

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

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

“Mejoramiento de la eficiencia de una línea de fraccionamiento de
líquidos”.

PROYECTO INTEGRADOR

Previo la obtención del Título de:

INGENIERAS INDUSTRIALES

Presentado por:

Angélica María Valarezo Angulo

Karen Lissette Veloz García

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2018

DEDICATORIA

Dedico este documento a mis padres, familia y a todas aquellas personas que con pequeñas acciones me ayudaron a cumplir con mi objetivo.

Angélica Valarezo

DEDICATORIA

Dedico este documento a Dios y a mi familia que fueron mi fortaleza para el éxito.

Karen Veloz

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por toda la fuerza y perseverancia que me brindo para poder lograr uno de mis objetivos.

A mi amada familia que siempre me apoyo a cumplir mis metas.

A los profesores y colaboradores por su comprensión y ayuda en los momentos difíciles.

Y sobre todo a mi amada Mamá que nunca dejo de aconsejarme y por ser mi soporte en todo momento de mi vida.

Angélica Valarezo.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, ya que sin él nada sería posible y ha sido mi guía en todo momento.

A toda mi familia que con su apoyo, paciencia y amor he podido formarme como persona y profesional.

A los profesores y a la universidad donde me he podido formar como profesional.

Y a todas las personas que de una u otra manera contribuyeron para la realización de este proyecto.

Karen Veloz

DECLARACIÓN EXPRESA

"Los derechos de titularidad y explotación, nos corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; Angélica María Valarezo Angulo y Karen Lissette Veloz García 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"



Angélica Valarezo A.
Autora 1



Karen Veloz García
Autora 2

EVALUADORES



Jorge Abad Moran, Ph.D

PROFESOR DE LA MATERIA



Kleber Barcia Villacreses, Ph.D

PROFESOR TUTOR

RESUMEN

El presente proyecto de titulación se realizó en una planta fraccionadora de líquidos, polvos, y semillas ubicada en la vía Daule, Guayaquil – Ecuador. Nuestro estudio estará basado en la línea de producción específica del líquido DRAPAC en sus cuatro presentaciones, la que ha estado presentando querellas sobre el bajo rendimiento.

El proyecto tiene como objetivo fundamental mejorar el rendimiento de una de las líneas de fraccionamiento de líquidos del área de producción optimizando los recursos con lo que cuenta. La metodología que hemos usado para el desarrollo de este proyecto es DMAIC la cual está formada por cinco etapas Definición, Medición, Análisis, Mejoras y Control. Nuestra solución se basó en la implementación de un plan de rotación del personal en las estaciones de la línea de producción y una estandarización total de la materia prima de envases.

Con la implementación de las mejoras, el rendimiento incrementó en un 10% en la línea, además se redujeron las actividades en el proceso de producción de la presentación de 950cc. Con estos datos se evidenció que el proyecto alcanzó sus objetivos de aumentar el rendimiento, y por ende aumentar el OEE de la línea en estudio.

Palabras Clave: DMAIC, rendimiento, producción, OEE

ABSTRACT

The present Titling project was carried out in a fractionating plant for liquids, powders, and seeds located in the Daule high way, Guayaquil - Ecuador. Our study will be based on the specific DRAPAC liquid production line in its four presentations, which has been presenting complaints about low performance. The main objective of the project is to improve the performance of one of the liquid fractionation lines in the production area by optimizing the resources available to the company. The methodology that we have used for the development of this project is DMAIC which is formed by five stages Definition, Measurement, Analysis, Improvements and Control. Our solution was based on the implementation of a staff rotation plan in the production line stations and a total standardization of the packaging raw material. With the implementation of the improvements, the performance increased by 10% in the line, in addition the activities in the production process of the presentation of 950cc were reduced. With these data it is demonstrated that the project reached its objectives of increase performance, and therefore, increasing the OEE of the line under study.

Keywords: DMAIC, performance, production, OEE

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	2
1.1.1 Variable de interés	4
1.1.2 Alcance	5
1.1.3 Restricciones.....	6
1.2 Justificación del problema.....	6
1.3 Objetivos.....	8
1.3.1 Objetivo General	8
1.3.2 Objetivos Específicos	8
1.4 Marco teórico	8
1.4.1 Rendimiento	8
1.4.2 5W+5H	8
1.4.3 Diagrama de Pareto	9
1.4.4 SIPOC	9
1.4.5 VOC	9
1.4.6 DMAIC.....	9
1.4.7 Mapa de la cadena de valor	10

1.4.8	Lluvia de ideas	10
1.4.9	Diagrama de Ishikawa.....	10
1.4.10	Matriz de impacto esfuerzo	10
1.4.11	5 ¿Porqués?.....	10
1.4.12	OEE.....	10
1.4.13	Revisión literaria.....	11
CAPÍTULO 2.....		13
2.	Metodología	13
2.1	Medición	13
2.1.1	Plan de Recolección de Datos	13
2.1.2	Verificación de Datos	13
2.2	Análisis	20
2.2.1	Análisis de causas.....	20
2.2.2	Plan de verificación de causas.....	25
2.2.3	Determinación de causas raíces	28
2.3	Mejora.....	30
2.3.1	Lluvia de ideas de posibles soluciones	30
2.3.2	Selección de soluciones.....	30
2.3.3	Plan de implementación de soluciones	33
2.3.4	Descripción de las soluciones	34
2.4	Implementación	35
2.5	Control	38
CAPÍTULO 3.....		40
3.	Resultados y análisis	40
CAPÍTULO 4.....		46
4.	Conclusiones y Recomendaciones	46

4.1. Conclusiones	46
4.2. Recomendaciones	47
BIBLIOGRAFÍA.....	48
APÉNDICES	50

ABREVIATURAS

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
DMAIC	Define, Measure, Analyze, Improve and Control
VOC	Voice of customer
SIPOC	Supplier, Input, Process, Output, Customer
OEE	Overall Equipment Effectiveness
CTQ	Critical to Quality
SKU	Stock Keeping Unit
EPP	Equipo de Protección Personal
Atm	Atomizador

SIMBOLOGÍA

n	Tamaño de la muestra
cc	centímetros cúbicos
l	margen de error
z	nivel de confianza
ml	mililitros
%	porcentaje

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Herramienta 3W+1H	2
Figura 1.2 Rendimiento de la línea Drapac actualmente	3
Figura 1.3 Voz del cliente	4
Figura 1.4 SIPOC del proceso de Drapac.....	5
Figura 1.5 Estratificación de productos fraccionados en el área de producción de líquidos	7
Figura 1.6 Demanda total anual de Drapac	7
Figura 2.1 Porcentaje del tiempo de paras observadas durante el muestreo	14
Figura 2.2 Histograma de tiempos por operador en la línea Drapac.....	15
Figura 2.3 Distribución de tiempos.....	18
Figura 2.4 OEE de la línea DRAPAC.....	18
Figura 2.5 Value Stream Mapping del proceso de produccion de Drapac.....	19
Figura 2.6 Reunion con operarios para generacion de ideas.	20
Figura 2.7 Lluvia de ideas de causas del bajo rendimiento.	21
Figura 2.8 Diagrama Ishikawa de las posibles causas del bajo rendimiento.	22
Figura 2.9 Pareto de posibles causas que afectan el rendimiento en la línea.	24
Figura 2.10 Matriz Impacto- Control.....	25
Figura 2.11 Gráfica de cajas del throughput de una jornada laboral.....	27
Figura 2.12 Proceso de produccion 950cc	28
Figura 2.13 Identificación de causas raíces	29
Figura 2.14 Lluvia de ideas de las posibles soluciones	30
Figura 2.15 Matriz de Impacto-Esfuerzo	33
Figura 2.16 Materia prima pre empacada para la presentación de 950cc (Situación inicial).....	35
Figura 2.17 Materia prima en fundas (Situación mejorada)	35
Figura 2.18 Proceso Inicial de fraccionamiento de Drapac de 950cc	36
Figura 2.19 Proceso con mejora implementada en el fraccionamiento de Drapac de 950cc	36
Figura 3.1 Resultados de cambios de materia prima para 950cc	40

Figura 3.2 Reducción del tiempo total en las actividades de producción de 950cc.	41
Figura 3.3 Comparación del throughput en estado inicial y el actual	42
Figura 3.4 Resultados del muestreo de trabajo	43
Figura 3.5 Comparación del estado inicial del OEE con el estado actual	44
Figura 3.6 Comparación del OEE del estado inicial y el estado actual en la línea	44

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Throughput por presentaciones	16
Tabla 2.2 Tabla de Rendimiento del área de producción.....	17
Tabla 2.3 Rendimiento por presentación	17
Tabla 2.4 Nivel de relación	23
Tabla 2.5 Matriz de Causa y Efecto	23
Tabla 2.6 Ponderación Impacto Control.....	25
Tabla 2.7 Plan de Verificación de causas	26
Tabla 2.8 Orden de producción de la semana 47 del 2018	26
Tabla 2.9 Análisis de throughput.....	27
Tabla 2.10 Cinco ¿Por qué? De las causas potencial del bajo rendimiento	29
Tabla 2.11 Costos estimados.....	31
Tabla 2.12 Holguras variables de los operarios	32
Tabla 2.13 Plan de implementación de soluciones	33
Tabla 2.14 Cierres parciales por fundas	37
Tabla 2.15 Listado de insumos necesarios para una orden de producción de Drapac 950.....	38
Tabla 2.16 Plan de control para la rotación del personal y arribo de materia prima. .	39
Tabla 3.1 Tabla de resultados en proporción.....	41
Tabla 3.2 Comparación del throughput en unidades/hora	42
Tabla 3.3 Comparación del Rendimiento inicial con el actual	43
Tabla 3.4 Estimación de utilidad por el nuevo rendimiento de la línea drapac.....	45

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

Las empresas dedicadas a la producción de agroquímicos han ido aumentando con el pasar de los años, en la actualidad se estima que existen 240 empresas dedicadas a la fabricación de los agroquímicos, según el listado de las empresas agrícolas registradas en el Ministerio de Agricultura y Ganadería.

La empresa en estudio básicamente se dedica al fraccionamiento de líquidos, polvo y semillas, es decir se reenvasa grandes cantidades de líquido, polvos y semillas en pequeñas fracciones de estos, además existe una clasificación por tipo de producto como: insecticidas, herbicidas, fungicidas, veterinarios, fertilizantes.

La mayor cantidad de producción anual por producto es DRAPAC, la cual pertenece a la familia de los insecticidas y que es fraccionado en una línea específica, que con el pasar de tiempo ha sufrido ciertas inconformidades en su rendimiento ya que éste se ha visto afectado por las unidades que se producen, daños en máquina, tiempos de operación y otros factores que afectan directa o indirectamente al rendimiento de la línea.

Con el desarrollo de este proyecto se busca proponer mejoras en el área de producción de este producto, tanto en máquinas como mano de obra y, de esta forma, poder mejorar el rendimiento de la línea y, de ser posible, replicable en las demás líneas que forman el área de producción de líquidos.

1.1 Descripción del problema

En la actualidad la empresa ha presentado inconformidad por el rendimiento que presenta la línea de fraccionamiento de líquidos de Drapac, dado que es inferior al esperado, por ello es necesario abordar las causas que están influyendo en el bajo rendimiento de esta.

En la figura 1.1, se muestra la herramienta 3W+1H que ayudó a la declaración del problema.

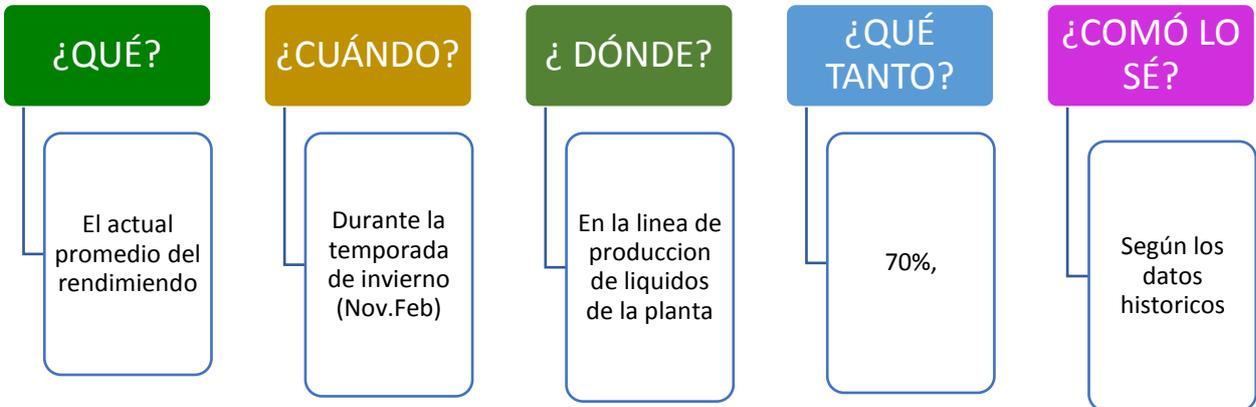


Figura 1.1 Herramienta 3W+1H
Fuente: Elaboración propia

Se procedió a medir el rendimiento de la línea registrado por la empresa en donde se encontró, que el cálculo del rendimiento como se ha estado llevando en el departamento de producciones es como se muestra en la ecuación (1.1):

$$Rendimiento_{Produccion} = \frac{Unidades\ producidas}{Unidades\ planificadas - unidades\ no\ producidas} \tag{1.1}$$

La empresa tiene como política alcanzar una meta del 90%.
 Para el cálculo del rendimiento real se utilizó la ecuación (1.2), que es la ecuación que usaremos para el desarrollo de este estudio.

$$Rendimiento_{real} = \frac{Unidades\ producidas}{Velocidad_{ideal} * tiempo\ operacional} \tag{1.2}$$

Se realizó una comparación del rendimiento registrado por la planta y el rendimiento calculado para el estudio, como se presenta en la figura 1.2:

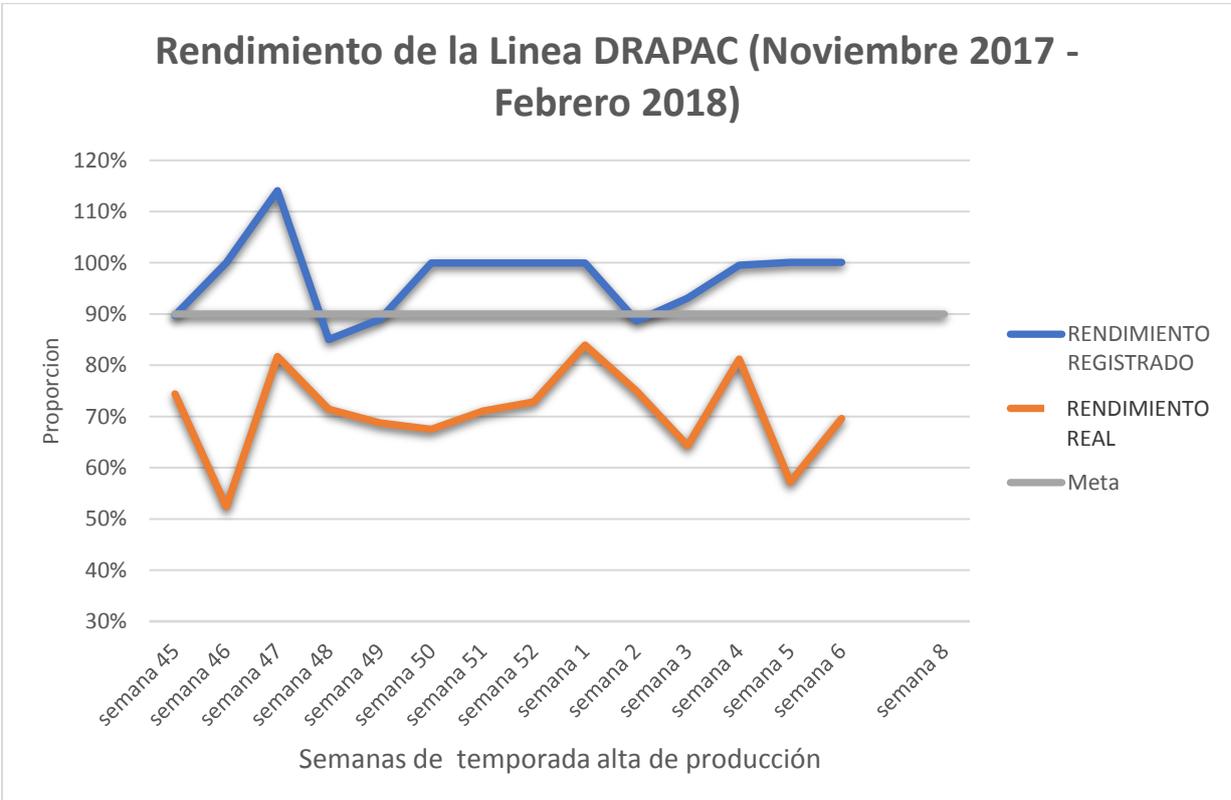


Figura 1.2 Rendimiento de la línea Drapac actualmente
 Fuente: Elaboración propia

1.1.1 Variable de interés

La Herramienta Voice Of Customer (Voz del cliente), permitió traducir las necesidades del cliente en variables medibles, para éstas luego traducirlas en variables críticas que afectan al problema. Esta actividad fue realizada con el gerente de la planta y el jefe de producción.

Una vez que se escuchó la voz del cliente con relación a los problemas que se están presentando en el área de producción, se pudo identificar dos variables críticas como se muestra en la figura 1.3:

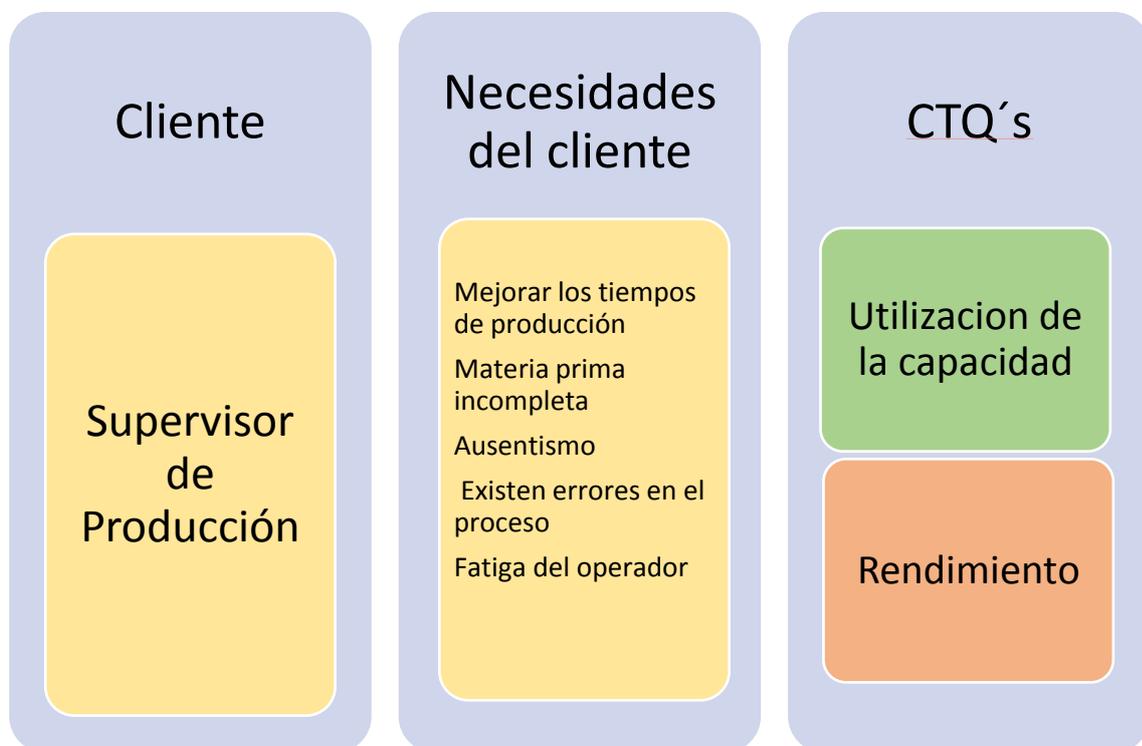


Figura 1.3 Voz del cliente

Fuente: Elaboración propia

Luego de haber identificado las variables críticas con ayuda de la empresa, se selecciona como variable respuesta a este proyecto el rendimiento la misma que se define a continuación:

$$Rendimiento = \frac{Unidades\ producidas\ (unidades)}{Velocidad_{ideal}\left(\frac{unidades}{horas}\right) * Tiempo\ operacional\ (horas)} \quad (1,3)$$

1.1.2 Alcance

Se usa la herramienta Supplier. Inputs, Process, Outputs, Customers (SIPOC), que permite obtener un mapeo general del proceso, además se puede observar las entradas y salidas que ayudan a tener una idea de las limitantes del proyecto, como se muestra en la figura 1.4, donde se detalla el proceso de producción de la empresa en estudio.

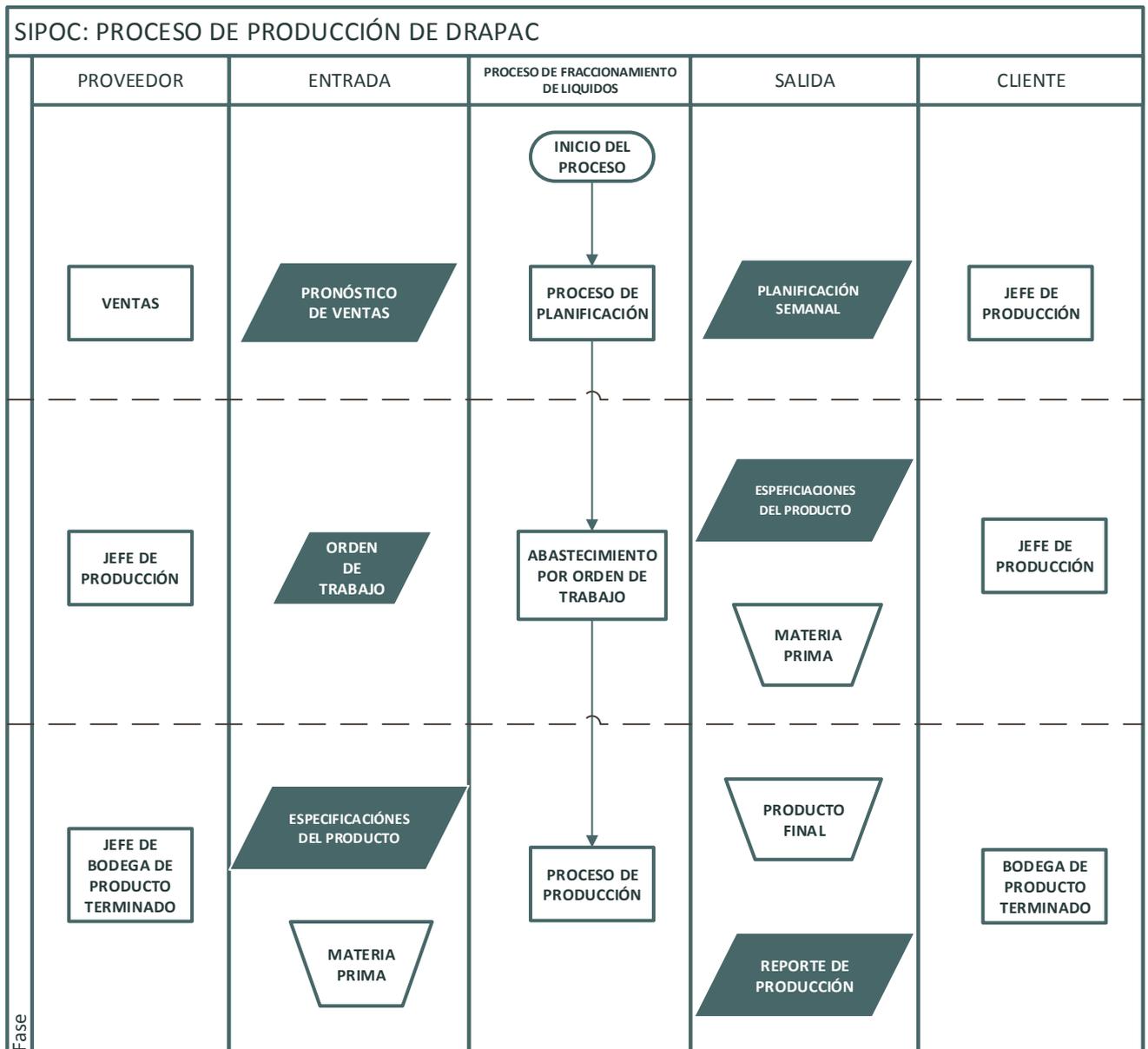


Figura 1.4 SIPOC del proceso de Drapac

Fuente: Elaboración propia

De la figura 1.4, se puede observar que el proyecto estará enfocado en el proceso de fraccionamiento del líquido Drapac, el cual consiste desde su planificación de producción, abastecimiento de la materia prima y como tal el proceso de fraccionamiento del producto, es decir, la parte operativa, mano de obra, máquina, manejo de materiales de la línea.

1.1.3 Restricciones

Las restricciones del proyecto son:

- La producción de las diferentes presentaciones del producto es variada y depende de la cantidad de materia prima en stock y de acuerdo a los días que se planifique.
- Los procesos de operación manual no están estandarizados.
- Existe solo una máquina llenadora para la línea.
- La máquina llenadora no cuenta con datos específicos como velocidad de llenado, tiempo de vida útil, intensidad de caudal, tiempo de mantenimiento.

1.2 Justificación del problema

Posterior al análisis de las diferentes líneas del área de producción de líquidos, se evidencia que la línea de insecticidas, en específico la línea Drapac donde se fraccionan cuatro tipos de presentaciones del producto como: 230cc, 475cc, 475cc con atomizador y de 950cc, es la línea con mayor demanda anual como se muestra en la figura 1.6:

En la figura 1.5 se muestra un Pareto de los productos con mayor producción durante los meses de alta temporada

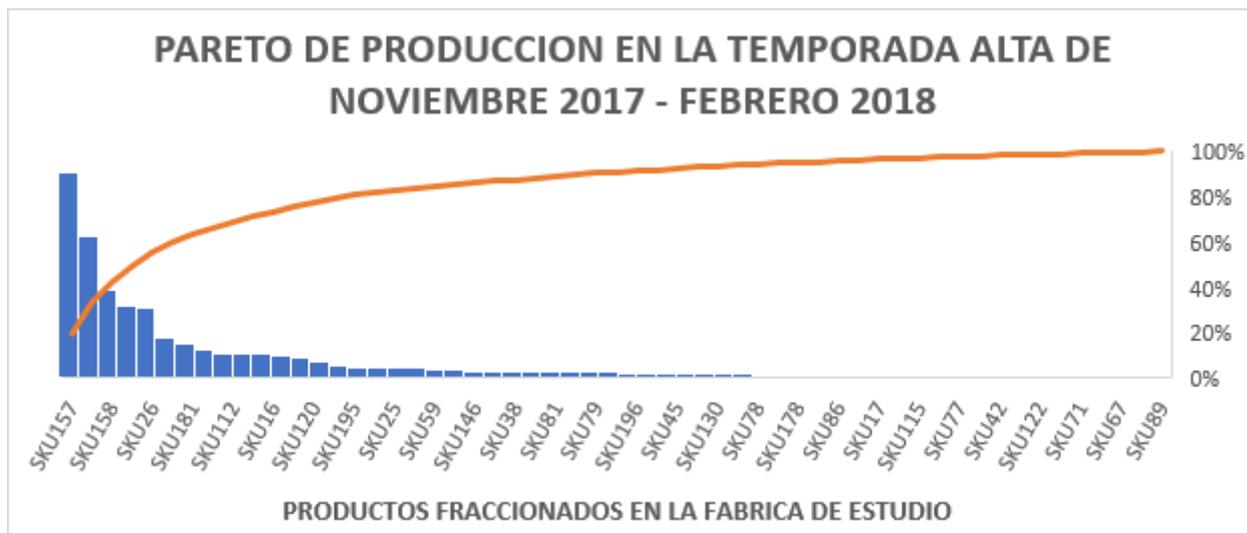


Figura 1.5 Estratificación de productos fraccionados en el área de producción de líquidos

Fuente: Elaboración propia

Para el análisis de la demanda del producto Drapac se analiza el histórico de tres años, donde se presenta el comportamiento de la demanda como se muestra en la figura 1.6:

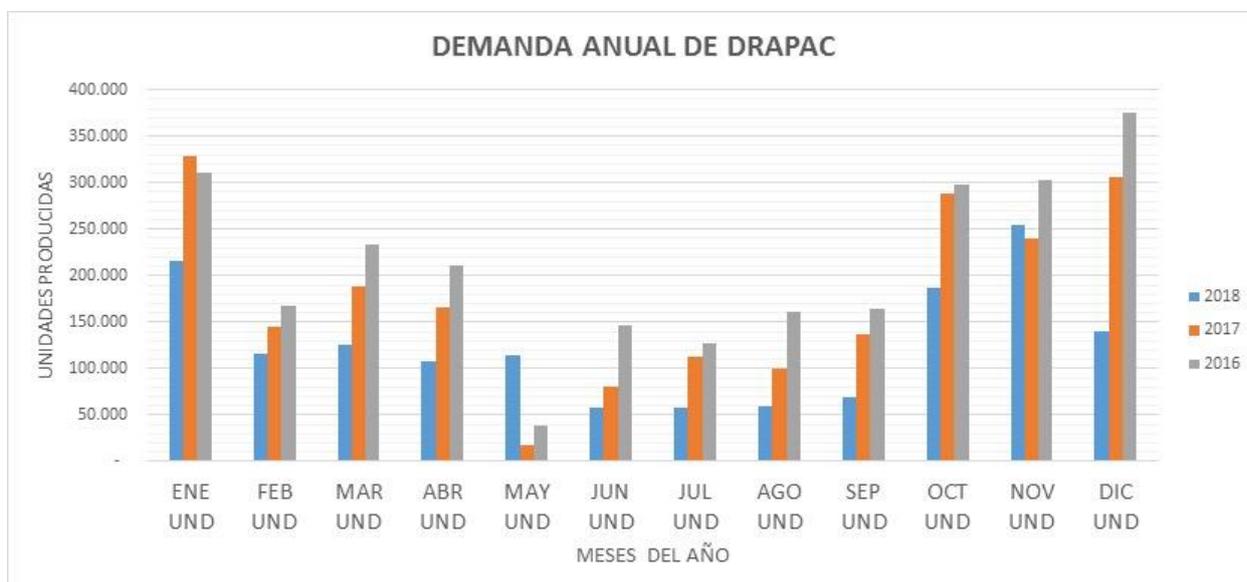


Figura 1.6 Demanda total anual de Drapac

Fuente: Elaboración propia

De la figura 1.6, se puede observar que los meses con mayor demanda del producto son octubre, noviembre, diciembre, enero, febrero. Estos meses serán de estudio ya que el proyecto en la empresa se efectuará durante los meses de noviembre a febrero.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Mejorar la eficiencia en un 10% en la línea de fraccionamiento de líquidos de una empresa de agroquímicos mediante la optimización de los recursos

1.3.2 Objetivos Específicos

- Interpretar el proceso de producción y sus recursos identificando las restricciones del mismo.
- Definir la situación actual de la línea de producción establecido los puntos críticos.
- Utilizar herramientas identificando y evaluando causas que afectan al rendimiento
- Diseñar propuestas de mejora para las causas críticas que afectan el rendimiento.
- Implementar las mejoras en la línea de producción Drapac.
- Comparar el rendimiento inicial en línea de producción Drapac con los resultados de la implementación.
- Diseñar un formato de control para los procesos implementados.

1.4 Marco teórico

1.4.1 Rendimiento

Se refiere a la utilidad que puede dar una persona o cosa, en termino ingenieril es la proporción de los resultados obtenidos entre los recursos que se emplearon para obtener el mismo (Palacios, 2016).

1.4.2 5W+5H

Es una técnica que se utiliza para profundizar en los detalles de un problema, está diseñada para identificar con claridad la causa raíz y poder llegar a una solución idónea (Racines, 2013).

1.4.3 Diagrama de Pareto

Es un gráfico de barras que representa la frecuencia o el costo, donde se muestran las barras más grandes que describe visualmente una situación más significativa (Almeida, 2004).

1.4.4 SIPOC

Herramienta que permite detallar el proceso identificando las áreas involucradas, además de establecer el alcance del proyecto (Shankar, 2009).

1.4.5 VOC

Es una técnica que se usa para describir los requerimientos de los clientes, la cual permite obtener un conjunto detallado de los deseos y necesidades de una organización que luego se priorizan en cuanto a su importancia relativa y satisfacción con las alternativas actuales (Shankar, 2009).

1.4.6 DMAIC

Define – Measure – Analyze – Improve and Control (DMAIC), es una metodología que es usada para mejorar procesos en proyectos Six.sigma, esta herramienta sigue un método estructurado, estadístico, mediante la recolección de datos y la validación de estos (Moncayo, 2015). Esta herramienta cuenta 5 etapas que se detallan a continuación:

- ❖ Definición: etapa inicial de la metodología en la que se define el problema que se va a atacar a base de la variable respuesta que se determinara el triunfo del proyecto, además identificar el alcance, restricciones, objetivos generales y específicos.
- ❖ Medición: en esta etapa se recolecta la información significativa para el problema para que esta pueda ser analizada en la siguiente fase.
- ❖ Análisis: con la información previamente recolectada y la ayuda de herramientas de análisis se identifican las posibles causas potenciales que generan gran impacto sobre el problema, además de la priorización y verificación de las causas se encuentran las causas raíces de mayor impacto al problema planteado.
- ❖ Implementación: en esta fase se proponen varias alternativas para atacar las causas raíces encontradas en la anterior fase, luego de un análisis exhaustivo se selecciona la alternativa que pueda llegar a cubrir la mayor cantidad de objetivos planteados, con la ayuda de simulaciones, pruebas pilotos se puede identificar los

resultados de las mejoras y poder tomar la decisión correcta a la hora de la implementación.

- ❖ Control: con los resultados de la implementación de la mejora es importante plantear métodos de control de estos resultados para poder llevar un registro de posibles mejoras a futuro. (Shankar, 2009)

1.4.7 Mapa de la cadena de valor

Según (Cuevas, 2013), narra que es una herramienta que describe de una forma detallada el flujo de cada etapa de un proceso, además de identificar partes o procesos que agregan y no agregan valor para su posterior análisis.

1.4.8 Lluvia de ideas

Por su parte (Racines, 2013) declara que esta herramienta que se usa para obtener ideas generales sobre varios puntos en específico acerca de un tema o problema, esta herramienta es realizada grupalmente y con total espontaneidad.

1.4.9 Diagrama de Ishikawa

Es una herramienta que ayuda a identificar muchas de las posibles causas para un problema específico, donde se clasifica las causas de acuerdo a su origen pudiendo ser: maquinas, mano de obra, ambiente, método, medición, proceso (Arroyo, 2010).

1.4.10 Matriz de impacto esfuerzo

Es una herramienta que ayuda a determinar las causas que genera un menor esfuerzo en atacarla, pero como resultado de un mayor impacto. De esta forma priorizar las causas que se van a atacar (Shankar, 2009).

1.4.11 5 ¿Porqués?

Es una herramienta de análisis de las causas que permite encontrar la/las causas que generan el problema, además de verificar las hipótesis iniciales con ayuda de herramientas estadísticas (Shankar, 2009).

1.4.12 OEE

Overall Equipment Efficiency (OEE) es una medida del grado con el cual un equipo hace lo que se supone que debe hacer basado en sus tasas de disponibilidad, rendimiento y calidad (Williamson, 2006).

- Disponibilidad: es la fracción de tiempo que el equipo está operando.
- Rendimiento: es el nivel de funcionamiento de acuerdo con los tiempos de paro.
- Calidad: es la fracción de la producción obtenida que cumple con los estándares de calidad.

1.4.13 Revisión literaria

En la actualidad existe el interés de conocer cuál es la eficiencia que poseen las fábricas, esto ayuda a la generación de proyectos para realizar análisis, como (Palacios, 2016) nos redacta que para realizar este proyecto se estudió el proceso de la línea para el posterior cálculo del OEE donde se analizaron los tiempos de paros para su posterior análisis de las posibles causas de los resultados obtenidos, por último, se plantean estrategias de mejoras para los tiempos de paro con proceso enfocado en la mejora de la productividad del proceso.

Por su parte (Esteban Pérez López, 2014) explica que con la ayuda de la metodología DMAIC lograron mejorar la línea de envasado de licores aumentando el OEE en 33%, ofreciendo una solución integral y reducir los problemas de desabasto en la demanda. Por su parte (Meyerholz, 2015), utilizó la metodología DMAIC para disminuir la variabilidad en el departamento de cuidados intensivos CLABSI. El proyecto duró 18 meses dando como resultado una reducción del 76%, aumentando también el cumplimiento en el mantenimiento. El uso de esta metodología facilita a la mejora continua y sustentable.

Así también (Jarrín, 2015), explica la reducción de errores gracias a la aplicación a la metodología DMAIC, las mejoras implementadas permitieron profundizar el conocimiento de los procesos y las causas que pueden ocasionar las no conformidades, permitiendo integrar los procesos e involucrarlos en la mejora continua.

Por su parte (R. E. Loar, 2014), en su informe redacta como se redujo 1,18% del desperdicio en la producción de faenamiento de las crías experimentadas, aumentando en un 9,6% en el empaquetamiento en los pallets de producto final. Según (Andrew Eloka, 2018), redacta que a través de la aplicación de DMAIC y con tecnología agroquímica, estimaron un incremento de 100 toneladas de algas secas, donde esto ayudará a la investigación de metano y lodo para otras demandas industriales, de tal modo que no existan alteraciones ni requerimientos externos para las necesidades de la planta.

Según (Dale E. Bauman, 1985), narra la fusión de las técnicas asociadas con la genética y la gestión de proyectos, tuvieron una potencial mejora en la eficiencia productiva mediante la manipulación de estos procesos, las mejoras futuras en la eficiencia dependerán de la capacidad de cada operario en la manipulación de los controles.

(James M. Jacobson, 2006), explica como la herramienta de la estadística en la etapa de medición y análisis es integral en la aplicación de lean, ya que estos resultados enfatizan la velocidad del proceso, las aplicaciones lean proporcionan métodos para procesos el tiempo de las operaciones. Por su parte (James M. Jacobson, 2006), explica que la gestión de resultados que emanan de esta serie de procesos es un desafío, y es necesario de herramientas poderosas.

CAPÍTULO 2

2. METODOLOGÍA

El proyecto siguió la metodología DMAIC, la cual consta de cinco etapas; definición, medición, análisis, implementación y control. Dado que la etapa de definición fue declarada en el capítulo uno, se procede a la etapa de medición, donde se detallan las actividades que permitieron conocer con mayor precisión las variables que influyen en el rendimiento en la línea de producción.

2.1 Medición

Luego de conocer el problema y el alcance de éste, quedó establecido que el análisis será en la línea de producción de Drapac, ya que en esta línea es la de mayor demanda, además que se produce en cuatro diferentes presentaciones. Se procede al levantamiento de información sobre el proceso de producción y las variables que influyen en el rendimiento.

2.1.1 Plan de Recolección de Datos

Se realizó un plan de recolección de datos donde se detalla el tipo de variables y la utilidad que tendrán en el proyecto. Debido a que la variable de interés es el rendimiento, se realiza el levantamiento de datos que influyen en el cálculo del rendimiento actual de la línea de Drapac. Dado que el proceso es 75% manual es necesario realizar un muestreo de tiempos en los operarios para las actividades que realizan en cada estación con el fin de conocer la tasa de salida por tiempo es decir el throughput. Se planificó la toma de tiempo de las cinco estaciones, llenado, colocado de tapas, ajuste de tapas, empaquetado y estibado para cada uno de los operarios que conforman la línea para conocer el tiempo de operación de cada operario en cada estación.

2.1.2 Verificación de Datos

Actualmente, en el área de producción no cuenta con información histórica en cuestión de análisis de throughput, y en medición del rendimiento por operario, por lo que es necesario realizar una confiabilidad de los datos que fueron considerados para el análisis de este proceso.

Los datos por verificar son:

- Throughput de la línea Drapac en los diferentes SKU's
- Tiempo de operador por actividad
- Tiempo planeado de producción
- Unidades defectuosas
- OEE

La verificación se dio de dos formas: por métodos estadísticos y, en el caso de las unidades defectuosas, por Gemba.

Se realiza un muestreo para la toma de tiempos de operación y por operarios, se mide el throughput por cada tipo presentación del producto, la muestra se calcula con un porcentaje de error del 8% y se obtuvo como resultado una muestra de 134 registros por cada presentación.

$$n = \frac{Z_{\alpha/2}^2 * \hat{p} * (1 - \hat{p})}{l^2} \quad (2.1)$$

Parámetros:

$$l = 0,08 \quad p = 0,33$$

$$z = 1,96 \quad n = 134$$

De donde se obtuvo:



Figura 2.1 Porcentaje del tiempo de paras observadas durante el muestreo

Fuente: Elaboración propia

Tiempos de Operador por actividad.

Debido que el proceso de producción de la línea en estudio en su mayoría es manual, se tomaron los tiempos de cada operario en las diferentes estaciones de trabajo que posee la línea de producción, asimismo para las cuatro diferentes presentaciones del producto y poder analizar los cuellos de botella que posee la línea.

En la figura 2.2 muestra la variabilidad que existe entre cada operador para realizar la misma actividad, así también se determinó el operador más rápido y el operador más lento. Por políticas de la empresa los operarios deben rotar de sus actividades por cada orden de trabajo, es decir en una semana llegan 4 órdenes de producción, por lo que se rotarían cuatro veces en una semana, sin embargo, las órdenes pueden durar un día laboral o hasta dos días y medio.

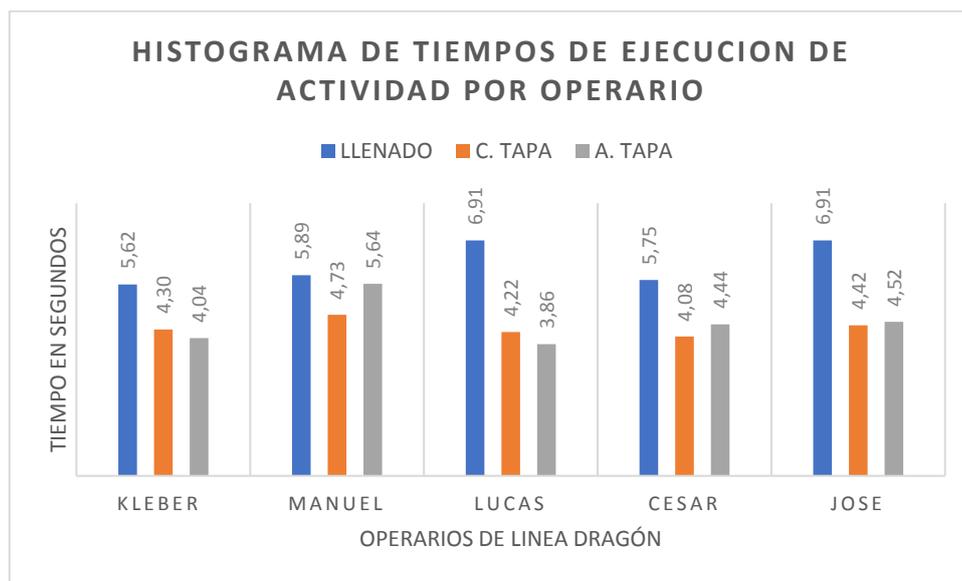


Figura 2.2 Histograma de tiempos por operador en la línea Drapac

Fuente: Elaboración propia

Descripción de los cuellos de botellas por presentación

Para la presentación de 230cc, el cuello de botella está en la actividad de colocar las tapas a las botellas previamente llenas con el producto, por lo que la línea viajará al ritmo de ese trabajador.

En la presentación de 475cc, la velocidad es al ritmo del llenado ya que al ser un poco más grande el envase el tiempo de llenado en promedio 4.45 segundos en completar la

actividad y la línea puede ir a ese ritmo, sin embargo, para la presentación de 475cc con atomizador, aparte de agregar los 4 trabajadores en la línea, llega un momento en que la línea se colapsa y se debe parar la producción y los 9 trabajadores deben ayudar en colocar el atomizador al producto tapado.

El proceso de la presentación de 950cc empieza diferente, ya que la materia prima llega empacada, por lo que los operarios deben preparar el material para poder iniciar el proceso de producción, y al igual que la presentación de 475cc la línea va al ritmo del llenado ya que esta actividad toma en promedio 10.75 segundos, esto es debido a que el operario debe sacar las botellas de las cajas ya armadas y acomodar en la línea para que inicie el proceso.

Con estos análisis de cada proceso, se calcula el throughput de cada una de las presentaciones como se muestra en la tabla 2.1:

Tabla 2.1 Throughput por presentaciones

Presentación del producto	Throughput (unidades/ hora)
230cc	3036
475cc	2792
475cc Atm	2575
950cc	2088

Fuente: Elaboración propia

Calidad

El control de calidad por política se realiza por orden de trabajo según un muestreo que el departamento de calidad tiene establecido, los parámetros que son analizados son los aspectos visuales del producto, es decir que la información de codificación, el peso y el tapado sea el correcto.

El tiempo que se analiza en esta etapa de medición, no se registraron productos no conformes, ni retrabajos de los productos, por lo que la calidad en la línea se mantiene, siendo este del 98% al 99%.

Rendimiento

El departamento de producción controla del rendimiento y el OEE, sin embargo, esta información es general es decir son datos globales como área de producción, mas no

por la línea de producción. El jefe de producción registra su rendimiento de la siguiente forma.

$$RENDIMIENTO = \frac{\text{Unidades producidas}}{\text{Unidades planificadas} - \text{Unidades no producidas}} \quad (2.2)$$

Las unidades no producidas se deben a diversas razones externas al área de producción, por lo que el jefe de producción no lo cuenta en su análisis de rendimiento.

Tabla 2.2 Tabla de Rendimiento del área de producción

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT
MAXIMO	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
MINIMO	60,00	60,00	60,00	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00	60,00
META	90,00	90,00	90,00	75,00	75,00	75,00	75,00	75,00	75,00	90,00
Availability	0,905	0,689	0,704	0,708	0,725	0,793	0,67	0,71	0,74	0,67
Performance	0,993	0,978	0,984	0,912	0,913	0,776	0,92	0,96	0,92	0,90
Quality	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,00	1,00	1,00	1,00
% OEE	89,85	67,40	69,24	64,53	66,23	61,47	62,22	67,70	68,09	59,76

Fuente: Elaboración por gerencia de empresa en estudio

Como se muestra en la tabla 2.2 el reporte de eficiencia, el área de producción posee un alto rendimiento. Para corroborar esta información se realizó un análisis del rendimiento en el área de producción según la teoría del OEE, la formula a utilizar es:

$$RENDIMIENTO = \frac{\text{Unidades producidas}}{\text{Velocidad}_{ideal} * \text{tiempo operacional}} \quad (2.3)$$

En donde la velocidad ideal no es más que una ponderación del throughput, por cada presentación que se producen, como se detalla en la tabla 2.3:

Tabla 2.3 Rendimiento por presentación

Presentación del producto	Velocidad (unidades/ hora)	Rendimiento
230cc	3036	78%
475cc	2792	72,60%
475cc Atom	2575	63,12%
950cc	2088	66,33%

Fuente: Elaboración propia

Cálculo del OEE

Para el cálculo de OEE se basó en el muestreo de tiempos de 70 horas en donde se registraron: Inactividad planificada, Paras Programadas, Paras no Programadas, Tiempo Operativo, los resultados se detallan en la figura 2.3:

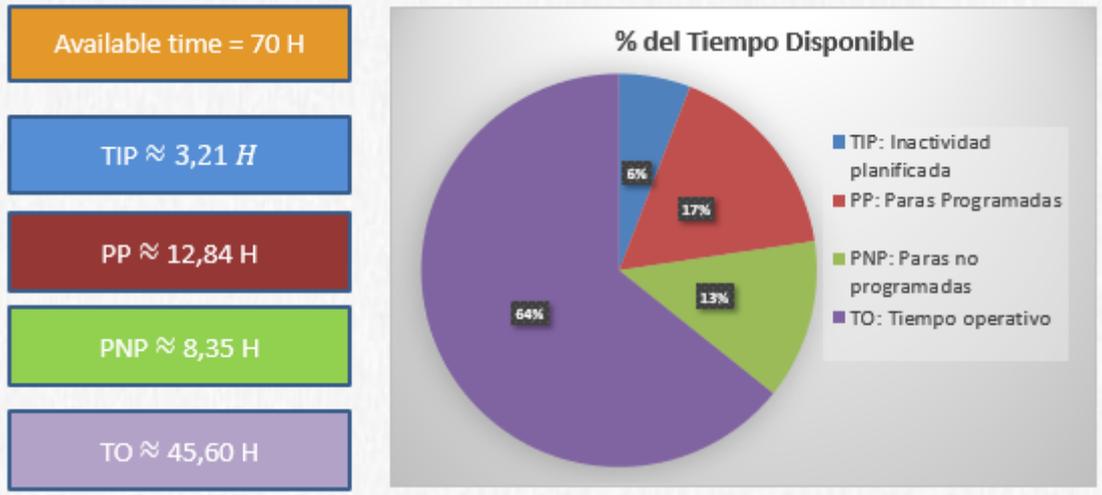


Figura 2.3 Distribución de tiempos

Fuente: Elaboración propia

Estos tiempos fueron utilizados en las formulas de disponibilidad y calidad en la linea de produccion, teniendo un total de 50% de OEE.

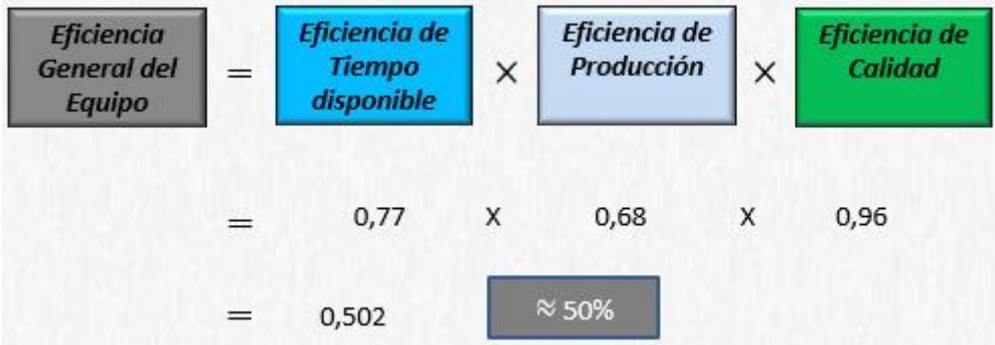


Figura 2.4 OEE de la línea DRAPAC

Fuente: Elaboración propia

Se conoce que el producto con mayor nivel de producción de Drapac, es en la presentación de 230cc por lo que se realiza un mapeo del proceso, detallado en la figura 2.5.



VALUE STREAM MAPPING

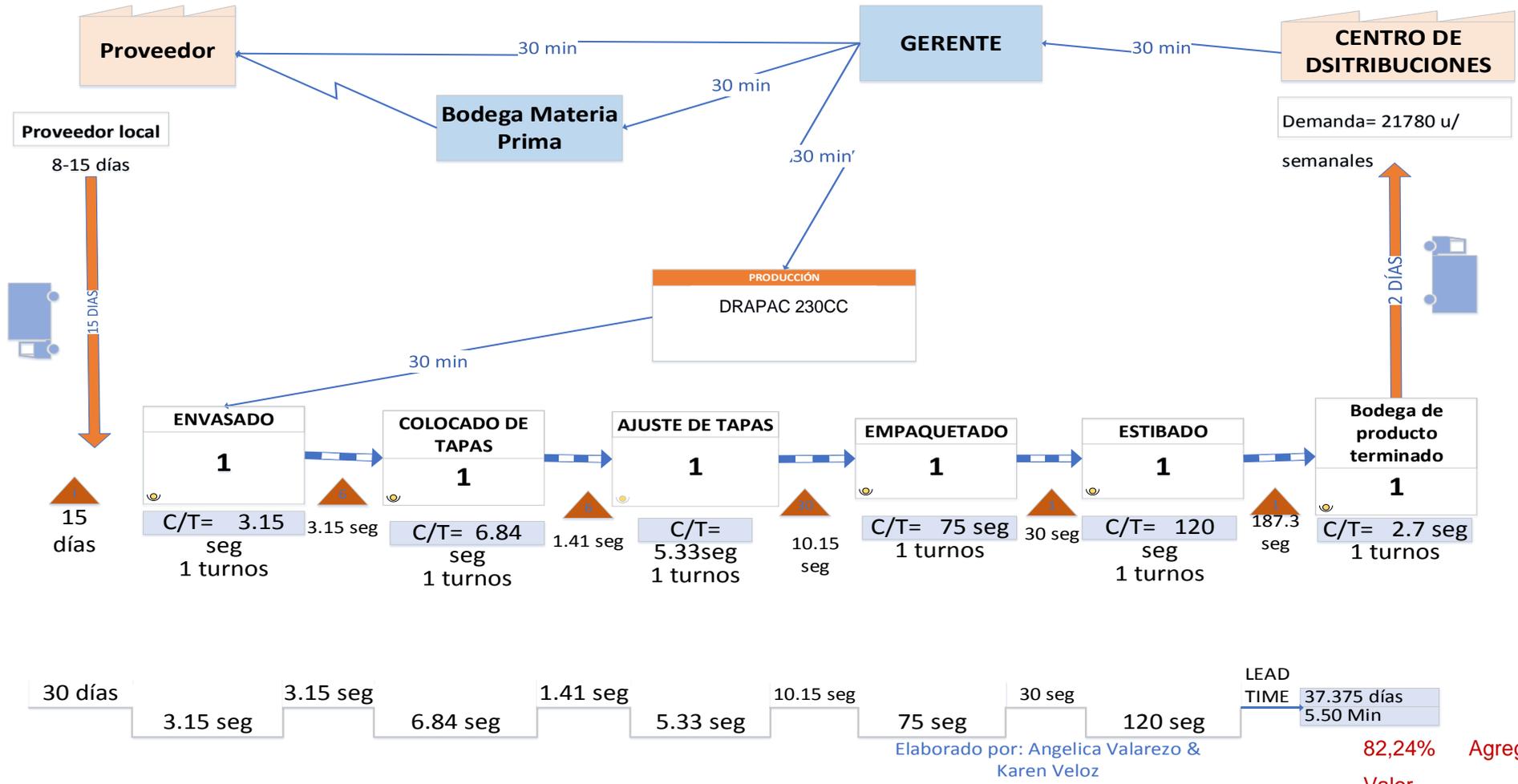


Figura 2.5 Value Stream Mapping del proceso de produccion de Drapac

Fuente: Elaboración propia

82,24% Agrega Valor
19,49% no Agrega Valor

En la figura 2.5 se evidencia la existencia de un cuello de botella en la actividad de colocar capa, así como las actividades que agregan valor como las actividades de producción donde la línea tiene un CT de 3.50 minutos en la producción de Dragón de 230cc.

2.2 Análisis

2.2.1 Análisis de causas

En la etapa de análisis se inició con una lluvia de ideas para encontrar las causas que afectan al bajo rendimiento de la línea, para ello se convocó a una reunión a los operarios de la línea y comentaron cuales son las causas que ellos creen que afectan el rendimiento. Luego se realizó la lluvia de ideas con el jefe de producción como se muestra en la figura 2.6, y comentó las causas que influyen en su rendimiento detalladas en la figura 2.7, para luego ponderar las posibles causas.



Figura 2.6 Reunión con operarios para generacion de ideas.

Fuente: Elaboración propia

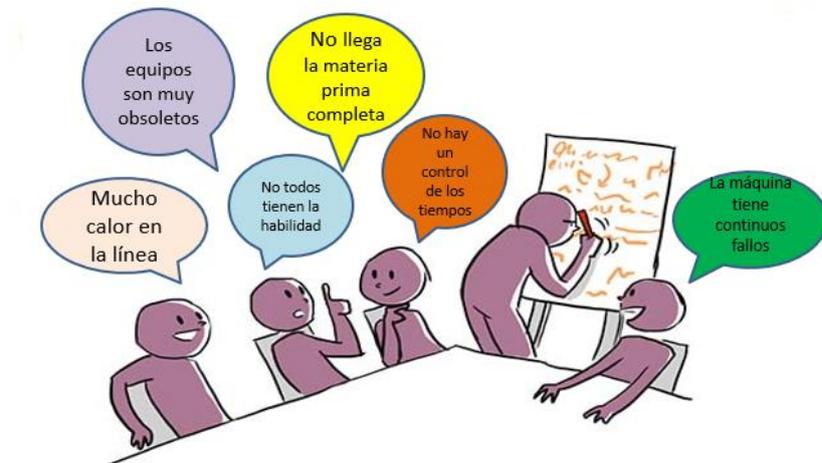


Figura 2.7 Lluvia de ideas de causas del bajo rendimiento.

Fuente: Elaboración propia

Siguiendo los comentarios de la lluvia de ideas, se clasifican las causas que afectan al rendimiento por; materiales, mano de obra, maquinaria y método descritas en la figura 2.8:

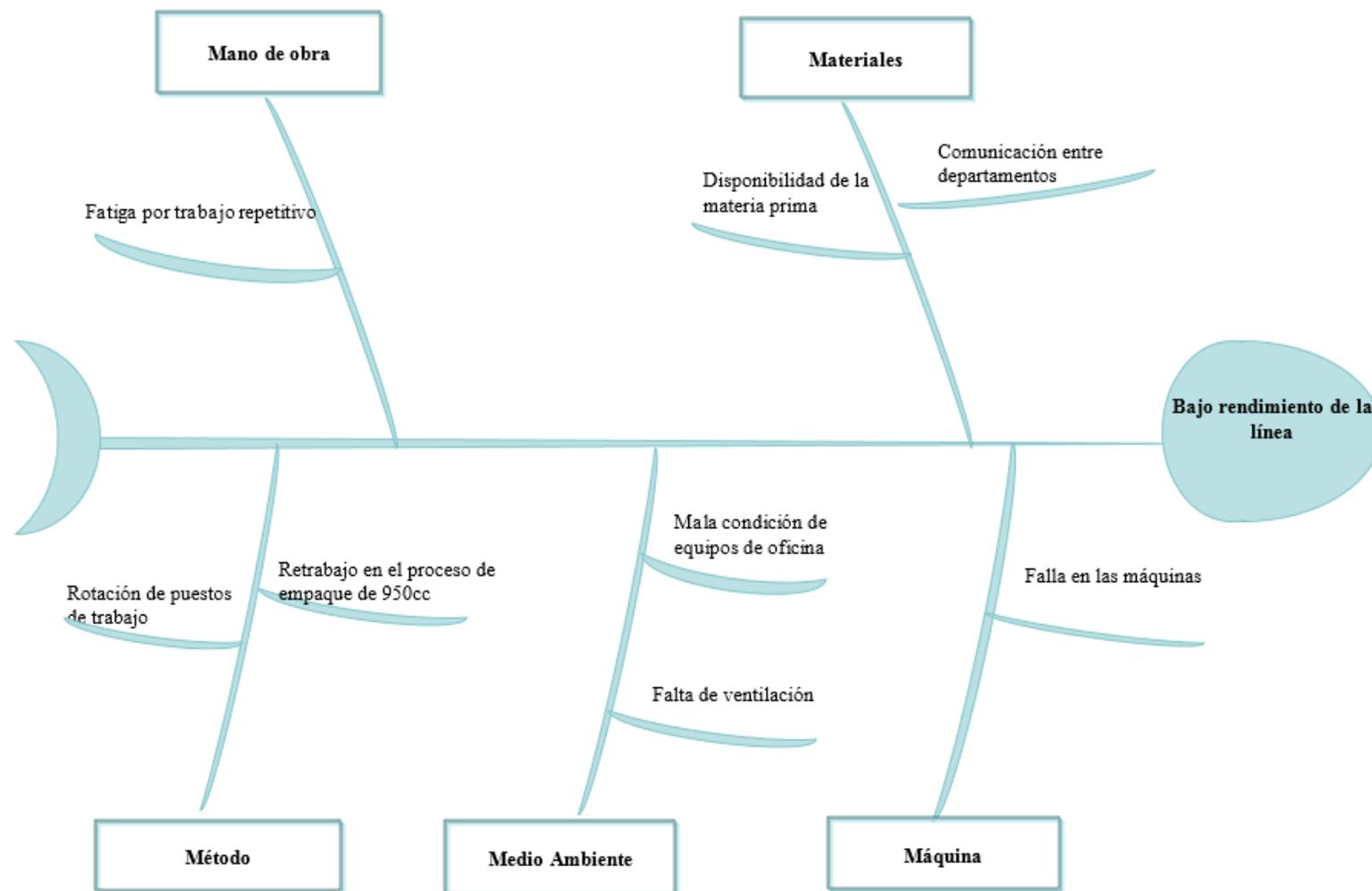


Figura 2.8 Diagrama Ishikawa de las posibles causas del bajo rendimiento.

Fuente: Elaboración propia

Para la priorización de las causas se realiza una matriz de causa y efecto, en donde se en lista las causas encontradas y luego se les da una ponderación con los valores que se muestran en la tabla 2.4.

Tabla 2.4 Nivel de relación

NIVEL DE RELACIÓN	
Relación Baja	1
Relación Mediana	3
Relación Alta	9

Fuente: Elaboración propia

Posterior a la ponderación se multiplico por 10 tomando en cuanto que valor total o referencial, como resultado tenemos en la tabla 2.5.

Tabla 2.5 Matriz de Causa y Efecto

N°	CAUSAS	variable Y	Total
1	Fatiga por trabajo repetitivo	9	90
4	Retrabajo en el proceso de empaque de 950cc	9	90
2	Disponibilidad de materia prima	3	30
5	Falta de ventilación	3	30
7	Fallas en las maquinas	3	30
3	Comunicación entre departamentos	1	10
6	Mala condición en los equipos de oficina	1	10
		total	290

Fuente: Elaboración propia

A partir de este análisis se realizó un Pareto, como se muestra en la figura 2.9, con el fin de seleccionar las causas que tengan un mayor impacto sobre nuestra variable respuesta que es el rendimiento.

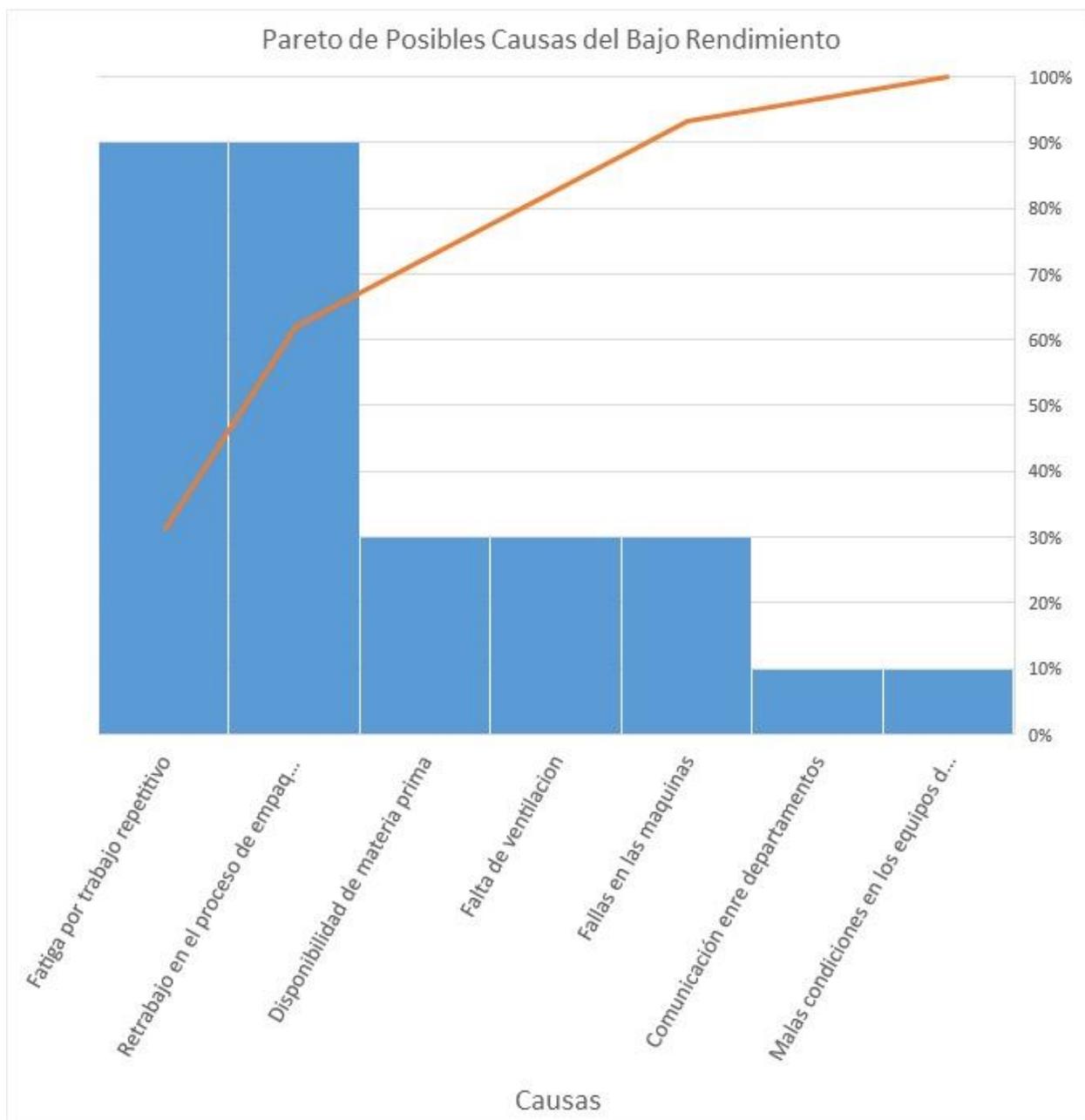


Figura 2.9 Pareto de posibles causas que afectan el rendimiento en la línea.

Fuente: Elaboración propia

Luego de haber priorizado las posibles causas, se analizó mediante el impacto-control de las posibles causas.

Se realizó una evaluación de las causas con una ponderación del 1 al 10, siendo 1 más fácil es de controlar y 10 difícil de controlar como se muestra en la tabla 2.6.

Tabla 2.6 Ponderación Impacto Control

N°	CAUSAS	CONTROL	IMPACTO
1	Fatiga por trabajo repetitivo	4	90
4	Retrabajo en el proceso de empaque de Dragón 950	3	70

Fuente: Elaboración propia

En la figura 2.10, se puede observar la ubicación de las causas en la matriz de impacto versus control

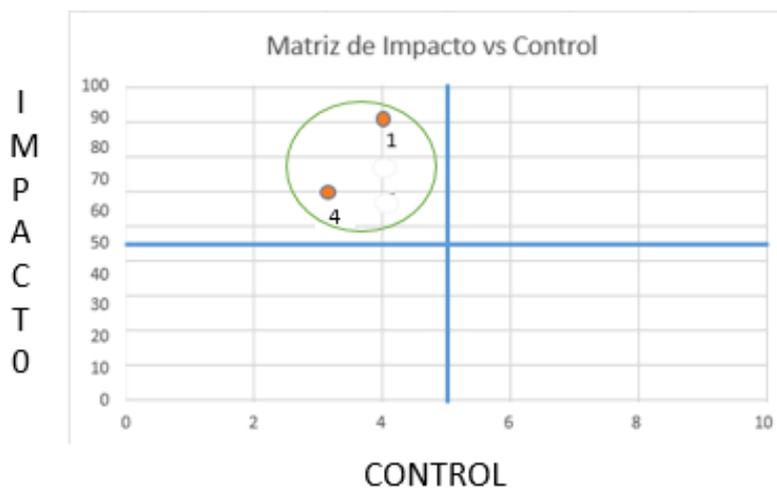


Figura 2.10 Matriz Impacto- Control

Fuente: Elaboración propia

Las causas finalmente seleccionadas son:

- Fatiga por trabajo repetitivo.
- Retrabajo en el proceso de empaque de 950cc.

Estas son las causas de las que se analizarán para encontrar la causas raíces y poder implementar alguna mejora y disminuir su efecto sobre nuestro problema.

2.2.2 Plan de verificación de causas

Debido a que la mayoría de los procesos de la línea son realizados por la mano de obra de los operarios, se realizará la verificación de causas por Gemba y con la medición del throughput en la línea.

Tabla 2.7 Plan de Verificación de causas

	CAUSAS	¿QUÉ?	¿CÓMO VERIFICAR?	ESTADO
1	Fatiga por trabajo repetitivo.	Provocarí­a una disminuci3n o aumento en la cantidad de producci3n	Gemba, Medici3n de throughput	completado
4	Retrabajo en el proceso de empaque de 950cc.	El retrabado aumenta tiempo en la producci3n y actividades que no le agregan valor a la producci3n	Gemba	Completado

Fuente: Elaboraci3n propia

Verificaci3n de X1: Fatiga por trabajo repetitivo

La semana 47 del 2018 se realiz3 un levantamiento de tiempos donde se mide el throughput en la l­nea para las diferentes presentaciones y en diferentes periodos del d­a, es decir, en la ma­ana y en la tarde.

Como se detalla en la tabla 2.8 se planificaron 4,375 d­as para la producci3n en sus diferentes presentaciones lo que quiere decir que en una jornada de 10 horas laborables solo tendr3n 3 rotaciones.

Tabla 2.8 Orden de producci3n de la semana 47 del 2018

ORDEN DE PRODUCCION DE LA SEMANA 47 DEL 2018							
WEEK	SAP	PRODUCTO	UNIDADES PLANIFICADAS	HORAS PLANIFICADAS	UNIDADES FRACCIONADAS	HORAS USADAS	DAIAS USADOS
47	4000503	230 CC.	26.086 u	11,5	52198	22	2,2
	4000504	ATOMIZADOR 475 CC.	16.842 u	13,3	16848	13,5	1,35
	4000505	475 CC.	18.947 u	9,9	16836	8,25	0,825
	4000506	950 CC.	6.315 u	5,1			0
						D­as Totales	4,375

Fuente: Elaboraci3n por gerencia de planta de estudio

En la figura 2.11 se muestra la diferencia que existe en el throughput durante la mañana y la tarde durante una jornada laboral.

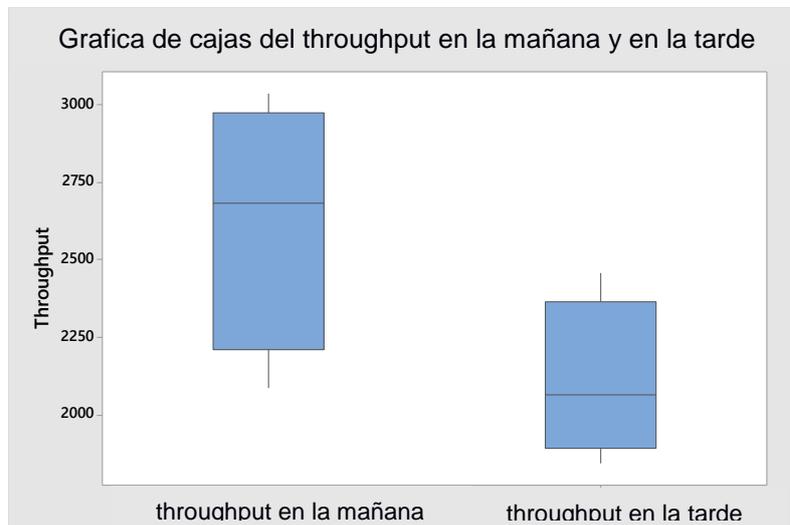


Figura 2.11 Gráfica de cajas del throughput de una jornada laboral

Fuente: Elaboración propia

A continuación, en la tabla 2.9 se puede evidenciar la reducción del throughput en cada una de las presentaciones del producto.

Tabla 2.9 Análisis de throughput

Presentación	Throughput (8 AM -12 AM)	Throughput (1 PM -6 PM)	Reducción del throughput
230cc	3036	2457	19%
475cc	2792	2039	27%
475cc Atm	2575	2091	19%
950cc	2088	1843	12%

Fuente: Elaboración propia

Con este análisis verificamos que el trabajo repetitivo genera fatiga a lo largo del día lo que produce una disminución en la producción del producto.

Verificación de X2: Retrabajo en el proceso de empaque en la producción de 950cc

La demanda de este producto es muy baja y según la perspectiva del jefe de producción intuye que la forma en que llega el material para la producción de 950cc no afecta el rendimiento. Sin embargo, los tiempos que consumen los operarios en el setup para producir la presentación 950cc son mayores a 15 minutos, estos 15 minutos son el

tiempo establecido por política que debe durar el setup en cualquier línea del área de producción.

En la figura 2.12 se muestra el proceso de producción en la presentación de 950cc.

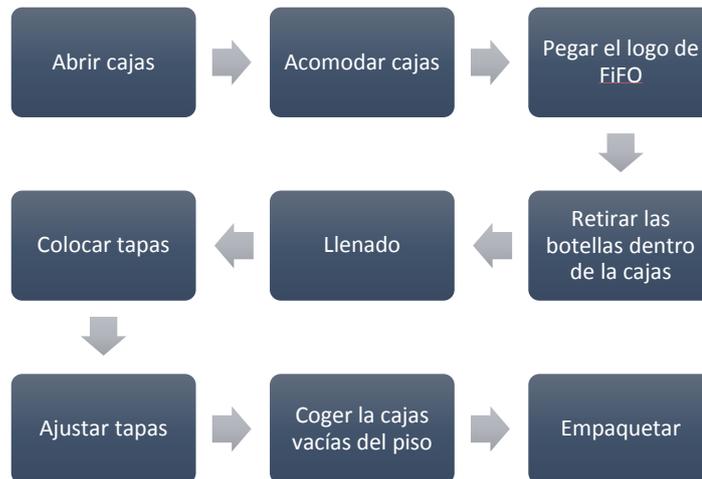


Figura 2.12 Proceso de producción 950cc

Fuente: Elaboración propia

Este proceso no solo afecta los tiempos, sino que es necesario agregar más actividades que las que poseen los otros procesos donde los materiales llegan por separado.

2.2.3 Determinación de causas raíces

Luego de haber identificado las causas potenciales que generan un bajo rendimiento en la línea, se procedió a realizar los cinco ¿Por qué? Como se detalla en la tabla 2.10.

Tabla 2.10 Cinco ¿Por qué? De las causas potencial del bajo rendimiento

¿QUÉ?	¿POR QUÉ? 1	¿POR QUÉ? 2	¿POR QUÉ? 3	¿POR QUÉ? 4	¿POR QUÉ? 5	CAUSA RAIZ
Fatiga por trabajo repetitivo	Porque trabajan en la misma estación por más de 10 horas laborables.	Porque la rotación de estación solo se da cuando se genera una nueva orden de producción.	Porque las políticas de rotación son dadas por el departamento de producción.			Las políticas de rotación actuales son dadas por el departamento de producción.
Retrabajo en el proceso de empaque de 950cc	Se generan mayor tiempos de stups y actividades que no agregan valor al proceso.	Porque se debe sacar las botellas de las cajas para llenarlas y luego volverlas a empacar.	Porque la materia prima llega empacada como producto final.	Porque no hay una estandarización de la llegada de la materia prima.		No hay una estandarización de la llegada de la materia prima.

Fuente: Elaboración propia

A partir de los realizar los cinco ¿por qué? Se obtuvieron las causas raíces de cada una de las causas que se verificaron como se muestra en la figura 2.13.

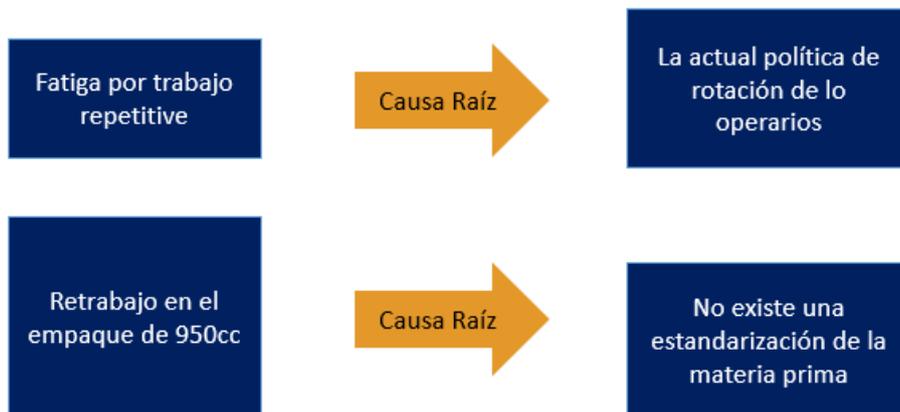


Figura 2.13 Identificación de causas raíces

Fuente: Elaboración propia

2.3 Mejora

Luego que se determinaron las causas raíces de nuestro problema, se procede con la siguiente etapa de la metodología DMAIC, en esta etapa se tratará de hallar soluciones al problema planteado, mediante una lluvia de idea luego seleccionar las mejores de ellas y realizar un plan de implementación para su posterior implementación.

2.3.1 Lluvia de ideas de posibles soluciones

Se realizó una lluvia de idea de posibles soluciones con ayuda del equipo del proyecto con el fin de tener una mayor cantidad de soluciones para mejorar el rendimiento como se muestra en la figura 2.14

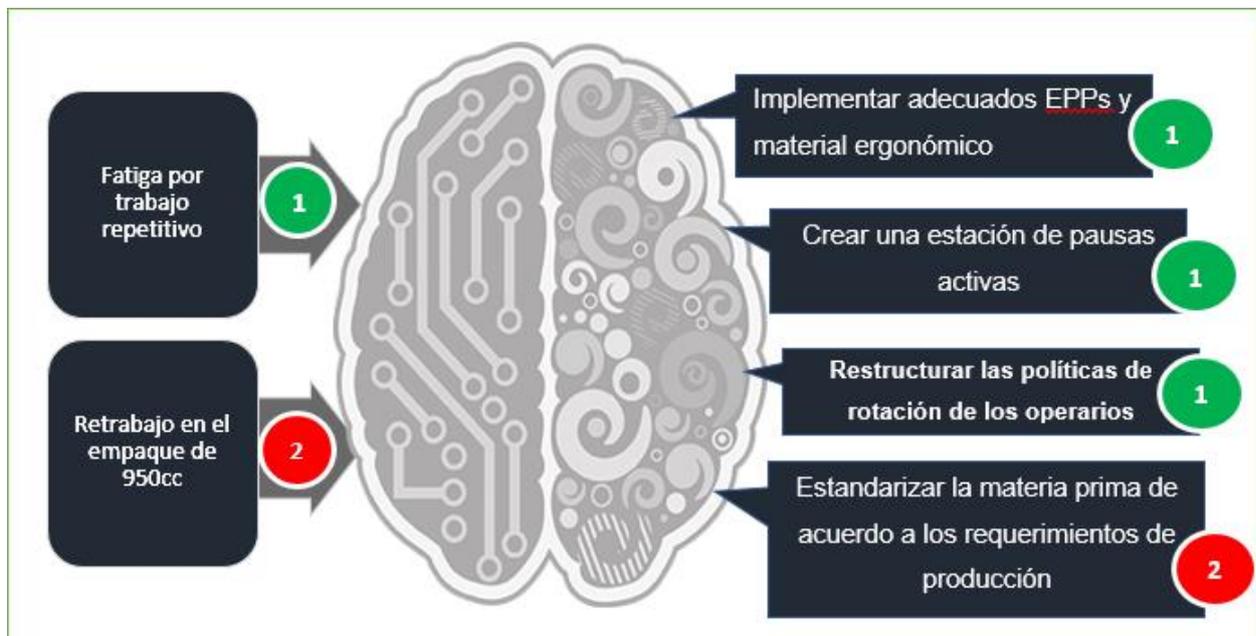


Figura 2.14 Lluvia de ideas de las posibles soluciones

Fuente: Elaboración propia

2.3.2 Selección de soluciones

Luego de la lluvia de idea de las posibles soluciones, se procedió a realizar un análisis de los posibles costos en que incurriría implementar las posibles soluciones como se muestra en la tabla 2.11.

Soluciones:

1. Implementar adecuado EPP y material ergonómico.
2. Crear una estación de pausas activas.

3. Restructurar las políticas de rotación de los operarios.
4. Estandarizar la materia prima de acuerdo a los requerimientos de producción.

Tabla 2.11 Costos estimados

	Costos iniciales estimados			
	Solución 1	Solución 2	Solución 3	Solución 4
Activos	\$ 384,00	\$.	\$ 1.200,00	\$.
Fuerza laboral	\$.	\$.	\$.	\$.
Capacitación	\$.	\$.	\$.	\$.
Adicionales	\$.	\$.	\$.	\$.
Costo total	\$ 384,00	\$.	\$ 1.200,00	\$.
Análisis final				
Menor costo (30%)	4	5	2	5
Mayor impacto (40%)	3	5	4	5
Menor esfuerzo (30%)	5	3	3	2
Valor final	4,0	4,3	3,0	4,0

Fuente: Elaboración propia

De este análisis quedan las soluciones 1, 2 y 4 donde

- 1 Implementar adecuado EPP y material ergonómico.
- 2 Crear una estación de pausas activas.
- 4 Estandarizar la materia prima de acuerdo a los requerimientos de producción.

Dado que es un proceso que en su mayoría es manual nos basaremos en reducir la holgura del operario como se detalla en la tabla 2.12.

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{Producción total}}{V_{ideal} \times \text{Tiempo operacional}}$$

↓

$$\text{TS} = \text{TN}(1 + \text{HOLGURA})$$

(2,4)

Tabla 2.12 Holguras variables de los operarios

Holguras variables	Proporción
Posición	2
Fuerza muscular	2
Condición atmosférica	0
Ruido	0
Iluminación	0
Monotonía	5
Esfuerzo Visual	0
Tedio	5
TOTAL	12

Fuente: Elaboración propia

Lo que buscamos con nuestras soluciones es reducir las holguras de los operarios ya que es una línea que es su mayoría es trabajo manual y básicamente queremos reducir la monotonía del trabajo y el tedio en la línea de trabajo, además que estas soluciones son las más aptas para la implementación considerando el limitante tiempo para el desarrollo de este proyecto.

De la figura 2.15 se muestra la matriz impacto-esfuerzo podemos observar que las soluciones seleccionadas son la 2 y 4 es decir:

- Estandarizar la materia prima de acuerdo a los requerimientos de producción.
- Restructurar las políticas de rotación de los operarios.

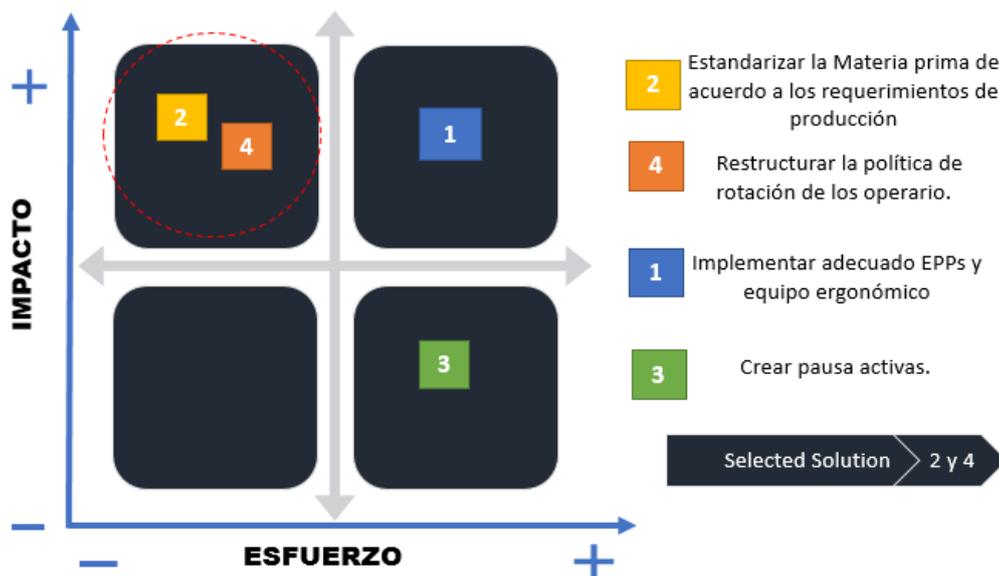


Figura 2.15 Matriz de Impacto-Esfuerzo

Fuente: Elaboración propia

2.3.3 Plan de implementación de soluciones

Con las soluciones que hemos seleccionado, se realizó un plan de implementación de soluciones para poder conocer con su alcance y duración de la implementación como se muestra en la tabla 2.13:

Tabla 2.13 Plan de implementación de soluciones

CAUSA RAÍZ	¿QUÉ?	¿POR QUÉ?	¿DÓNDE?	¿QUIÉN?	COSTO	¿CUÁNDO?	ESTADO
Fatiga por trabajo repetitivo.	Restructurar el plan de rotación de los operarios.	Reduciría la fatiga de los operarios.	En la línea de producción de Drapac.	Líder del proyecto	N/A	Enero-19	Completado
No hay comunicación entre los departamentos de producción y materia prima.	Estandarizar la materia prima de acuerdo a los requerimientos de producción.	Reduciría los tiempos de septus y los tiempos de llenado	En la línea de producción de Drapac.	Líder del proyecto	N/A	Enero-19	Completado

Fuente: Elaboración propia

2.3.4 Descripción de las soluciones

A continuación, se detallan las soluciones y los posibles resultados que se esperan obtener con la implementación de estas.

Estandarizar la materia prima de acuerdo a los requerimientos de producción

Consiste en que la materia prima es decir las botellas que se necesitan para el llenado en la presentación de 950cc deberían llegar funda como actualmente llega para las otras presentaciones, al llegar las botellas en cajas, es decir preempacada esto hace que en la estación de llenado se eleven los tiempos y a su vez la repetición de esta actividad conlleva a la fatiga. Lo que se busca con este pequeño cambio es reducir tiempos de setups y tiempos en la operación de llenado.

Reestructurar las políticas de rotación de los operarios.

Con esta solución queremos realizar un plan de rotación de los operarios por cada estación que consiste en realizar un cambio de operario en cada cierre parcial de cada a continuación se detalla cómo será en cada presentación:

- **Drapac 230cc**

En esta presentación las botellas llegan en pacas de fundas donde vienen 181 botellas y cada cierre parcial es cuando se hacen 30 fundas es decir cuando se tienen 5430 unidades, en ese momento se realizará en cambio de operario.

- **Drapac 475cc**

En esta presentación las botellas llegan en pacas de fundas donde vienen 145 botellas y cada cierre parcial es cuando se hacen 30 fundas es decir cuando se tienen 4350 unidades, en ese momento se realizará en cambio de operario.

- **Drapac 950cc**

En esta presentación las botellas llegan en pacas de fundas donde vienen 91 botellas y cada cierre parcial es cuando se hacen 30 fundas es decir cuando se tienen 5430 unidades, en ese momento se realizará en cambio de operario.

2.4 Implementación

Se analizaron algunas condiciones para implementar las soluciones, a continuación, se detallan:

Implementación de la solución 1: Estandarizar la materia prima

Se conversó con el proveedor para que pueda enviar los envases en fundas ya que anteriormente llegaban preempacadas lo que me genera un mayor tiempo en setups, además se estableció que las fundas deben llegar con un máximo 91 envases por fundas para el correcto almacenamiento en la bodega de materia prima.



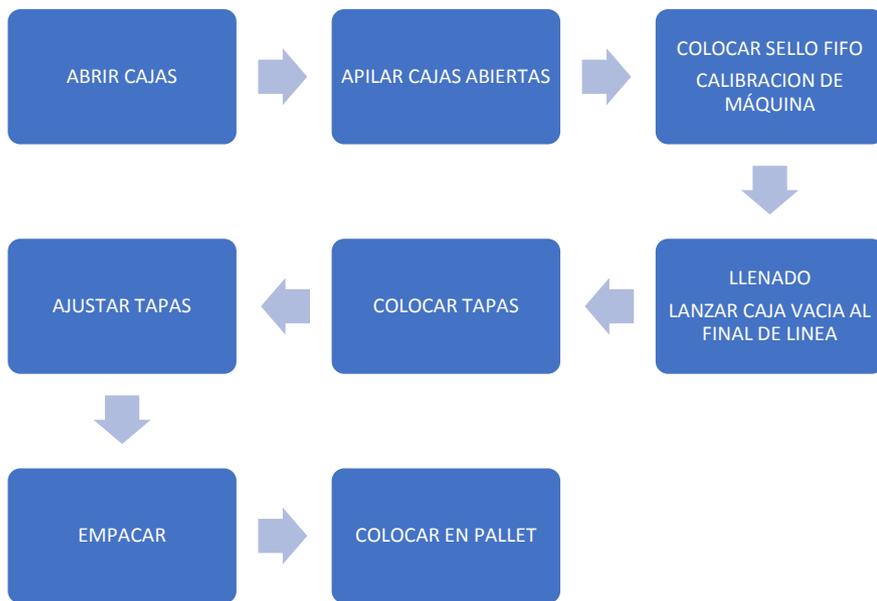
Figura 2.16 Materia prima pre empacada para la presentación de 950cc (Situación inicial)
Fuente: Elaboración por bodega planta de estudio



Figura 2.17 Materia prima en fundas (Situación mejorada)
Fuente: Elaboración por bodega planta de estudio

En la figura 2.18 se muestra el proceso como se desarrollaba inicialmente en la línea, se realizaban nueve actividades durante el proceso.

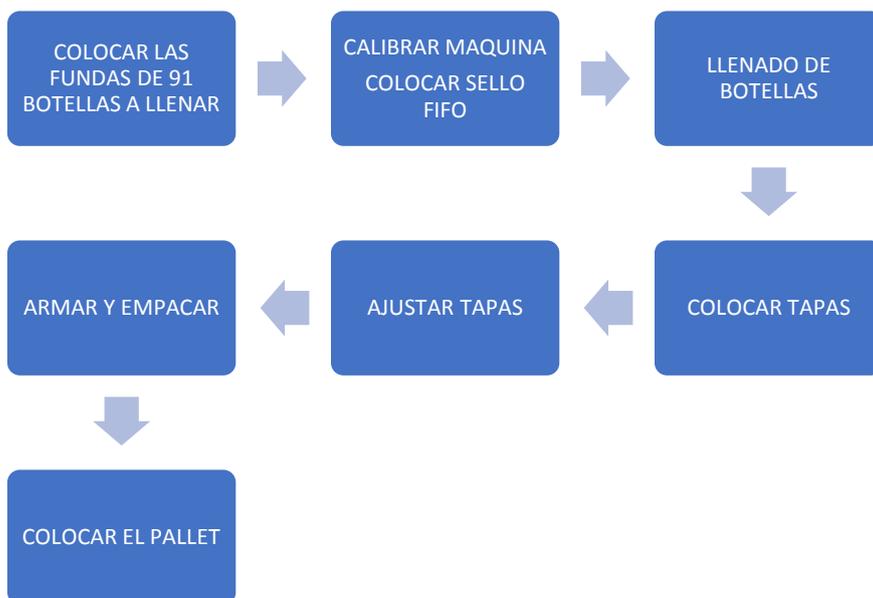
Figura 2.18 Proceso Inicial de fraccionamiento de Drapac de 950cc



Fuente: Elaboración propia

En la figura 2.19, con la implementación de la mejora se puede observar que las actividades se redujeron a siete.

Figura 2.19 Proceso con mejora implementada en el fraccionamiento de Drapac de 950cc



Fuente: Elaboración propia

Implementación de la solución 2: Restructuración de la política de rotación por estación de trabajo en la línea

POLITICA: Rotar a los operarios por estación de trabajo en cada cierre parcial de en la línea de Drapac.

Como paso inicial fue convérsalo con el jefe de producción y el gerente de la planta para que nos dieran autorización de cambiar los tiempos duración de la rotación que llevaban inicialmente, el cual consistía en rotar por cada orden de trabajo la que podía llegar a durar hasta dos días de trabajo en la misma estación de la línea.

Como siguiente paso fue hablarlo con el jefe de la línea quien también opera en la misma, luego de conversarlo y proponerle la idea de que se diera la rotación por cada cierre parcial esto quiere decir que se realiza una para contabilizar la cantidad de envases usados ya que el proceso en su mayoría es manual es propenso a cometer mayor cantidad de errores.

Posterior se acordó realizar la rotación de cada estación cuando se genere un cierre parcial, en la tabla 2.14 se muestra cuando se debe hacer la rotación de acuerdo al número fundas de envases por cada presentación.

Tabla 2.14 Cierres parciales por fundas

Presentación de Drapac	Cierre Parcial (Fundas de envases)	Unidades en cada fundas	Total de unidades fraccionadas
230 cc	30	181	5430
475 cc	30	145	4350
475 cc con Atomizador	30	145	4350
950 cc	31	91	2821

Fuente: Elaboración propia

Con la implementación de esta política lo que se busca es reducir la fatiga que se genera estar en una solo estación realizando un trabajo repetitivo por más del 50% del tiempo de una jornada laboral, es decir por más de 5 horas de trabajo ya que estamos analizando la temporada alta de producción y la jornada de trabajo dura 10 horas

Además de poder mejorar los tiempos de producción y que los operarios que conforma la línea desarrollen mejor su habilidad en las diferentes estaciones de trabajo.

2.5 Control

En esta etapa se presentan una estrategia de control para cada una mejora implementada, con el fin de mantener la sostenibilidad a largo plazo. Se inició con la charla inductiva a los operarios de los cambios que se implementarían y de los controles a realizar para el éxito en las propuestas.

Control de materia prima

Para la producción de cualquier presentación de Drapac se requiere una orden de producción, donde se especifican los insumos necesarios para iniciar la producción. El jefe de línea es quien realiza la verificación visual y registra en la orden si los insumos son los correctos y en las cantidades correctas.

Para controlar el requerimiento de la materia prima para producir Drapac 950cc, el operario debe realizar la inspección de sus insumos como lo suele hacer usualmente, sin embargo, la plantilla contara con dos check box, con las opciones como se muestra en la tabla 2.15.

Tabla 2.15 Listado de insumos necesarios para una orden de producción de Drapac 950

DESCRIPCION
DRAPAC 1000 LT
ETIQ. DRAPAC 950 CC
CAJA PET DRAPAC 468X360X232 200CC
TAPA VERDE IMPRESA 28 MM
ENV. PET AMARILLO DRAPAC 43GR 1 LT <input type="checkbox"/> FUNDAS <input type="checkbox"/> CAJAS
ETIQ. FIFOS I TRIM. ROJO

Fuente: Elaboración propia

Luego de que el operario realiza la verificación de los materiales se procede a informar al jefe de producción para que autorice la apertura de la línea, que es donde se inicia el setup para la producción. En esta verificación el jefe de producción debe verificar que la materia prima sea en fundas, de ser el caso que llegara en cajas poder informar al departamento de bodega prima que el requerimiento no es el correcto y así mantener la estandarización en el arribo de la materia prima.

Control de rotación de personal

El jefe de producción realiza rondas cada hora para controlar el nivel de producción de cada una de las estaciones de trabajo, usa una plantilla para registrar el número de unidades producidas por cada ronda. Usando estas rondas es que el jefe de producción debe verificar que se dio la rotación dependiendo de las unidades producidas, en el caso

que no se dé, informar a los operarios que en el siguiente cierre parcial de la línea realicen la rotación.

Tabla 2.16 Plan de control para la rotación del personal y arribo de materia prima.

CAUSA	¿QUÉ?	¿CÓMO?	¿DÓNDE?	¿QUIÉN?	¿CUÁNDO?
Fatiga por trabajo repetitivo.	Plantilla de verificación de rotación.	Mediante el desarrollo de la plantilla donde se realizará el check list de la actividad.	En la línea de producción Drapac.	Jefe de producción	Cada hora
No hay comunicación entre los departamentos de producción y compra de materia prima.	Plantilla de verificación de materia prima.	Mediante el desarrollo de una plantilla con check box del estado como arriba la materia prima.	En el área de recepción de materia prima de producción.	Jefe de línea	Por orden de producción

Fuente: Elaboración propia

Las plantillas de control se presentan en los anexos de este informe.

CAPÍTULO 3

3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

La etapa de implementación duro tres semanas desde que se realizó la charla inductiva a los trabajadores, para la primera semana los operarios tuvieron una etapa de adaptación a las nuevas políticas de rotación, y para comprobar el éxito de estos cambios se realizó un muestreo de trabajo para calcular el rendimiento y posterior los demás componentes del OEE.

Para la producción de Drapac de 950cc se pudo reducir las actividades de setup por lo que también se obtuvo una reducción en los tiempos de operación.

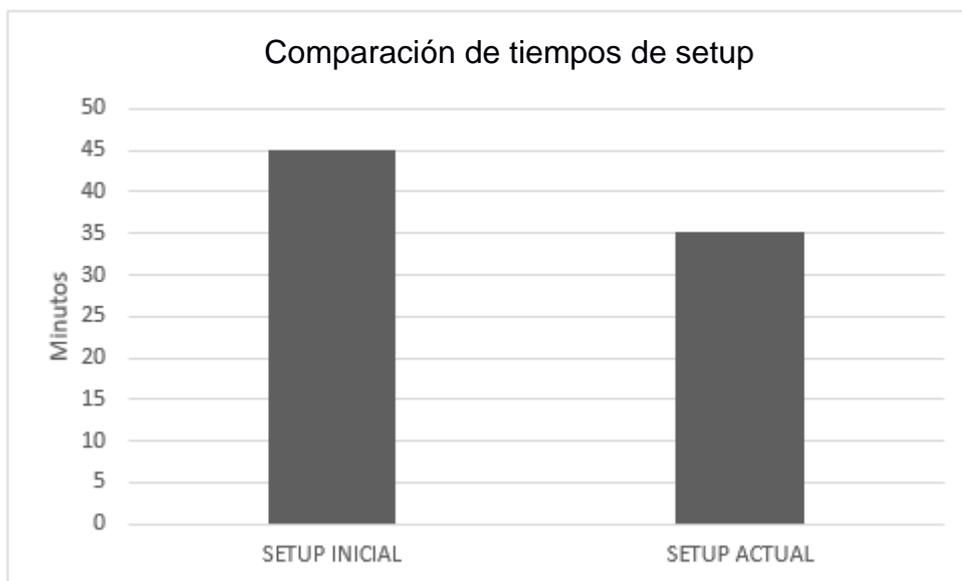


Figura 3.1 Resultados de cambios de materia prima para 950cc

Fuente: Elaboración propia

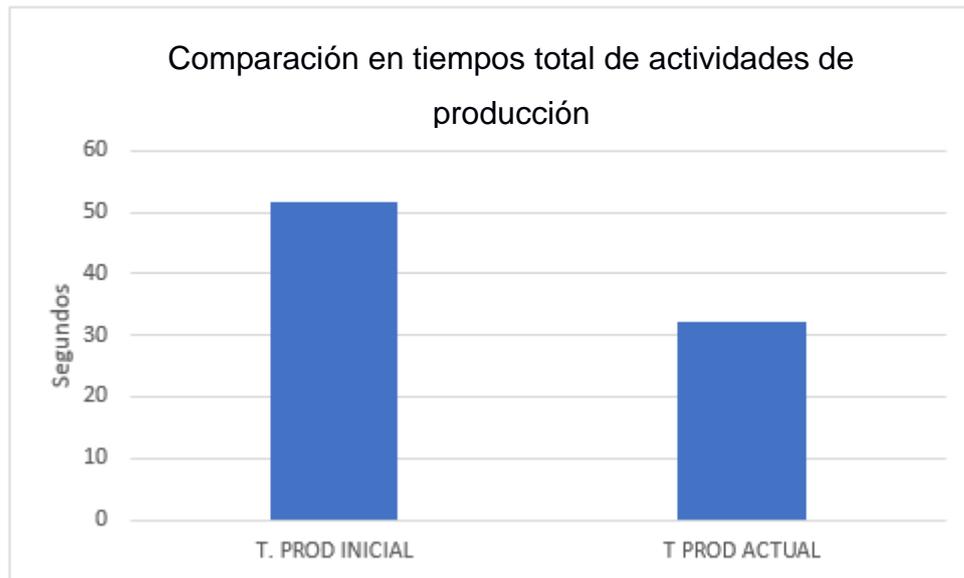


Figura 3.2 Reducción del tiempo total en las actividades de producción de 950cc.

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 3.1 se muestra los tiempos por setup y por producción tanto iniciales, actuales y su proporción de mejora.

Tabla 3.1 Tabla de resultados en proporción

SETUP INICIAL	SETUP ACTUAL	PROPORCIÓN DE MEJORA
45 MIN	35,1 MIN	22%
TIEMPO DE PRODUCCION INICIAL	TIEMPO DE PRODUCCION ACTUAL	PROPORCION DE MEJORA
51,53 SEG	32,21 SEG	37,5%

Fuente: Elaboración propia

Resultados de la segunda implementación

Al implementar la rotación de los operarios se procedió a medir el throughput de la línea por hora, es decir cuántas unidades por hora se producen por cada una de las presentaciones que se realizan en la línea, en la tabla 3.2 se muestra la comparación de inicial y la mejora del throughput en promedio, luego de tres semanas de haber implementado la mejora.

Tabla 3.2 Comparación del throughput en unidades/hora

Producto	Throughput Inicial (Unid/ hora)	Throughput Mejorado (Unid/ hora)	Incremento (unid/hora)
230cc	3036	3469	433
475cc	2575	3178	603
475cc Atm	2792	3357	565
950cc	2088	2728	640

Fuente: Elaboración propia

En la figura 3,3 se evidencia que en la situación inicial hay un incremento en la tasa de salida de producto, y se daba con frecuencia en las horas previas al almuerzo y en horas de la tarde, luego de la implementación se puede evidenciar que no solo se mantiene la tasa de salida de los productos, sino que los tiempos de salida son más cortos que en la situación inicial.

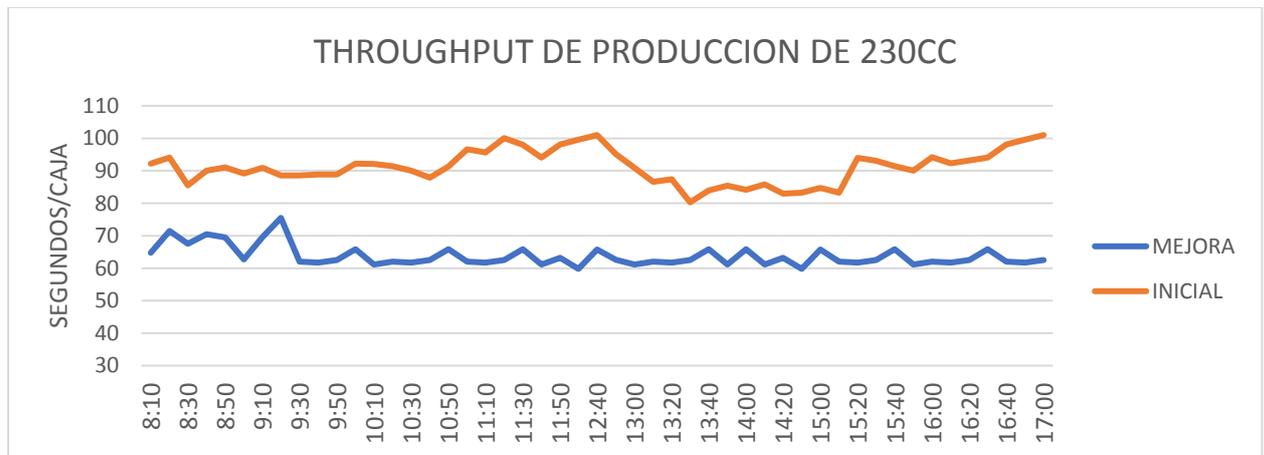


Figura 3.3 Comparación del throughput en estado inicial y el actual

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 3.3 se muestra la comparación del rendimiento de la situación inicial con la actual y sus respectivos porcentajes mejorado de cada presentación.

Tabla 3.3 Comparación del Rendimiento inicial con el actual

ANÁLISIS DE RENDIMIENTO				
PRESENTACIÓN	230cc	475cc Atom	475cc	950cc
THROUGHPUT	3469	3357	3178	2728
TIEMPO DE OPERACIÓN (min)	7,65	5,32	4,5	3,31
RENDIMIENTO INICIAL	78,00%	63,12%	72,68%	66,36%
RENDIMIENTO MEJORADO	81,84%	70,72%	88,29%	81,60%
MEJORA	4,70%	10,75%	17,68%	18,68%

Fuente: Elaboración propia

Aumentando en promedio el 10% del rendimiento, cabe recalcar que esto se logró con un muestreo de trabajo para el posterior cálculo del OEE, como se muestra en la figura 3.4 la proporción de la distribución de los tiempos del muestreo.

Debido a la temporada alta, el área de producción realiza dos horas extra para cumplir con el plan de producción, por lo que el muestreo de trabajo se hizo en 4 días laborables es decir 40 horas y los resultados fueron.

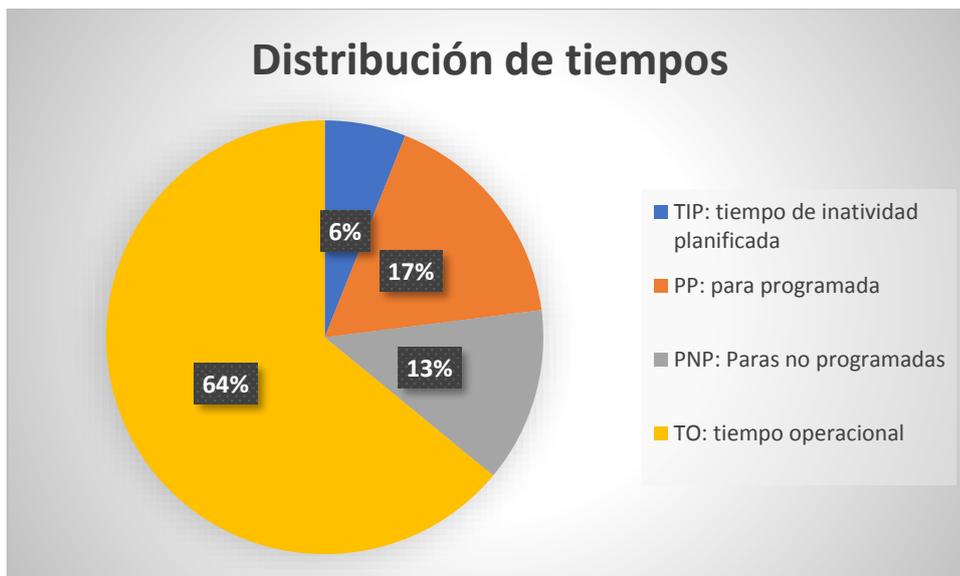


Figura 3.4 Resultados del muestreo de trabajo

Fuente: Elaboración propia

Esto nos ayudó con el cálculo de los componentes del OEE, como se muestra en la figura 3.5 la comparación de cada componente del OEE.

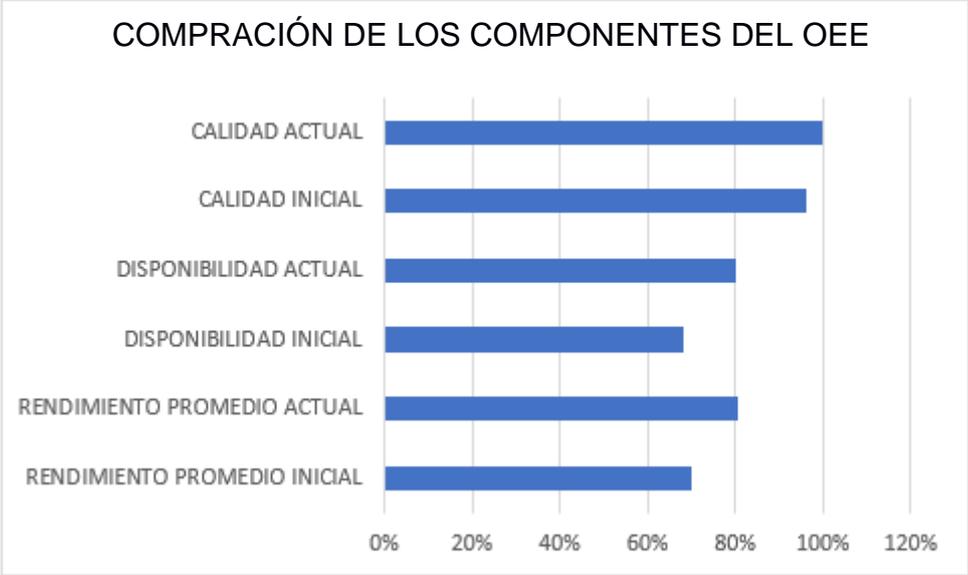


Figura 3.5 Comparación del estado inicial del OEE con el estado actual
Fuente: Elaboración propia

Al reducir la fatiga diaria en los operarios no solo se logró reducir los tiempos de operación como se muestra en la figura 3.6, sino también se minimizaron los errores, y se aumentó la disponibilidad de la estación.

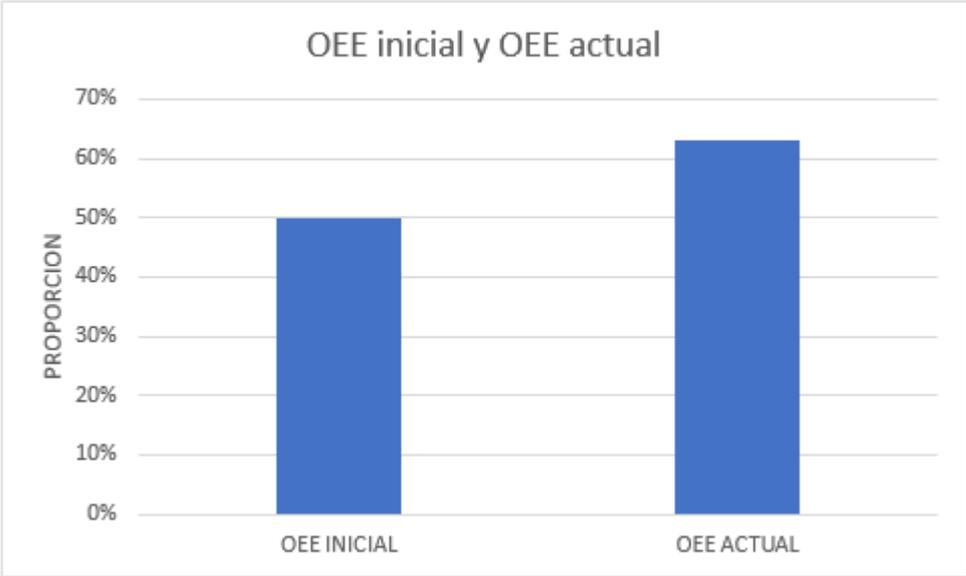


Figura 3.6 Comparación del OEE del estado inicial y el estado actual en la línea
Fuente: Elaboración propia

Análisis Financiero

La empresa de estudio aclaró que la utilidad obtenida de las ventas de Drapac son del 31,47% de las ventas totales de este producto. Dado que las mejoras que se implementaron en este proyecto no tienen costo alguno, pero al aumentar la productividad, este incremento es proporcional a las ganancias que genera este producto.

Tabla 3.4 Estimación de utilidad por el nuevo rendimiento de la línea drapac

ANALISIS DE RENDIMIENTO				
PROSENTACIÓN	230 CC	475CC A	475 CC	950 CC
PRODUCCIÓN TOTAL	21720	12631	12628	7369
VENTAS	\$ 34.752,00	\$ 55.576,40	\$ 36.621,20	\$ 37.066,07
COSTO DE VENTA	\$ 23.815,55	\$ 38.086,51	\$ 25.096,51	\$ 25.401,38
UTILIDAD	\$ 10.936,45	\$ 17.489,89	\$ 11.524,69	\$ 11.664,69
% AUMENTO DE PRODUCTIVIDAD	4,70%	10,75%	17,68%	18,68%
UTILIDAD FUTURA	\$ 11.450,23	\$ 19.369,53	\$ 13.562,27	\$ 13.843,19
UTILIDAD TOTAL	\$ 51.615,73			
UTILIDAD FUTURA TOTAL	\$ 58.225,22			

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

- Se logró identificar los procesos involucrados en el área de producción y medir el rendimiento con el que contaba la línea Drapac, así como también conocer que el proceso de producción es manual y el rendimiento de la línea depende del desempeño de los operarios.
- Se usó la metodología DMAIC y sus herramientas de análisis de causas para poder cuantificar las causas críticas que afectan al rendimiento de la línea, dando como resultado que la fatiga es lo que más afectaba el nivel de producción.
- Se contó con la aprobación directa por parte de la directiva de la empresa para la implementación de las mejoras y realizar un muestreo de trabajo para conocer estado actual de la línea de producción.
- Se logró mejorar en promedio el rendimiento de un 70% a un 80%, logrando reducir los errores en un 3%, y aumentando la disponibilidad de 63% a un 80%, así como el OEE aumento en un 13% en las 2 semanas de implementación de mejoras en la línea Drapac.
- Se diseñó un formato de control para mantener la sostenibilidad de las mejoras a largo plazo y poder replicarlas en las demás líneas de producción.

4.2. Recomendaciones

- Es recomendable que cuando los operarios roten a otras estaciones de trabajo lo hagan en combinaciones de diferentes operarios para que adapten a la forma de trabajar entre todos los operarios.
- En el caso de que se aplique en otras estaciones es necesario verificar si las actividades en cada estación son las mismas o no posean gran variedad, para obtener el éxito en la aplicación.
- Se recomienda la automatización de la línea considerando que se realizó una consultoría de la maquina tapadora y se tiene un precio de \$19600 que tendrá un rendimiento máximo de 5000 unidades por hora.

BIBLIOGRAFÍA

Bibliografía

- Almeida, R. P. (2004). *Estudio de Alternativas para Incrementar a Eficiencia Operacional de una Planta de Producción de Fertilizantes Compuestos*. Guayaquil.
- Andrew Eloka, C. O. (2018). Detailed design and optimization of a sustainable micro.algal biofuel process plant. *International Journal of Low.Carbon Technologies*, 122.130. doi:10.1093~ijlct~cty004
- Arroyo, J. m. (2010). *Metodología para la Implementación de la Manufactura Esbelta en los Procesos Productivos para la Mejora Continua*. Mexico.
- Cuevas, B. N. (2013). *Mapeo de la Cadena de Valor (VSM) como Estrategia de Reducción de Costos*. Tijuana.
- Dale E. Bauman, S. N. (1985). Sources of Variation and Prospects for Improvement of Productive Efficiency in the Dairy Cow: A Review. *Journal of Animal Science*, 583.592. doi:10.2527~jas1985.602583x
- Esteban Pérez López, M. G. (2014). Implementacion d ela Metodología DMAIC Seis Sigma en el Envasado de Licores en Fanal. *The Journal of Applied Poultry Research*, 444.445. doi:10.3382~japr.2013.00930
- James M. Jacobson, M. E. (2006). Lean and Six Sigma: Not for Amateurs: First in a 2.Part Series. *Laboratory Medicine*, 78.83. doi:10.1309/N4THYEQCHCGWQ3ND
- James M. Jacobson, M. M. (2006). Lean and Six Sigma: Not for Amateurs: Second in a 2.Part Series. *Laboratory Medicine*, 140.145. doi:https://doi.org/10.1309/9LHB9G96AHMT9XG2
- Jarrín, E. V. (2015). Aplicación de Metodología DMAIC para la Reduccion de Proceso de Informacion Estadistica de Control Nutricional. *Industrial and Corporate Change*, 797–826. doi:10.1093~icc~dtt027
- Meyerholz, S. (2015). Using DMAIC as a Road Map to Approach Zero Central Line Infections(CLABSIs). *African Affairs*, 65.88. doi:10.1093~oxfordjournals.afraf.a098407
- Moncayo, C. E. (2015). *Implementacion de la Metodología DMAIC para Reducir los Defectos de Etiquetado en una Linea Embotelladora de Bebidas*. Guayaquil.

- Palacios, J. E. (2016). Análisis de Rendimiento de una Línea de Producción de Bebidas Carbonatadas. *The World Bank Research Observer*, 57.89. doi:10.1093~wbro~lkp028
- R. E. Loar, K. G. (2014). Effects of varying conditioning temperature and mixer-added fat on feed manufacturing efficiency, 28. to 42.day broiler performance, early skeletal effect, and true amino acid digestibility. *The Journal of Applied Poultry Research*, 444.455. doi:10.3382~japr.2013.00930
- Racines, S. A. (2013). *Aplicación de las 7 herramientas de la Calidad a través del Ciclo de Mejora Continua de Deming en la Sección de Hilandería en la Fábrica Pasamanería S.A. Cuenca.*
- Shankar, R. (2009). *Process Improvement Using Six Sigma*. ASQ Quality Press.

APÉNDICES

APÉNDICE A

FORMATO DE TOMA DE TIEMPOS

		Analista:		OPERADOR		ACTIVIDAD		
		Producto:						
		Cant. Producir:						
		Hora:						
		Cantidad de operarios:						
		OBSERVACIONES:						
Inicio de Prod.								
Fin de prod:								
								Observaciones
T de actividad (s)	T muerto (s)	T de actividad (s)	T muerto (s)	T de actividad (s)	T muerto (s)	T de actividad (s)	T muerto (s)	

Formato de control de materia prima



PLANTA - ESTUDIO

Dirección: Km 15,5 VIA A DAULE
Teléfono: 04 2160-429 **CENTRO:** 0003

ORDEN DE PRODUCCION - PLANTA ESTUDIO

O.P. #	30029140	Cantidad Programada	5263
Codigo	4000506	Hora inicio	_____
Producto	DRAPAC 950 CC.	Hora Final	_____
Fecha	31,01,2019	Tiempo estimado	
Línea	CERELQ01	Lote Reempaque	30029140 -
Clase de Orden	ZCFR		

Nro. Cmppte.	CODIGO	DESCRIPCION	ALMACEN	CANT. SUGER	CANT. CONSUM
1	2000529	DRAPAC 1000 LT	0010	5	
2	2000884	ETIQ. DRAPAC 950 CC	0010	5263	
3	2000721	CAJA PET DRAPAC 468X360X232 200CC	0010	264	
4	2000700	TAPA VERDE IMPRESA 28 MM	0010	5263	
5	9000047	ENV. PET AMARILLO DRAPAC 43GR 1 LT <input type="checkbox"/> FUNDAS <input type="checkbox"/> CAJAS	0010	5263	
6	2001409	ETIQ. FIFOS I TRIM. ROJO	0010	264	
Total					