

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL
Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la
Producción

“Incremento de la Productividad en las líneas de cuartos y tambor”

PROYECTO INTEGRADOR

Previo la obtención del Título de:

Ingenieros Industriales

Presentado por:

Kevin Rene Moreno Herrera
Melany Daniela Puglla Criollo

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2018

AGRADECIMIENTOS

Mi más sinceros agradecimientos a mis padres que con la bendición de Dios han apoyado en todo momento en etapa de mi vida , a mi hermana Paola y sus hijos que han sido un pilar fundamental en los días difíciles, a mi enamorado que juntos hemos avanzado en este proceso y a mis compañeros de trabajo que apoyaron en la última etapa de este bonito camino.

Daniela Puglla C.

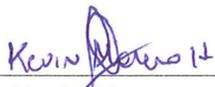
AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios ante todo por la fuerza y sabiduría otorgadas, a mis padres Rene Moreno y Delia Herrera por el constante apoyo durante todo el recorrido hasta este punto, mis hermanos que han vivido conmigo cada etapa de la vida, a mi enamorada y colega que ha recorrido todo el camino hasta llegar aquí.

Kevin Moreno H.

DECLARACIÓN EXPRESA

"Los derechos de titularidad y explotación, nos corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; *Kevin Rene Moreno Herrera, Melany Daniela Puglla Criollo* 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"


Kevin Moreno

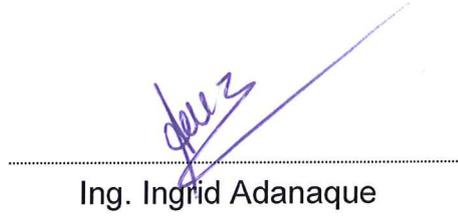

Daniela Puglla

EVALUADORES



Ing. Sofía López

Profesor de Materia Integradora



Ing. Ingrid Adanaque

Tutor de Materia Integradora

RESUMEN

El proyecto se elabora en una empresa dedicada a la fabricación y comercialización de lubricantes. El enfoque del proyecto está orientado a los productos que se elaboran en las líneas de cuartos y tambor del área de llenado de la planta ubicada en la ciudad de Guayaquil, donde según los datos históricos del año 2017 y 2018 ha disminuido la productividad de las líneas por lo tanto el objetivo que se ha definido con la empresa es incrementar el nivel de productividad de 3,19 barriles mensuales/horas-hombre a 4,62 barriles mensuales/horas-hombre.

El proyecto se desarrolló aplicando la metodología DMAIC, consta de 5 etapas donde la primera etapa es la definición donde se escogió una variable de respuesta y se declaró el problema formalmente, se identificaron las necesidades del cliente y los integrantes del proyecto, estableciendo un alcance y objetivos finales. La etapa de medición y análisis se basaron en la recopilación de datos de los factores más críticos de las líneas de cuarto y tambor, se identifican causas potenciales con ayuda de un diagrama causa-efecto y una lluvia de ideas con los involucrados en las líneas de alcance. Con un análisis de 5 porque se identifican las causas raíz de las causas potenciales más impactantes utilizando una matriz impacto-control. Para la etapa de mejora se determinó soluciones a través de una matriz impacto-esfuerzo, se priorizo dos soluciones de acuerdo con los factores críticos analizados.

Como resultados de las dos propuestas de mejora se logró estimar un total del 40% de productividad en la línea de cuarto y un 6% en la línea de tambores. Como meta global se estimó un incrementó de acuerdo con los resultados obtenidos en la simulación un total del 12% de productividad global de las cinco líneas analizadas dando un total 3,57 barriles/horas-hombre.

Palabras Clave: Productividad, DMAIC, Variable de respuesta, diagrama causa matriz de Impacto-esfuerzo, SMED, puesto de trabajo.

ABSTRACT

The project is developed in a company dedicated to the manufacture and marketing of lubricants. The focus of the project is oriented to the products that are elaborated in the rooms and drum lines of the filling area of the plant located in the city of Guayaquil, where according to the historical data of 2017 and 2018, the productivity of the lines has decreased therefore the objective that has been defined with the company is to increase the productivity level of 3.19 barrels per man-hour to 4.62 barrels per man-hour.

The project was developed applying the DMAIC methodology, it consists of 5 stages where the first stage is the definition where a response variable was chosen and the problem was formally declared, the needs of the client and the project members were identified, establishing a scope and final objectives. The measurement and analysis stage was based on collecting data on the most critical factors of the fourth and drum lines, identifying potential causes with the help of a cause-effect diagram and brainstorming with those involved in the lines of action. scope. With an analysis of 5 because the root causes of the most powerful potential causes are identified using an impact-control matrix. For the improvement stage, solutions were determined through an impact-effort matrix, two solutions were prioritized according to the critical factors analyzed.

As a result of the two improvement proposals, a total of 40% of productivity was estimated in the fourth line and 6% in the line of drums. As a global goal, an increase of 12% in overall productivity of the five analyzed lines was estimated according to the results obtained in the simulation, giving a total of 3.57 barrels / man-hours.

Keywords: *Productivity, DMAIC, Response variable, diagram causes Impact-Effort matrix, SMED, job position.*

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	I
ABSTRACT	II
ÍNDICE GENERAL	III
ABREVIATURAS.....	VII
SIMBOLOGÍA	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	IX
ÍNDICE DE TABLAS.....	X
CAPÍTULO 1.....	1
1. Introducción.....	1
1.1 Descripción Del Problema	1
1.2 Justificación Del Problema	1
1.3 Alcance.....	2
1.4 Objetivos	2
1.4.1 Objetivo General	2
1.4.2 Objetivos Específicos	2
1.5 Marco Teórico.....	2
1.5.1 Lubricantes.....	2
1.5.2 Aceite Usado.....	3

1.5.3	Aditivo.....	3
1.5.4	Presentaciones lubricantes	4
1.5.5	Proceso Productivo de lubricantes	5
1.5.6	SETUP Variedades	6
1.5.7	Línea de ensamble.....	6
1.5.8	Muestras de calidad	6
1.5.9	Lean	7
1.5.10	Six Sigma	7
1.5.11	DMAIC.....	7
1.5.12	VOC	8
1.5.13	Diagrama SIPOC.....	8
1.5.14	Diagrama de Pareto	8
1.5.15	Diagrama causa-efecto	9
1.5.16	Herramienta 5 Porqué	9
1.5.17	Herramienta 5`s.....	9
1.5.18	Siete Desperdicios	9
1.5.19	VSM	10
1.5.20	SMED	10
1.5.21	OEE.....	10
1.5.22	Factores del OEE	10

CAPÍTULO 2.....	12
2. Metodología.....	12
2.1 Definir	12
2.2 Medir	13
2.2.1 Plan de recolección de datos	14
2.3 Análisis.....	16
2.3.1 Matriz de priorización	18
2.3.2 Validación de Causas Potenciales	19
2.3.3 Búsqueda de causas raíz	20
2.4 Mejora	21
2.4.1 Plan de acción de causas raíz encontradas	22
2.4.2 Matriz Impacto Esfuerzo.....	23
2.5 Implementación y control.....	24
2.5.1 Implementación de SMED.....	24
2.6 Actualización del perfil de cargo de los operadores	30
2.6.1 Escenario actual descripción de horas-hombre.....	30
2.6.2 Análisis de tiempo actual.....	32
2.6.3 Carga de trabajo.....	33
2.7 Control.....	33
2.7.1 Formato de Auditoría 5's	33

CAPÍTULO 3.....	36
3. Resultados Y Análisis.....	36
3.1 Simulación Del Proceso Actual.....	36
3.2 Simulación Del Proceso De Mejora	36
3.3 Comparación De Resultados.....	37
3.4 Evaluación Financiera	38
3.4.1 Evaluación Financiera Implementación SMED.....	38
3.5 Evaluación Financiera Actualización de Perfil de Cargo	40
CAPÍTULO 4.....	41
4. Conclusiones Y Recomendaciones	41
4.1 Conclusiones.....	41
4.2 Recomendaciones.....	41
BIBLIOGRAFÍA.....	42
APÉNDICE	43

ABREVIATURAS

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
SIPOC	Supplier Input Process Output Customer
DMAIC	Define, Measure, Analyze, Improve, Control
VOC	Voice of Customer
VSM	Value Stream Mapping
SMED	Single-Minute Exchange of Die
OEE	Overall Equipment Effectiveness
OTIDA	Operación, transporte, Inspección, Demora, Almacenamiento.
OTIF	Indicador de cumplimiento
OPM	Plan de producción mensual
CTQ	Índices de calidad
TIR	Tasa Interna de Retorno
VAN	Valor Actual Neto
CF	Costo Fijo
UB	Utilidad Bruta
MDO	Mano de Obra Directa
Take Time	Tiempo en que la unidad sale del sistema respecto a su demanda.

SIMBOLOGÍA

Bb/h-h	Barriles horas hombre
%	Porcentaje
\$	Dólares Americanos
H0	Hipótesis Nula
H1	Hipótesis Alternativa
Te, Sw	Marcas de lubricantes
Bar	Barriles
P	valor p de una prueba estadística
Min	Medida de tiempo
CF	Costos Fijos
UB	Utilidad Bruta

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura1.1 Tipos de aceite y lubricante [Lubricantes-febrero 2016- Recuperado https://compralubricantes.com/blog/aditivos-de-lubricantes-que-tipos-hay/]	4
Figura 1.2 Presentaciones [centralmanguera-2016-Recuperado https://www.centraldemangueras.com/tienda/lubricantes_grasas/]	4
Figura1.3 Proceso de lubricantes [Rafael Camargo Viloria-2011-Recuperado <i>Mejoramiento de los procesos productivos y logísticos de una fábrica de lubricantes . Bucaramanga</i>]	5
Figura 2.1 Diagrama SIPOC	12
Figura 2.2 Lluvia de ideas	17
Figura 2.3 Diagrama Causa-Efecto	18
Figura 2.4 Matriz de impacto-control	19
Figura 2.5 Análisis de causa 1	20
Figura 2.6 Análisis de causa 2	20
Figura 2.7 Matriz impacto esfuerzo	24
Figura 2.8 Proceso de implementación.	29
Figura 2.9 Descripción de operaciones en la línea de cuartos.	30
Figura 2.10 Descripción de horas hombre	31
Figura 3.1 Escenario actual del cambio de la línea de cuartos	36
Figura 3.2 Escenario propuesto aplicando SMED	37
Figura 3.3 Prueba de hipótesis de dos medias	38

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1	Árbol crítico de la calidad Línea de cuartos	13
Tabla 2.2	Fábricas Ocultas	14
Tabla 2.3	Factores de recolección.....	14
Tabla 2.4	Factores de recolección.....	15
Tabla 2.5	Factores de recolección.....	15
Tabla 2.6	Pareto Tambores	16
Tabla 2.7	Clasificación A,B,C	16
Tabla 2.8	Matriz de ponderación de causas potenciales	19
Tabla 2.9	Causas raíz.....	21
Tabla 2.10	Lluvia de ideas soluciones	22
Tabla 2.11	Parámetros de selección	23
Tabla 2.12	Descripción de actividades de drenado	25
Tabla 2.13	Descripción de actividades de cambio de formato.....	26
Tabla 2.14	Diagrama OTIDA de cambios de formato.....	27
Tabla 2.15	Distribuciones del modelo.....	30
Tabla 2.16	Datos recolectados.	32
Tabla 2.17	Cuadro Comparativo.....	32
Tabla 2.18	Auditoría 5's	34
Tabla 3.1	Descripción de costos Mejora 1 (SMED)	39
Tabla 3.2	Análisis financiero 1 Mejora 1	39
Tabla 3.3	Análisis financiero Mejora 2	40

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

El presente proyecto es realizado en una empresa de aceites lubricantes radicada en la región costa; la cual presenta oportunidades de mejora en su productividad en la planta de llenado y mezcla.

La planta de llenado cuenta con las siguientes líneas de producción:

- Línea de cuartos de galón
- Línea de tambores
- Línea de galón
- Líneas menores

Cabe aclarar que la planta de mezcla no tiene líneas de producción, esta sirve como materia prima para la fábrica de llenado.

1.1 Descripción del problema

La productividad del proceso de llenado en una planta de lubricantes ha sido en promedio de 3.19 barriles por mes /horas-hombre desde enero del 2017 hasta septiembre del 2018, mientras que la meta de la compañía es de 4.62 barriles por mes/ hora-hombre.

Por medio de la definición del problema se determinó la variable de respuesta del problema.

Dentro de la empresa se encontraron restricciones enunciadas a continuación:

- Restricción de horas extras.
- Número restringido de personas en la línea.
- No todas las líneas se encuentran automatizadas.
- Número de montacargas limitado.

1.2 Justificación del problema

En base a los análisis realizados se definieron diferentes proyectos que ayudan a cumplir con los requerimientos de la empresa.

Por medio de reuniones con las partes interesadas se definió el proyecto a efectuarse, como resultado se definió aumentar los barriles /horas hombres en la producción global de la empresa. Para poder determinar las líneas que más impactan se realizó una ponderación donde se determinó que las líneas de mayor porcentaje son las líneas de cuartos de galón y tambores, se tomó esta estratificación para posteriores análisis.

1.3 Alcance

Las líneas de cuartos y tambores conforman parte de la planta de llenado y fueron escogidas debido a que las dos líneas representan aproximadamente el 50% de los barriles mensuales en promedio producidos según datos analizados desde el año 2017 hasta el primer semestre del año 2018.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

Incrementar la productividad inicial de 3,19 barriles mensuales/horas hombres a 4,62 barriles mensuales/horas-hombre mediante el análisis de las líneas de cuarto galón y tambor.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Reducir los tiempos que no agregan valor en las líneas de cuarto galón y tambor.
- Identificar los puntos críticos en las líneas de cuarto galón y tambor.
- Estimar las cargas de trabajo por operador en la línea de cuarto galón y tambor.

1.5 Marco Teórico

1.5.1 Lubricantes

Sustancias que permiten la disminución de fricción entre superficies que están en contacto, se interpone entre dos superficies sólidas para evitar su contacto directo evitando el deslizamiento.

Entre las características de los lubricantes se tiene la viscosidad sistemática, índice de viscosidad, punto de inflamación, punto de congelación, volatilidad, azufre y composición hidrocarbonada.

Entre las funciones tenemos la disminución la fricción entre dos superficies metálicas, limpiar y refrigerar motores y proteger órganos mecánicos y de corrosión. (Tejedor, 2019)

1.5.2 Aceite Usado

Según la legislación europea Aceites Usados son:

“Todos los aceites industriales con base mineral o sintética, lubricantes que se hayan vuelto inadecuados para el uso que se les hubiere asignado inicialmente y, en particular, los aceites usados de los motores de combustión y de los sistemas de transmisión, así como los aceites minerales lubricantes, aceites para turbinas y sistemas hidráulicos.”

La mayor generación de aceites usados son los vehiculos, sistemas hidraulicos, transformadores y otras aplicaciones industriales.

Los aceites usados de mayor impacto en el medio ambiente son los motores, una pequeña cantidad de producto puede contaminar grandes cantidades de agua y contienen aditivos, impurezas y residuos generados en la contaminación. (Anónimo, 2018)

1.5.3 Aditivo

Sustancias químicas donde se añaden aceites para formar el lubricante final y así mejorar las propiedades existentes o añadirles nuevas. Las funciones de los aditivos son:

- Proteger al lubricante de cambios químicos
- Cuidar la maquinaria del ataque de los productos de la combustión.
- Mejorar la fluidez del aceite.

Según el producto a fabricar y el rendimiento de éste, se añaden aceites variados y en diferentes cantidades. La proporción de aceites aditivos en motores modernos es de 15-30% de la formula. Como se puede observar en la Figura 1.1

Los aceites aditivos se clasifican en antifricción que retrasan el desgaste prematuro del lubricante. Los de corrosión evitan la formación de óxido en las paredes metálicas internas de motores y condensación. (Anónimo, Compra lubricantes, 2018)



Figura 1.1 Tipos de aceite y lubricante [Lubricantes-febrero 2016- Recuperado <https://compralubricantes.com/blog/aditivos-de-lubricantes-que-tipos-hay/>]

1.5.4 Presentaciones lubricantes

Existen una gran variedad de presentaciones en industrias de lubricantes, entre ellas tenemos envases de litro, galón, baldes y tambores como se muestra en la Figura 1.2 los cuales sirven para almacenar diferentes variedades de productos y marcas en el mercado. (Central, 2019)



Figura 1.2 Presentaciones [centralmanguera-2016-Recuperado https://www.centraledemangueras.com/tienda/lubricantes_grasas/]

1.5.5 Proceso Productivo de lubricantes

Se compone de seis pasos para la fabricación de lubricantes, la recepción de materia prima, almacenamiento primario, mezclado, envasado, almacenamiento final y despacho del producto final.

Las composiciones de los lubricantes se forman de dos factores importantes, las bases derivadas del petróleo o sintéticamente, dependiendo de la variedad o calidad del producto se importan aceites bases de tipo I o II dependiendo de lo refinado que sea el aceite para la producción como se muestra en la Figura 1.3.

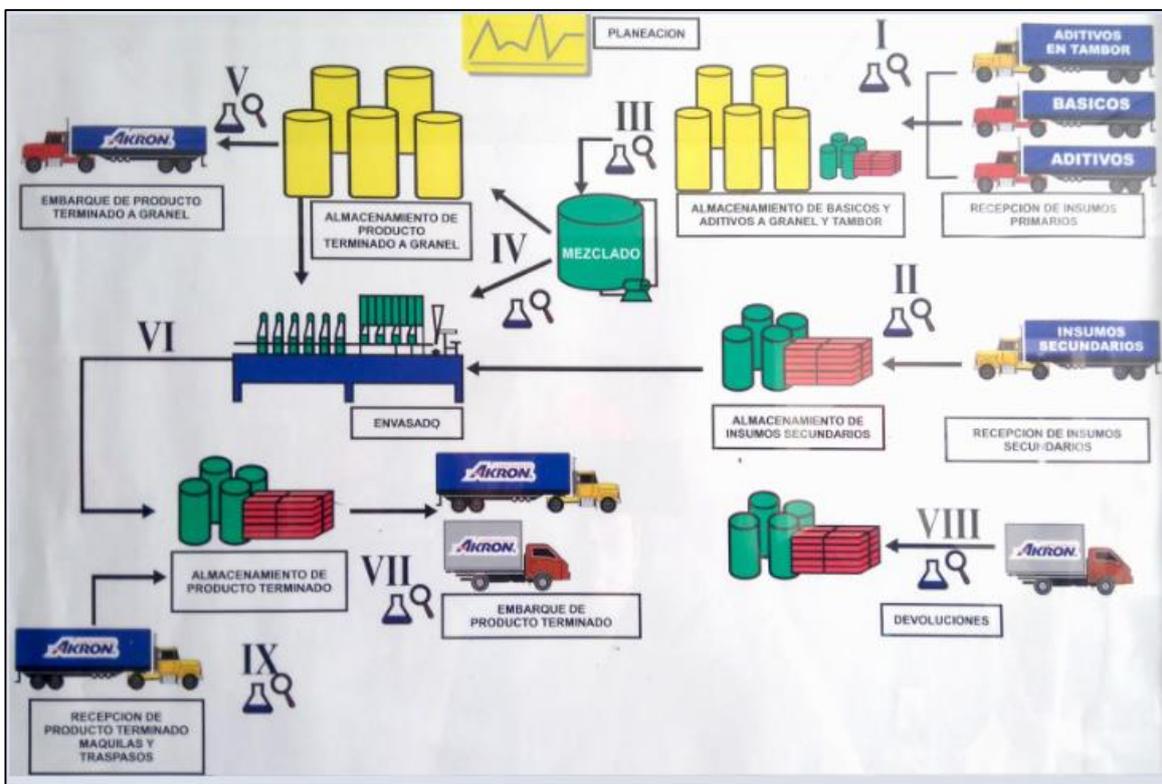


Figura 1.3 Proceso de lubricantes [Rafael Camargo Vilorio-2011-Recuperado *Mejoramiento de los procesos productivos y logísticos de una fábrica de lubricantes*. Bucaramanga]

Los dos componentes se mezclan mediante procesos de recirculación y distribución de calor hacia un tanque mezclador donde será liberado hacia las líneas de envasado correspondiente.

El proceso de calidad de la muestra comienza una vez que la mezcla se complete en el tiempo establecido dependiendo de la familia a producir.

La línea de envasado una vez que las pruebas de calidad sean las adecuadas y se realiza una prueba en la línea para evitar que existan contaminantes nuevos. La línea abastecida de la mezcla idónea se procede al envasado, almacenamiento y despacho del producto final. (Pico, 2011)

1.5.6 SETUP Variedades

El cambio de producto es referenciado a la actividad que realizan inherente en la operación de un producto a otro. Inicia cuando sale la última pieza buena de un lote anterior, hasta que sale la primera pieza buena del siguiente lote. Es considerado en la metodología Lean como una actividad que no agrega valor, pero es necesario es por eso por lo que cada día las empresas buscan reducir al mínimo estos tiempos de SETUP. (Galindo, 2011)

1.5.7 Línea de ensamble

Mover uno a uno, se debe asegurar que las actividades nunca harán más de lo que se estableció así nunca se producirá más de lo que el cliente pida.

Está representado bajo tres principios, que es transportar solo y justo la cantidad exacta cuando lo necesitas.

Proceso a través del cual, con el tiempo se van distribuyendo los elementos del trabajo dentro del proceso en orden, para que alcancen el takt time. Optimiza el uso del personal, con esto evita la fatiga y la sobrecarga de trabajo en la línea con el fin de que algunos hagan más que otros, considerando las fluctuaciones de la demanda. Una herramienta para que el tiempo requerido y los operadores en la línea es el gráfico de balance de operadores, el cual ayuda a dar una idea de la carga de trabajo en la línea y las oportunidades de mejora en relación con el takt time. (Galindo, 2011)

1.5.8 Muestras de calidad

Uno de los requisitos de calidad de las muestras de mezcla empleadas en los procesos productivos de lubricantes es las pruebas de viscosidad, espumas, escurrimiento, inflamación, corrosión de la lámina de cobre, presencia de aditivos. La norma aplicada a nivel nacional es la INEN 2028.2011; INEN 2030.2011.

Una breve descripción del muestreo nos indica que el lote debe conformarse por unidad clasificada, se debe escoger dos muestras de un litro cada uno aleatoriamente. (Ecuador, 2011)

1.5.9 Lean

Conjunto de técnicas que Toyota había venido trabajando en sus plantas, eliminando todas las mudas en los procesos productivos.

Los siete principales desperdicios son básicamente los que afectan a la producción por espera, transporte, sobre procesamiento, movimiento de productos defectuosos.

Consisten en tratar de reducir los tiempos de ciclo, la oportunidad es reducir los desperdicios dentro del proceso. (Galindo, 2011)

1.5.10 Six Sigma

Descripción de un proceso o producto, servicio con capacidad elevada, es considerado un proceso diseñado para reducir los efectos con el fin de disminuir el costo y mejorar la satisfacción del cliente. El proceso de mejora las etapas se dividen en 5 partes la cual indica un proceso sistemático y ordenado para alcanzar los objetivos de la empresa. (Galindo, 2011)

1.5.11 DMAIC

El proceso DMAIC se divide en 5 etapas dentro de la metodología six sigma el cual se detalla a continuación:

- Definir. - Se declara el problema a resolver, en base a una justificación cuantificada del suceso, lo cual permitirá definir en segundo plano las métricas a usar en la etapa, el equipo de trabajo los objetivos y el alcance del proyecto se definen en esta etapa.
- Medir. - Se mide los parámetros y el control que permita más adelante poder analizar la situación.
- Analizar. - Con los datos recolectados se realizará un análisis de este, con el objetivo de definir desviaciones en los procesos y tomar acciones para corregir el problema y mejorar los indicadores establecidos.
- Mejora. - Mejorar la situación actual del problema

- Control. - Llevar un control sobre las mejoras implementadas y verificar que el mercado efectivamente se cumple. (Anónimo, Cicerocomunicacion, 2018)

1.5.12 VOC

Se encarga de transformar las expectativas y demandas del cliente en estándares de calidad, técnica cualitativa que ayuda a definir un rango de características del cliente.

Las respuestas deben ser con una base fundamentada para desarrollar posteriormente una investigación cuantitativa, los pasos sistemáticos para encontrar estos estándares son:

- Obtener la voz del cliente
- Análisis de la voz del cliente.
- Identificación de características. (Aiteco Consultores, 2018)

1.5.13 Diagrama SIPOC

Permite el análisis del proceso de una manera más específica hacia el cliente y proveedor entre la conexión de ellos intervienen las entradas y salidas del proceso. Referente a las entradas, se refiere a información, personas o recursos manejados para poder realizar el proceso. Las salidas son aquellos resultados dentro del proceso una vez terminada una actividad específica, existen clientes internos y externos el cual reciben las salidas del proceso. Los proveedores se encargan de suplir o abastecer de insumos y poder realizar los pasos sistemáticos del proceso. (Inteligente, 2018)

1.5.14 Diagrama de Pareto

Son método empleado para organizar errores, con el propósito de enfocar o estratificar tus esfuerzos sobre una solución. Joseph M. Juran popularizo el trabajo de Pareto donde indica que el 80% de los problemas son el resultado de 20% de las causas en una empresa.

Para un correcto análisis de Pareto la tabla de datos cuantificados se debe ordenar de mayor a menor escogiendo el parámetro utilizado para el análisis, se clasifica y se le proporciona un peso dependiendo de la suma total del parámetro, al final se

suma los porcentajes en un acumulado donde el 80% de los datos representa el 20% del problema encontrado. (Barry, 2009)

1.5.15 Diagrama causa-efecto

Herramienta para identificar problemas de calidad u otra índole, consta de seis componentes principales los cuales permiten clasificar las causas potenciales, mediante entrevistas, observaciones se puede llegar a una causa raíz de los problemas.

Las categorías son consideradas causas y representa un buen comienzo para el análisis inicial, previo a esto lo más usual es realizar una lluvia de ideas con el personal involucrado y poder especificar todos los criterios en el análisis. (Barry, 2009)

1.5.16 Herramienta 5 Porqué

Herramienta utilizada por Toyota, consiste en examinar cualquier problema realizando una pregunta QUÉ, generando una cadena hasta encontrar una causa raíz del problema. Es fácil de aplicar y es una herramienta ideal para aquellos campos donde se resuelve problemas que no son fáciles de evidenciar. La primera causa es el inicio del análisis de ahí se realiza un análisis descendente hasta encontrar una causa raíz. (Progressealean, 2018)

1.5.17 Herramienta 5`s

Herramienta que sirve para el orden y limpieza en el área de trabajo, tomando una buena lista de comprobación inicial. Es un medio para el cambio cultural y ayuda a desarrollar las tareas con mayor rapidez con un nivel de seguridad controlado. Como paso principal se clasifica y apartar lo que no es necesario en el área de trabajo, dar un orden y etiquetado de las partes y componentes para por último controlar y estandarizar las tareas en el área de trabajo. (Render, 2006)

1.5.18 Siete Desperdicios

El cliente define lo que agrega valor para la compra del insumo o servicio, si el cliente no considera que es beneficio para consumir el producto es un desperdicio. En esta lista se considera la sobreproducción, esperas, Transportes, inventario, exceso de proceso y productos defectuosos. (Render J. H.-B., 2006)

1.5.19 VSM

Metodología que usa iconos estándar y principios de diagramas para mostrar los pasos en el proceso y el material y la información que transcurre en la operación, se centra en el flujo de valor calificando las acciones en las que agregan o no valor. La base se centra en diagramar el estado actual del proceso para identificar las mudas y tomar acciones. (Nicholas, 2010)

1.5.20 SMED

Metodología que consiste en identificar aquellas mudas en la etapa de cambios de cuerpo de las máquinas y poder clasificar y realizar que las tareas internas sean externas durante la última operación de producción. Como primer paso tenemos la recuperación y preparación de materiales, luego se elimina las herramientas después de completar el lote final. Como último paso tenemos la medición, configuración y calibración de la máquina. (Nicholas, 2010)

1.5.21 OEE

Indicador que mide la relación entre el tiempo total productivo y el tiempo planificado, lo cual se distribuye en tres factores principales como Disponibilidad, Rendimiento, Calidad.

1.5.22 Factores del OEE

Los tres factores del OEE son disponibilidad (Ecuación 1-1) que mide el nivel de producción de la línea considerando las pausas o paradas durante la corrida, el rendimiento (Ecuación 1-2) se calcula estimando el tiempo total disponible para producir en relación con el tiempo de producción utilizando una tasa real de producción.

El factor de calidad (Ecuación 1-3) se mide las unidades defectuosas en el proceso y las de reproceso, dando un total de tres indicadores que miden parámetros diferentes de la operación. (Vorne Industries Inc., 2002)

$$\mathbf{Disponibilidad} = \frac{\mathbf{Tiempo\ de\ operación}}{\mathbf{Tiempo\ de\ planificado\ de\ producción}} \quad (1.1)$$

$$\mathbf{Rendimiento} = \frac{\mathbf{Tiempo\ de\ ciclo\ ideal * piezas\ totales}}{\mathbf{Tiempo\ de\ operación}} \quad (1.2)$$

$$\mathbf{Calidad} = \frac{\mathbf{Total\ de\ piezas}}{\mathbf{V\ de\ ejecución\ real * Velocidad\ de\ ejecución\ ideal}} \quad \mathbf{Ecuación\ 1-2}$$

CAPÍTULO 2

2. METODOLOGÍA

La metodología que se utilizó en el trabajo es Six Sigma, la cual sostiene pilares en la mejora continua, bajo el enfoque de la herramienta DMAIC, la cual se encuentra basada en 5 fases descritas a continuación.

2.1 Definir

El problema se encuentra descrito en el capítulo 1, pero para poder tener un enfoque más claro se elaboró un diagrama SIPOC que identifica quiénes son las partes interesadas en el proyecto.

Con ayuda de esta herramienta se define los clientes del proceso bajo la herramienta VOC se determinó las necesidades de los clientes internos y externos como se muestra en la Figura 2.1.

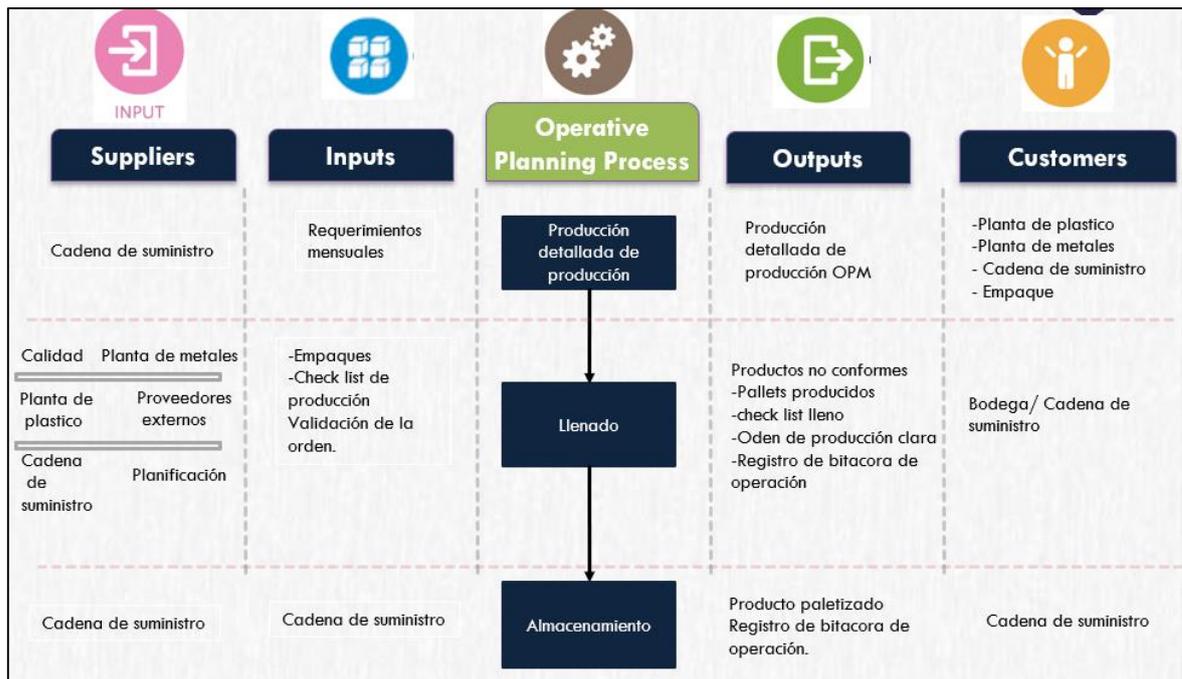


Figura 2.1 Diagrama SIPOC

A través de la herramienta VOC se determinó las quejas y necesidades de los clientes, esto se obtuvo por medio de entrevistas a jefes de planta, coordinadores, supervisores y personal operativo.

A continuación, en la tabla 2,1, se muestra los VOC para la línea de cuartos de galón.

Tabla 2.1 Árbol crítico de la calidad Línea de cuartos

Árbol Critico De calidad			
Segmento	Necesidad	CTQ's	Indicador
Planta de envases Plásticos	Coordinación interdepartamental (Planificar OPM)		
Línea de Cuartos de Galón	Cumplir con Producción Planificada	Barriles /horas hombre	Productividad de la línea
	Disminuir tiempos de SETUP	%Disponibilidad de la línea	% OEE
	Tiempos de liberación de ordenes cumplan con el tiempo establecido		
	No tener desabastecimiento de Kits		
	No tener variaciones en la velocidad de la línea	%Rendimiento en la línea	
Cuantificar Producto Saneado y reprocesado	%Calidad		
Bodega	Liberación de la Orden de Producción a tiempo según lo planificado	%Cumplimiento OTIF Interno	

Como resultado de este análisis se pudo establecer un plan de recolección de datos el cual es detallado en la fase de medición, sirvió para identificar los puntos más críticos en las líneas de cuartos y tambor.

2.2 Medir

Para poder tener una visión general del proceso e identificar las fábricas ocultas y los cuellos de botellas de las líneas, se realizó un diagrama VSM y OTIDA por las dos líneas las cuales se muestran a continuación en la tabla 2.2.

Tabla 2.2.- Fábricas Ocultas

Fábrica Oculta
Exceso de inventario antes de producción
Botellas reprocesadas en la línea
Variación de velocidad
Exceso de inspecciones en el proceso

Para tomar de manera correcta los datos que influyen directamente en la variable de respuesta se elaboró un plan de recolección de datos, como resultado se obtienen seis variables a recolectar.

2.2.1 Plan de recolección de datos

Mediante la definición del problema se recolectó información para identificar los factores que más afectan a la variable Y. Por el cual se clasifico en base de los indicadores del OEE ver Apéndice A.

Como base se recolectó información por medio de un registro (bitácora de operación) propuesto en las áreas de estudio, entre las variables medidas tenemos productividad por marca, tiempo por tipo de para, tiempo de respuesta de laboratorio, rendimiento de producción como se muestra en la tabla 2.3., además estas variables son algunas medidas recolectadas en el capítulo 2.

Tabla 2.3.- Factores de recolección

Indicador	Unidad
Productividad por marca	Barriles/horas-hombre
Tiempo de respuesta de laboratorio	Min
Rendimiento de producción	Unidades producidas teoría/ unidades reales de producción.

Variables

Productividad por Marca

Esta variable fue determinada para poder estratificar el problema y saber por marca cuales generarían un mayor impacto en la productividad global de la empresa a continuación se muestra el porcentaje de participación de la marca y la clasificación A, B, C.

Debido a políticas de la empresa no se debe enunciar las marcas en este escrito, por ende, se abreviará el nombre de las marcas por confidencialidad esto se muestra a continuación en la tabla 2.4.

- Línea de Cuartos de Galón

Tabla 2.4.- Factores de recolección

Marca	Porcentaje	Acumulado
TE	26%	26%
CA	26%	52%
MO	18%	69%
BP	12%	81%
SW	9%	90%
RP	6%	96%
TO	4%	100%

Se determinó por medio de esta herramienta la segmentación respectiva para la línea de cuartos de galón como se muestra en la tabla 2.5:

Tabla 2.5.- Factores de recolección

Segmentación	Marca
Tipo A	TE-CA-MO
Tipo B	SW –RP
Tipo C	TO

De la misma manera se realizó el análisis para la línea de tambores a continuación se muestran los gráficos y segmentación obtenida en las Tablas 2.6 y 2.7:

Tabla 2.6 Pareto Tambores

Marca	Porcentaje	Acumulado
TE	19%	19%
SU	15%	33%
RP	14%	47%
TO	14%	61%
MO	13%	74%
CA	12%	86%
SW	10%	96%
W	3%	99%
BP	1%	100%

Tabla 2.7 Clasificación A,B,C

Segmentación	Marca
Tipo A	TE-SU-RP-TO-MO
Tipo B	CA-SW
Tipo C	W-BP

Variable 2: Tiempo por tipo de Paras

Definir esta variable ayudó a poder analizar cuál de ellas generan mayor impacto en la disponibilidad de la línea a estratificar las paras y ver la criticidad de las más significativas, a continuación, se muestra por línea el análisis realizado:

- Línea de Cuartos
- Línea de tambores

2.3 Análisis

Para el análisis de datos se recolectaron los registros de la bitácora de operación de tiempo de las líneas de cuartos y tambor, se cuantificó aquellos factores de mayor impacto.

Por medio de una lluvia de ideas Figura 2.2 se determinaron aquellas causas de mayor impacto, tomando como soporte los factores identificados en la sección de medición. En conjunto con el grupo focal de la empresa se depuró aquellas causas que se consideró no influyentes en el análisis.

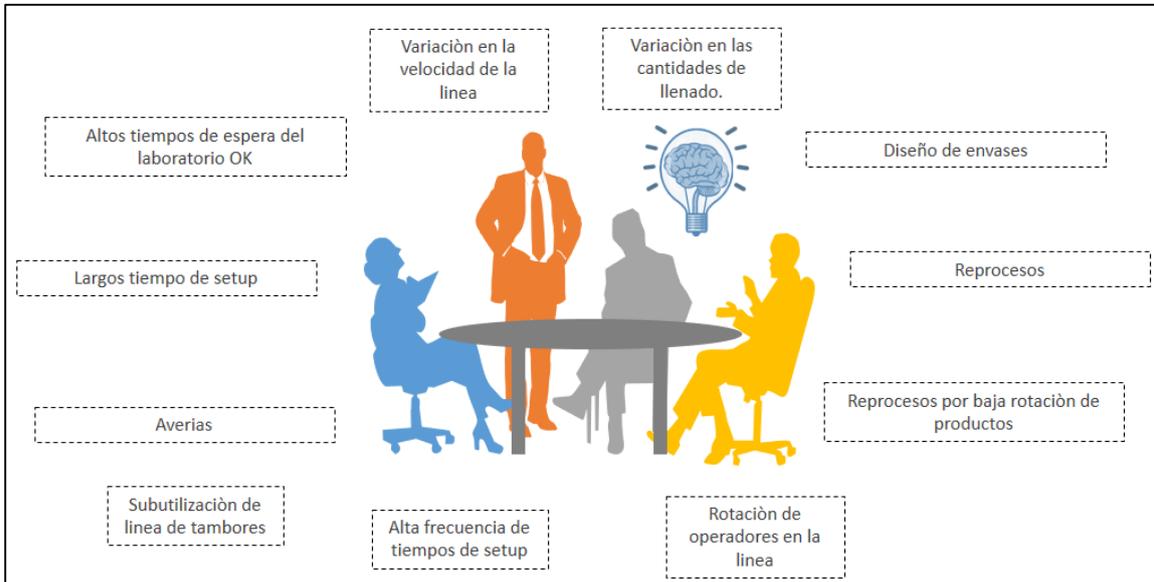


Figura 2.2 Lluvia de ideas

Una vez identificados aquellas causas que salieron en la lluvia de ideas, se estructuró un diagrama causa efecto, donde se identificaron causas como desabastecimiento de tambores en la sección de materiales, en máquina se identificó las variaciones repetidas en velocidad, la espera por tiempo de respuesta de laboratorio la cual se puede observar en la Figura 2.3.

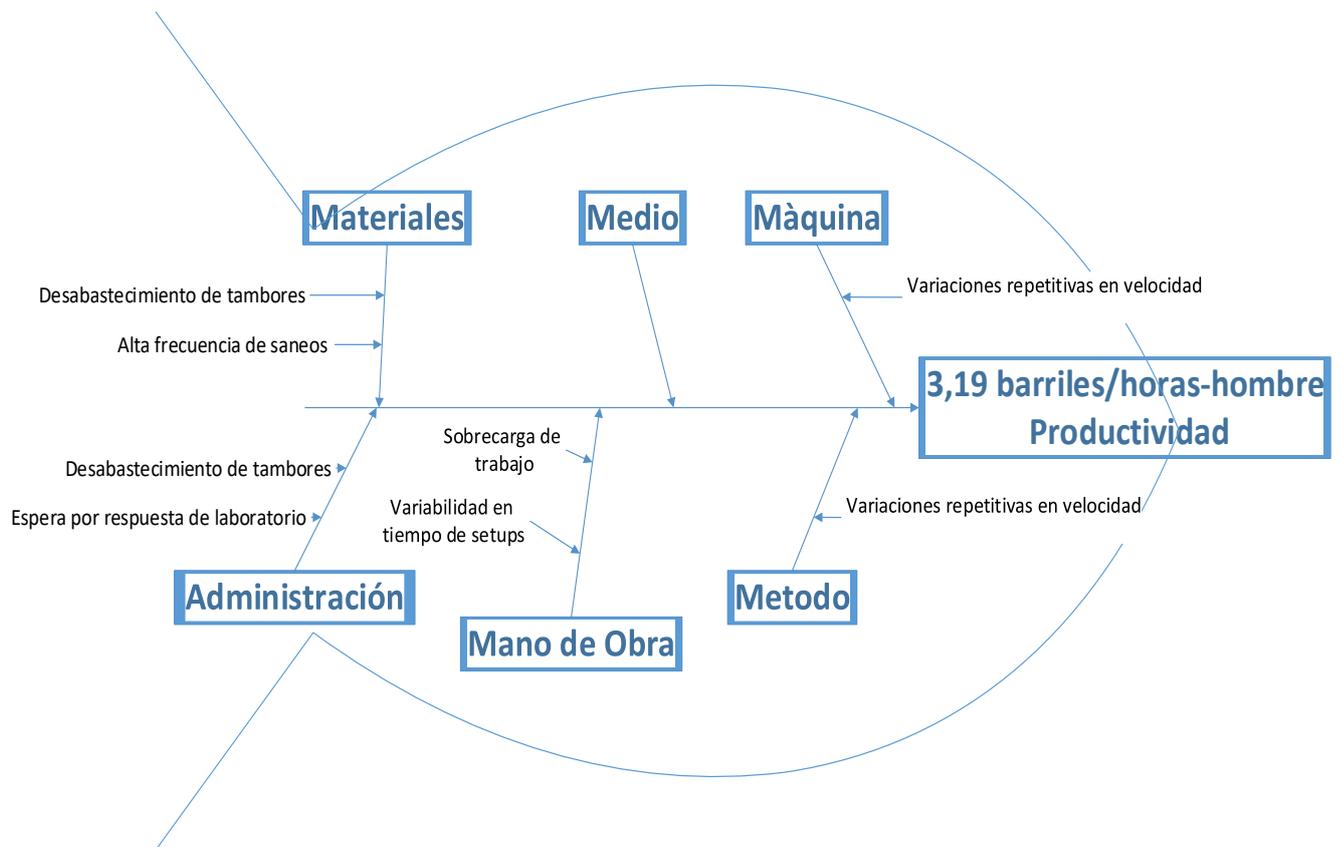


Figura 2.3 Diagrama Causa-Efecto

Este diagrama causa-efecto Figura 2.3 fue validado por el grupo focal de la empresa, y por los integrantes de las líneas analizadas.

2.3.1 Matriz de priorización

Mediante el análisis de causa potenciales junto al grupo de trabajo se le determinó una ponderación para poder enfocarse en aquellas causas que tenían un alto impacto en nuestro problema general (productividad) y un bajo control como se muestra en la Tabla 2.8.

No.	Causa	Disponibilidad	Rendimiento	Calidad
1	Líneas esperando por aprobación de laboratorio	9	9	1
2	Largos tiempos de Setup	9	9	1
3	Máquina inactiva (Paradas Planificadas)	1	3	1
4	Alta Frecuencia de saneos y reprocesos	9	9	1
5	Desabastecimiento de empaques y tambores	3	3	1
6	Frecuentes cambios en velocidad de máquinas	9	9	1
7	Paras	3	3	1
8	Inconsistencia en llenado de registro	1	1	1

Tabla 2.8 Matriz de ponderación de causas potenciales

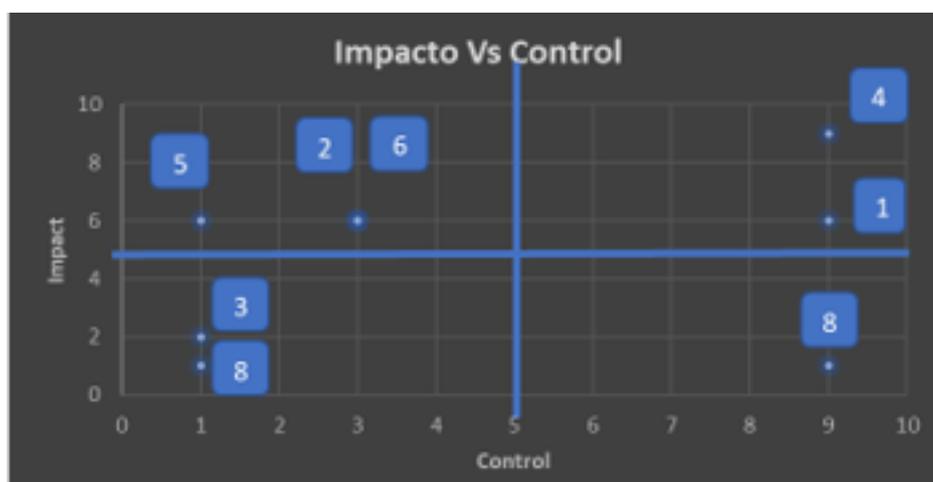
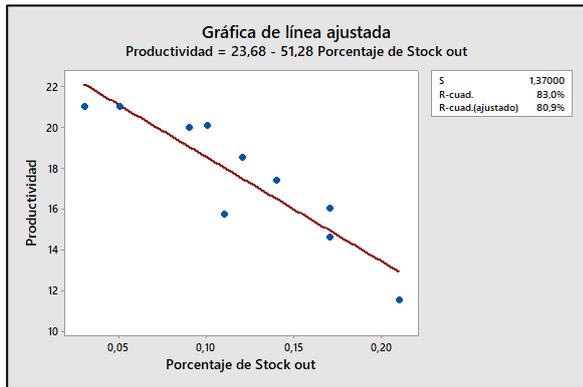


Figura 2.4 Matriz de impacto-control

Mediante la matriz las causas de mayor impacto y bajo control determinadas por la empresa son el desabastecimiento de tambores, Largos tiempos de Setup, Frecuente cambios en velocidad en la línea como se muestra en la Figura 2.4.

2.3.2 Validación de Causas Potenciales

Bajo la hipótesis de que el dato recolectado tiene alguna relación con respecto a nuestra variable Y, por medio del factor $p = 0$ como se muestra en la figura 2.5 se puede concluir que los datos son correlacionados positivamente es decir que el desabastecimiento afecta significativamente a la variable de respuesta.



S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)
1,37000	83,01%	80,88%

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC	MC	F	P
Regresión	1	73,3407	73,3407	39,08	0,000
Error	8	15,0153	1,8769		
Total	9	88,3560			

Figura 2.5 Análisis de Causa 1

El mismo análisis se realizó en la causa 2 de los frecuentes cambios en velocidades la línea como se muestra en la figura 2.6.

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC	MC	F	P
Regresión	1	219,174	219,174	6180,45	0,000
Error	42	1,489	0,035		
Total	43	220,664			

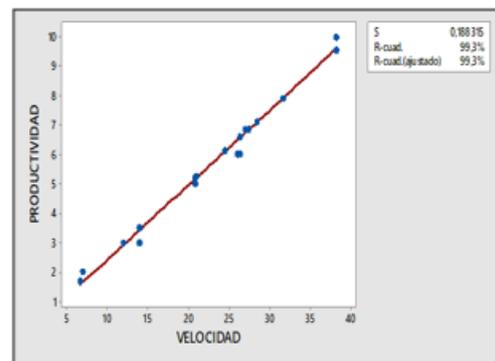


Figura 2.6 Análisis de causas 2

2.3.3 Búsqueda de causas raíz

El último análisis es encontrar la causa raíz de aquellas causas potenciales validadas, la herramienta de análisis es las 5 porqué la cual se encuentra detallado en la tabla 2.9 y Apéndice B:

Tabla 2.9 Causas raíz

Los tiempos de setup no estan definidos	01	<ul style="list-style-type: none">-Los roles de los trabajadores no están claros.-Los tiempos de configuración no son medidos por marcas.-Porque los operadores realizan actividades repetitivas.
Frecuentes cambios de velocidad en la máquina	02	<ul style="list-style-type: none">-Los roles de los trabajadores no están claros.-La silicona no ejerce una función y la lámina se desprende por la vibración del dispensador de tapa.-Porque debe purgar el aire hasta que se elimine y garantizar el peso del contenedor.-Debido a la diferencia de temperatura y viscosidad que existe entre ciertos productos.
Stock Out de tambores	03	<ul style="list-style-type: none">-Debido a la falta de habilidad o conocimiento de la persona que realiza la actividad.

2.4 Mejora

Con ayuda del grupo focal y la parte operativa del proyecto se generaron un conjunto de soluciones para cada causa raíz identificada.

2.4.1 Plan de acción de causas raíz encontradas

Tabla 2.10 Lluvia de ideas Soluciones

#	Causa raíz	Solución
1	Los roles de los trabajadores no están claros.	Actualizar roles del operador.
2	Los tiempos de configuración no se miden por marcas.	Implementar la herramienta SMED en los cambios de formato y drenados.
2.1		Solución 2. B
2.2		Simulación de resultados de SMED.
3	Porque los operadores realizan actividades repetitivas.	Evalúe la implementación de un sistema de tuberías y bombas con un relleno que permita que el producto recirculado se drene en la purga de la línea, incluso para recircular el producto que va a la bandeja de recolección debajo del relleno.
4	Los roles de los trabajadores no están claros.	Actualizar roles del operador.
5	La silicona no ejerce una función y la lámina se desprende mediante la vibración del dispensador de tapa.	Implementar dispositivo para garantizar la presión de la lámina en mayúsculas.
6	Debido a que el sistema se lavó debido al cambio de producto, el sistema se desempaqueté y el aire se debe purgar para eliminarlo y garantizar el peso del contenedor.	Permite que el sistema sea reemplazado por refrigerantes, líquidos de frenos y aditivos de combustible. Dentro de esta acción, debe definir la cantidad de galones que se deben usar para esta actividad. Simular.
7	Debido a que el sistema se lavó debido al cambio de producto, el sistema se desempaqueté y el aire se debe purgar para eliminarlo y garantizar el peso del contenedor.	Implementar sistema de calefacción en depósito. La acción incluye una bomba de tanque de 500 galones para adaptar el bombeo a los tanques. QTs y galones.
8.1	Debido a la falta de habilidad o conocimiento de la persona que realiza la actividad.	Dar instrucciones al Coordinador de producción de productos y capacítelos para que tengan en cuenta la OPM cuando realicen las operaciones de la planta de contenedores metálicos a los productos vegetales.
8.2		Sistema de inventario de tambores.
8,3		Diseño para la distribución de almacenamiento

Se realizó una lluvia de ideas la cual se encuentra detallada en la Tabla 2.10 para identificar posibles soluciones, esto se lo realizó con el grupo focal y los encargados de las líneas de producción.

Con la información consolidada se realizó un plan de acción el cual se definió la acción a realizar y el tiempo de implementación de mismo.

2.4.2 Matriz Impacto Esfuerzo

Una vez identificadas las posibles soluciones escogidas por cada causa raíz, se estableció una matriz de priorización de soluciones como se muestra en la tabla 2.11 la cual media el impacto y el esfuerzo de realizar la actividad.

Tabla 2.11 Parámetros de selección

Weighting for impact vs effort matrix	
Ci	
# of causes affected with the solution	Points
4	9
3	6
2	3
1	1

Weighting for impact vs effort matrix	
Ck	
H-h affected	Points
1-267	1
268-535	6
535-700	9

Weighting for impact vs effort matrix	
Cj	
Implementation time	Points
0-30	1
31-60	3
61-120	6
120-Ahead	9

Weighting for impact vs effort matrix	
Cl	
Cost	Points
0-\$1000	1
\$1001-\$2000	3
\$2001-\$3000	6
\$3000-Ahead	9

Con una ponderación y con los datos recolectados en la etapa de medición se pudo obtener por cada causa potencial y su respectivo valor cuantificado Ver Apéndice C.

El costo de implementar la solución, el tiempo de implementación, la cantidad de causas que ataca la solución y las horas hombres que se pierde al no ser productivo son los factores analizar.

Mediante el análisis se identificaron 3 posibles soluciones para la parte de implementación y control la cual se encuentran en la figura 2.7.

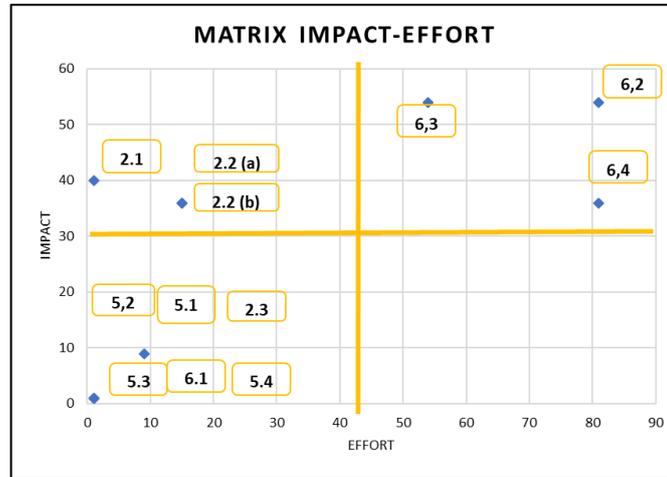


Figura 2.7 Matriz impacto esfuerzo

Como soluciones quedaron la implementación de un SMED para la línea de cuartos y simular los escenarios reduciendo el tiempo analizado.

Como segunda mejora se propuso actualizar las actividades de cargo de operador líder de la línea de cuartos y tambor.

2.5 Implementación y control

2.5.1 Implementación de SMED.

Se realizó como primera actividad un estudio de cambio de operación es decir los pasos para elaborar el Setup y el tiempo promedio que se demora por tarea (se tomaron 24 datos para tener un tamaño de muestra representativo).

- El drenado se realiza antes del cambio de formato esto se puede observar en detalle en la Tabla 2.12.

Tabla 2.12 Descripción de actividades de drenado

Drenado (OP3,OP4)					
Descripción	Actividad	Inicio	Final	Diferencia	Porcentaje de tiempo
Buscar el tanque de remanente en bodega de remanente, traer varilla de medición.	A0			1,35	6%
Drenar de valvula 1 liquido hacia el tanque de remanente.	A1	0	2,51	2,51	11%
Drenar de valvula 2 liquido hacia el tanque de remanente, vaciarlos a los baldes para verter fluido en el tanque.	A2	2,51	8,3	5,79	24%
Op2 Drenar de valvula 2 liquido hacia el tanque de remanente, vaciarlos a los baldes para verter fluido en el tanque.	A	8,3	10,54	2,24	9%
Con la espátula arrastrar fluido sobrante en la tina de almacenamiento hacia el orificio de evacuación.					
Recoger etiqueta del remanente y con un guaype limpiar la zona de etiqueta.	A4	10,54	19,37	8,83	37%
Retirar etiqueta antigua y medir el liquido en el tanque de remanente, usando la varilla.					0%
Espera	A5	19,37	20,46	1,09	5%
Colocar etiqueta en tanque de remanente	A6	20,46	20,55	0,09	0,4%
Colocar el tanque de remanente en la bodega temporal de remanentes.	A7	20,55	21,58	1,03	4%
Colocar accesorios en su lugar y limpiar la zona de transito.	A8	21,58	22,35	0,77	3%

- El cambio de formato elaborado por el operador 1 y por el operador 2 se realiza en el mismo tiempo, además en la tabla 2.13 se detalla las actividades realizadas por los operadores.

Tabla 2.13 Descripción de actividades de cambio de formato

	Cambio de formato (op1)				
	Actividad	Inicio	Final	Diferencia	Porcentaje de tiempo
Receptar pallets de empaques vacíos en la línea.					
Calibrar con ayuda del envase de una caja vacía, el ancho de la banda transportadora de la 1 etapa. 1	A1	6,5	7,4	0,9	4%
Calibrar con ayuda del envase de una caja vacía, el ancho de la banda transportadora de la 1 etapa. 2	A2	7,4	8,28	0,88	4%
Calibrar las guías de salida de la tapadora.	A3	8,28	9,31	1,03	4%
Espera	A4	9,31	10,29	0,98	4%
Calibrar la cerradora de cajas.	A5	10,29	17	6,71	27%
Espera	A6	17	21	4	16%
Espera	A7	21	30,55	9,55	39%
Espera	A8	30,55	31,15	0,6	2%

	Actividad	Inicio	Final	Diferencia	Porcentaje de tiempo
Calibrar la tapadora, los rodillos de ajuste.	A1	11,39	15	3,61	11%
Calibrar los rodillos de ajuste.	A2	15	19	4	13%
Calibrar el detector de foil y la codificadora	A3	19	21	2	6%
Calibrar la guía	A4	21	24	3	9%
Calibrar la llenadora una vez se ajuste.	A5	24	40	16	51%
ESPERA.	A6	40	43	3	9%
Transcribir datos en la hoja de producción y colocar información en la pizarra de productos.	A7	45	50	5	16%

Además, se elaboró un diagrama OTIDA para poder determinar los tiempos muertos en la operación.

- Las celdas que se encuentran sombreadas son aquellas que no me agregan valor al tiempo de Setup como se detalla en la tabla 2.14.

Tabla 2.14 Diagrama OTIDA de cambios de formato

Drenado (OP3,OP4)					
Descripción	OP	TR	INS	ESP	ALM
Buscar el tanque de remanente en bodega de remanente, traer varilla de medición.	○	➡	□	D	▽
Drenar de valvula 1 liquido hacia el tanque de remanente.	●	➡	□	D	▽
Drenar de valvula 2 liquido hacia el tanque de remanente, vaciarlos a los baldes para verter fluido en el tanque.	●	➡	□	D	▽
Op2 Drenar de valvula 2 liquido hacia el tanque de remanente, vaciarlos a los baldes para verter fluido en el tanque.	●	➡	□	D	▽
Con la espátula arrastrar fluido sobrante en la tina de almacenamiento hacia el orificio de evacuación.	●	➡	□	D	▽
Recoger etiqueta del remanente y con un guaype limpiar la zona de etiqueta.	●	➡	□	D	▽
Retirar etiqueta antigua y medir el liquido en el tanque de remanente, usando la varilla.	●	➡	□	D	▽
Espera (busqueda de herramientas)	○	➡	□	D	▽
Buscar y colocar etiqueta en tanque de remanente	○	➡	□	D	▽
Colocar el tanque de remanente en la bodega temporal de remanentes.	○	➡	□	D	▽
Colocar accesorios en su lugar y limpiar la zona de transito.	●	➡	□	D	▽

Continuación de la tabla 2.14

Cambio de formato (op1)					
Descripción	OP	TR	INS	ESP	ALM
Receptar pallets de empaques vacios en la linea.	<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Calibrar con ayuda del envase de una caja vacia, el ancho de la banda trasportadora de la 1 etapa. 1	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Calibrar con ayuda del envase de una caja vacia, el ancho de la banda trasportadora de la 1 etapa. 2	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Calibrar las guias de salida de la tapadora.	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Espera buscando herramientas para cerradora	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Calibrar la cerradora de cajas.	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Espera	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Espera por el flushing	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Espera	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Cambio de formato (op2)					
Descripción	OP	TR	INS	ESP	ALM
Calibrar la tapadora, los rodillos de ajuste.	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Calibrar los rodillos de ajuste.	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Calibrar el dectector de foil y la codificadora	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Calibrar la guia	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Calibrar la llenadora una vez se ajuste.	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Espera por arranque de maquina	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Transcribir datos en la hoja de producción y coloca rinformación en la pizarra de productos.	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Una vez realizado el diagrama OTIDA como se muestra en la tabla 2.14 se encontró que el 16% del tiempo de Setup es por paras y estas son debido a área de trabajo desordenada, implementos sucios, herramientas obsoletas, herramientas compartidas por varias líneas debido a ello se buscó implementar 5's para poder solucionar estas esperas ver figura 2.8.



Figura 2.8 Proceso de implementación.

Además, para tener una visión más amplia de lo que sucedía se buscó simular el estado actual, pero para poder simular se debe tener la distribución como se muestra en la Tabla 2.16 la distribución de los datos la cual fue dada por el programa flexsim:

Tabla 2.15 Distribuciones del modelo

Datos	Tipo de Distribución
Tasa de producción	Weibull
Tiempo de paras	Loglogística
Tiempo de setup	Weibull
Llegada de cajas	Gamma
Tiempo de producción de banda	Loglogística
Tiempo de producción llenado	Beta
Tiempo de producción tapadora	Beta
Tiempo de producción selladora	Beta

2.6 Actualización del perfil de cargo de los operadores

2.6.1 Escenario actual descripción de horas-hombre

Para esta mejora se identificaron las actividades que realiza el operador de línea y determinar carga de trabajo que posee.

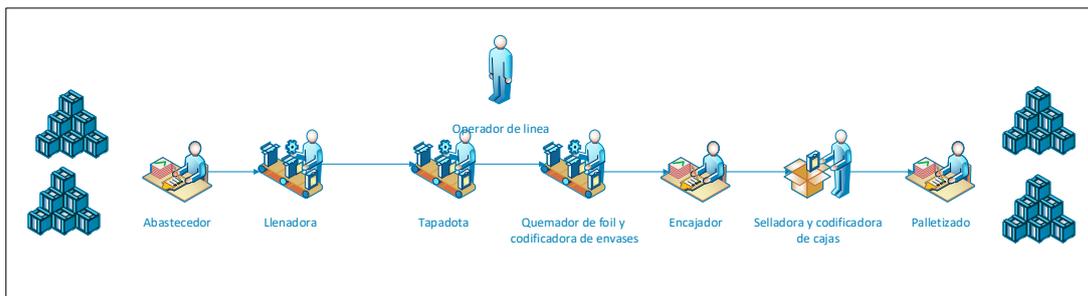


Figura 2.9 Descripción de operaciones en la línea de cuartos.

Como paso inicial se creó un perfil de cargo para un inspector de calidad, el cual tiene la función de compartir la carga de trabajo para las líneas de tambor y cuartos como se muestra en la figura 2.10 la situación inicial y mejorada.

En tanto que el operador de línea tendrá una reducción de actividades lo cual permitirá abastecer a la línea de insumos y realizar los controles visuales durante la producción a las líneas de cuartos y tambor.

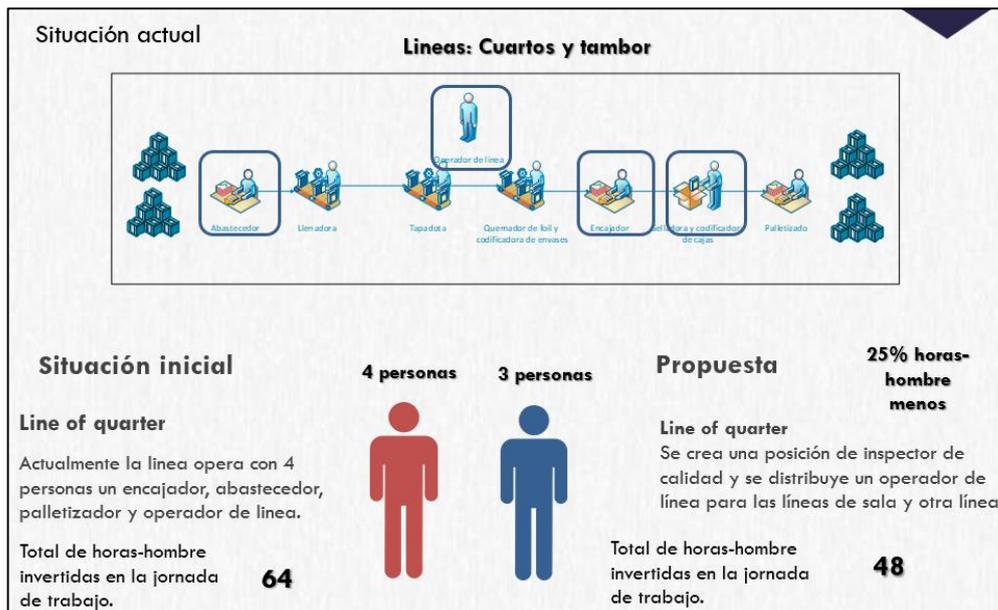


Figura 2.10 Descripción de horas hombre

Inspector de calidad

1. Rellene La Lista De Verificación Correctamente
2. Hacer El Registro De Entrega De Pallet Con Cajas De Producto Terminado Mediante Una Firma Del Montacargas En El Pedido De Embalaje.
3. Enviar Orden De Producción Al Departamento De Distribución O Suministro.
4. Verificar La Cantidad Real De Pedidos.
5. (Mezcla Y Producción) Para La Entrada De Datos En El Sistema.
6. Liquidar Orden De Producción.

Operador de línea

1. Verificar el peso correcto del producto.
2. Encender maquinaria de línea de producción.
3. Proceda a configurar la maquinaria y los equipos de la línea de producción según el tipo de embalaje y producto solicitado.
4. Realice la prueba de crepitación para confirmar la NO presencia de agua y extraiga una muestra del producto para enviarlo al laboratorio.

2.6.2 Análisis de tiempo actual

Para el análisis actual se necesitaron determinar un tamaño de muestra para recolectar las actividades y el tiempo. Como base se tomó una muestra inicial dando como tamaño de muestra global de 10 datos como se muestra en la tabla 2.16.

Tabla 2.16 Datos recolectados.

N	10,00
Media (Min)	52,76
Des	1,29
Alfa	0,05
H	2,64
z alfa/2	1,64
N	1
Total	11

Ecuación 2-1

$$n = \left(\frac{z_{\alpha/2} \sigma}{H} \right)^2$$

Los resultados obtenidos en el análisis del escenario actual y mejorado se los describe en la siguiente tabla 2.17.

Tabla 2.17 Cuadro Comparativo

Tamaño de muestra	Tiempo promedio de operador de línea (Mejora)	Tiempo promedio de inspector de calidad (Mejora)	Actual Escenario
20	33 min	21 min	54 min

2.6.3 Carga de trabajo

Por medio de la simulación realizada en la propuesta de mejora 1, se analizó la carga de trabajo del operador en línea realizando las actividades mencionadas en la etapa anterior, el cual muestra un 76,6 % de utilización en la línea.

Con la mejora propuesta realizando el análisis para la línea de tambor, el operador de línea realiza las actividades restándole la carga de trabajo del inspector con esta mejora la carga de trabajo del operador que fue de 33,2 % de utilización y el 43,1 % está en constante movimiento. Ver apéndice D

2.7 Control

En esta fase se busca, que las mejoras implementadas sean sostenibles en el tiempo, pero para ello se deben tener los debidos controles de operación al proceso de mejora. Para la implementación de 5's que fue una oportunidad de mejora encontrada en la implementación de SMED se estableció un control y para la implementación global de control.

2.7.1 Formato de Auditoría 5's

Para poder determinar cómo avanza la implementación de la 5's se implementó un formato de Auditoría la cual se muestra en la tabla 2.18.

CAPÍTULO 3

3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

3.1 Simulación del proceso actual

Se realizó la simulación del proceso en su estado actual está se la realizó en un turno de 8 horas y la corrida por un mes (el tiempo de la simulación fue 9600 minutos) el software utilizado para realizarla fue flexsim, se realizaron 10 réplicas para validar la simulación y como resultado la figura 3.1 presentan su estado actual (el output es 118 pallets por mes).

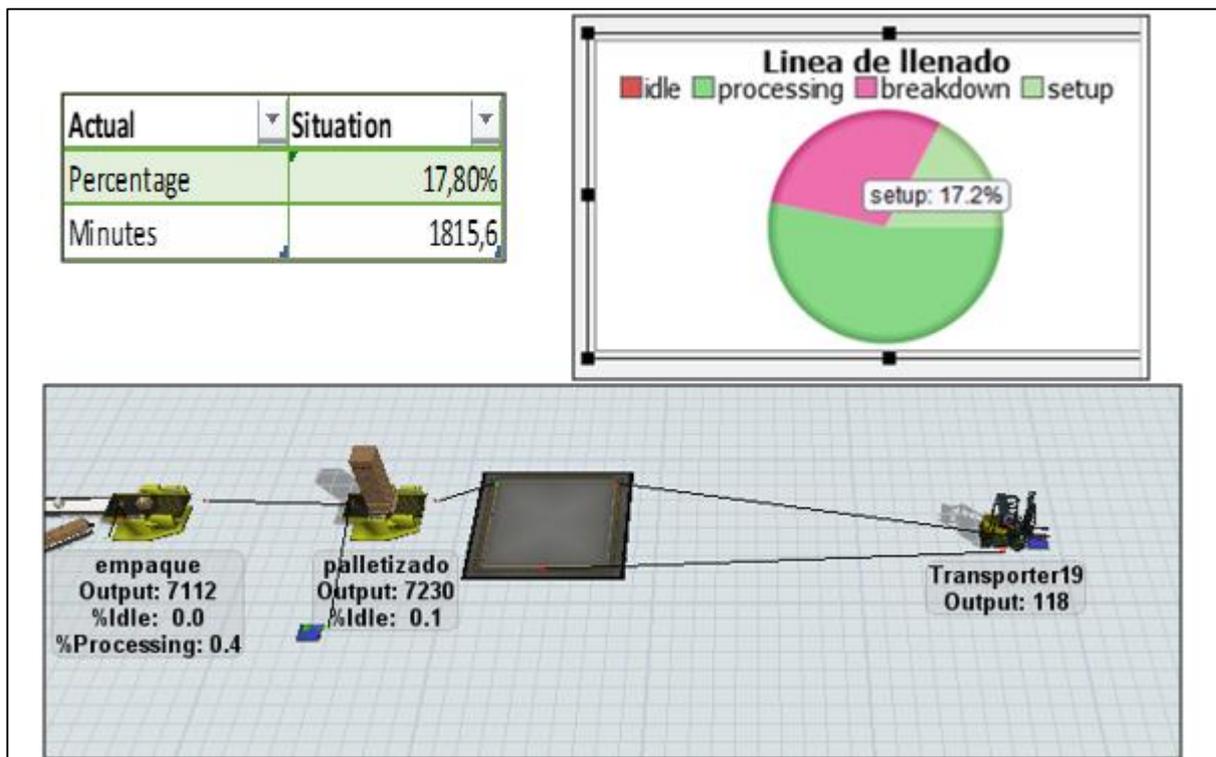


Figura 3.1 Escenario actual del cambio de la linea de cuartos

3.2 Simulación del proceso de mejora

El proceso de mejora se simuló en un turno de 8 horas por un mes (9600 minutos) los resultados arrojados por la simulación se muestran a continuación en la figura 3.2:

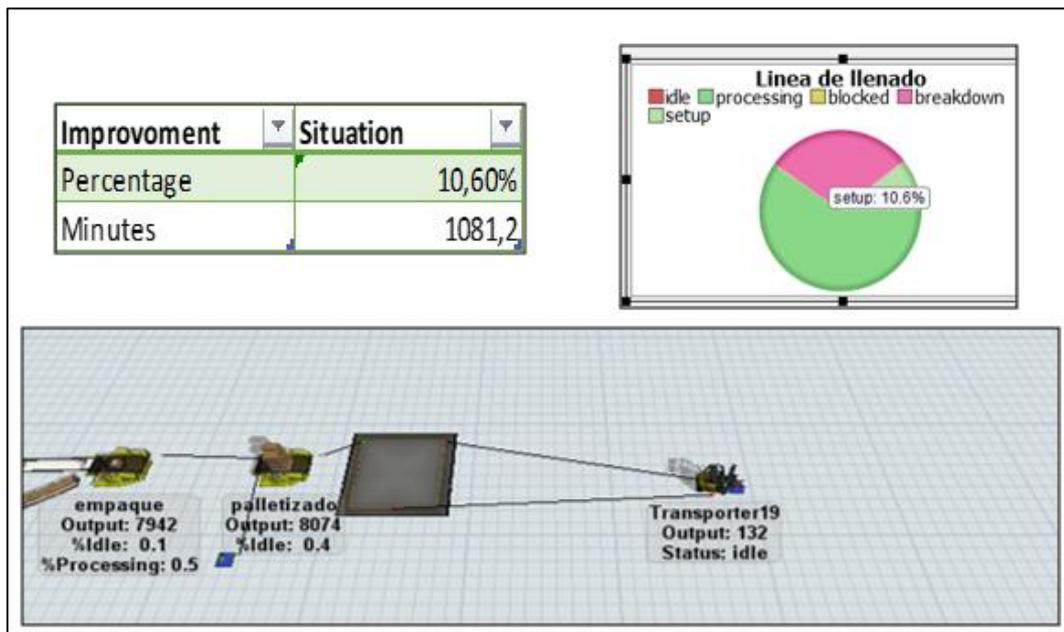


Figura 3.2 Escenario propuesto aplicando SMED

Comparado con el estado inicial se ve un incremento de 14 pallets por mes lo que representa (183 barriles mensuales) y la reducción de tiempos de Setup.

3.3 Comparación de resultados

Para comparar si la simulación de la propuesta de mejora tuvo un incremento significativo en la productividad de la línea de cuarto galón, se comparó este con el estado inicial de la simulación. Se utilizó una prueba de hipótesis T-pareada para diferencia de medias entre la productividad en el estadio inicial y la productividad con la propuesta de mejora para corroborar que existe diferencia significativa. Este análisis estadístico se encuentra detallado en la figura 3.3.

- H_0 =Las medias son iguales
- H_1 =Las medias no son iguales

Estadísticas descriptivas				
Muestra	N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media
Estado Inicial	10	2,1700	0,1567	0,0496
Estado Mejorado	10	2,4300	0,1160	0,0367

Prueba	
Hipótesis nula	$H_0: \text{diferencia}_\mu = 0$
Hipótesis alterna	$H_1: \text{diferencia}_\mu \neq 0$
Valor T	Valor p
-3,88	0,004

Figura 3.3 Prueba de hipótesis de dos medias

Con un valor p obtenido de 0,004 y un nivel de confianza del 95% existe suficiente evidencia estadística para rechazar H_0 . Es decir, la simulación inicial difiere de la simulación mejorada.

En este capítulo también se incluirá una sección de Análisis de Costos, en donde se realizará una descripción de los costos relacionados con el desarrollo de la solución o alternativa seleccionada (desde el diseño/rediseño hasta su construcción si fuera el caso del trabajo).

3.4 Evaluación Financiera

3.4.1 Evaluación Financiera Implementación SMED

La evaluación financiera es esencial cuando se ejecuta un nuevo proyecto, debido a que este puede arrojar grandes mejoras a altos costos que no justifica realizar el proyecto.

Se muestra en la tabla 3.1 la inversión inicial, los costos asociados:

Tabla 3.1 Descripción de costos Mejora 1 (SMED)

Inversión Inicial	\$ 1.660,00			
Equipos/Materiales		Cantidad	\$/Unidades	Total
Juego de Llaves allen		1	\$20	\$20
Juegos de racks		1	\$40	\$40
Modulares		2	\$200	\$400
Juego de Llaves allen		2	\$50	\$100
Juego de Desarmadores Plano		2	\$25	\$50
Juego de Desarmadores estrella		2	\$25	\$50
Sistema de tuberías		1	\$1000	\$1000
MOD				
Contratista			\$500	\$500
Total				\$1.660,00
Costo fijo				
Mantenimiento				
Modulares				\$ 50,00
Sistema de tuberías				\$100,00
Total CF				\$150,00

A continuación, en la tabla 3.2, se muestra el flujo de caja por 6 meses:

Tabla 3.2 Análisis financiero Mejora 1

Años	0	1	2	3	4	5	6
Cajas		838	838	838	838	838	838
Ganancia		\$ 4.525,20	\$ 4.525,20	\$ 4.525,20	\$ 4.525,20	\$ 4.525,20	\$ 4.525,20
C.F(-)		\$ 150,00	\$ 150,00	\$ 150,00	\$ 150,00	\$ 150,00	\$ 150,00
UB(=)		\$ 4.375,20	\$ 4.375,20	\$ 4.375,20	\$ 4.375,20	\$ 4.375,20	\$ 4.375,20
Inversión	(-1660)						
Flujo Neto	-\$ 1.660,00	\$ 4.375,20	\$ 4.375,20	\$ 4.375,20	\$ 4.375,20	\$ 4.375,20	\$ 4.375,20

Tasa	10%
VAN	\$17.395,14
TIR	263%

Se obtuvo un VAN de \$17.395,14 y una TIR de 263 % lo que se puede concluir es que esa mejora rentable.

3.5 Evaluación Financiera Actualización de Perfil de Cargo

Se elaboró el flujo neto proyecto para los siguientes 5 meses como se muestra en la tabla 3.3:

Tabla 3.3 Análisis financiero Mejora 2

MESES	0	1	2	3	4	5
SALARIO DEL OPERADOR		\$ 7.200,00	\$ 7.200,00	\$ 7.200,00	\$ 7.200,00	\$ 7.200,00
GANANCIA POR TAMBOR		\$ 9.000,00	\$ 9.000,00	\$ 9.000,00	\$ 9.000,00	\$ 9.000,00
INVERSIÓN						
FLUJO NETO	\$ -1.000,00	\$ 1.800,00	\$ 1.800,00	\$ 1.800,00	\$ 1.800,00	\$ 1.800,00

Tasa	10%
VAN	\$ 5.823,42
TIR	179%

Se obtuvo con esta mejora un VAN de \$5.823,42 y una TIR 179% lo que se puede concluir es que esta mejora es rentable.

CAPÍTULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- En la línea de cuartos de galón se implementó SMED y actualización de perfil de cargo por medio de ello la productividad en esta se incrementó en un 40%.
- En la línea de tambor se realizó una actualización de los perfiles de cargo de las personas que formaban parte de la línea por medio de ello se logró incrementar la productividad en un 6%.
- Aplicando principios de 5´s y estudio de tiempo en la línea de cuartos de tambor las actividades que no agregan valor se disminuyeron en un 3% según la simulación realizada como parte de implementación y mejora.
- Por medio de la metodología DMAIC y el trabajo en equipo de todos los participantes de las diferentes líneas se logró incrementar la productividad de la planta en un 12%.

4.2 Recomendaciones

- Realizar al menos 3 auditorías 5S al año para identificar oportunidades de mejora.
- Mantener reuniones mensuales para dar seguimiento a mejoras implementadas.

BIBLIOGRAFÍA

- AITECO CONSULTORES, S. (6 de 12 de 2018). *AITECO CONSULTORES, SL*.
Obtenido de <https://www.aiteco.com/despliegue-de-la-voz-del-cliente-qfd/>
- Anónimo. (6 de 12 de 2018). *Cempre-Uruguay*. Obtenido de
http://www.cempre.org.uy/index.php?option=com_content&id=79&Itemid=97
- Anónimo. (6 de 12 de 2018). *Cicerocomunicacion*. Obtenido de
<https://www.cicerocomunicacion.es/en-que-consiste-la-metodologia-dmaic/>
- Anónimo. (6 de 12 de 2018). *Compralubricantes*. Obtenido de
<https://compralubricantes.com/blog/aditivos-de-lubricantes-que-tipos-hay/>
- Barry, H. y. (2009). *Administrador de operaciones Septima Edición*.
- Central. (1 de 2 de 2019). *Central de manguera*. Obtenido de
https://www.centralemangueras.com/tienda/lubricantes_grasas/
- Ecuador, I. d. (2011). *INEN 2028.2011; INEN 2030.2011*. Quito.
- Galindo, A. V. (2011). *Manual de guía básica de Lean Manufacturing*.
- Inteligente, M. (6 de 12 de 2018). *Manufactura Inteligente*. Obtenido de
<http://www.manufacturainteligente.com/sipoc-diagram-identificar-causa-raiz/>
- Nicholas, J. (2010). *Lean production for competitive advantage*. London: John Nicholas.
- Pico, G. O. (2011). *Mejoramiento de los procesos productivos y logísticos de una fábrica de lubricantes*. Bucaramanga .
- Progressealean, E. (6 de 12 de 2018). *Progresslean*. Obtenido de
<http://www.progresslean.com/5-porques-analisis-de-la-causa-raiz-de-los-problemas/>
- Render, J. H.-B. (2006). *Dirección de la producción y de operaciones Ed.8*. Madrid 2018:
Pearson.
- Render, J. H.-B. (2006). *Dirección de producción y operaciones*. Madrid: Pearson.
- Tejedor, A. S. (1 de 2 de 2019). *Química Orgánica* . Obtenido de
<https://www.eii.uva.es/organica/qoi/tema-13.php>
- Vorne Industries Inc. (1 de 2 de 2002). *Vorne Industries Inc.,. Itasca: Vorne*.

APÉNDICE

APÉNDICE A

Plan de recolección de datos

CUARTOS															
Who	What				Where	When	How		Why		Confiabilidad				
Person in charge	Nomenclature	Operational meaning	Measure unit	Data type	Where to collect?	When to collect?	Observation method	Collection method	Why to collect?		K	# CICLOS	Desviacion	Media	N
Daniela & Kevin	X1	Productividad por marca	Volumen/h-h	Cuantitativa	Linea de cuartos-Linea de tambores	Al principio de la fase de medicion	Muestreo	Data historica (bitacora de trabajo)	Ayuda a determinar la variable y	Confiabilidad	MARGEN DE ERROR 5%	N/A	N/A	N/A	N/A
Daniela & Kevin	X2	Tiempo por tipos de paras	Minutos	Continuo	Linea de cuartos-Linea de tambores	Al principio de la fase de medicion	Observacion Directa	Data historica	Ayuda a determinar el tiempo perdido por paras	Confiabilidad		N/A	N/A	N/A	N/A
Daniela & Kevin	X3	Rendimiento de producción por marcas	cajas/minuto	Continuo	Linea de cuartos-Linea de tambores	En toda la fase de medicion	Observación directa	Muestreo	Ayuda a identificar cual producto me consume mayor tiempo del planificado	Tamaño de muestra		10	0,72	5,13	41
Daniela & Kevin	X4	Tiempo de respuesta de laboratorio por familia	Minutos	Continuo	Linea de cuartos-Linea de tambores	En toda la fase de medicion	Observación directa	Data historica	Ayuda a identificar el tiempo perdido por laboratorio	GEMBA		N/A	N/A	N/A	N/A
Daniela & Kevin	X5	Variación de velocidad en marcas	litros/minuto	Continuo	Linea de cuartos-Linea de tambores	En toda la fase de medicion	Observación directa	Muestreo	Ayuda a determinar el rendimiento de la linea para el oee	Tamaño de muestra		10	2,6	53,9	5

APÉNDICE B

Causas Raíz

Causas Raíces					
#	Causas	Why	Why	Why	Why
1	Largos Tiempos de Setup	¿Por qué existen largos tiempos de setup? el operador de línea es el encargado para realizar los setup.	Existe una falta de conocimiento de personas en la línea por la rotación de personal.	Por necesidad no existe puesto de trabajo fijo.	
		Debido a cambios de formato, calibraciones o drenados que hay que hacer cuando se cambia de producto.	Es parte de la operación y se debe a la complejidad de productos y marcas que se envasan.	Los tiempos de setup no están establecidos por marcas.	
		La operación de drenado tiene alta participación en el setup	Tiempos de drenado no están establecidos	La operación es manual y rústica.	

#	Causas	Why	Why	Why	Why
2	Frecuentes Cambios en velocidades de maquinas	¿Por qué existen cambios en la velocidad en la línea? El operador de línea es el encargado para realizar los setup.	Existe una falta de conocimiento de personas en la línea por la rotación de personal.	Por necesidad no existe puesto de trabajo fijo.	
		¿Por qué existe variación de velocidad en llenadora? Debido a falla en tapas. Específicamente acople tapa cuerpo del envase por desprendimiento de foil.	¿Por qué foil se desprende? Debido a diseño de tapa Genérica. La silicona no ejerce función y foil se desprende por vibración de dispensador de tapa, afectando productividad.		
		¿Por qué hay variación de pesos durante llenado? Porque al arranque del llenado envasadora tiene que ser sangrada para eliminar aire de mangueras y válvulas.	¿Por qué llenadora debe ser sangrada? Debido a que el sistema ha sido flusheado debido al cambio de producto y sistema está desempaqueado y se debe purgar aire hasta eliminarlo y garantizar peso de envase.		
		¿Por qué existe variación de velocidad entre un producto y otro? Debido a la diferencia de temperatura y viscosidad que existen entre ciertos productos.			

#	Causes	Why	Why	Why	Why
	Desabastecimiento de envases y tambores	¿Por qué existe stockout durante llenado de tambores? Debido a que la bodega temporal de tambores no está abastecida de acuerdo a la planificación de la OPM.☐	¿Por qué la bodega temporal de tambores no está abastecida adecuadamente? Mala Coordinación de los tambores que se solicitan a Planta Envases Metálicos, no siempre se considera OPM.	¿Por qué no se considera la OPM en la solicitud de traspaso de tambores de la Planta de Envases Metálicos? Debido a falta de Habilidad o Conocimiento de la persona que realiza la actividad.	

APÉNDICE C

Matriz Impacto-Esfuerzo

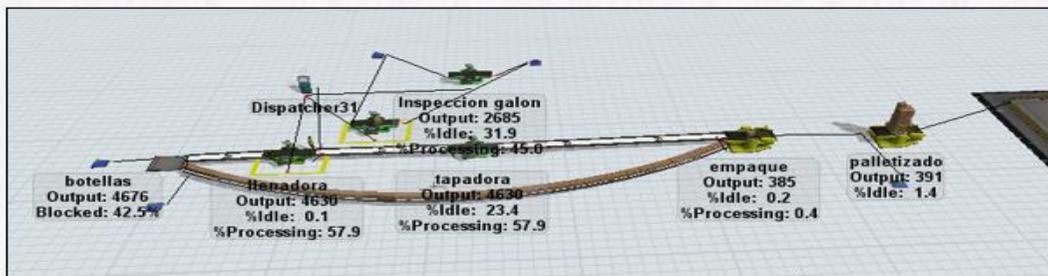
NO.	CAUSA RAIZ	Solución	C_I	Due date	C_k	C_J	TIEMPO (DÍAS)		HORAS-HOMBRE	C_l	COSTO	IMPACTO	ESFUERZO	RESPONSABLE
2	Largos Tiempos de Set Up									1024				
2.1	Por necesidad no hay trabajo fijo.	Rediseñar el lugar de trabajo	3	2019-01-18	1	1	14	1	57,34	1	\$ 600,00	3	1	GV
2.2	Los tiempos de configuración no son establecidos por las marcas.	Aplique la herramienta SMED en los cambios de formato, enrojados y drenados, y verifique mediante una simulación el escenario actual con el propuesto.	6	2019-02-01	6	1	28	6	317	3	\$ 1.064,00	36	3	GV
2.3	La operación es manual y rústica.	Evalúe la implementación de un sistema de tubería y bomba junto con un relleno que permita recircular el producto que se drena en la purga de la línea, incluso para recircular el producto que va a la bandeja de recolección debajo del relleno. Validar el impacto con la simulación de la actividad.		2019-05-30	9	9	147	9	649	1	\$ 1.000,00	0	9	JG

6		Frecuetes cambios en velocidades de las máquinas								1198					
6.1	Un trabajo fijo no está definido	"Rediseñar el lugar de trabajo	1	2019-01-18	1	1	14	1	17	1	\$ 600,00	1	1	GV	
6.2	Diseño de la cubierta genérica, la silicona no ejerce una función correcta y la lámina se separa por vibración.	Debido a que el sistema se lavó debido al cambio de producto, el sistema se desempaqueté y el aire se debe purgar para eliminarlo y garantizar el peso del contenedor.	1	2019-02-01	1	1	-11	1	38,6	3	\$ 1.500,00	1	3		
6.3	Debido a que el sistema se lavó debido al cambio de producto, el sistema se desempaqueté y el aire se debe purgar para eliminarlo y garantizar el peso del contenedor.	Debido a que el sistema se lavó debido al cambio de producto, el sistema se desempaqueté y el aire se debe purgar para eliminarlo y garantizar el peso del contenedor. Implementar un sistema de eliminación de aire del circuito de llenado al inicio de la operación (cuartos de galón, refrigerantes, líquido de frenos y aditivo de combustible), que permite eliminar las faltantes en los primeros recipientes que deben llenarse con el producto terminado. Dentro de esta acción, debe definir la cantidad de galones que se deben usar para esta actividad y cómo desechar el fluido usado para	1	2019-05-30	9	9	107	9	646,92	6	\$ 2.500,00	9	54	JG	
6.4	By type of product there is a difference in temperature and fluid viscosity.	Quizás quisiste decir: Implement heating system in tank. Action includes reuse of 500 gallon tank pump to identify pumping to tanks. Lung of pump use for filling processes in QUARTs and Gallon. 170/5000 Implementar sistema de calefacción en depósito. La acción incluye la reutilización de una bomba de tanque de 500 galones para adaptar el bombeo a los tanques. Pulmón de uso de bomba para procesos de llenado en QTs y Galones.	1	2019-02-01	6	9	160	6	496	9	\$ 23.000,00	6	81	GV	

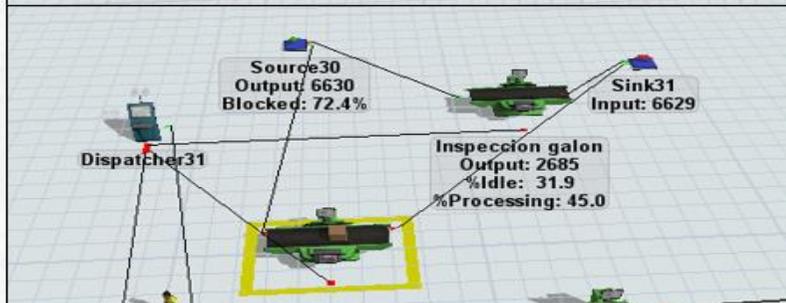
5		Stock Out high frequency - Containers and drums													
5.1	Due to lack of Skill or Knowledge of the person who performs the activity.	"Dar instrucciones al Coordinador de producción de productos y capacitarlos para que tengan en cuenta la OPM al realizar las operaciones de AE de la planta de contenedores metálicos a las plantas de productos.	1	2019-01-10	1	1	6	1	10	1	\$ 140,00	1	1	GV	
5.2		Sistema de inventario de tambores.	1	2019-01-18	1	1	14	1	168	1	\$ -	1	1		
5.3		Layout	1	2019-01-21	1	1	17	1	168	1	0	1	1	G.V	

APÉNDICE D

Resultados De Situación Inicial Y Propuesta En La Línea De Cuartos

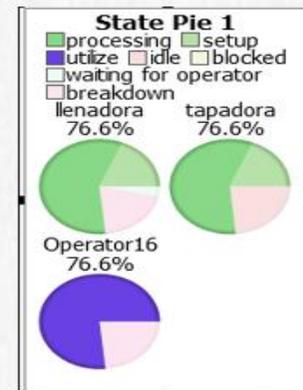


En el escenario actual, el operador opera en la línea de trimestres y su ocupación en la línea es de 76.6%.



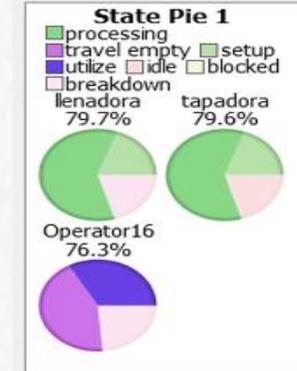
Teniendo en cuenta las nuevas actividades y agregando al inspector de calidad, su carga de trabajo se distribuirá en la línea de cuartos y tambor con el inspector de calidad

Actual



**76,6 %
Utilización**

Propuesto



**33,2 % Utilización
43,1% Caminando**