			
#	Actividad	Tipo de actividad	Tiempo estimado
NODO 1 - LLENADORA			
1	Regular las guías del transportadores acorde a dimensiones del envase X3		
Nodo 2.- Llenadora			
2	Regular estrella de alimentación de envases, tanto distancia de estrella como los pines, acorde a dimensión de envase.		
2.1	Para envases swissoil aflojar, 6 pin plateados en el se encuentran 6 prisioneros aflojarlos con una llave L		
2.2	Calibrar el largo de la estrella con el envase swissoil.		
Nodo 3.- Tapadora			
3	Vaciar el alimentador de tapas y tapadora del anterior formato de tapa.		
4	Llenar reservorio de alimentador de tapas con tapas a usarse en llenado.		
	Ajustar apertura de plato del dispensador de tapas al ancho de la tapa.		
5	De ser necesario se cambia brazo, guía y boquilla del dispensador de tapas.		
6	Se coloca boquilla del brazo dispensador.		



Figura 2.18 Manual de procedimientos del set up de galón

2.4.2 Rediseñar de la hoja de registros de tiempos de operación

El formato que actualmente maneja la empresa para el registro de las actividades que se realizan dentro del tiempo de operación, detalla el número y cantidad de unidades producidas mientras está activa, y el detalle de las causas de parada de la máquina. Sin embargo, algunas de estas causas son ambiguas, lo que podría resultar en información confusa más que útil.

El objetivo principal de este registro que se muestra en la Tabla 2.22 y Tabla 2.23, es mantener un control de los datos reales, que incluya las causas de mayor frecuencia y prioridad sobre aquellas que son poco comunes. Como parte de los objetivos, se incluye obtener datos para realizar los cálculos del indicador OEE a través de este registro, entre

estos se incluye: datos de calidad, datos de disponibilidad de la máquina y datos del rendimiento operativo.

Tabla 2.21 Registro de tiempo de operación anterior

REGISTRO DE TIEMPO DE OPERACIÓN												
Planta Guayaquil										LINEA		
										Código:	RP-001	
										Edición:	1	
Operador:					Hora inicio:							
Supervisor:					Hora fin:							
I. DESCRIPCIÓN DE REPORTE												
FECHA (DDMMAA)	LINEA	MARCA	Jornada Regular			Jornada extra		UNIDADES PRODUCCIDAS (SOLO EVENTO 1)	ORDEN DE ENVASADO	EVENTO	EVENTO DESCRIPCIÓN	DETALLE
			Hora Inicio	Hora Fin	Tiempo real	Hora Inicio	Hora Fin					
07-nov	LITROS	TEXACO	7:30	7:55	0:25				X	19	Reunión	
07-nov	LITROS	TEXACO	7:55	10:20	2:25			560	156515	1	Producción	
07-nov	LITROS	TEXACO	10:20	10:30	0:10				X	21	Otros eventos (detalle)	Break
07-nov	LITROS	TEXACO	10:30	11:00	0:30			140	156515	1	Producción	
07-nov	LITROS	TEXACO	11:00	11:30	0:30				156555	17	SET-UP	
07-nov	LITROS	TEXACO	11:30	12:00	0:30			70	156555	1	Producción	

Tabla 2.22 Detalle de las causas de paras en la producción

CAUSAS DE PARADA	
1	Producción
2	Falla llenadora
3	Falla cerradora tapas
4	Falla quemador foil
5	Falla cerradora cajas
6	Abastecimiento de producto
7	Daño montacarga
8	Abastecimiento de envases
9	Falla paletizadora cajas
10	Falta de personal
11	Falta de Energía
12	Accidentes
13	Derrame
14	Falla en codificadora
15	Falla quemador Capuchones
16	Saneos o reproceso
17	SET-UP
18	Almuerzo
19	Reunión
20	Maquina inactiva/sin trabajo
21	Otros eventos (detalle)

El formato propuesto se enfoca en ser claro y conciso para el operador. En cuanto al detalle de las paradas de la máquina, se consideran las causas de mayor prioridad y se define un estándar general para todas las líneas de envasado, dicha bitácora se muestra en la Tabla 2.23 y Tabla 2.24.

envasado, lo cual representa aproximadamente 600 barriles en presentaciones de galones y baldes que dejan de ser producidos en ese período del mes.

Se coordinaron varias reuniones con el cliente para realizar un seguimiento del proceso de toma de inventario, y en conjunto se determinó que el proceso puede llevarse a cabo con 4 personas menos, lo cual permite disponer de estas personas en el proceso de envasado en las líneas de galones y baldes.

La propuesta de la política de la toma de inventario se detalla a continuación:

1. Producir durante la tarde del primer día de inventario, y el segundo día del inventario los 4 productos de mayor prioridad.
2. Adecuar una bodega física con secciones para materia prima (MP), bultos y producto terminado (PT), en la cual se realicen las transferencias físicas de los materiales y bultos a utilizar en la producción del período de 1.5 días
3. El inventario de 4 tanques de PT de los productos detallados en el punto 1, se tomarán en el momento en que el área de producción termine de bombear producto hacia los tanques mezcladores para el llenado. Se estima realizarlo máximo a las 14:00 horas del segundo día de inventario.
4. Todo el material de la bodega de tránsito, detallada en el punto 2, ya sea materia prima o producto terminado debe quedarse en la planta "Lubricantes" hasta el primer día laborable del siguiente mes.

Es necesario recalcar que la disminución del personal destinado a la actividad de la toma de inventario no afecta en la eficacia ni disminuye las actividades que constituyen este proceso. La propuesta descrita anteriormente, se enfocó en eliminar el reproceso del conteo de barriles, actividad realizada por los operadores. Además de reasignar actividades sencillas de soporte para el proceso. De manera que, se utilizaron los recursos disponibles para aprovechar de una manera eficiente la capacidad instalada con la que cuenta la planta de envasado actualmente. El resultado se proyecta a 600 barriles adicionales al mes.

2.4.4 Rediseño del protocolo de pruebas

A través del análisis que se realizó en el proceso de envasado y todas las actividades que afectan el proceso de forma directa e indirecta, se determinó que una de las causas raíces que genera mayor impacto negativo en la producción de las líneas de galones y

baldes es el tiempo de espera por la aprobación de la mezcla, materia prima que alimenta el proceso de envasado. Es por esto que esta solución propone reducir el tiempo que esperan las líneas de galones y baldes debido a la aprobación del Centro de Tecnologías. Examinaremos brevemente el Centro de Tecnologías, ya que es el área encargada de realizar las pruebas químicas de la mezcla de lubricante y demás productos producidos en la empresa. Las pruebas realizadas en el laboratorio son de vital importancia, ya que definen la calidad de cada producto y deben cumplir las normas establecidas, además establecen el nivel de competitividad de los procedimientos de la empresa. Sin embargo, el tiempo que conlleva el análisis de cada mezcla al realizar el análisis químico de rutina es de 45 minutos en promedio.

En contraste con el cumplimiento de las especificaciones del producto, existen pruebas de rutina, que no afectan la calidad, tales como: punto de ebullición, uso de spectroil, pH, presión y pour point, etc. La solución propuesta consiste en establecer estas pruebas de rutina únicamente en los productos que así lo requieren, con el objetivo de disminuir el tiempo de análisis de la mezcla que se refleja en el tiempo que la línea permanece en espera.

Tabla 2.25 Pruebas de rutina eliminadas

<u>PRE-APROBATORIO</u>	
Adivitos Combustible	Sin Pour Point
Refrigerantes Swissoil	Sin punto de ebullición
Motor CVX, SO, MO	Uso de spectroil
Agua	Con Ph y presión
Turbina , Hidráulico	Sin Emulsión
Automatic Transmisión Fluid	Sin Espuma

La Tabla 2.25 detalla las pruebas eliminadas para cada tipo de producto, con lo cual se disminuye el tiempo que le toma a cada Analista del Centro de Tecnologías examinar cada mezcla de lubricante.

En conjunto con la solución descrita en el párrafo anterior, y el objetivo de disminuir el tiempo de espera de la línea, se propone una segunda acción, que consiste en asignar horario rotativo a 1 analista del Centro de Tecnologías, para que termine la jornada 1 hora más tarde de lo regular, quedando así este tiempo disponible para el análisis de las

últimas mezclas de lubricante del día, lo que permite iniciar el proceso de envasado sin retraso al día siguiente.

2.5 Control

La implementación de las soluciones propuestas para aumentar la productividad constituye el primer paso del cambio en la planta de producción, específicamente en las líneas de galones y baldes, sin embargo, para que el impacto de estas mejoras perdure a lo largo del tiempo es necesario un plan para controlar las acciones definidas en cada una de estas soluciones. En la Tabla 2.26 se expresa a continuación el detalle de la planificación.

Tabla 2.26 Plan de Control de las soluciones

Causas	Qué	Por qué	Cómo	Dónde	Cuando	Quién
Actualmente la empresa no controla los tiempos de configuración en las líneas.	Establecer tiempos en las líneas de galones y cubos.	Si no está en el límite, se puede perder tiempo en la planificación de la producción.	Control visual y seguimiento de la bitácora de tiempos de operación.	Oficina de producción	Diario	Jefe de Producción, Jefe de mantenimiento
Actualmente la empresa no controla el tiempo de respuesta del Centro de Tecnologías.	Tiempo de respuesta de aprobación del centro tecnológico.	Si no está en el límite, se puede perder tiempo en la planificación de la producción.	Control y seguimiento del registro de recepción del producto.	Centro de Tecnología/ Oficina de producción	Diario	Jefe de Producción, Analista de Calidad

2.5.1 Entrenamiento al operador

La primera de las propuestas de control es la constante capacitación de los operadores. Se definen las actividades del procedimiento del set up, las cuales son socializadas con los operadores de las líneas, por el jefe de Producción, como se muestra en la Figura 2.19.



Figura 2.19 Entrenamiento del operador

2.5.2 Manual de procedimiento de set up

El Manual de procedimientos de set up es una herramienta soporte para el operador y estandarizar el tiempo de preparación, calibración o ajustes que deben realizarse en la línea, antes y después del tiempo productivo de esta línea.

2.5.3 Listado de las pruebas de aprobación previa

El listado de las pruebas de pre aprobación que se realizarán que se muestra en la tabla 2.27, define los lineamientos a seguir para optimizar el tiempo dedicado al análisis de la mezcla de lubricantes en el laboratorio del Centro de Tecnologías.

Tabla 2.27 Detalle de las pruebas de aprobación previa

LISTADO DE LAS PRUEBAS DE APROBACIÓN PREVIA		
#	Producto	PRE- APROBATORIO
1	Aditivos Combustibles	Sin Pour point
2	Refrigerantes Swissoil	Sin punto de ebullición
3	Motor CVX, SO, MO	Uso de spectroil
4	Agua	con PH y presión
5	Turbina, Hidráulico	sin Emulsión
6	Automática transmisión Fluid	sin Espuma

2.5.4 Registro de Recepción de producto

El tiempo que el Centro de Tecnologías toma en realizar las pruebas de laboratorio de la mezcla, ha sido objeto de estudio en una de las soluciones implementadas, sin embargo, para poder llevar un control de estos tiempos y verificar la disminución de estos, se plantea el registro de recepción de la mezcla de lubricante mostrado en la Tabla 2.28, el cual permite conocer el tiempo total que el producto permanece en el Centro de Tecnologías.

Tabla 2.28 Registro de Recepción de producto

REGISTRO DE RECEPCIÓN DE PRODUCTO		
FECHA	BATCH	HORA DE ENTRADA
8/1/2019	157912	8:18 a. m.

2.5.5 Bitácora de tiempos de operación

El formato de los registros actualizado, resultado de una de las soluciones propuestas, se utilizará para el control de la información del tiempo de producción, y a su vez, poder reflejar en datos confiables la situación real y tomar acciones de ser necesario.

CAPÍTULO 3

3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

A partir de la implementación de la reducción del tiempo del *set up*, y el tiempo de respuesta del centro de tecnologías, se logró a su vez, reducir el tiempo que no agrega valor en el proceso de envasado, tal como se muestra en la Figura 3.1 para el lead time de la línea de galones y en la Figura 3.2 para el lead time de la línea de baldes.

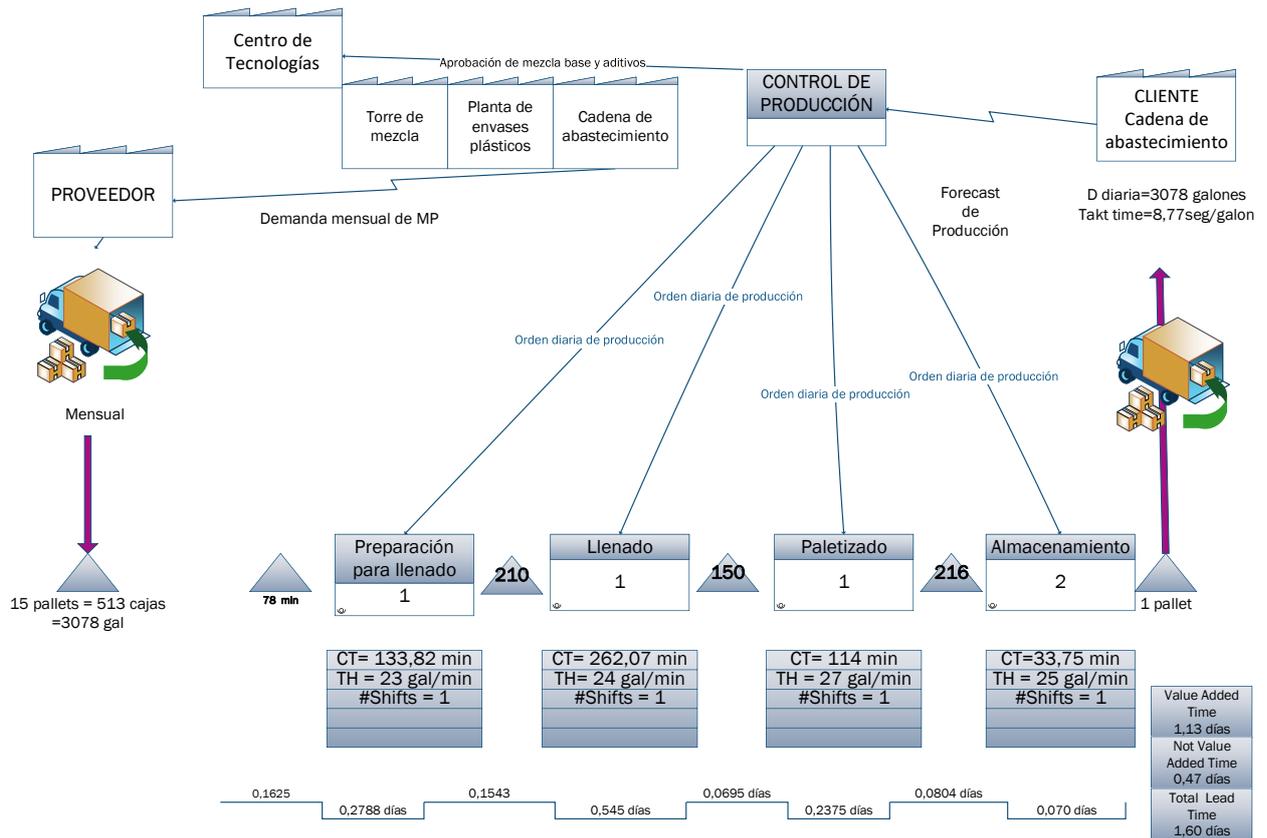


Figura 3.1 Mapa de la cadena de valor de la línea de galones con tiempos mejorados

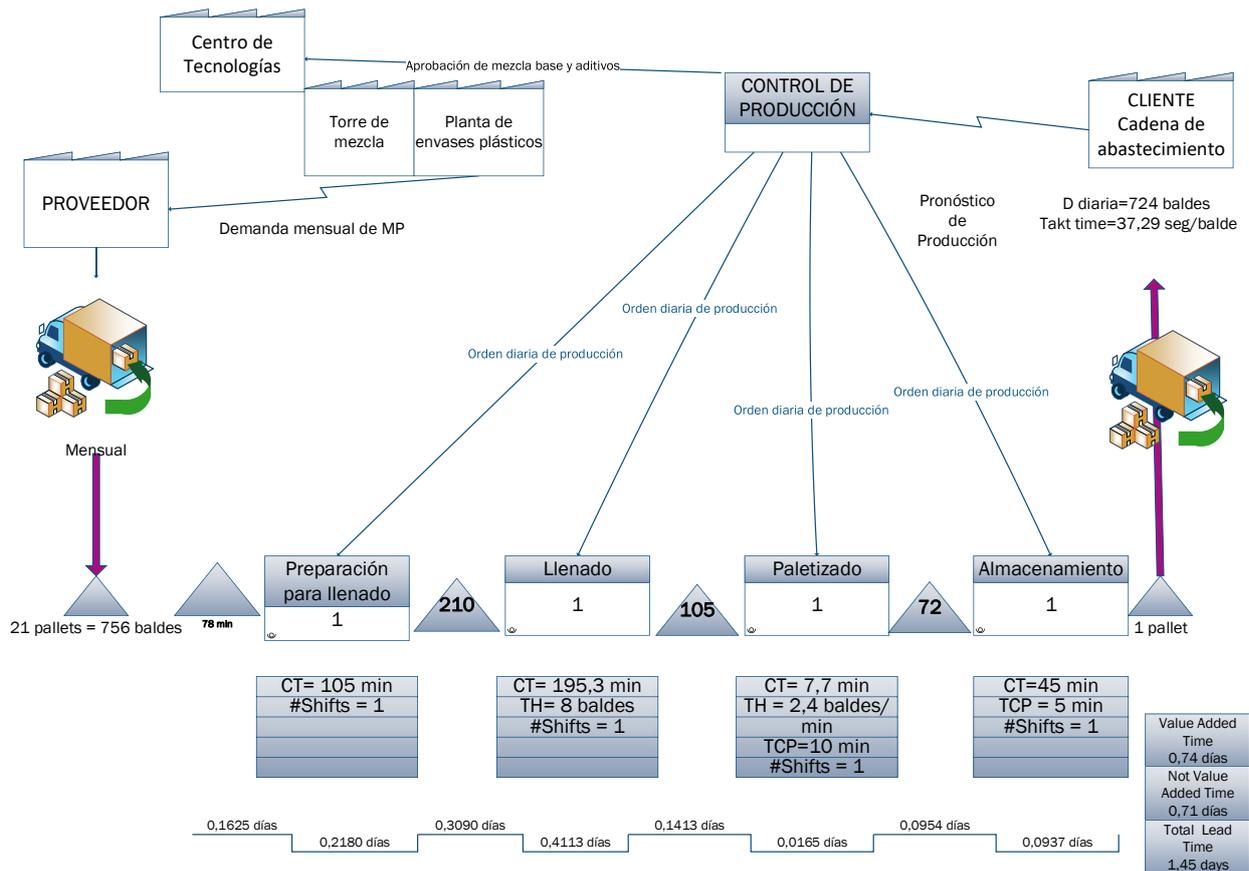


Figura 3.2 Mapa de la cadena de valor de la línea de baldes con tiempos mejorados

Por consiguiente, se logró incrementar el tiempo disponible para producción de las líneas, obteniendo 551,76 galones y 130,64 baldes cada día de producción. El impacto que se logró a través de las mejoras implementadas se muestra en la Tabla 3.1

Tabla 3.1 Beneficio diario de la reducción de tiempos de espera

Tiempo de espera		Pérdida/día	Beneficio/día
Antes	133.2 min	905.76 galones	551.76 galones 130.64 baldes
		214.46 baldes	
Después	52.06 min	354 galones	
		84 baldes	

Así también se muestra en la Tabla 3.2 el resultado del porcentaje de tiempos que agregan valor y del porcentaje de tiempos que no agregan valor al proceso de envasado de galones y baldes.

Tabla 3.2 Porcentaje de tiempos de entrega mejorados

	GALONES	BALDES
%VA	71%	51%
%NVA	29%	48%
Lead Time	1.60 días	1.45 días

Existió una restricción de tiempo para la medición del impacto que tuvieron las soluciones implementadas sobre la variable de respuesta del presente proyecto puesto que la misma solo es medida una vez al mes, por lo tanto, para obtener información de la variable de respuesta se utilizó el software *Flexsim* en donde se simuló el proceso que siguen las líneas de envasado de galones y baldes, como se muestra en la Figura 3.3 , de tal manera que se pueda determinar si existe diferencia significativa en la productividad del proceso de envasado.

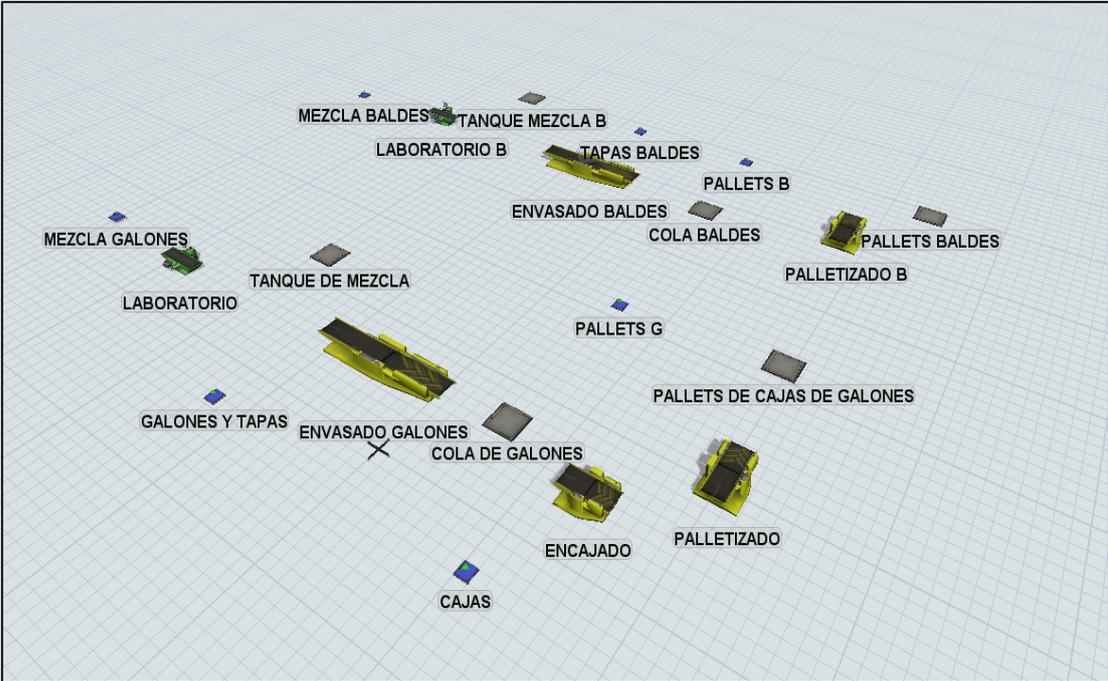


Figura 3.3 Simulación del proceso de envasado de las líneas de galones y baldes

Inicialmente se simuló el proceso sin las soluciones implementadas, en donde los tiempos de los procesos, paradas de las máquinas, tiempos de preparación y esperas por mezcla, fueron simulados obteniendo distribuciones estadísticas a través de pruebas que se realizaron con datos que fueron obtenidos durante las fases de medición y análisis, tal como se muestra en el Anexo B.

Una vez que se alimentó el modelo con toda la información se procedió a obtener los resultados que se muestran en la Tabla 3.3.

Tabla 3.3 Resultado de la simulación del estado actual

Simulación sin mejoras	
Media Barrilaje	1,695.91
Desviación Estándar	101.50

Con estos resultados y con los datos reales de la producción de las líneas se plantearon las siguientes hipótesis.

H_0 : La media de barriles producidos en las líneas de galones y baldes es igual a 1653.60.

H_1 : La media de barriles producidos en las líneas de galones y baldes es distinta a 1653.60.

Con estas hipótesis se procedió a realizar una prueba estadística *t de student* de tal manera que se pueda determinar si el modelo es válido o no, para lo cual se obtuvieron los resultados mostrados en la Figura 3.4 con ayuda del software Minitab 18, en donde se puede apreciar que se obtuvo un valor p de 0.053, valor con el que no se rechaza la hipótesis nula, por lo que se puede concluir con un 95% que existe suficiente evidencia estadística para decir que el modelo es válido.

T de una muestra					
Estadísticas descriptivas					
N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media	IC de 95% para μ	
24	1695,9	101,5	20,7	(1653,0; 1738,7)	
μ : media de Muestra					
Prueba					
Hipótesis nula		$H_0: \mu = 1653,6$			
Hipótesis alterna		$H_1: \mu \neq 1653,6$			
Valor T	Valor p				
2,04	0,053				

Figura 3.4 T de student del número promedio de barriles de las línea de galones y baldes

Una vez que se validó el modelo, se procedió a realizar los respectivos cambios para que se puedan apreciar las soluciones implementadas. Para esto, se obtuvieron nuevas distribuciones estadísticas que se muestran en el Anexo C con los datos reales de los nuevos tiempos de set up y del tiempo de respuesta del centro de Tecnologías por mezcla, y se reemplazó esta información dentro de la simulación, mientras que, para la solución que comprende cambiar la política de la toma física de inventario, se añadió un día a cada iteración de la simulación, obteniendo el resumen de datos que se muestra en la Tabla 3.4.

Tabla 3.4 Resultado de la simulación con mejoras

Simulación con mejoras	
Media Barrilaje	3,166.95
Desviación Estándar	35.53

Luego de obtener los datos de la simulación se procedió a obtener los valores de productividad para cada mes de simulación, para lo cual se obtuvo el resumen de datos mostrado en la Tabla 3.5.

Tabla 3.5 Datos de productividad con mejoras

Productividad con mejoras	
Media productividad	4,51
Desviación Estándar	0,54

Bajo estos resultados fue necesario realizar un análisis estadístico de tal manera que se pueda comprobar que existe diferencia significativa entre los valores de productividad sin mejoras y los valores de productividad con las mejoras implementadas, para lo cual se plantearon las siguientes hipótesis.

H_0 : La media de la productividad sin mejoras es igual a la media de la productividad con mejoras

H_1 : La media de la productividad con mejoras es mayor a la media de la productividad sin mejoras.

Bajo estas hipótesis se hizo un contraste en donde se obtuvieron los resultados mostrados en la Figura 3.5 con la ayuda del software Minitab 18.

Prueba		
Hipótesis nula	$H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$	
Hipótesis alterna	$H_1: \mu_1 - \mu_2 < 0$	
Valor T	GL	Valor p
-7,60	39	0,000

Figura 3.5 Hipótesis nula de la productividad promedio

Con estos resultados se puede observar que se tuvo un valor $p=0.000$, valor bajo el cual se rechaza la hipótesis nula y se puede afirmar que existe suficiente evidencia estadística para decir con un 95% de confianza que la media de la productividad con mejoras es mayor a la media de la productividad sin mejoras.

Con los resultados obtenidos de la productividad con la implementación de las mejoras planteadas se procedió a realizar la gráfica de caja mostrada en la Figura 3.6 con la ayuda del software Minitab 18 en donde se aprecia que la media de la productividad sin mejoras era de 3,19 mientras que la media de la productividad con las mejoras implementadas es de 4,51, valor superior a 4,33, cuyo valor es el planteado como objetivo del presente proyecto, pudiendo afirmar así que la meta del mismo fue alcanzada.

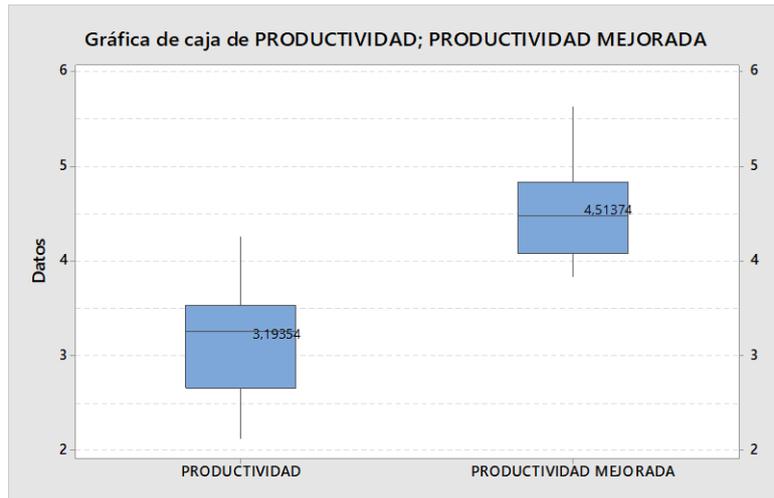


Figura 3.6 Diagrama de Cajas de la Productividad

De igual manera se procedió a realizar la serie de tiempos mostrada en la Figura 3.7 en donde se muestran los datos de productividad a través del tiempo, tanto los valores sin mejoras como los valores con las mejoras implementadas, también se muestra la media de la productividad sin mejoras y la media de la productividad con mejoras, así mismo como se muestra la recta que representa la media de la productividad meta del proyecto.

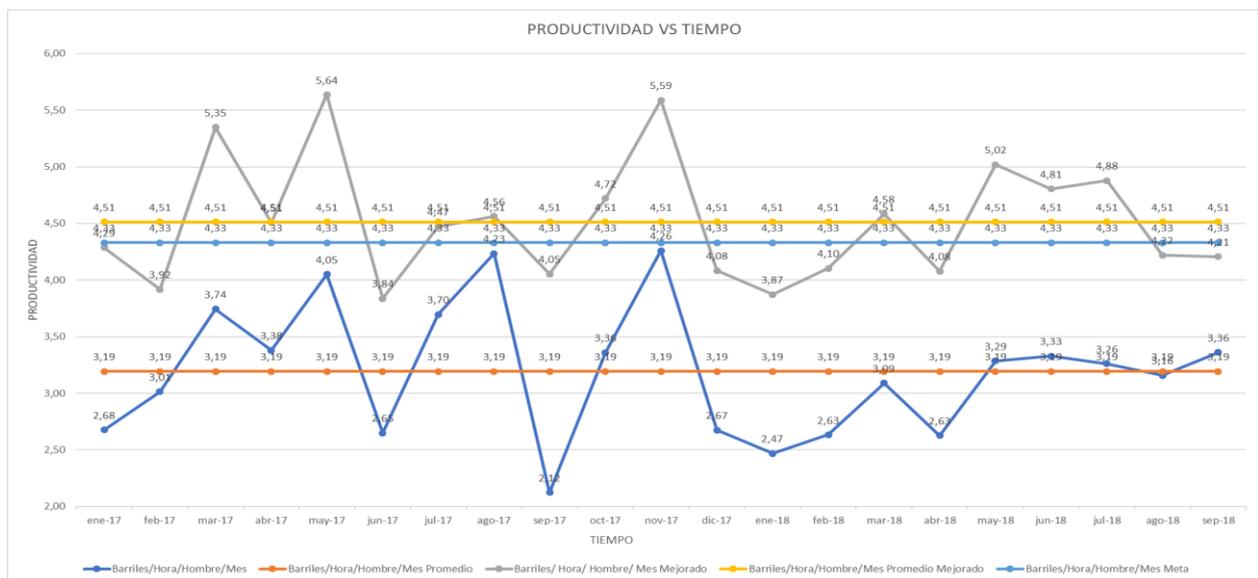


Figura 3.7 Serie de tiempos de la productividad

Parte de los intereses de la empresa y de este proyecto es obtener los beneficios económicos que se obtienen con las mejoras implementadas para las líneas de envasado galones y baldes; por lo tanto, se realizó un análisis financiero de tal manera que se puedan estimar las ganancias monetarias que traerán las mejoras anteriormente explicadas.

Con la información que se mostró en la simulación se tuvo un ahorro de 102.60 horas hombre sobre la producción mensual, lo que significa un ahorro estimado mensual de \$852.00 para la compañía. Además, se sabe por la simulación que se envasan adicionalmente 1,972.55 barriles por mes en las líneas de galones y baldes, lo que implicaría una utilidad promedio extra de \$11,095.59 mensuales. De igual manera se estimaron los costos asociados a cada una de las soluciones implementadas tal como se muestra en la Tabla 3.6, Costos de Soluciones Implementadas, teniendo que el costo total de las soluciones implementadas fue de \$19,886.00.

Tabla 3.6 Matriz de costos de las soluciones implementadas

N°	Solución	Número de Personas a cargo	Días de implementación	Horas Hombre	Costo de personal	Costo de Equipos	Otros Costos	Total
3	Estandarización de las actividades de set up	3	15	360	\$ 5,940.00	\$ 50.00	\$ 300.00	\$ 6,290.00
4	Rediseño de la hoja de registro	4	2	64	\$ 1,056.00	\$ -	\$ -	\$ 1,056.00
8	Cambiar la política de toma de inventario	6	10	480	\$ 7,920.00	\$ -	\$ -	\$ 7,920.00
9	Rediseño del protocolo de pruebas	5	7	280	\$ 4,620.00	\$ -	\$ -	\$ 4,620.00
							Total	\$ 19,886.00

Se calcularon los costos esperados para la comercialización de los barriles extras que se obtuvieron de obtener tiempo disponible para la producción de las líneas de galones y baldes, además del ahorro económico por las horas extras que se lograron reducir, así también el costo de mano de obra, en el que se incurre por las horas hombres destinadas a la realización de las implementaciones.

CAPÍTULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- A partir de la simulación y con las mejoras implementadas, se espera que la productividad aumente de 3.19 a 4.51 barriles / hora hombre, alcanzando de esa manera el objetivo del proyecto.
- Se espera que los barriles envasados, con la simulación y las mejoras implementadas pasen de un promedio de 10,691 barriles/ mes a 12,664 barriles/ mes, lo que significa un beneficio promedio de \$ 143,371 por año
- De acuerdo con los resultados de la simulación, el número de horas extra se redujo a 0, lo que genera un ahorro monetario promedio de \$ 10,224 por año.
- El tiempo que no agrega valor se redujo un 6% para la línea de galones y un 7% para la línea de baldes.
- El OEE se calculó de acuerdo con los requerimientos del cliente, teniendo un O.E.E. promedio del 53% para la línea de galones y del 44% para la línea de baldes.

4.2 Recomendaciones

- Se recomienda tener control sobre la productividad, los tiempos de configuración y los tiempos de respuesta del centro de tecnología para que las causas del problema propuesto en este proyecto no vuelvan a ocurrir y de esa manera no perder tiempo de producción.
- Se recomienda hacer más análisis a futuro con el fin de hacer más mejoras en el OEE puesto que se evidenciaron muchas falencias y oportunidades de mejora en dicho indicador.
- Se recomienda verificar las herramientas de planificación para tener un mejor control de la producción en la fábrica.

BIBLIOGRAFÍA

- Benítez, J. (2016). El cliente tiene para decidir entre 43 marcas de lubricantes. *Líderes*.
- Díaz, S. (18 de julio de 2016). (R. Líderes, Entrevistador)
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. (2010). *Encuesta Anual de Manufactura y Minería-Análisis de materias primas y productos*. Guayaquil: INEC.
- Naveda, V. (18 de julio de 2016). La producción de lubricantes subió 12%. (R. Líderes, Entrevistador)
- Pande, P., Neuman, R., & Cavanagh, R. (2001). *Las claves prácticas de seis sigma*. Madrid: McGraw Hill.
- Pérez, E., & García, M. (21 de Octubre de 2014). Implementación de la metodología DMAIC en el envasado de licores en Fanal. Tecnología en marcha.
- Sanz Tejedor, A. (Diciembre de 2018). *Escuela de Ingenierías industriales*. Obtenido de <https://www.eii.uva.es/organica/qoi/tema-13.php>

ANEXOS

ANEXO A: 5 POR QUE, CAUSAS RAICES

<i>¿Por qué hay largos tiempos de espera por mezcla?</i>	<i>¿Por qué laboratorio se demora mucho en aprobar las mezclas?</i>	<i>¿Por qué laboratorio pide una segunda muestra?</i>	<i>¿Por qué las muestras no cumplen con las especificaciones?</i>	<i>¿Por qué hay errores al seguir los procedimientos de mezcla?</i>
Laboratorio demora mucho tiempo en aprobar las mezclas	Laboratorio pide una segunda muestra	Las muestras no cumplen las especificaciones	Errores al seguir los procedimientos de mezcla	Sobrecarga de trabajo del operador de mezcla
				No se sigue un procedimiento en todos los tipos de mezcla
	Acumulación de mezclas que llegan juntas	<i>¿Por qué hay acumulación de muestras?</i>	<i>¿Por qué el elevador a veces no es revisado?</i>	
		Las muestras son enviadas por un elevador que a veces no es revisado	El asistente de mezclado tiene muchas actividades lejos del elevador donde son puestas las muestras	

<i>¿Por qué hay largos tiempos de set up?</i>	<i>¿Por qué la calibración cambia por todos los modelos de envases?</i>
La calibración cambia de acuerdo a todos los modelos de envases	Hay muchos modelos de envases
Hay mucha variación en los tiempos de set up	<i>¿Por qué hay mucha variación en los tiempos de set up?</i>
	No se sigue un procedimiento para realizar los set up's

<i>¿Por qué hay cambios frecuentes en las velocidades de las máquinas?</i>	<i>¿Por qué hay derrames durante el llenado?</i>	<i>¿Por qué hay mucha variación en las temperaturas?</i>	<i>¿Por qué hay errores al definir las temperaturas?</i>
Derrame de mezcla durante el envasado	Hay variaciones en las especificaciones de temperatura de las mezclas	Errores humanos al definir la temperatura de las mezclas	Sobre carga de trabajo del operador de mezcla
Falta de habilidad del operador que pone los envases en cajas	<i>¿Por qué hay falta de habilidad del operador?</i>		
	Alta rotación de los operadores entre las líneas		
Falla de la máquina tapadora	<i>¿Por qué hay fallas en la máquina tapadora?</i>	<i>¿Por qué hay desgaste frecuente de los rodillos?</i>	
	Desgaste frecuente de los rodillos de cerrado	Material inapropiado de los rodillos de cerrado	

ANEXO B: DISTRIBUCIONES ESTADÍSTICAS DE LOS TIEMPOS ANTIGUOS DE LA LÍNEA DE GALONES Y BALDES

Paros galones	Set up antiguo/ Galones	Up time galones	Primer falla galones	Laboratorio Antiguo
beta(0.061918, 10.861036, 2.520322, 1.816422)	weibull(13.988066, 3.745523, 1.516982)	johnsonbounded(4.503989, 196.548819, 0.936071, 2.432004)	johnsonbounded(5.817089, 221.161401, 1.215891, 0.552133)	johnsonbounded(48.886752, 120.026738, 0.029910, 0.535287)
6	15.66	60	70	70
8	15.78	90	120	90
4.3	25	78	18.6	80
8.6	17.66	50	15	75
10.1	16.33	90	15	50
5.3	18	60	6.4	75
6.4	15	78	78	107
2.3	18.33	94	17.44	76
6.8	17.5	124	13.9	104
8.9	19	90	7.54	68
7.54	17.44	80	80	102
1.8	15	80	61	110
9.6	19.6	90	41	82
5.3	15.66	70	180	55
4.8	17.66	110	18.3	53

Paros Baldes	Set up antiguo/ Baldes	Up time baldes	Primera falla baldes
randomwalk(31.182446, 0.014251, 0.049631)	beta(13.489768, 22.318732, 2.692502, 2.950393)	beta(77.113595, 130.820281, 1.118859, 0.594919)	erlang(47.850415, 15.026052, 3.000000)
120	18.6	120	70
120	14.5	90	70
60	15.88	110	120
90	16.3	120	90
90	19.4	90	120
120	21.3	80	90
180	17.6	130	80
180	16.7	120	61
180	15.18	110	110
90	17.89	130	130
90	18.62	120	80
90	19.74	130	70
120	20	90	120
180	15.6	110	90
180	16.4	130	

ANEXO C: DISTRIBUCIONES ESTADÍSTICAS DE LOS TIEMPOS NUEVOS DE LA LÍNEA DE GALONES Y BALDES

Set up nuevo/ Galones	Laboratorio nuevo	Set up nuevo/ Baldes
beta(8.113362, 15.041783, 1.879611, 0.607065)	pearsont6(16.022519, 1.368100, 32.448852, 2.842792)	beta(7.391390, 16.831529, 8.933033, 3.881196)
12.3	70	15
11.3	64	14.25
14	35	13.6
15	70	11.5
13.4	29	16
12.4	21	12.3
15	30	14.5
14.8	29	13.5
9	33	12.7
14.8	30	14.6
13.9	34	15
14	45	14.7
15	45	13.88
12.7	24	12.65
14	86	14.25
13.48	41	13.45
11	33	15.6