

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

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

Incremento de disponibilidad de una máquina empaquetadora

PROYECTO INTEGRADOR

Previo la obtención del Título de:

Ingenieros Industriales

Presentado por:

Jairo Alexander Correa Asencio

Yu Shan Tai

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2019

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por darme la oportunidad de disfrutar cada nuevo día y darme la sabiduría para lograr este objetivo.

A mi familia quienes han sido siempre mis guías y me han apoyado incondicionalmente.

A todos los profesores de la carrera que han impartido sus conocimientos a mí.

Jairo Alexander Correa Asencio.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por la maravillosa vida que tengo;

A mi familia por el apoyo constante;

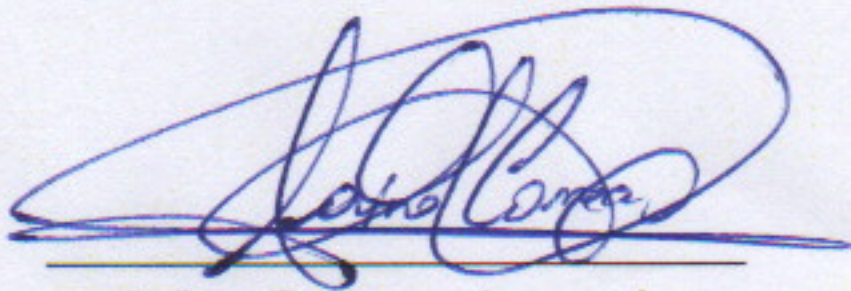
A mis amigos de la universidad que me han acompañado en la trayectoria de mis estudios;

A todos los docentes que me han enseñado mucho de la carrera.

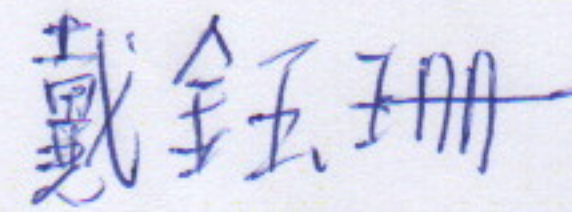
Yu Shan Tai

DECLARACIÓN EXPRESA

"Los derechos de titularidad y explotación, nos corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; Jairo Alexander Correa Asencio y Yu Shan Tai 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"




Jairo Correa Asencio
Autor 1



Yu Shan Tai
Autor 2

EVALUADORES



Jorge Abad Morán, PhD

PROFESOR DE LA MATERIA



Kléber Barcia Villacreses, PhD

PROFESOR TUTOR

RESUMEN

El presente proyecto tiene como fin el estudio y mejora de la disponibilidad de la máquina número 2 en el área de empaquetado de una planta procesadora de productos a base de cereales que está ubicada en el norte de la ciudad de Guayaquil-Ecuador, siendo el de la máquina empaquetadora 2 el indicador más bajo, con un cálculo de 64% en promedio, la meta como empresa es la de alcanzar una disponibilidad de al menos 70%, por lo cual se plantea como objetivo aumentar la disponibilidad en 6% en promedio.

Se realiza un mapeo de los principales factores que afectan al cálculo de la disponibilidad, por lo cual, se determinó que la limpieza por cambio de producto y limpieza por fin de turno tienen la mayor afectación en el cálculo, por lo que se enfocó el problema a estos dos subproblemas.

Se analizaron las diferentes causas raíz que afectan a la disponibilidad de la máquina, esto fue posible con la ayuda del grupo de trabajo del área mediante una lluvia de ideas, esto con el fin de plantear soluciones que atacarán a las causas raíces.

Cada causa raíz fue debidamente validada, así como la evaluación de las causas raíces y sus posibles soluciones, se seleccionaron las soluciones con alto impacto y fácil control, al implementar las soluciones se determina que se logra aumentar la disponibilidad de la máquina en 8%, directamente el aumento de la disponibilidad de la máquina provoca que la empresa requiera de menos horas extras para completar con sus objetivos semanales de producción.

Palabras Clave: disponibilidad, horas extras, empaquetadora, causas raíces.

ABSTRACT

The purpose of this project is to study the availability of machinery in the packaging area of a cereal-based product processing plant that is located in the north of the city of Guayaquil, Ecuador, being the packaging machine 2 the lowest indicator, being 64% on average and its goal as a company is to reach 70% availability, which is why it aims to increase availability by 6% on average.

A mapping of the main factors that affect the calculation of availability is made, so it was determined that cleaning by product change and cleaning at the end of the shift have the greatest impact on the calculation, so the problem was focused on these two subproblems

The different root causes that affect the availability of the machine were analyzed, this was possible with the help of the work group in the area through a brainstorm, this in order to propose solutions that will attack the root causes.

Each root cause was duly validated, as well as the evaluation of the root causes and their possible solutions, the solutions with high impact and easy control were selected, when implementing the solutions it is determined that the availability of the machine is increased by 8%, directly the increase in machine availability causes the company to require less overtime to complete its weekly production objectives.

Keywords: Availability, overtime, packing machine, root causes.

ÍNDICE GENERAL

EVALUADORES.....	5
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 Restricciones	2
1.1.2 Alcance del proyecto	2
1.2 Justificación del problema	3
1.3 Objetivos	4
1.3.1 Objetivo general	4
1.3.2 Objetivos específicos	4
1.4 Marco teórico.....	4
1.4.1 Lean manufacturing	4
1.4.2 Six sigma	5
1.4.3 DMAIC	5
1.4.4 Voice of costomer	6
1.4.5 SIPOC.....	6
1.4.6 CTQ	6

1.4.7	4W+2H.....	6
1.4.8	Diagrama Ishikawa.....	6
1.4.9	SMED	7
CAPÍTULO 2		8
2.	Metodología.....	8
2.1	Definición.....	8
2.1.1	Situación actual.....	8
2.1.2	Definición del problema.....	10
2.2	Medición	12
2.2.1	Estratificación.....	12
2.2.2	Mapeo del proceso.....	13
2.2.3	Plan de recolección de datos	15
2.2.4	Tamaño de muestra	15
2.2.5	Confiableidad de los datos	16
2.3	Análisis.....	18
2.3.1	Análisis de causas	18
2.3.2	Verificación de las causas.....	21
2.3.3	Identificación de causas raíces	25
2.4	Mejora	26
2.4.1	Soluciones potenciales	26
2.4.2	Evaluación de propuesta de mejoras	27
2.4.3	Selección de propuesta de mejora	28
2.4.4	Plan de implementación de soluciones	29
2.5	Control.....	36
CAPÍTULO 3		40
3.	Resultados y análisis	40

3.1	Implementación de SMED	40
3.2	Estandarizar y capacitar las tareas a realizar por cada operario según el nuevo proceso.....	40
3.3	Creación de un proceso eficiente de limpieza.....	41
3.4	Número de trabajadores capacitados en el nuevo proceso	42
3.5	Aumento de la disponibilidad.....	42
3.6	Análisis financiero.....	43
CAPÍTULO 4		45
4.	Conclusión y recomendaciones	45
4.1	Conclusiones	45
4.2	Recomendaciones.....	45
BIBLIOGRAFÍA		46
APÉNDICES.....		47

ABREVIATURAS

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
SMED	Single Minute Exchange of Die
DMAIC	Definir – Medir – Analizar – Mejorar – Controlar
SIPOC	Supplier – Inputs – Process – Outputs –Customer
VOC	Voice of the customer
CTQ	Critical to Quality
4W+1H	What – Who– Where – When – How Much – How do I know
OEE	Overall Equipment Effectiveness
PIB	Producto Interno Bruto
CFN	Corporación Financiera Nacional
MIN	Minuto

SIMBOLOGÍA

% Porcentaje

\$ Dólar

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Diagrama SIPOC del proceso.....	3
Figura 1.2 OEE de las máquinas empaquetadoras.....	4
Figura 2.1 Situación actual de la empresa.....	8
Figura 2.2 Equipo del proyecto.....	9
Figura 2.3 CTQS de las necesidades.....	9
Figura 2.4 Promedio de disponibilidad de las máquinas empaquetadoras.....	10
Figura 2.5 Disponibilidad de la máquina empaquetadora 2.....	11
Figura 2.6 4W+2H.....	11
Figura 2.7 Pareto de los paros de la máquina empaquetadora 2.....	12
Figura 2.8 Tiempos de paros enfocadas.....	13
Figura 2.9 Prueba de la diferencia de medias.....	16
Figura 2.10 Diferencia de medias en MINITAB.....	17
Figura 2.11 Lluvia de ideas con los operarios del área.....	18
Figura 2.12 Diagrama de Ishikawa del problema de cambio de producto.....	19
Figura 2.13 Diagrama de Ishikawa del problema de limpieza de fin del turno.....	19
Figura 2.14 Matriz Impacto vs Control.....	21
Figura 2.15 Proceso de cambio de producto con actividades externas.....	22
Figura 2.16 Reprocesos durante la limpieza de cambio de producto.....	23
Figura 2.17 Tiempo de carga laboral por operador en cambio de producto.....	24
Figura 2.18 Diagrama de caja de tiempo de limpieza de fin de turno.....	24
Figura 2.19 Matriz impacto - esfuerzo.....	28
Figura 2.20 Fases de la metodología SMED.....	29
Figura 2.21 Diagrama de proceso de cambio de producto.....	30
Figura 2.22 Diagrama de flujo de proceso mejorado.....	32
Figura 2.23 Capacitación sobre metodología SMED.....	33
Figura 2.24 Prueba inicial de la implementación de las mejoras.....	33
Figura 2.25 Áreas de limpieza y frecuencia de limpieza del área.....	34
Figura 2.26 Proceso estándar de limpieza de fin de turno.....	35

Figura 2.27 Control visual	36
Figura 3.1 Antes y después de las actividades internas del operario líder	40
Figura 3.2 Tiempo de tarea por operario	41
Figura 3.3 Antes y después de la suciedad del área.....	41
Figura 3.4 Número de personas capacitados en el nuevo proceso.....	42
Figura 3.5 Disponibilidad de la maquina empaquetadora 2 antes y después.....	43

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Resumen de tiempos del proceso de cambio de producto.....	14
Tabla 2.2 Porcentaje de actividades en el proceso de cambio de producto.....	14
Tabla 2.3 Resumen de tiempos del proceso limpieza de fin de turno	14
Tabla 2.4 Porcentaje de actividades en el proceso de limpieza de fin de turno	14
Tabla 2.5 Tabla de westinghouse	15
Tabla 2.6 Tamaño de muestra.....	15
Tabla 2.7 Datos observado vs datos ingresados por operario	16
Tabla 2.8 Tiempo observado vs Tiempo registrado en bitácora.....	17
Tabla 2.9 Nivel de impacto	20
Tabla 2.10 Causas potenciales con mayor impacto de cada problema enfocado	20
Tabla 2.11 Plan de verificación de causas de los problemas enfocados.....	22
Tabla 2.12 Estado de la verificación de causa.....	25
Tabla 2.13 5 Por qué	26
Tabla 2.14 Propuesta de posibles soluciones vs causas raíces	27
Tabla 2.15 Evaluación de propuestas.....	28
Tabla 3.1 Análisis Financiero.....	44

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

El incremento en la demanda del sector alimenticio ha conllevado a que las empresas tengan la necesidad de mejorar sus diferentes procesos productivos, desde una planificación óptima de la producción hasta el control de la misma, garantizando la disponibilidad de sus artículos finales en cantidades correctas y en las fechas de entrega planificadas y establecidas. El desarrollo del sector alimenticio es uno de los sectores más importantes de las políticas económicas del Ecuador, ya que representa el 4,7% total del PIB con una estimación de crecimiento del 1,9% en comparación al año anterior, por lo cual representa el 38% del sector manufacturero del país. (CFN SECTOR MANUFACTURERO, 2017).

La compañía donde se realiza el presente proyecto cuenta con experiencia en la producción, empaque y distribución de productos alimenticios, cuya materia prima tiene procedencia tanto nacional como internacional, requiere tener un porcentaje óptimo en su disponibilidad para así cumplir con las exigencias del mercado y estrategias corporativas. Los altos tiempos de limpieza, los tiempos de cambio de productos, las reuniones y paras no programadas provocan que la disponibilidad se vaya reduciendo considerablemente. El cálculo de la disponibilidad se logró determinar mediante la validación de los datos proporcionados, cuyo período corresponde a los primeros 5 meses del 2019, también permitió enfocar el problema hasta la máquina con la disponibilidad más baja en el área la cual se la denominó máquina empaquetadora 2.

A través del uso de la metodología DMAIC se busca fomentar y a su vez llevar a cabo propuestas que ayuden a la reducción del problema, mediante un análisis completo se persigue cumplir con los objetivos generales y específicos considerando las diferentes restricciones, el tiempo destinado al estudio y el alcance los cuales fueron definidos en conjunto con el equipo de trabajo.

1.1 Descripción del problema

La empresa es una productora de cereal, está ubicada en el norte de la ciudad de Guayaquil cuyas actividades principales son la de fabricar, empaquetar y distribuir productos alimenticios.

En los últimos 5 meses del año 2019 se ha presentado un bajo porcentaje en el cálculo de la disponibilidad real en el área de empaquetado siendo el más bajo la línea de envasado número 2, se evidencia que el porcentaje promedio alcanzado fue de 64,52% en comparación al esperado que es del 70%. A partir de los datos se evidencia que la baja disponibilidad es provocada principalmente por los altos tiempos de cambios y limpiezas.

1.1.1 Restricciones

Se consideran las siguientes restricciones:

- Restricción de personal - turnos rotativos: El personal operativo por lo general labora en 3 turnos, y por tanto los puestos de trabajo son variables.
- Información de la Empresa: La empresa tiene como política de confidencialidad, no proporcionar cierto tipo de información como seguridad de que no exista algún tipo de filtración de ésta, hacia la competencia.
- Los reportes no son validados: La información registrada en bitácora no es validada por algún operador responsable, por lo cual se puede crear alteraciones en la información y por ende cálculos erróneos.
- Imposibilidad de expansión: Debido al espacio reducido de la planta, se considera al espacio físico como una restricción.

1.1.2 Alcance del proyecto

Para determinar el alcance del proyecto se efectuó un diagrama SIPOC, con el propósito de conocer la interacción de los diferentes procesos para la producción de cereal; conociendo de esta forma a los proveedores, entrantes, proceso, salida y cliente respectivamente; así como muestra la figura 1.1.

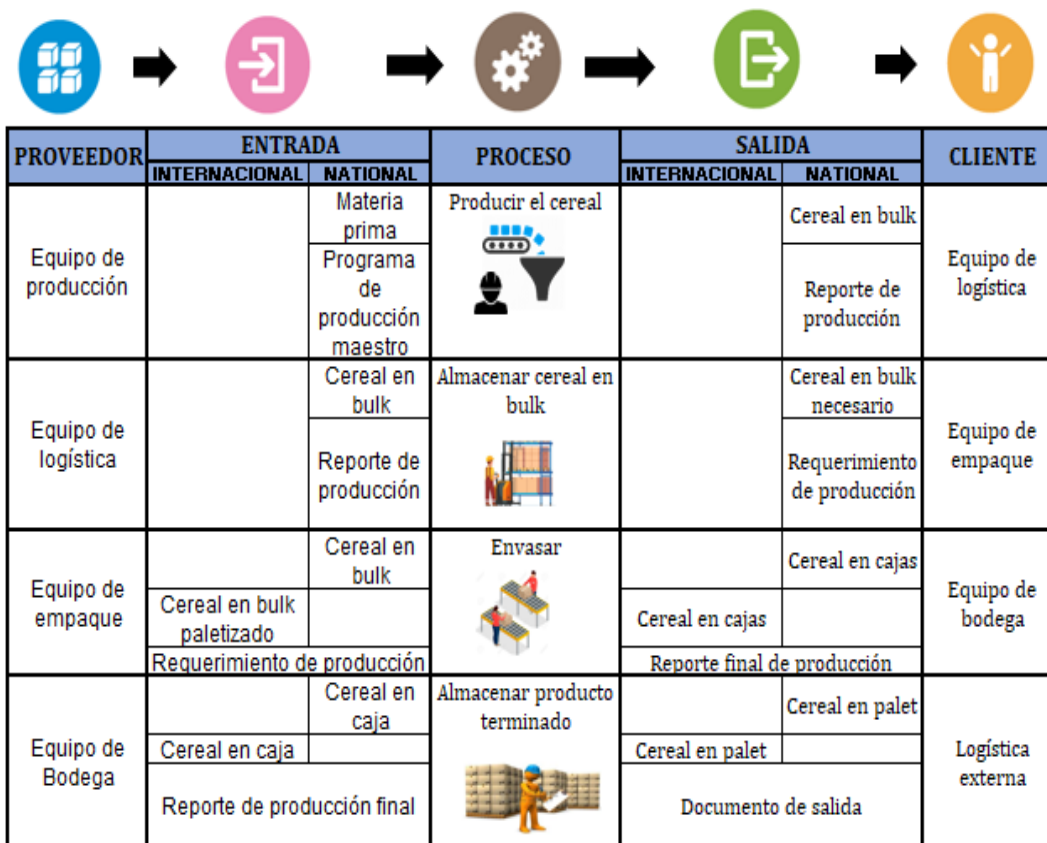


Figura 1.1 Diagrama SIPOC del proceso

Elaborado por Jairo Correa y Yu Shan Tai

Obteniendo que el alcance del presente proyecto es en el proceso de empaquetado donde intervienen áreas de empaque y bodega.

1.2 Justificación del problema

El presente estudio se centró en el área de empaquetado debido a que era aquel que tenía mayor tiempo de producción a comparación con el área del proceso del producto, debido a que empaquetaban tanto productos nacionales e internacionales.

Dentro del área hay 4 máquinas empaquetadora, se escogió como indicador a enfocar el porcentaje de la disponibilidad dentro del OEE debido a que era aquel que tenía mayor variación en comparación con las demás variables del OEE como se observa en la figura 1.2.

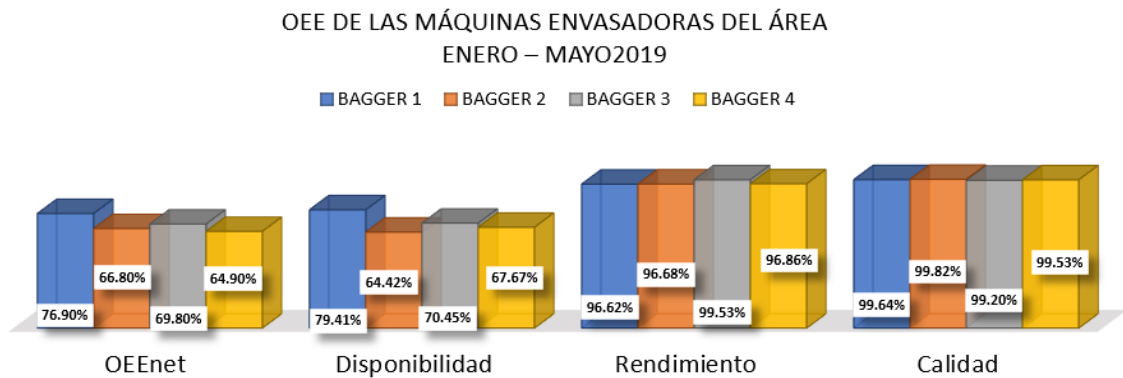


Figura 1.2 OEE de las máquinas empaquetadoras

Elaborado por Jairo Correa y Yu Shan Tai

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Aumentar la disponibilidad de la máquina empaquetadora 2, cuya planta está ubicada al norte de Guayaquil, en un 6% del promedio durante los próximos 4 meses, por medio de la metodología DMAIC.

1.3.2 Objetivos específicos

- Identificar las principales variables de respuesta a través de la herramienta CTQ.
- Identificar las variables potenciales que afectan en gran parte al cálculo de la disponibilidad de la empresa.
- Analizar las causas raíz que conllevan a la reducción de la disponibilidad promedio.
- Seleccionar propuestas pertinentes para una reducción de la baja disponibilidad.
- Implementación de planes de control.

1.4 Marco teórico

1.4.1 Lean manufacturing

Lean Manufacturing es una filosofía de gestión de procesos genérica derivada principalmente de Toyota, y se enfoca principalmente en la reducción de los siete desechos identificados originalmente por Toyota. Lean Manufacturing es la forma óptima de producir bienes mediante la eliminación de desechos y la implementación de flujos, en oposición al procesamiento por lotes.

Lean Manufacturing se enfoca en obtener las cosas correctas, en el lugar correcto, en el momento adecuado, en la cantidad correcta para lograr un flujo de trabajo perfecto al mismo tiempo que minimiza el desperdicio, y es flexible y capaz de cambiar. Los aspectos culturales y de gestión son tan importantes como las herramientas o metodologías reales de producción. (George, Maxey, Rowlands, & Upton, 2004).

1.4.2 Six sigma

Lean Six Sigma es un método establecido de mejora continua mediante la reducción de defectos y la eliminación de desechos. Es muy utilizada por las organizaciones para poder lograr altos niveles de eficiencia en sus procesos, analizando la variación y proponiendo futuras mejoras a base de sus datos históricos mediante la integración de herramientas estadísticas. (Montgomery, 2009).

1.4.3 DMAIC

DMAIC es un procedimiento estructurado de resolución de problemas ampliamente utilizado en la mejora de la calidad y el proceso. (Montgomery, 2009).

- **Definir:** El objetivo de este paso es identificar las oportunidades de mejora para el proyecto y verificar o validar la relevancia para las partes interesadas de llevarlo a cabo. Entre las herramientas claves para esta fase, se encuentran: Project Charter, VOC, CTQ, SIPOC.
- **Medir:** El propósito de este paso es evaluar y comprender el estado actual del proceso. Esto involucra la recopilación de datos, costos y tiempos de procesamiento. Es de vital importancia desarrollar una lista de todas las variables clave de entrada de proceso y las variables clave de salida de proceso.
- **Analizar:** El objetivo es utilizar los datos del paso de medición para comenzar a determinar las relaciones de causa y efecto en el proceso y comprender las diferentes fuentes de la variabilidad.

- **Mejorar:** En el paso de mejorar, recurren al pensamiento creativo sobre los cambios específicos que se pueden hacer en el proceso y otras cosas que se pueden hacer para tener el impacto deseado en el rendimiento del proceso.
- **Control:** Los objetivos del paso de control es realizar un plan de control de proceso y otros procedimientos necesarios para asegurar que las ganancias del proyecto serán institucionalizadas.

1.4.4 Voice of customer

Es un término que describe los comentarios de los clientes acerca de sus experiencias y expectativas con respecto algún tipo de productos o servicios. Se enfoca en las expectativas, necesidades, entendimientos y mejoras del producto del cliente. (Montgomery, 2009).

1.4.5 SIPOC

Representación gráfica de los procesos donde se pueden apreciar los documentos o personas que transformaran una entrada (INPUT) a una salida (OUTPUT), además de los clientes a quienes están dirigidas estas salidas, Permite definir el alcance y barreras del proyecto. (Montgomery, 2009).

1.4.6 CTQ

El CTQ relaciona los deseos del cliente con sus necesidades, tiene como fin identificar diferentes indicadores de calidad que permitan medir las necesidades del cliente. (Montgomery, 2009).

1.4.7 4W+2H

Metodología que soporta la definición del problema, contestando las preguntas de qué, dónde, qué tanto, cuándo, quién y cómo lo sé para focalizar el problema. (Montgomery, 2009).

1.4.8 Diagrama Ishikawa

Es una herramienta que provee una estructura para la identificación de causas de un efecto/problema analizado.

Permite la clasificación de 6 categorías básicas (Las 6 M's): método, material, mano de obra, medio ambiente, medida, máquina. (Montgomery, 2009).

1.4.9 SMED

SMED que según sus siglas (Single-Minute Exchange of Dies), es una herramienta utilizada para la reducción de tiempo en un proceso, es decir que los cambios de formato puedan ser rápidos y puedan pasar de un lote al siguiente en un tiempo de duración estimado de al menos 10 minutos, esto representa beneficios para una organización ya que se logra obtener mayor disponibilidad para seguir produciendo otros lotes iguales o diferentes.

La técnica de SMED está compuesto por las siguientes etapas:

1. Observar y entender el proceso de cambio de lote.
2. Identificar y Separar las operaciones internas y externas.
3. Convertir las operaciones internas a externas.
4. Refinar todos los aspectos de la preparación.
5. Estandarizar el nuevo procedimiento. (Espin Carbonell, 2013)

CAPÍTULO 2

2. METODOLOGÍA

En este capítulo se especifica la utilización de cada etapa de la metodología DMAIC para resolver el problema, la cual está compuesta por cinco etapas: definición, medición, análisis, mejora y control.

2.1 Definición

Para la presente etapa es primordial conocer la situación actual de la empresa por lo que se realizó el levantamiento de información y se usó diferentes herramientas como es el VOC, 4W+2H y SIPOC para obtenerlos.

2.1.1 Situación actual

La zona de producción de la empresa contiene al área de producción de cereal y el área de empaquetado, adicionalmente en esta última área empacan también cereales importados de Colombia, por lo que su tiempo de producción es 39% más que la otra área. Se observa en la Figura 2.1.

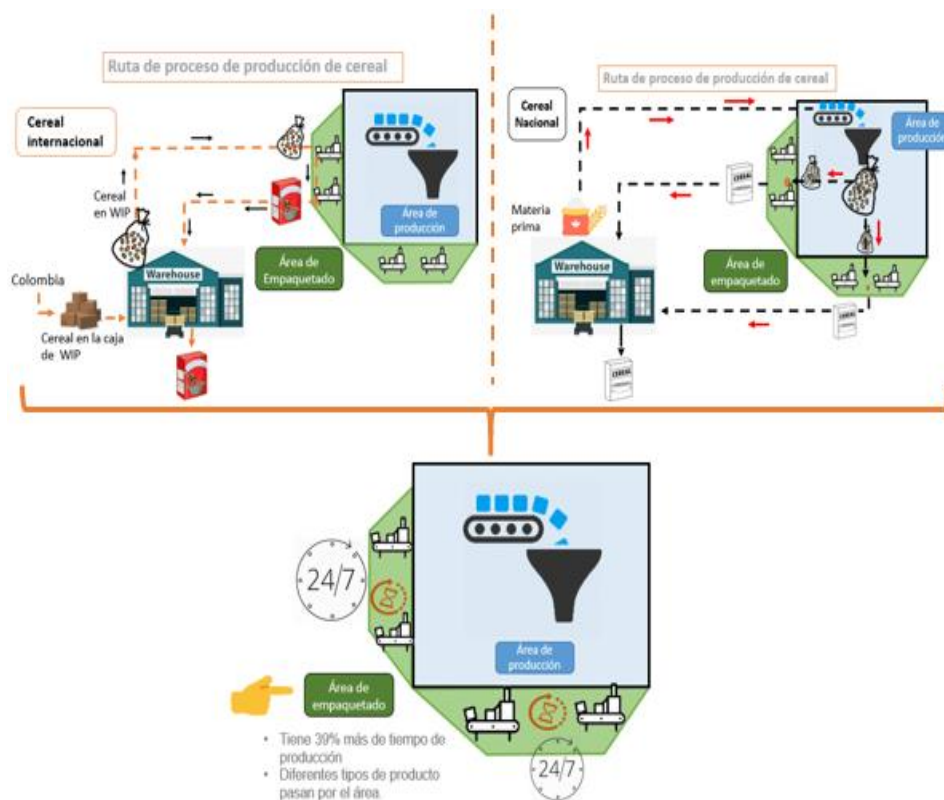


Figura 2.1 Situación actual de la empresa

Elaborado por Jairo Correa y Yu Shan Tai

Sobre la situación del área se procedió a realizar la recolección de las necesidades del cliente juntamente con el equipo del proyecto (Figura 2.2) quienes son personas que están involucradas en el área.



Figura 2.2 Equipo del proyecto
Elaborado por Jairo Correa y Yu Shan Tai

Con dicha información se procedió a elaborar el árbol de variables críticas para la calidad (CTQ) la cual ayuda a traducir las necesidades de los clientes sobre el problema mencionada en variables medibles como se muestra en la Figura 2.3.

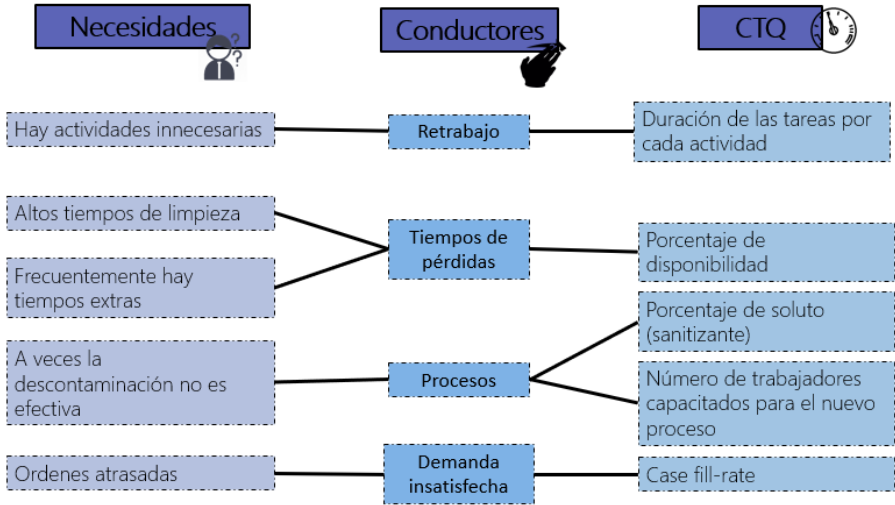


Figura 2.3 CTQS de las necesidades
Elaborado por Jairo Correa y Yu Shan Tai

Una vez determinada las variables, con la empresa se seleccionó la variable más crítica, la misma que sería la variable respuesta del proyecto, obteniendo de este modo el indicador que es el porcentaje de disponibilidad, la cual se define de la siguiente manera:

$$\text{PORCENTAJE DE DISPONIBILIDAD} = \frac{\text{Tiempo planificado de producción} - \text{Otras Pérdidas}}{\text{Tiempo planificado de producción}} * 100 \quad (2.1)$$

Otra variable en tener en cuenta para este término es la que se encuentra en el pilar social que es el número de trabajadores capacitados para el nuevo proceso. Es importante debido a la seguridad y bienestar del operario.

2.1.2 Definición del problema

En la figura 2.4 se muestra el porcentaje de disponibilidad y porcentaje de pérdidas de las cuatro máquinas del área de empaque, en la cual se observa que la empaquetadora 2 (Bagger 2 como la llaman en la empresa) es la que tiene menor porcentaje de disponibilidad y que tiene mayor uso que las otras empaquetadoras del área desde enero hasta mayo de 2019.

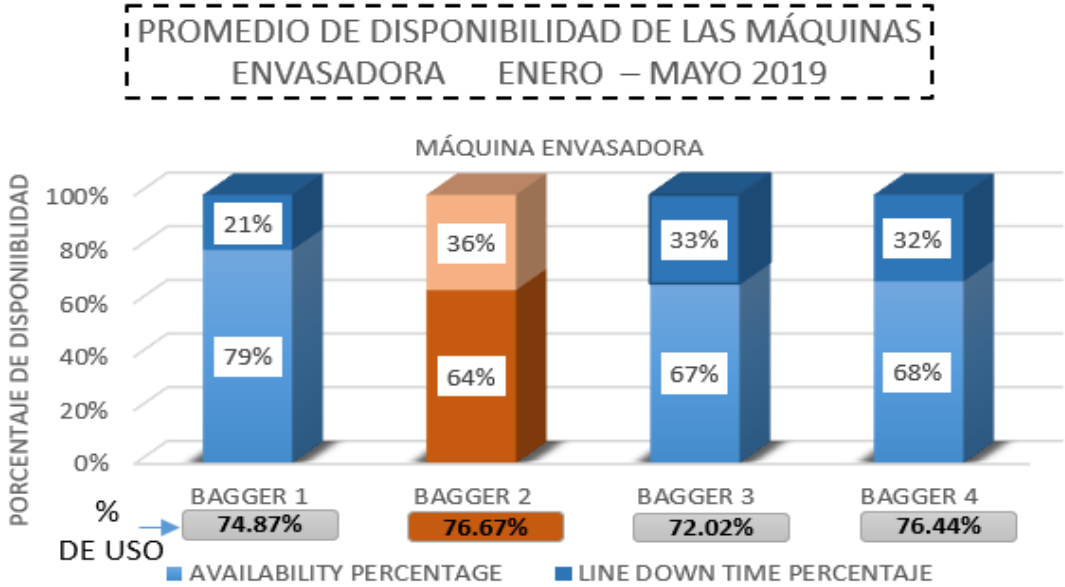


Figura 2.4 Promedio de disponibilidad de las máquinas empaquetadoras

Elaborado por Jairo Correa y Yu Shan Tai

Por lo que en la figura 2.5 se muestra el comportamiento semanal de la disponibilidad de la empaquetadora 2 desde enero a mayo del 2019, donde se lo contrasta con la disponibilidad promedio esperado por la empresa y la disponibilidad promedia actual.

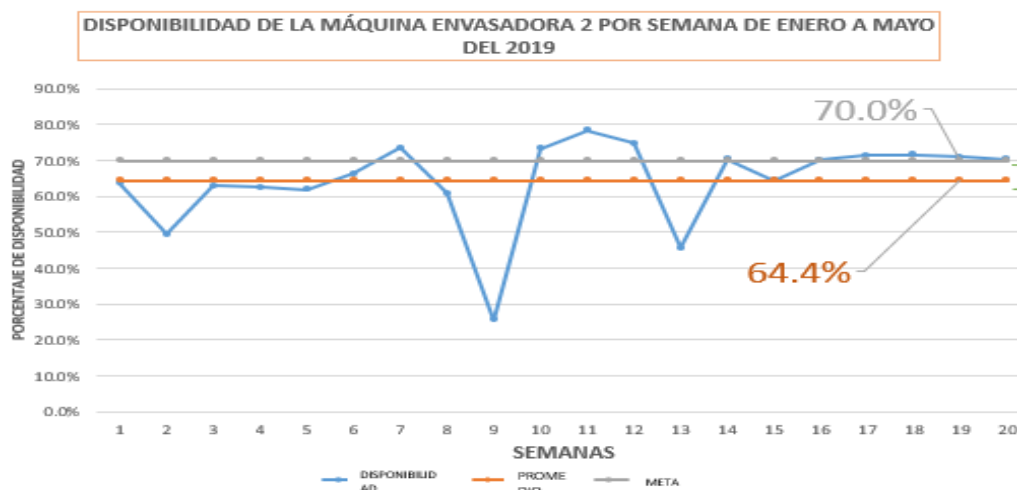


Figura 2.5 Disponibilidad de la máquina empaquetadora 2

Elaborado por Jairo Correa y Yu Shan Tai

Entonces con la información obtenida se declaró el problema empleando la herramienta 4W+ 2H, que consiste en realizar preguntas simples que ayuda a orientar y definir de manera correcta el problema como se puede observar en la figura 2.6.



Figura 2.6 4W+2H

Elaborado por Jairo Correa y Yu Shan Tai

“La baja disponibilidad en la máquina empaquetadora 2 en una industria de producción de cereal de enero a mayo del 2019 fue en promedio 64% semanal pero la compañía acepta un promedio de 70% semanal.”

2.2 Medición

Una vez que se ha definido el problema, alcance y objetivos del proyecto, se procedió a levantar información más detallado del proceso con el propósito de estratificar y enfocar el problema, por lo que se requiere un plan de recolección de datos, de la misma forma una verificación y confiabilidad de los datos recolectado respectivamente, asegurando las herramientas y forma de medición.

2.2.1 Estratificación

Con los datos históricos de la empresa de la empaquetadora 2, se realizó la estratificación de los tiempos de los paros que ocasionan baja disponibilidad desde enero a mayo del 2019, donde por medio de un diagrama de pareto se muestra que el 72% del problema está en el proceso de cambio de producto o formato (O-CA) y el proceso de limpieza (O-LI); como se muestra en la figura 2.7

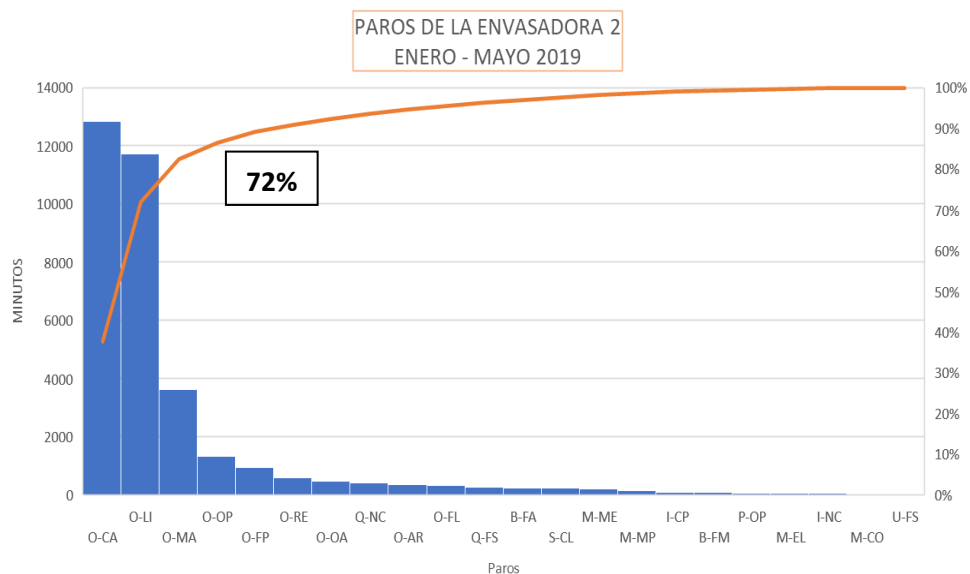


Figura 2.7 Pareto de los paros de la máquina empaquetadora 2

Elaborado por Jairo Correa y Yu Shan

Dentro del proceso de cambio de producto o formato (O-CA) y proceso de limpieza (O-LI) (Ver Figura 2.8) se encuentra también varias actividades de las cuales el cambio de producto y la limpieza de fin del turno ocupaban el 50.2% y 53.5% tiempo respectivamente, los mismo que eran los más frecuentes.

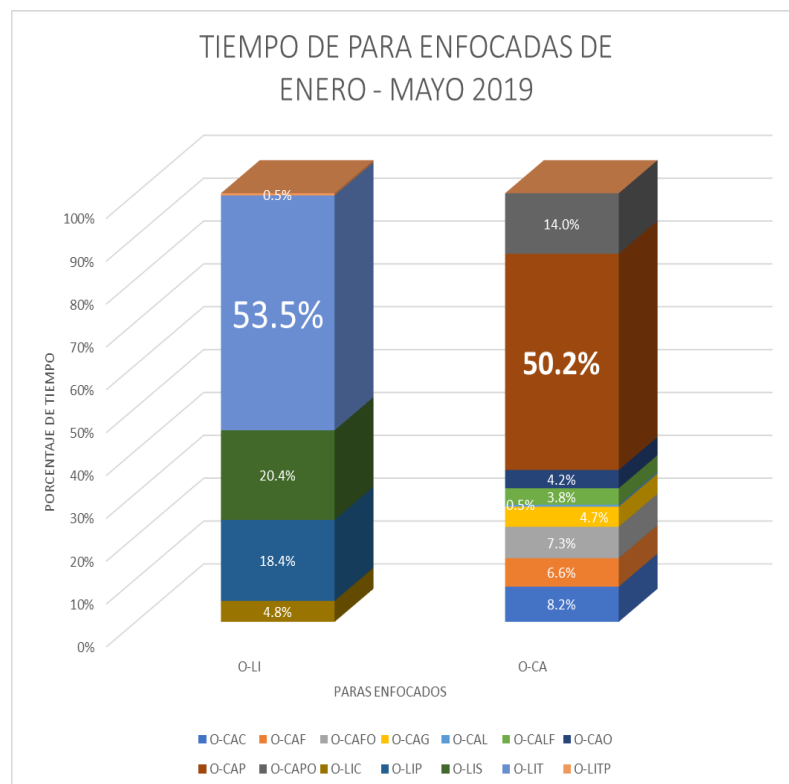


Figura 2.8 Tiempos de paras enfocadas
Elaborado por Jairo Correa y Yu Shan

Por lo que se enfocó el problema en las dos actividades; cambio de producto y limpieza de fin del turno. En el apéndice A se encuentra la descripción de cada paro que se presenta en la máquina.

2.2.2 Mapeo del proceso

Para describir detalladamente el proceso de las dos actividades se realizó un diagrama hombre-máquina, el cual ayuda a determinar lo que realiza cada operario en diferentes situaciones de la máquina.

En el apéndice B se encuentra detalladamente el diagrama hombre-máquina de los dos problemas enfocados.

Por medio del diagrama se pudo observar que en los dos procesos había actividades que agregaban y no agregaban valor en cada operario, en la tabla 2.2 y 2.4 se muestra cada una de ellas en porcentaje, por lo mismo se contabilizó el tiempo de cada una de ellas y por operario, resumiéndolo en la tabla 2.1 y 2.3.

Tabla 2.1 Resumen de tiempos del proceso de cambio de producto

	OPERARIO LÍDER	AYUDANTE 1	AYUDANTE 2	AYUDANTE 3
ACTIVIDADES QUE AGREGAN VALOR	2:10:18	1:35:42	2:02:56	0:25:42
ACTIVIDADES QUE NO AGREGAN VALOR	0:17:24	0:52:00	0:24:46	2:02:00
TIEMPO TOTAL	2:27:42	2:27:42	2:27:42	2:27:42

Elaborado por Jairo Correa y Yu Shan Tai

Tabla 2.2 Porcentaje de actividades en el proceso de cambio de producto

	OPERARIO LIDER	AYUDANTE 1	AYUDANTE 2	AYUDANTE 3
ACTIVIDADES QUE AGREGAN VALOR	88%	65%	97%	100%
ACTIVIDADES QUE NO AGREGAN VALOR	12%	35%	3%	0%

Elaborado por Jairo Correa y Yu Shan Tai

Tabla 2.3 Resumen de tiempos del proceso limpieza de fin de turno

	AYUDANTE 1	AYUDANTE 2	AYUDANTE 3
ACTIVIDADES QUE AGREGAN VALOR	0:24:00	0:20:00	0:23:00
ACTIVIDADES QUE NO AGREGAN VALOR	0:07:00	0:11:00	0:08:00
TIEMPO TOTAL	0:31:00	0:31:00	0:31:00

Elaborado por Jairo Correa y Yu Shan Tai

Tabla 2.4 Porcentaje de actividades en el proceso de limpieza de fin de turno

	AYUDANTE 1	AYUDANTE 2	AYUDANTE 3
ACTIVIDADES QUE AGREGAN VALOR	77.42%	64.52%	74.19%
ACTIVIDADES QUE NO AGREGAN VALOR	22.58%	35.48%	25.81%

Elaborado por Jairo Correa y Yu Shan Tai

2.2.3 Plan de recolección de datos

Luego de conocer detalladamente los procesos estratificado se procedió a realizar el plan de recolección de datos que se puede observar en el apéndice C, el cual tiene propósito de determinar los factores que afectan al problema.

2.2.4 Tamaño de muestra

Seguidamente se procedió a determinar la cantidad de observaciones a recolectar por medio de la tabla de Westinghouse (Tabla 2.5). Dicha tabla ofrece el número de observaciones a recolectar según la frecuencia al año y también la duración, motivo por el cual se lo escogió debido a que las actividades no se realizan tan continuo en el día y aparte la duración de las actividades son larga.

Tabla 2.5 Tabla de westinghouse

Cuando el tiempo por pieza o ciclos es:	Número mínimo de ciclos a estudiar		
	Actividad más de 10.000 por año	1.000 a 10.000	Menos de 1.000
1.000 horas	5	3	2
0.800 horas	6	3	2
0.500 horas	8	4	3
0.300 horas	10	5	4
0.200 horas	12	6	5
0.120 horas	15	8	6

Fuente: Roberto García Criollo, Medición del trabajo. Pág 32

Teniendo a la limpieza de fin de turno y cambio de producto con un tiempo de ciclo de 1.000 horas y 0.500 horas respectivamente, donde los dos procesos tenían al menos 1.000 número de ciclos a estudiar. El resultado se lo puede observar en la tabla 2.6.

Tabla 2.6 Tamaño de muestra

DATOS	Prueba piloto	Promedio (MIN)	Frecuencia del año	TAMAÑO DE MUESTRA
TIEMPO DE LIMPIEZA DE FIN DE TURNO	30	34	444	3
TIEMPO DE CAMBIO DE PRODUCTO	30	112	150	2

Elaborado por Jairo Correa y Yu Shan Tai

2.2.5 Confiabilidad de los datos

Para mostrar confiabilidad de los datos que usan los operarios se realizó una prueba de hipótesis con los datos que recolectan en el documento contra los tiempos tomados por el grupo del proyecto obteniendo lo siguiente:

Limpieza de fin de turno

Para realizar una validación de datos de limpieza de cambio de turno se realiza una comparación entre los datos ingresados en bitácora y los datos observados, ver tabla 2.7.

Tabla 2.7 Datos observado vs datos ingresados por operario

TIEMPO REAL μ_1 (MINUTOS)	TIEMPO BITACORA μ_2 (MINUTOS)
26	30
35	40
20	30
45	40

Elaborado por Jairo Correa y Yu Shan Tai

Por tal motivo, se definen las siguientes hipótesis, tanto hipótesis nula como hipótesis alternativa además, de un valor de alfa, en este caso será de 0,05.

H_a = Los valores promedios de la muestra tienen una diferencia significativa

H_0 = Los valores promedios de la muestra son iguales

$$H_0 ; \mu_1 = \mu_2 \quad (2.2)$$

$$H_a ; \mu_1 \neq \mu_2 \quad (2.3)$$

Mediante el uso de la herramienta estadística MINITAB se realiza una prueba de diferencias de media para validar la hipótesis cero (ver Figura 2.9)

Prueba T e IC de dos muestras: REAL SAMPLE; LOGBOOK VALUE				
T de dos muestras para REAL SAMPLE vs. LOGBOOK VALUE				
				Error estándar de la media
	N	Media	Desv.Est.	
REAL SAMPLE	4	31,5	10,9	5,5
LOGBOOK VALUE	4	35,00	5,77	2,9
Diferencia = μ (REAL SAMPLE) - μ (LOGBOOK VALUE)				
Estimación de la diferencia: -3,50				
IC de 95% para la diferencia: (-18,60; 11,60)				
Prueba T de diferencia = 0 (vs. #): Valor T = -0,57 Valor p = 0,591 GL = 6				

Figura 2.9 Prueba de la diferencia de medias

Elaborado por Jairo Correa y Yu Shan Tai

Se realiza un análisis del VALOR P el cual siendo mayor que el alfa de estudio de 0,05, entonces se puede inferir que con un 95% de nivel de confianza que el promedio entre ambas muestras son iguales.

Cambio de producto

Para realizar una validación de datos de cambios de producto se realiza una comparación entre los datos ingresados en bitácora y los datos observados en la tabla 2.8:

Tabla 2.8 Tiempo observado vs Tiempo registrado en bitácora

TIEMPO REAL μ_1 (MINUTOS)	TIEMPO BITACORA μ_2 (MINUTOS)
95	90
90	100
84	90
114	120

Elaborado por Jairo Correa y Yu Shan Tai

Por tal motivo se definen las siguientes hipótesis, tanto hipótesis nula como hipótesis alternativa además de un valor de alfa, en este caso será de 0,05.

H_a = Los valores promedios de la muestra tienen una diferencia significativa

H_0 = Los valores promedios de la muestra son iguales

$$H_0 ; \mu_1 = \mu_2 \quad (2.4)$$

$$H_a ; \mu_1 \neq \mu_2 \quad (2.5)$$

Mediante el uso de la herramienta estadística MINITAB se realiza una prueba de diferencias de media para validar la hipótesis cero (Ver figura 2.10)

Prueba T e IC de dos muestras: TIEMPO REAL μ_1 (MINUTOS); TIEMPO BITACORA μ_2 (MINUTOS)				
T de dos muestras para TIEMPO REAL μ_1 (MINUTOS) vs. TIEMPO BITACORA μ_2 (MINUTOS)				
				Error estándar de la media
	N	Media	Desv.Est.	
TIEMPO REAL μ_1 (MINUTOS)	4	95,8	13,0	6,5
TIEMPO BITACORA μ_2 (MINU	4	100,0	14,1	7,1
Diferencia = μ (TIEMPO REAL μ_1 (MINUTOS)) - μ (TIEMPO BITACORA μ_2 (MINUTOS))				
Estimación de la diferencia: -4,25				
IC de 95% para la diferencia: (-28,91; 20,41)				
Prueba T de diferencia = 0 (vs. #): Valor T = -0,44 Valor p = 0,676 GL = 5				

Figura 2.10 Diferencia de medias en MINITAB

Elaborado por Jairo Correa y Yu Shan Tai

Se realiza un análisis del VALOR P el cual siendo mayor que el alfa de estudio de 0,05, entonces se puede inferir que con un 95% de nivel de confianza que el promedio entre ambas muestras son iguales.

Con todos los datos verificado y validado, en la etapa de medición, se concluye que los procesos a enfocar del problema son el cambio de producto y limpieza de fin de turno.

2.3 Análisis

Para esta etapa se busca las causas raíces del problema y para llegar a ella se usa herramientas como el diagrama de Ishikawa, matriz causa vs efecto y 5 por qué.

2.3.1 Análisis de causas

Para encontrar las causas potenciales se realizó una lluvia de ideas junto a los operarios del área de empaquetado (Ver figura 2.11), para luego proceder a clasificar y ordenar en el diagrama de Ishikawa correspondiente a cada problema enfocada que se observa en la figura 2.12 y figura 2.13.

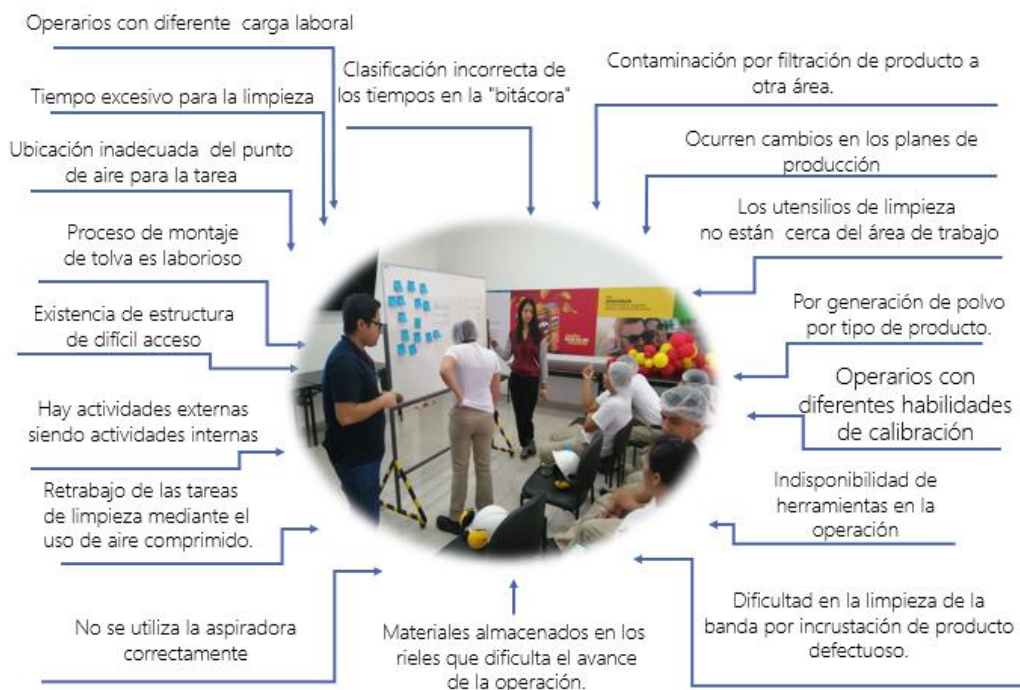


Figura 2.11 Lluvia de ideas con los operarios del área

Elaborado por Jairo Correa y Yu Shan Tai

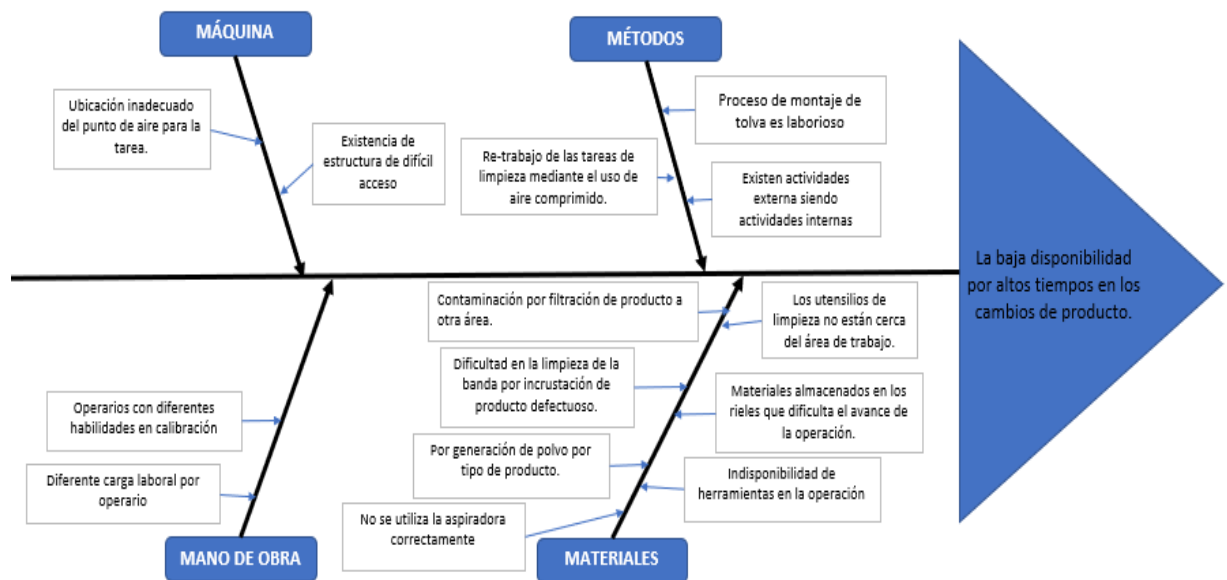
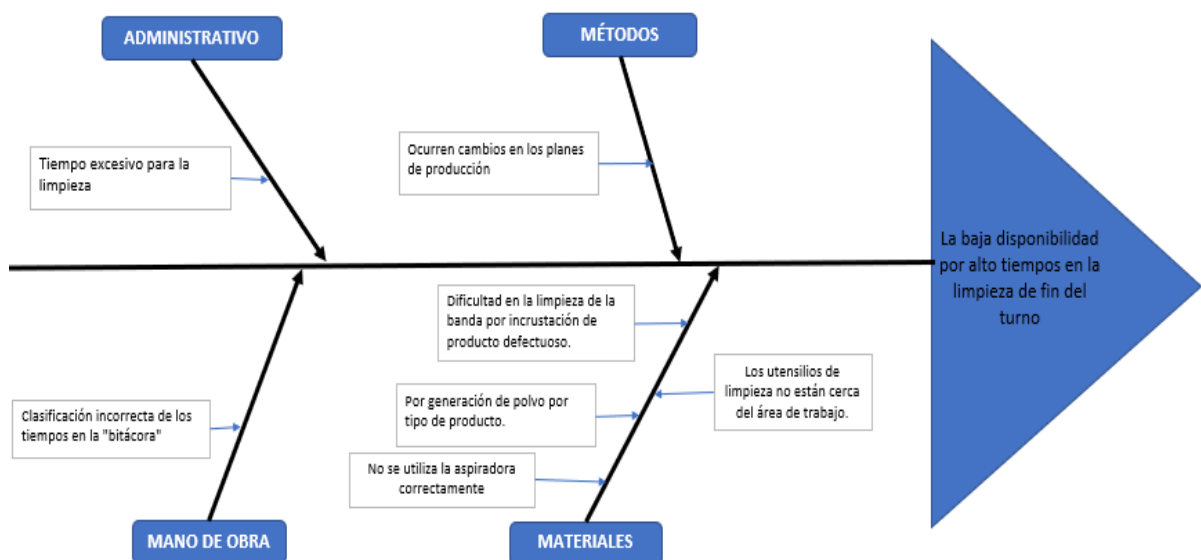


Figura 2.12 Diagrama de Ishikawa del problema de cambio de producto
Elaborado por Jairo Correa y Yu Shan Tai



Una vez ordenada las causas potenciales se procedió a colocarle una ponderación a cada causa con respecto al impacto que ocasionaba a los problemas enfocados. La ponderación se basó en una calificación logarítmica como se muestra en la tabla 2.9.

Puntuación

Figura 2.13 Diagrama de Ishikawa del problema de limpieza de fin del turno
Elaborado por Jairo Correa y Yu Shan Tai

Tabla 2.9 Nivel de impacto

0	No tiene
1	Poco impacto
3	Media impacto
9	Alto impacto

Elaborado por Jairo Correa y Yu Shan Tai

Con la ayuda del líder del área del empaquetado, el operario líder y un ayudante se realizó la ponderación, la cual obtuvo como resultado lo mostrado en la tabla 2.10, las cuales son causas potenciales que tenían mayor impacto en cada problema.

En el apéndice D, se detalla la ponderación de cada una de las causas realizadas por los tres principales operarios.

Tabla 2.10 Causas potenciales con mayor impacto de cada problema enfocado

Y1: La baja disponibilidad por altos tiempos en los cambios de producto.	
X	Causas
2	Dificultad en la limpieza de la banda por incrustación de producto defectuoso.
4	Por generación de polvo por tipo de producto
5	No se utiliza la aspiradora correctamente
8	Existencia de estructura de difícil acceso
9	Hay actividades externas siendo actividades internas
10	Retrabajo de las tareas de limpieza mediante el uso de aire comprimido.
11	Materiales almacenados en los rieles que dificulta el avance de la operación.
13	Operarios con diferentes habilidades en calibración
14	Diferente carga laboral por operario
Y2: La baja disponibilidad por alto tiempos en la limpieza de fin del turno	
x	Causas
4	Por generación de polvo por tipo de producto
5	No se utiliza la aspiradora correctamente
6	Dificultad en la limpieza de la banda por incrustación de producto defectuoso.
7	Tiempo excesivo para la limpieza

Elaborado por Jairo Correa y Yu Shan Tai

Luego, con el líder del área de empaquetado se procedió a realizar una evaluación de nivel de control a cada causa potencial de la tabla 2.10; teniendo como niveles fácil, medio y alto.

De las cuales se los clasificó en una matriz de impacto y control, dicha matriz permite filtrar las causas potenciales escogiendo el cuadrante que tenga mayor impacto y fácil control como se puede observar en la figura 2.14.

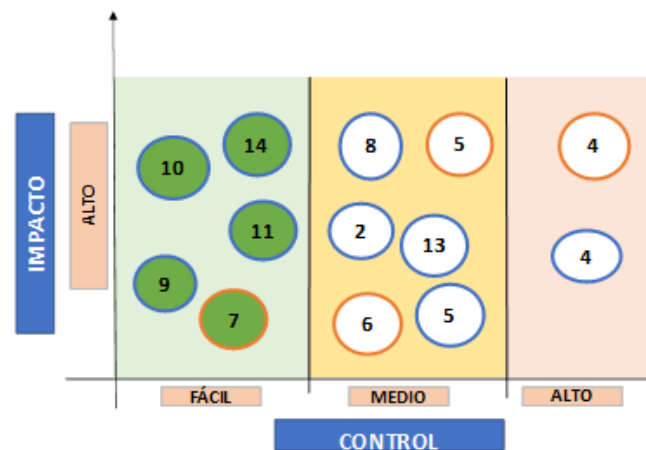


Figura 2.14 Matriz Impacto vs Control

Elaborado por Jairo Correa y Yu Shan Tai

Como resultado de la matriz se tuvo que las causas más importantes son:

Para cambio de producto fue:

- Hay actividades externas siendo actividades internas.
- Retrabajo de las tareas de limpieza mediante el uso de aire comprimido.
- Materiales almacenados en los rieles que dificulta el avance de la operación.
- Diferente carga laboral por operario.

Y para limpieza de fin de turno fue:

- Tiempo excesivo para la limpieza.

2.3.2 Verificación de las causas

Para esta parte se demuestra que las causas escogidas son significativas y que realmente impacta a los problemas enfocados, teniendo que realizar el plan de verificación de causas (tabla 2.11) y una vez comprobado, se procede a buscar soluciones.

Tabla 2.11 Plan de verificación de causas de los problemas enfocados

Y1: La baja disponibilidad por altos tiempos en los cambios de producto.			
x	Causas potenciales	Teoría acerca del impacto	Cómo verificar
9	Hay actividades externas siendo actividades internas	Aumentar el tiempo de cambio de producto por retrabajo	Diagrama Hombre-Máquina (Estudio de tiempo)
10	Retrabajo de las tareas de limpieza mediante el uso de aire comprimido.	Aumente el tiempo de cambio de producto al esperar que comience semielaborado	Estadística
11	Materiales almacenados en los rieles que dificulta el avance de la operación.	Incremento en el tiempo de cambio de producto	Estadística
14	Diferente carga laboral de los operarios del área	Aumentar el tiempo de cambio de producto mediante la realización de una persona en la tarea principal	Estadística
Y2: La baja disponibilidad por alto tiempos en la limpieza de fin del turno			
x	Causas potenciales	Teoría acerca del impacto	Cómo verificar
7	Tiempo excesivo para la limpieza	Aumente el tiempo de limpieza al final del turno	Estadística

Elaborado por Jairo Correa y Yu Shan Tai

Hay actividades externas siendo actividades internas

Por medio del diagrama hombre-máquina realizado anteriormente se tomó las tareas que realiza el operario líder debido a que eran las principales operaciones dentro del proceso como se observa en figura 2.15.

PROCESO	TIEMPO	ACTIVIDADES	
DESCARGA DE SOBROANTE	0:00:42	Bloquear la máquina	Actividades externas
	0:00:24	Buscar gaveta	Actividades internas
	0:03:57	liberar producto y esperar a que se llene la gaveta	Actividades internas
	0:00:28	desplazamiento por la planta	Actividades internas
	0:00:28	vierte contenido hacia una caja	Actividades internas
	0:00:14	coloca gaveta para liberar producto de la bagge2	Actividades internas
	0:01:27	espera hasta que se llene gaveta	Actividades internas
	0:00:05	vierte contenido hacia una caja	Actividades internas
	0:00:05	coloca cabeta para liberar producto de la bagge1	Actividades internas
	0:02:13	esperar a que se llene la gaveta	Actividades internas
	0:05:07	Realiza Actividades externas	Actividades externas
	0:00:53	Vaciar gaveta 2	Actividades internas
	0:01:12	desplazamineto por la planta	Actividades internas
	0:01:06	buscar cajas y las lleva cerca de la balanza	Actividades internas
LIMPIEZA DE LA PARTE DE ARRIBA	0:03:13	Desmontar las balanzas para colocarlas en una caja	Actividades internas
	0:01:30	Limpiar con cepillo las partes externas de la balanza	Actividades internas
	0:03:11	Uso de aire comprimido para limpiar tolva y cangilones	Actividades internas
	0:12:32	uso del aire comprimido para limpieza de Balanzas	Actividades internas
	0:00:27	Retira el tornillo del cabezal para desmontar tapa	Actividades internas
	0:07:54	uso del aire comprimido para limpiar cabezal	Actividades internas
	0:07:13	limpieza de partes desmontables de la balanza para su posterior montaje	Actividades internas
LIMPIEZA DE LA PARTE DE ABAJO	0:06:54	uso del aire comprimido para limpiar las vias cercanas a la balanza	Actividades internas
	0:02:05	Limpiar canal de unión entre la bagger 2 y la balanza	Actividades internas
	0:01:56	Uso de aire comprimido para soplar producto que esta debajo de la bagger 2	Actividades internas
CALIBRACION	0:08:27	Uso del aire comprimido para limpieza de banda transportadora	Actividades internas
	0:01:30	Guardar manguera de aire comprimido	Actividades internas
	0:09:02	Va a recibir los pallets con material necesario para iniciar con la produccion	Actividades internas
	0:07:48	Empaquetado de producto final de la bagger 1	Actividades internas
	0:08:37	Montaje del rollo del nuevo producto en la bagger 2	Actividades internas
	0:07:27	Inspección de la limpieza	Actividades internas
	0:04:14	Uso del aire comprimido en los cangilones con la bagger 2 encendida	Actividades internas
	0:04:57	desplazamiento por la planta	Actividades internas
0:04:34	Reabastecimiento de semielaborado a la tolva	Actividades internas	
0:21:53	Calibracion del empaque	Actividades internas	

Figura 2.15 Proceso de cambio de producto con actividades externas

Elaborado por Jairo Correa y Yu Shan Tai

Siguiendo con la figura 2.15, se observa que el 23% son actividades externas, las cuales equivale a 26 minutos dedicados a ellos, mientras la máquina está parada.

Retrabajo de las tareas de limpieza mediante el uso de aire comprimido.

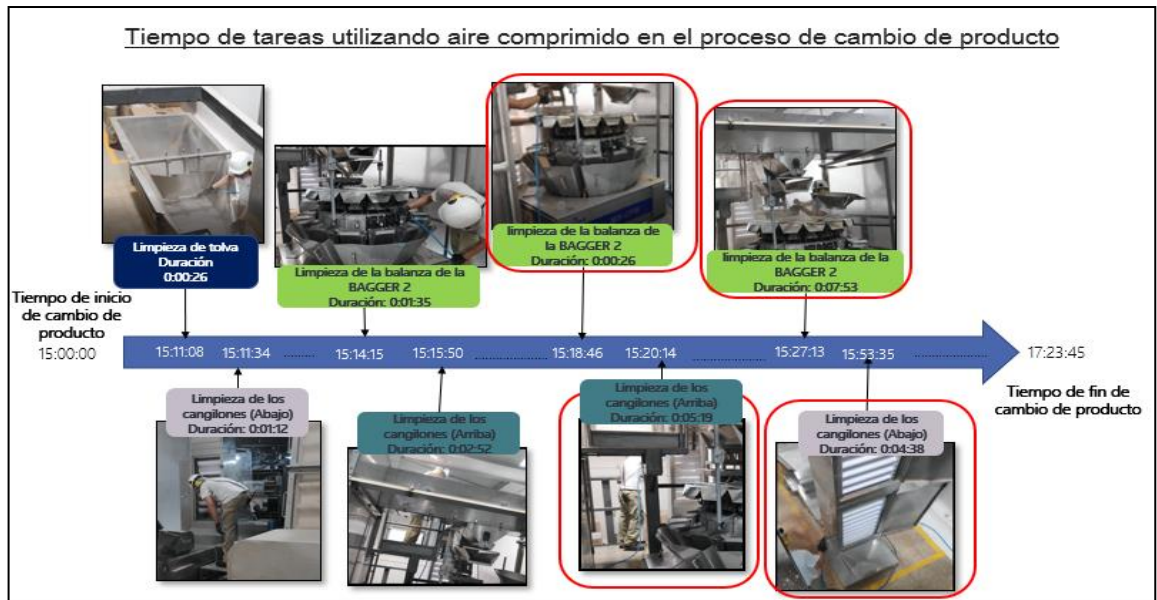


Figura 2.16 Reprocesos durante la limpieza de cambio de producto

Elaborado por Jairo Correa y Yu Shan Tai

De la figura 2.16 se observa mediante una línea de tiempo, desde inicio del proceso de cambio de producto hasta la finalización de ella, que existían actividades de retrabajo como limpieza de balanza de la Bagger 2 y limpieza de cangilones los cuales están encerrado en un cuadrado de color rojo, los mismo que ocupan un tiempo de 18 minutos.

Diferente carga laboral por operario.

De la figura 2.17 muestra el porcentaje y el tiempo de ocupación de cada trabajador del área, teniendo al operario líder realizando 25 actividades, el ayudante hombre 12, la ayudante 1 (mujer) 8 y la ayudante 2 (mujer) 2.

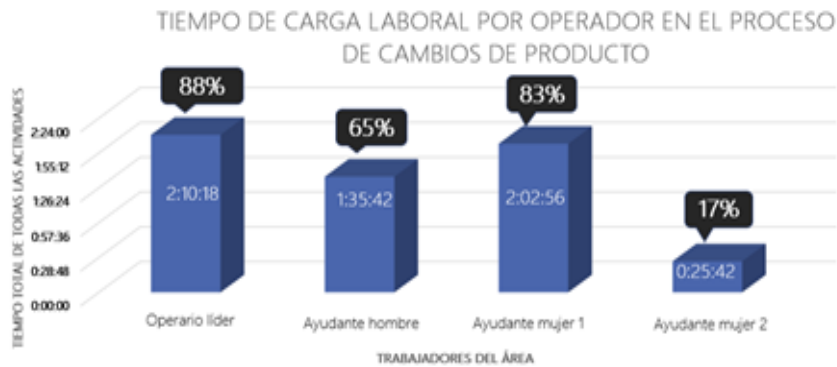


Figura 2.17 Tiempo de carga laboral por operador en cambio de producto

Elaborado por Jairo Correa y Yu Shan Tai

Comprobando de este modo la diferencia de carga laboral que tiene cada uno de los trabajadores.

Verificación de causa del problema enfocado de limpieza de fin de turno

Tiempo excesivo para la limpieza.

Mediante el diagrama de caja de la figura 2.18 se observa que el 75% de los tiempos tomados de actividades que agregaban valor dentro del tiempo base establecido por la empresa (30 minutos) son menores al 27.24 minutos por lo que se comprueba que existía exceso de tiempo para la realización de la limpieza de cada fin de turno.

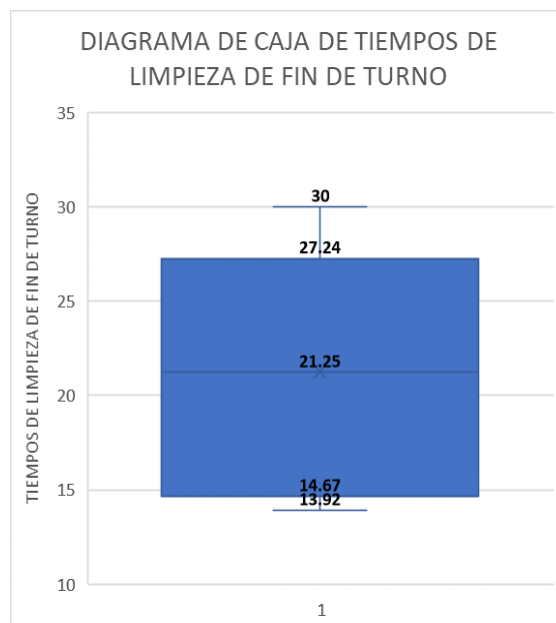


Figura 2.18 Diagrama de caja de tiempo de limpieza de fin de turno

Elaborado por Jairo Correa y Yu Shan Tai

Tabla 2.12 Estado de la verificación de causa

Y1: La baja disponibilidad por altos tiempos en los cambios de producto.				
x	Causas potenciales	Teoría acerca del impacto	Cómo verificar	Estado
9	Hay actividades externas siendo actividades internas	Aumentar el tiempo de cambio de producto por retrabajo	Diagrama Hombre-Máquina (Estudio de tiempo)	Completado
10	Retrabajo de las tareas de limpieza mediante el uso de aire comprimido.	Aumente el tiempo de cambio de producto al esperar que comience semielaborado	Estadística	Completado
11	Materiales almacenados en los rieles que dificulta el avance de la operación.	Incremento en el tiempo de cambio de producto	Estadística	Posponer
14	Diferente carga laboral de los operarios del área	Aumentar el tiempo de cambio de producto mediante la realización de una persona en la tarea principal	Estadística	Completado
Y2: La baja disponibilidad por alto tiempos en la limpieza de fin del turno				
x	Causas potenciales	Teoría acerca del impacto	Cómo verificar	Estado
7	Tiempo excesivo para la limpieza	Aumente el tiempo de limpieza al final del turno	Estadística	Completado

Elaborado por Jairo Correa y Yu Shan Tai

Una vez comprobado cada una de las causas se observa que dentro del plan de verificación de causas (tabla 2.12), 4 de ellas se pudieron validar, las cuales son x9, x10, x14 y x7 del problema enfocado de limpieza de fin de turno.

Teniendo a la causa X11 con un estado de posponer, debido a que, en el periodo de tiempo de análisis no se presentó dicha causa.

2.3.3 Identificación de causas raíces

Luego de verificar las causas potenciales se procedió a encontrar las causas raíces por medio de la herramienta 5 Por qué, que permite llegar al origen de las causas con simples preguntas, cómo se muestra en la tabla 2.13.

Tabla 2.13 5 Por qué

Y1: La baja disponibilidad por altos tiempos en los cambios de producto.					
x	Causas potenciales	¿Por qué?	¿Por qué?	¿Por qué?	Causa raíz
9	Existen actividades externas realizando cómo actividades internas	Los operarios no gestionan sus tareas	Realizan las tareas siguiendo sus experiencias		Realizan las tareas siguiendo sus experiencias
10	Retrabajo de las tareas de limpieza mediante el uso de aire comprimido.	Utilizan el aire comprimido para todas las tareas			Utilizan el aire comprimido para todas las tareas
14	Diferente carga laboral en los operarios del área				Diferente carga laboral en los operarios del área
Y2: La baja disponibilidad por alto tiempos en la limpieza de fin del turno					
x	Causas potenciales	¿Por qué?	¿Por qué?	¿Por qué?	Causa raíz
7	Tiempo excesivo para la limpieza	Los operarios no administran su tiempo en las tareas	Alargan el tiempo de las tareas según el tiempo base establecido actualmente (30 minutos)		Alargan el tiempo de las tareas según el tiempo base establecido actualmente (30 minutos)

Elaborado por Jairo Correa y Yu Shan Tai

2.4 Mejora

Con la identificación de cada una de las causas raíz las cuales fueron obtenidas en la fase de análisis, se propusieron posibles soluciones, las cuales serán evaluadas por el cliente para poder darles prioridad y seleccionar las más relevantes, con el fin de realizar un plan de implementación.

2.4.1 Soluciones potenciales

Se puede apreciar en la tabla 2.14 las posibles soluciones, algunas de ellas están relacionadas con las diferentes causas raíces a las que ataca para resolver el problema de disponibilidad de máquina. Esto se logró mediante una lluvia de ideas con la ayuda del personal del área de empaquetado.

Tabla 2.14 Propuesta de posibles soluciones vs causas raíces

No	Causas raíces vs Solución	Y1: La baja disponibilidad por altos tiempos en los cambios de producto.			Y2: La baja disponibilidad por alto tiempos en la limpieza de fin del turno
		Realizan las tareas siguiendo sus experiencias	Utilizan el aire comprimido o para todas las tareas	Diferente carga laboral en los operarios del área	Alargan el tiempo de las tareas según el tiempo base establecido actualmente (30 minutos)
1	Implementación de SMED	x	x	x	
2	Estandarizar y capacitar las tareas a realizar por cada operario según el nuevo proceso	x		x	x
3	Establecer un nuevo tiempo base				x
4	Adquirir una nueva aspiradora, marca Karcher, con 1800 w + 5.3 Gall/20L de capacidad		x		x
5	Señalización de lugares a usar el aire		x		x
6	Crear un proceso eficiente de limpieza				x

Elaborado por Jairo Correa y Yu Shan Tai

2.4.2 Evaluación de propuesta de mejoras

Para poder seleccionar las soluciones que más impactan al problema, se realizó una matriz de impacto – esfuerzo, para la valoración de las soluciones.

Se evalúan 2 criterios, los cuales son: impacto e inversión con calificación de 1 si el impacto o inversión son bajos, 3 si son medios y 9 si son altos.

La factibilidad de la solución se obtiene mediante la multiplicación del impacto y esfuerzo, tal y como se muestra en la tabla 2.15.

Tabla 2.15 Evaluación de propuestas

No	Causas raíces vs Solución	COSTO	IMPACTO	INVERSIÓN	FACTIBILIDAD	Total	Aceptación de la empresa (SI o NO)
1	Implementación de SMED	\$0	9	9	9	81	Si
2	Estandarizar y capacitar las tareas a realizar por cada operario según el nuevo proceso	\$0	9	9	9	81	Si
3	Establecer un nuevo tiempo base	\$0	3	9	3	27	Si
4	Adquirir una nueva aspiradora, marca Karcher, con 1800 w + 5.3 Gall/20L de capacidad	\$229	3	1	3	3	NO
5	Señalización de lugares a usar el aire	\$0	3	9	9	27	SI
6	Crear un proceso eficiente de limpieza	\$0	9	9	9	81	SI

Elaborado por Jairo Correa y Yu Shan Tai

2.4.3 Selección de propuesta de mejora

Con la ayuda del equipo de trabajo se establecieron las soluciones, tal y como se muestra en la tabla 2.15. Con la ayuda de ellos se ponderaron cada una de las soluciones para determinar su nivel de impacto y su nivel de esfuerzo al referirse al ámbito económico como se muestra en la figura 2.19, se eligieron las soluciones con alto impacto y fácil esfuerzo.

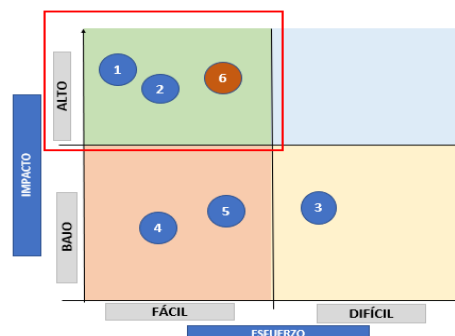


Figura 2.19 Matriz impacto - esfuerzo

Elaborado por Jairo Correa y Yu Shan Tai

Solución para el problema enfocado de la baja disponibilidad por altos tiempos en los cambios de producto.

- 1.- Implementación de SMED
- 2.- Estandarizar y capacitar las tareas a realizar por cada operario según el nuevo proceso.

Solución para el problema enfocado de la baja disponibilidad por altos tiempos de limpieza de fin de turno.

6. Crear un proceso eficiente de limpieza.

2.4.4 Plan de implementación de soluciones

Después de la selección se realizó el plan de implementación de las soluciones de cada problema enfocado, donde se puede visualizar en el apéndice E, en el plan se detalla el responsable, la fecha y los pasos a realizar para llevar a cabo las soluciones.

2.4.4.1 Implementación de SMED

Se siguieron cada una de las fases que conforman la metodología SMED, tal y como se muestra en la figura 2.20 y así lograr la estandarización de cada uno de los procesos, el objetivo de la implementación fue la identificación de las diferentes actividades internas y convertirlas en externas para posterior reducción de tiempos.

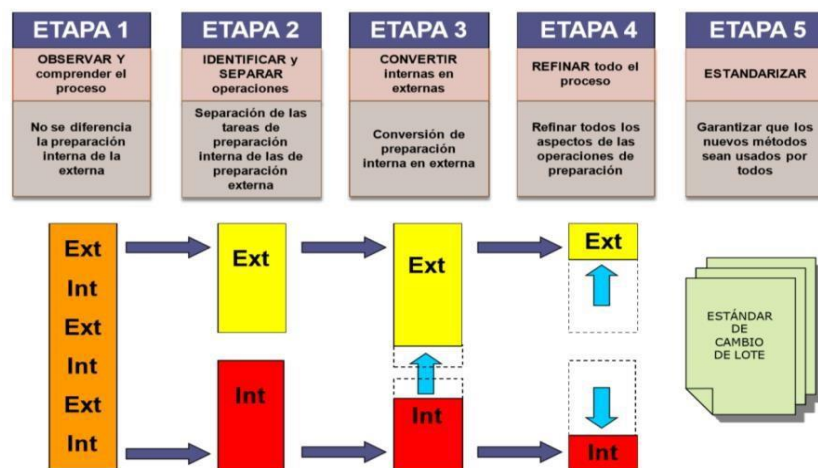


Figura 2.20 Fases de la metodología SMED

Elaborado por: Francisco Espín Carbonell - Socio Director de CDI *Lean Manufacturing*
(Carbonel, 2013)

Al observar el proceso de cambio de producto se logró levantar la información necesaria para realizar un diagrama de proceso, luego de esto se procedió a identificar cada una de las actividades internas y externas del proceso, además, aquellas que se podría reducir su tiempo de ejecución como se muestra en la figura 2.21.

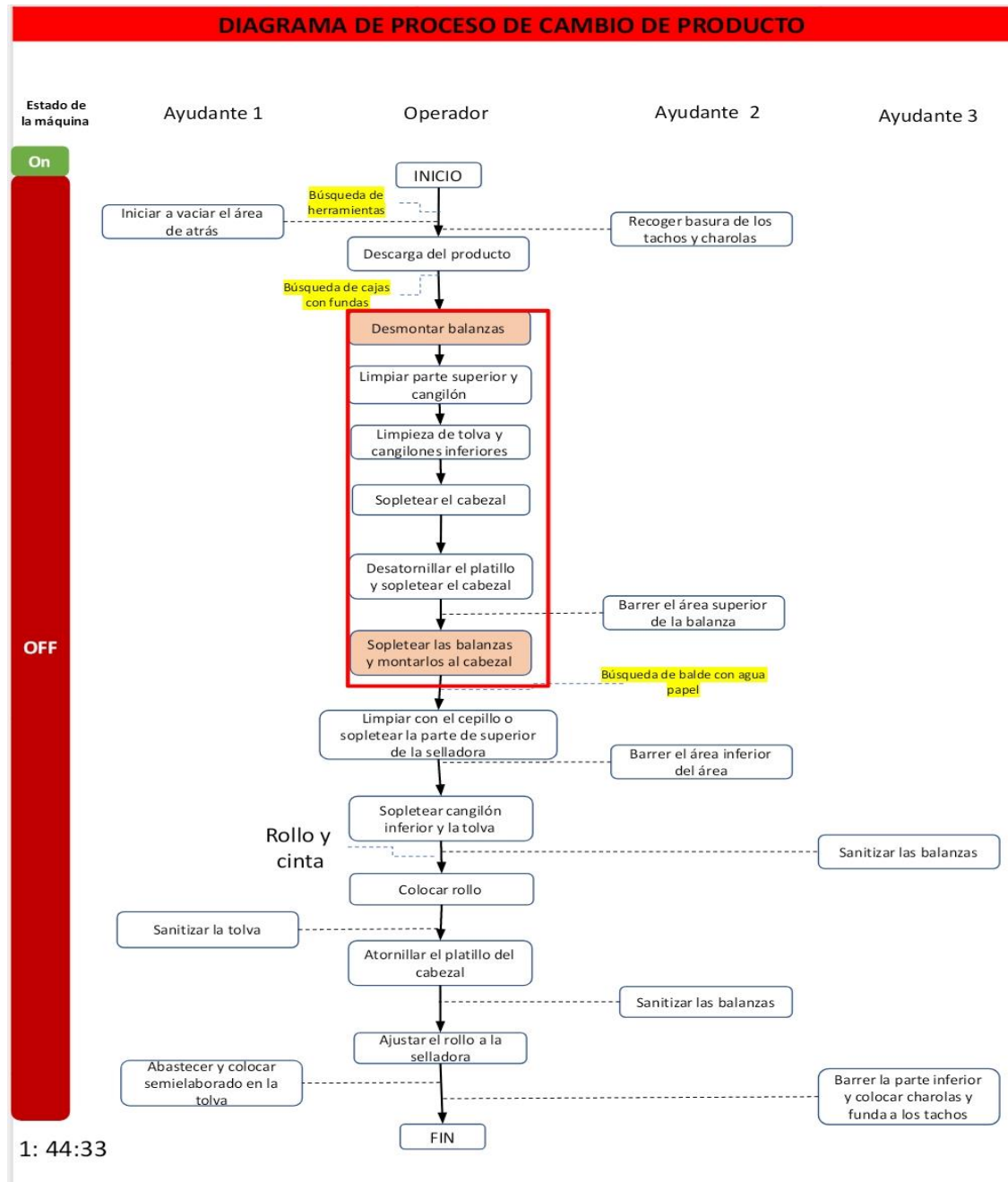


Figura 2.21 Diagrama de proceso de cambio de producto

Elaborado por Jairo Correa y Yu Shan Tai

Donde las actividades resaltadas de amarillo corresponden a las actividades externas, los cuadros de color rosa corresponden a las actividades que se puede reducir los tiempos y finalmente los cuadros de color blanco corresponden a las actividades internas.

Luego de observar, identificar y separar las diferentes tareas se procedió a convertir las tareas internas en externas, a continuación, se detallan las tareas que se realizarán cuando la máquina está en funcionamiento.

- Búsqueda de herramientas
- Buscar cajas con tapas
- Busca un balde con agua y papel

Con respecto a las actividades que se pueden mejorar, se identificó que el proceso de desmonte y limpieza de cabezales y balanzas, la realiza una sola persona que es el operario líder, considerando que la limpieza de la parte superior es el cuello de botella de todo el proceso. Luego se planteó una nueva metodología de trabajo en donde dicha limpieza la realizarían 2 personas: el operario líder y la ayudante, y por tanto se optimizaría el tiempo de dicho proceso.

Tareas para la limpieza de la parte superior con la nueva metodología se divide de la siguiente manera:

Tarea del ayudante: Desmontaje, sanitizado y montaje de las balanzas.

Tarea del operario: Limpieza del área.

Mediante la implementación de la metodología SMED se logró convertir las actividades internas en externas y mejorar tareas de limpieza, gracias a dicha implementación se logró obtener un proceso estándar como se muestra en la figura 2.22, el cual optimizará el tiempo promedio de limpieza en cada cambio de producto.

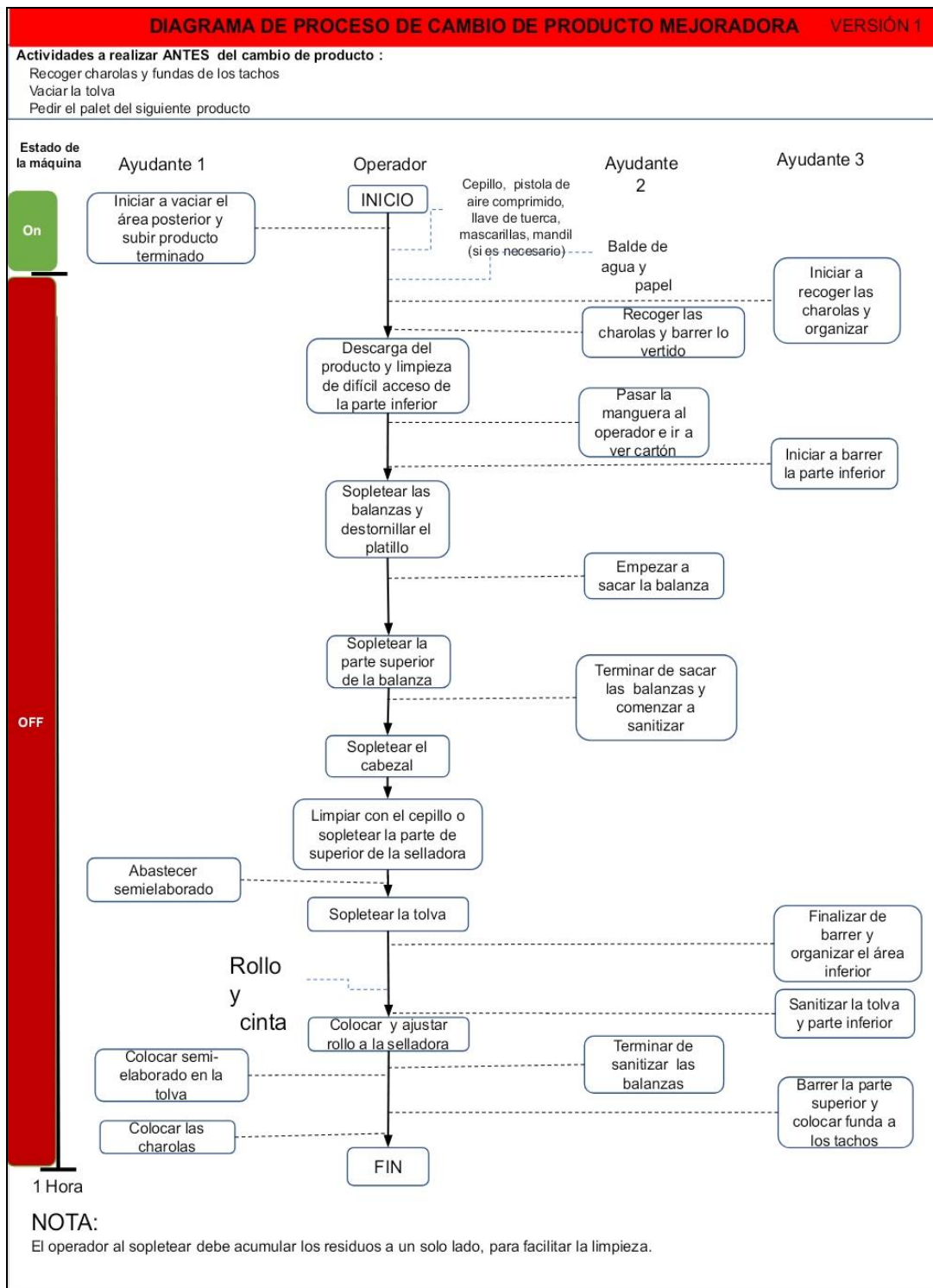


Figura 2.22 Diagrama de flujo de proceso mejorado

Elaborado por Jairo Correa y Yu Shan Tai

2.4.4.2 Estandarizar y capacitar las tareas a realizar por cada operario según el nuevo proceso.

El primer objetivo planteado fue la de lograr transmitir los conceptos de SMED, actividades que agregan y no agregan valor, actividades internas y externas a los operarios del área de empaquetado, para lo cual se realizó una serie de capacitaciones con una dinámica interactiva ver figura 2.23.



Figura 2.23 Capacitación sobre metodología SMED

Elaborado por Jairo Correa y Yu Shan Tai

Una vez transmitido los diferentes conceptos, se procedió a presentar los procesos ya estandarizados con el fin de poder realizar una prueba inicial y visualizar resultados, ver figura 2.24.



Figura 2.24 Prueba inicial de la implementación de las mejoras

Elaborado por Jairo Correa y Yu Shan Tai

2.4.4.3 Crear un proceso eficiente de limpieza

Al existir diferentes fuentes y cantidades de contaminación por producto, se realizó una separación en área y puntos estratégico de limpieza para determinar una frecuencia de limpieza, esto con el objetivo de evitar la acumulación de basura al finalizar la jornada en cada turno, ver figura 2.25.

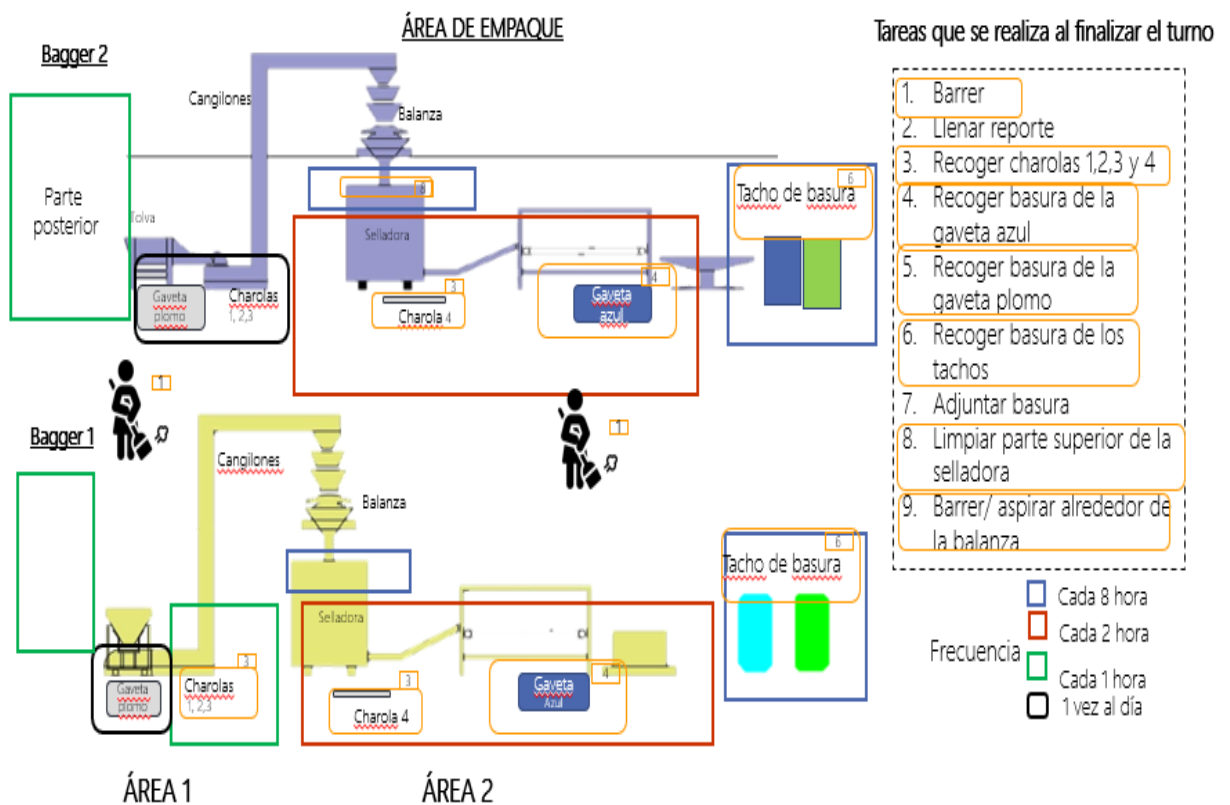


Figura 2.25 Áreas de limpieza y frecuencia de limpieza del área

Elaborado por Jairo Correa y Yu Shan Tai

De igual manera que en la mejora de limpieza de cambio de producto, se planteó un proceso estándar para el proceso de limpieza de fin de turno, ver figura 2.26. Esto con el fin de definir tareas equitativas para cada operario y así optimizar el tiempo de ejecución.

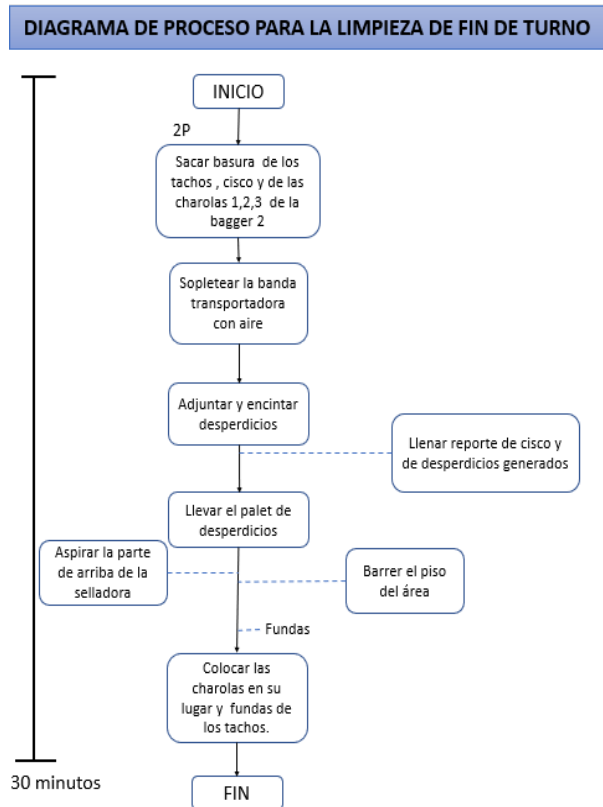


Figura 2.26 Proceso estándar de limpieza de fin de turno.

Elaborado por Jairo Correa y Yu Shan Tai

Se asignaron responsables de limpieza los cuales tendrán que mantener limpia el área asignada durante el rango de tiempo asignado, esta información fue plasmada en un formato, la cual se puede observar en el apéndice E

Al ser un nuevo proceso para los operarios, se planteó primero la creación de una cultura de trabajo, por tal motivo se realizaron pruebas de ejecución para que ellos mismos sean testigos de que gracias al proceso, el porcentaje de agentes contaminantes sería inferior.

El fin de esta implementación fue la de reducir el número de limpieza, es decir, pasar de 3 limpiezas diarias a solo 2 limpiezas diarias.

2.4.4.4 Número de trabajadores capacitados en el nuevo proceso

Al cambiar y mejorar los procesos tanto de limpieza de fin de turno como limpieza de cambio de producto, se optó por realizar cierto número de capacitaciones a los trabajadores del área, para que cada uno tenga en claro los nuevos procesos. El objetivo fue la capacitación de la mayor cantidad de trabajadores.

En el transcurrir del proyecto se convocó a reuniones para los siguientes temas:

- Lluvia de ideas para la definición del problema.
- Lluvia de ideas para propuesta de soluciones.
- Capacitación sobre SMED.
- Entrenamiento antes de la prueba inicial.
- Difusión del proceso de cambio de producto y cambio de turno.

2.5 Control

Después de implementar las soluciones de cada problema enfocado, se estableció un plan de control (apéndice F) para cada solución, con el propósito de asegurar el funcionamiento a largo plazo.

Podemos apreciar los controles visuales en la figura 2.27 para cada proceso, para esto se implementó el uso de una pizarra en donde estarán los procesos mejorados y la tabla de sistema de limpieza eficiente donde cada operario podrá colocar un visto una vez que haya finalizado su tarea que le ha sido asignada.



Figura 2.27 Control visual

Elaborado por Jairo Correa y Yu Shan Tai

CAPÍTULO 3

3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

3.1 Implementación de SMED

Se logró reducir el número de actividades internas realizadas por el operario líder al implementar SMED en el proceso, en la figura 3.1 se aprecia la reducción de las cantidades de actividades internas.

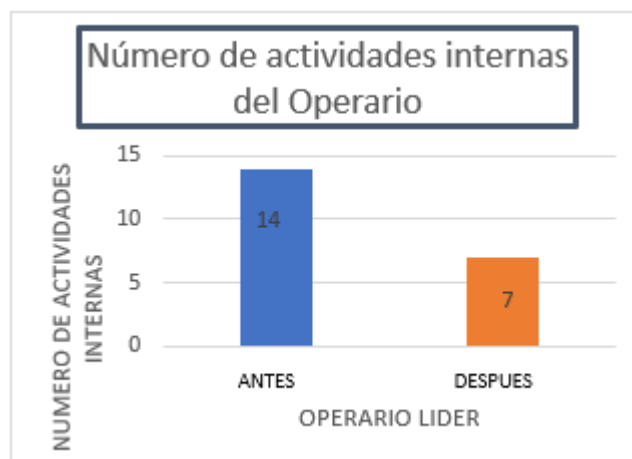


Figura 3.1 Antes y después de las actividades internas del operario líder

Elaborado por Jairo Correa y Yu Shan Tai

Con el nuevo proceso, y al realizar pruebas de ejecución, se puede apreciar que el tiempo de limpieza actualmente en promedio es de 60 minutos, considerando que la duración antes era de 103 minutos en promedio, se tiene una reducción de 43 minutos aproximadamente por limpieza. El número de limpieza por semana es de 3 aproximadamente, por tanto, el ahorro de tiempo semanal será de 129 minutos o 2,15 horas semanales.

3.2 Estandarizar y capacitar las tareas a realizar por cada operario según el nuevo proceso

En la figura 3.2 se aprecia el tiempo de ejecución de las tareas de cada operario. Observando que las actividades actuales están más equitativas que antes.

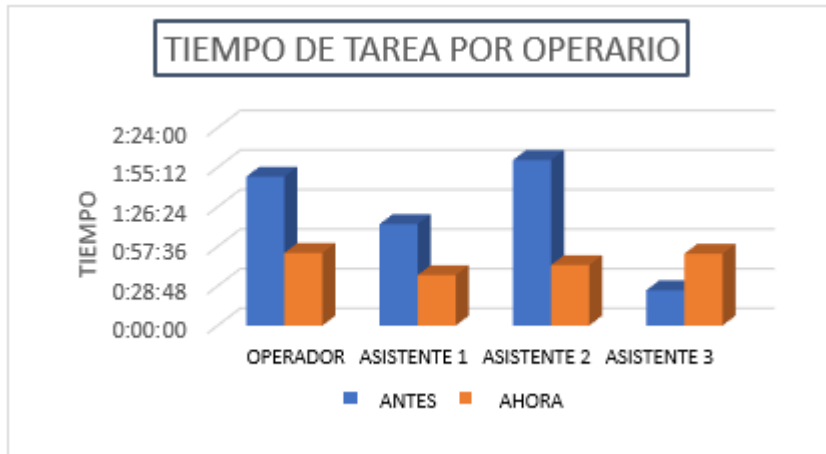


Figura 3.2 Tiempo de tarea por operario

Elaborado por Jairo Correa y Yu Shan Tai

3.3 Creación de un proceso eficiente de limpieza

Al lograr el objetivo de reducir el número de limpieza por fin de turno, reducir de 3 a 2 limpiezas, se tendrá un ahorro en el tiempo de 30 minutos diarios, por lo cual el ahorro semanal será de 150 minutos.

En la figura 3.3 se puede apreciar que ahora el área se mantiene limpia cuando la máquina está en proceso.



Antes: acumulación de polvo



Ahora: Área limpia

Figura 3.3 Antes y después de la suciedad del área

Elaborado por Jairo Correa y Yu Shan Tai

3.4 Número de trabajadores capacitados en el nuevo proceso

Los resultados obtenidos en las capacitaciones en el transcurrir del proyecto se pueden apreciar en la figura 3.4.



Figura 3.4 Número de personas capacitados en el nuevo proceso

Elaborado por Jairo Correa y Yu Shan Tai

Se observa que el número de personas capacitadas en el nuevo proceso fue mejorando conforme transcurría el proyecto, logrando la capacitación de todo el personal que labora en ambos turnos de la máquina empaquetadora 2.

3.5 Aumento de la disponibilidad

Al tener ahorros de tiempos por semana, se plantea el nuevo cálculo de la disponibilidad de la máquina empaquetadora 2, correspondiente al mes de agosto del 2019 y se obtienen los siguientes resultados en la figura 3.5.

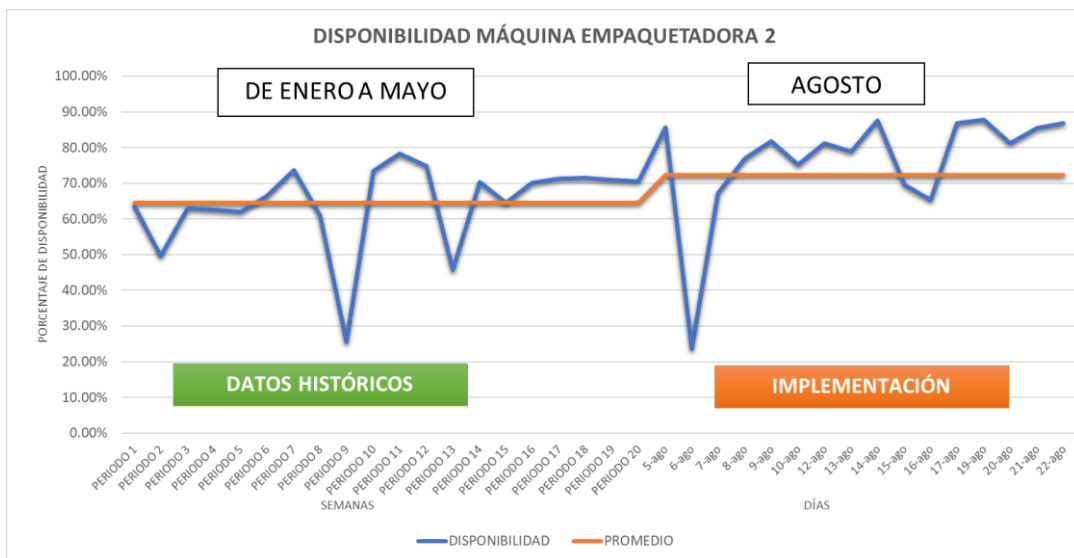


Figura 3.5 Disponibilidad de la maquina empaquetadora 2 antes y después

Elaborado por Jairo Correa y Yu Shan Tai

Al reducir los tiempos de limpiezas semanales se puede apreciar que la disponibilidad se incrementa en un 8% en promedio, es decir, pasa del 64% al 72% en promedio.

3.6 Análisis financiero

Al aumentar la disponibilidad en la máquina empaquetadora 2, ésta podrá trabajar más tiempo en días laborables normales y, por tanto, requerir menos tiempo de producción en horario suplementario. Se calculó el requerimiento semanal promedio de horas extras con los datos históricos y se determinó que la compañía requiere aproximadamente de 20 horas semanales por concepto de horas suplementarias.

El pago por hora extra correspondiente a los 3 asistentes, el operario líder y el líder de empaquetado es de aproximadamente \$ 21,62 por hora.

Considerando una reducción de 4,7 horas semanales, por la reducción de los tiempos de limpieza de fin de turno y cambio de producto, la empresa ahora tendrá un nuevo requerimiento de horas extras, el cual es de 15,3 horas. En la tabla 3.1 se aprecia el ahorro monetario de horas extras por semana y cual se estima que será de **\$ 5.283,33** anuales.

Tabla 3.1 Análisis Financiero

	TIEMPO EXTRA		
	ANTES	AHORA	AHORRO
HORAS SUPLEMENTARIAS A LA SEMANA (PROMEDIO)	20	15,3	4,7
HORAS SUPLEMENTARIAS ANUALES (PROMEDIO)	1040	795,6	244,4
COSTO DE HORA SUPLEMENTARIA	\$21,62	\$21,62	\$21,62
COSTO TOTAL DE HORAS EXTRAS POR AÑO	\$22.484,80	\$17.200,87	\$5.283,33

Elaborado por Jairo Correa y Yu Shan Tai

CAPÍTULO 4

4. CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- La disponibilidad se incrementó en un 8%, es decir, del 64% al 72% en promedio por semana.
- Se logrará un ahorro de \$ 5,283.33 por año al reducir la cantidad de horas extras requeridas por semana.
- Los procesos fueron estandarizados y pueden ser controlados.
- Todas las soluciones no generaron un costo para el cliente de este proyecto.
- Fue posible capacitar a todos los operadores de la empaquetadora 2.

4.2 Recomendaciones

- Se recomienda crear nuevas codificaciones para poder separar las limpiezas de cambio de producto y las calibraciones.
- Se recomienda controlar constantemente las limpiezas realizadas durante el día.
- Se recomienda revisar constantemente la forma de llenado en la bitácora, esto con el fin de evitar ingresar datos erróneos.
- Se recomienda una capacitación de los procesos de limpieza y el llenado de la tabla de las limpiezas frecuentes cuando existan nuevos ingresos.

BIBLIOGRAFÍA

Montgomery. (2009). *Introduction to Statistical Quality Control Six edition*. Estados Unidos: Wiley.

Sabater, J. P. (2016). *Aplicando Teoría de Colas en Dirección de Operaciones*. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.

Wadesa Meditya, Stam, A., & Eric, v. (2017). The seaport service rate prediction system: Using drayage truck trajectory data to predict seaport service rates. *Decision supports systems*, 37 - 48.

Asociación española para la calidad. (2018)(© Asociación Española para la Calidad (AEC) 2018) Recuperado el 31 de 01 de 2019, de <https://www.aec.es/web/guest/centro-conocimiento/diagrama-sipoc>

Castaño, R. (1 de noviembre de 2017) Centro Tecnológico CIDETER. Recuperado el 8 de enero de 2019, de http://www.cecma.com.ar/___mm/biblioteca/SMED-cambio-rapido.pdf

Global Voice of Quality. (4 de Agosto de 2016) Global Voice of Quality. Recuperado el Enero de 2019, de <http://asq.org/sixsigma/2008/04/fishbone-cause-and-effect-diagram.html?shl=088684>

Vara Salazar, R., & Gutiérrez Pulido, H. (2009) *CONTROL ESTADÍSTICO DE CALIDAD Y SEIS SIGMA (Segunda edición ed.)* México: McGRAW-HILL.

Vega, E. C. (2005) *Administración de Materiales*. EUNED.

APÉNDICES

APÉNDICE A

Descripción de cada para de la empaquetadora 2

CLAVES	PARADA	DESCRIPCION
Sum of O-CA	Cambios	cambio de línea (hojuela - arroz o viceversa y producto Mcd - Kell), sabor o producto, formato, lote
Sum of O-LI	Limpiezas	Paro por limpieza, ordenamiento del area, x cambio de turno, programadas
Sum of O-MA	Mant. Autonomo	Programacion de actividades de inspeccion del equipo por parte del operador; tanto de funcionamiento, como limpieza, calibracion y lubricacion.
Sum of O-OP	Operacional (Planta)	Paros debidos ajustes en parametros, niveles, mecanismos, . Para estabilizar la línea. Errores en la operación originados por descuido, desconocimiento, incapacidad, incumplimiento del programa, retrasos, falla en los procedimientos, entancamiento, Reprocesos, retrabajos, falta de herramienta, repuestos e insumos.
Sum of O-FP	Falta de Personal	Ausencia total del personal (no vino a laborar)
Sum of O-RE	Reuniones	Falta de personal por reuniones o capacitaciones que acontecen.
Sum of O-OA	Otra Actividad	Falta de personal debido a que personal se lo asigna a otra area de trabajo.
Sum of Q-NC	No Calidad	Retrasos o paro de línea x falla de materia prima, material de empaque, producto terminado inconforme, fuera de especificaciones.
Sum of O-AR	Arranques	Arranque de equipos, (a inicios de semana) seteo, Involucra tiempo de preparacion, calentamiento de equipo, ajuste de parametros y equipos auxiliares.
Sum of O-FL	Falta de línea/ restriccion delantera o trasera	Paro de la producción por falla, falta o paro-programado de un equipo de línea enfrente o hacia atrás. Ejemplo: extrusor para por que cobertura confita otro sabor o se encuentra en limpieza.
Sum of Q-FS	Food Safety	limpiezas por agente que atente la inocuidad del producto. Ejem: ingreso de plagas, material extraño, etc.
Sum of B-FA	Falla de abastecimiento	Retrasos en el abastecimiento de material o fallo en la logística (no hay recursos)
Sum of S-CL	Clima	Condiciones climáticas desfavorables que hacen parar la planta.
Sum of M-ME	Falla Mecanica	Fallas mecanicas tales como desgaste, rotura, desportillamiento o desajuste de piezas opartes de un equipo.
Sum of M-MP	Mtto Preventivo	Programacion periodica de mantenimiento del equipo, en base a un programa de aseguramiento y control de calidad. "antes de que ocurra una falla"
Sum of I-CP	Capital project	Parada de planta debido a proyectos de capital
Sum of B-FM	Falta de material	No hay material: empaque o materia prima
Sum of P-OP	Operacional (Programacion)	Paro por falta de plan o fallo en el plan (cambios en la programacion)
Sum of M-EL	Falla Electrica	Fallas electricas que paran un equipo y la línea evitando la producción. Ejem: corto circuito, daños en relay, daños en acometidas.
Sum of I-NC	No capital project	Retrasos en el proyecto capital.
Sum of M-CO	Correctivo (programado)	Una vez que se detecta o sucede la falla, se programa parar el equipo para corregir el problema.
Sum of U-FS	Falla de servi/utilidades	Falta de suministro de energia: / aire / agua / vapor / diesel/ GLP. Incluyen las fallas en los equipos de utilidades, como Caldero, Chiller,

Descripción de actividades dentro del cambio de producto o formato y limpieza

Actividades dentro de cambio de producto o formato (O-CA)	
Paras	Claves
CALIBRACION	O-CAC
CAMBIO DE FORMATO	O-CAF
CAMBIO DE FORMATO DE 180GR A380 GR Y MONTAJE DE TOLVA PARA MIX	O-CAFO
CAMBIO DE GRAMAJEE	O-CAG
LIMPIEZA POR CAMBIO DE TURNO	O-CAL
LIMPIEZA Y CAMBIO DE FORMATO	O-CALF
ARMADO DE TOLVA MIX Y CALIBRACION DE EQUIPO, CALIBRACION DE BALANZA POR VARIACION DE PESO Y 30M POR AJUSTE DE CODIFICADOR (CODIFICADO INCOMPLETO EN EL PVP)	O-CAO
CAMBIO DE PRODUCTO	O-CAP
CAMBIO DE PRODUCTO Y GRAMAJE DE 380 A 22 GR	O-CAPO

Actividades dentro del proceso de limpieza (O-LI)	
Paras	Claves
LIMPIEZA POR CAMBIO DE PRODUCTO Y CALIBRACION	O-LIC
LIMPIEZA PROFUNDA	O-LIP
LIMPIEZA DE EQUIPO POR CIERRE DE SEMANA	O-LIS
LIMPIEZA POR TURNO ANTERIOR	O-LIT
LIMPIEZA PROFUNDA TURNO ANTERIOR	O-LITP

APÉNDICE B

Diagrama hombre máquina del proceso de cambio de producto

OPERARIO LIDER					AYUDANTE 1 (HOMBRE)					DURACION	MAQUINA	AYUDANTE 2 (MUJER)					AYUDANTE 3 (MUJER)				
INICIO	FINAL	DURACION	ACTIVIDAD	AV/NAV	INICIO	FINAL	DURACION	ACTIVIDAD	AV/NAV			INICIO	FINAL	DURACION	ACTIVIDAD	AV/NAV	INICIO	FINAL	DURACION	ACTIVIDAD	AV/NAV
								Retiro de la basura de los tachos		0:01:30		EN MARCHA									
0:00:00	0:04:39	0:04:39	Monitoreo y control del proceso de la bagger 1		0:00:00	0:00:53	0:00:53	Buscar Escalera			0:00:00	0:01:25	0:01:25	Monitoreo y control del proceso de la bagger 1		0:00:00	0:03:09	0:03:09	Monitoreo y control del proceso de la bagger 1		
					0:00:53	0:00:58	0:00:05	Colocar la escalera cerca de la tolva			0:01:25	0:03:49	0:02:24	llena los rotulos del pallets							
					0:00:58	0:02:48	0:01:50	Retiro del material sobrante de la tolva			0:03:49	0:04:02	0:00:13	Realizar reportes							
0:04:39	0:05:03	0:00:24	Buscar gaveta								0:04:02	0:09:13	0:05:11	llenado de rótulos para los Pallets finales							
0:05:03	0:09:00	0:03:57	Liberar producto y esperar a que se llene la gaveta		0:02:48	0:10:38	0:07:50	Se retira del area			0:09:13	0:13:00	0:03:47	paletizar cajas de la bagger 1							
0:09:00	0:09:28	0:00:28	Desplazamiento por la planta								0:13:00	0:15:02	0:02:02	tiempo inactivo							
0:09:28	0:09:56	0:00:28	Vierte contenido hacia una caja		0:10:38	0:12:26	0:01:48	Retiro del material sobrante de la tolva			0:15:02	0:16:50	0:01:48	colocar gavetas vacias en bagger 1							
0:09:56	0:10:10	0:00:14	coloca cabeta para liberar producto de la bagge2								0:16:50	0:19:26	0:02:36	monitorear Bagger 1							
0:10:10	0:11:37	0:01:27	espera hasta que se llene gaveta		0:12:26	0:13:00	0:00:34	Sella caja del contenido y la desplaza del area			0:19:26	0:20:35	0:01:09	buscar escoba y recolector de basura							
0:11:37	0:11:42	0:00:05	vierte contenido hacia una caja		0:13:00	0:13:30	0:00:30	regresa la escalera y pallets a su lugar			0:20:35	0:25:44	0:05:09	barrer alrededor de la bagger 2							
0:11:42	0:11:47	0:00:05	coloca caveta para liberar producto de la bagge1								0:25:44	0:27:42	2:27:42 AM	PARADA							
0:11:47	0:14:00	0:02:13	esperar a que se llene la gaveta		0:13:30	0:15:02	0:01:32	Monitorea la maquina Bagger 1			0:27:42	0:36:00	0:10:16	Atendiendo requerimientos de la bagger 1							
0:14:00	0:19:07	0:05:07	Realiza Actividades externas		0:15:02	0:21:39	0:06:37	Desplazamiento por la planta hasta buscar unos conos			0:36:00	1:18:03	0:01:43	Busca utensilios para sanitizacion							
0:19:07	0:20:00	0:00:53	Vaciar gaveta 2		0:21:39	0:23:11	0:01:32	Descarga de material del asensor			1:18:03	1:19:46			1:16:00	1:38:33	0:22:33	Barrer el piso de la parte baja			
0:20:00	0:21:12	0:01:12	desplazamieto por la planta		0:23:11	0:23:31	0:00:20	Se lleva caja con el producto liberado de las balanzas de la bagger 2			1:19:46	1:38:33	0:01:47	Sanetiza la parte de arriba, zona de balanza							
0:21:12	0:22:18	0:01:06	buscar cajas y las lleva cerca de la balanza		0:23:31	0:25:00	0:01:29	retiro de las fundas que almacenan la sociedad y charola			1:38:33	2:03:35	0:04:39	Sanetiza la parte de abajo, parte exterior de la bagger 2							
0:22:18	0:25:31	0:03:13	Desmontar las balanzas para colocarlas en una caja		0:25:00	0:38:00	0:13:00	retiro de material del asensor			2:03:35	2:05:10	0:01:35	Armado de cajas							
0:25:31	0:27:01	0:01:30	Limpiar con cepillo las partes externas de la maquina		0:38:00	0:50:35	0:12:35	Desplazamiento por la planta			2:05:10	2:27:42	0:02:32								
0:27:01	0:30:12	0:03:11	Uso de aire comprimido para limpiar tolva y cangilones																		
0:30:12	0:42:44	0:12:32	uso del aire comprimido para limpieza de Balanzas		0:38:00	0:50:35	0:12:35	Desplazamiento por la planta													
0:42:44	0:43:11	0:00:27	Retira el tornillo del cabezal para desmontar tapa																		
0:43:11	0:51:05	0:07:54	uso del aire comprimido para limpiar cabezal		0:50:35	0:59:18	0:08:43	Liberación del area para los Pallets de semielaborados													
0:51:05	0:58:18	0:07:13	limpieza de partes desmontables de la balanza para su posterior montaje																		
0:58:18	1:05:12	0:06:54	uso del aire comprimido para limpiar las vias cercanas a la balanza		0:59:18	1:05:10	0:05:52	Limpieza de la parte superior de la bagger 2 mediante un cepillo													
1:05:12	1:07:17	0:02:05	Limpiar canal de unión entre la bagger 2 y la balanza																		
1:07:17	1:09:13	0:01:56	Uso de aire comprimido para soplar producto que esta debajo de la bagger 2																		
1:09:13	1:17:40	0:08:27	Uso del aire comprimido para limpieza de banda transportadora																		
1:17:40	1:19:10	0:01:30	Guardar manguera de aire comprimido		1:05:10	1:24:06	0:18:56	desplazamiento por la planta			1:18:03	1:19:46									
1:19:10	1:28:12	0:09:02	Va a recibir los pallets con material necesario para iniciar con la producción																		
1:28:12	1:36:00	0:07:48	Empaquetado de producto final de la bagger 1																		
1:36:00	1:44:37	0:08:37	Montaje de empaque del nuevo producto en la Bagger 2																		
1:44:37	1:52:04	0:07:27	Inspección de la limpieza																		
1:52:04	1:56:18	0:04:14	Uso del aire comprimido en los canguliones con la maquina encendida		1:24:06	2:01:15	0:37:09	Limpieza y sanitizado de la tolva													
1:56:18	2:01:15	0:04:57	desplazamiento por la planta																		
2:01:15	2:05:49	0:04:34	Reabastecimiento de semielaborado a la tolva		2:01:15	2:05:49	0:04:34	desplazamiento por la planta			2:03:35	2:05:10	0:01:35	Sanetiza la parte de abajo, parte exterior de la bagger 2							
2:05:49	2:27:42	0:21:53	Calibración del empaque		2:05:49	2:27:42	0:21:53	Reabastecimiento de semielaborado			2:05:10	2:27:42	0:22:32								

Diagrama hombre máquina del proceso de limpieza de fin de turno

OPERARIO 1 (Hombre)		OPERARIO 2 (MUJER)		Tiempo (Min)	MÁQUINA	OPERARIO 3 (HOMBRE)	
Tiempo (Min)	ACTIVIDAD	Tiempo (Min)	ACTIVIDAD			Tiempo (Min)	ACTIVIDAD
11	Limpieza de la envasadora 2 mediante el uso de aspiradora tipo mochila	1	Buscar las herramientas necesarias para la operación	31	Desactivada	1	Tiempo inactivo
		4	Tiempo inactivo			4	Identifica los desperdicios de cada sitio y nos colca en una posición específica
		1	Búsqueda de un punto de aire comprimido			1	Buscar un pallet donde ubicar las cosas
		5	Limpiar banda transportadora con aire comprimido.			1	Tiempo inactivo
						1	Encinta los desperdicios
2	Va a guardar la aspiradora a su estación	1	Sacar las bandejas de la envasadora 2			4	Recoger y palletizar los diferentes desperdicios producto de la operación
1	Busca un punto de acceso a aire comprimido	11	Controlar Maquina envasadora 1			5	Barrer el producto que se encuentra en el piso del area de empacado de producto final
6	Mediante el uso de aire comprimido, soplar y esparcir el producto que esta debajo de la bagger 2					1	Barrer el producto que se encuentra debajo de la maquina empaquetadora
1	Guardar manguera de aire comprimido					7	Barrer el producto que se encuentra en los alrededores de la maquina empaquetadora
1	Buscar nuevas fundas						
7	Reemplazo de las fundas recolectoras de desperdicio					4	Limpieza de la maquinaria por medio de un trapo húmedo
		1	Colocar en su posición original las bandejas				
2	Registro de valores en bitácora	3	Tiempo inactivo				

	ACTIVIDAD QUE AGREGAN VALOR
	ACTIVIDADES QUE NO AGREGAN VALOR

APÉNDICE C

Plan de recolección de datos

PROYECTO	Aumento de la disponibilidad en la BAGGER 2			Líderes de proyecto:		YU SHAN TAI	Jairo Correa Asencio
QUIÉN?	QUÉ?				DONDE?	CUÁNDO?	PORQUÉ?
Responsable	Variable	Unidades	Tipo de datos	¿Cómo se mide?	¿Dónde está la información?	ALCANCE	Uso de los datos
Personal operativo	Tiempos de limpieza por finalización de turno	Minutos	Continuo	Cronómetro	Reportes y Bitácora de la empresa de la BAGGER 2	Limpieza realizada al finalizar cada turno.	Determinar los tiempos destinados a limpiezas por finalización de turno. Medir la variabilidad y distribución de los datos.
Personal operativo	Tiempo de cambio	Minutos	Continuo	Cronómetro	Reportes y Bitácora de la empresa de la BAGGER 2	Al momento de hacer un cambio de formato o de producto.	Determinar los tiempos en el proceso de cambios de un producto a otro. Medir la variabilidad y distribución de los datos.
Líderes de proyecto	Tiempo de duración de las actividades	Minutos	Continuo	Observación y Cronómetro	Área de trabajo BAGGER 2	Al realizar cambio de producto, cambio de limpieza de fin de turno.	Determinar la demora y disminuir tiempos de trabajos repetitivos.

APÉNDICE D

Ponderación de las causas potenciales

Y1: La baja disponibilidad por altos tiempos en los cambios de producto.					
x	Causas	P	P	P	Total
1	Proceso de montaje de tolva es laborioso	1	1	9	1
2	Dificultad en la limpieza de la banda por incrustación de producto defectuoso.	9	9	9	9
3	Los utensilios de limpieza no están cerca del área de trabajo.	3	3	3	3
4	Por generación de polvo por tipo de producto	9	9	3	9
5	No se utiliza la aspiradora correctamente	1	9	9	9
6	Indisponibilidad de herramientas en la operación	3	9	3	3
7	Ubicación inadecuada del punto de aire para la tarea.	3	3	9	3
8	Existencia de estructura de difícil acceso	9	9	3	9
9	Hay actividades externas siendo actividades internas	9	3	9	9
10	Retrabajo de las tareas de limpieza mediante el uso de aire comprimido.	9	3	9	9
11	Materiales almacenados en los rieles que dificulta el avance de la operación.	9	9	3	9
12	Contaminación por filtración de producto a otra área	3	1	3	3
13	Operarios con diferentes habilidades en calibración	9	3	9	9
14	Diferente carga laboral por operario	9	3	9	9

Y2: La baja disponibilidad por alto tiempos en la limpieza de fin del turno					
x	Causas	P	P	P	Total
1	Clasificación incorrecta de los tiempos en la "bitácora"	1	0	1	1
2	Ocurren cambios en los planes de producción	3	9	3	3
3	Los utensilios de limpieza no están cerca del área de trabajo.	1	3	3	3
4	Por generación de polvo por tipo de producto	9	9	3	9
5	No se utiliza la aspiradora correctamente	9	9	3	9
6	Dificultad en la limpieza de la banda por incrustación de producto defectuoso.	9	9	9	9
7	Tiempo excesivo para la limpieza	9	9	9	9

APÉNDICE E

Plan de implementación de soluciones

PROBLEMA ENFOCADO	N°	¿QUÉ SOLUCIÓN?	¿DÓNDE?	¿PORQUÉ?	¿QUIÉN?	¿CÓMO?	¿CUÁNTO CUESTA?	¿CUÁNDO?
BAJA DISPONIBILIDAD DURANTE EL CAMBIO DE PRODUCTO	1	Implementación de SMED	BAGGER 2	Los tiempos de cambios son altos y variables	Yu Shan Tai, Jairo Correa, Líder de la línea de empaquetado	1. Identificar y separar actividades externas e internas mediante el diagrama de hombre-máquina realizado. 2. Convertir actividades internas a externas 3. Refinar todo el proceso	0	19/08/2019
	2	Estandarizar y capacitar las tareas a realizar por cada operario según el nuevo proceso	BAGGER 2	La carga laboral de los operarios no está definida ni distribuida.	Yu Shan Tai, Jairo Correa, Líder de la línea de empaquetado	1. Ajustar y distribuir las tareas de los otros operarios a la actividad principal (Limpieza con aire comprimido, Barrer, Sanitizar y calibrar) 2. Informar al personal y asignando operarios 3. Ensayar o probar el nuevo proceso	0	27/08/2019
BAJA DISPONIBILIDAD DURANTE LA LIMPIEZA DE FIN DE TURNO	3	Crear un proceso eficiente de limpieza	BAGGER 1 Y BAGGER 2	Porque las tareas a realizar son pocas a comparación del tiempo establecido	Yu Shan Tai, Jairo Correa, Líder de la línea de empaquetado	1. Crea un plan de limpieza cuando la máquina está en marcha 2. Estandarizar el proceso de limpieza.	0	23/08/2019

APÉNDICE F

Plan de control

Problema Enfocado	Solución	¿Qué voy a controlar?	¿Cuándo?	¿Por qué?	¿Quién?	¿Cómo?	¿Dónde?	¿Estado?
Proceso de cambio de producto	Implementación de SMED	Las tareas cuando se realiza la limpieza con la máquina apagada sean rápido y efectivas	Cada vez que se vaya a realizar un cambio de producto	Evitar la generación de altos tiempo de limpieza por cambio de producto	Operario líder /Valida: Líder de la línea de empaquetado	El líder de la línea de empaquetado debe asegurar que después del proceso cumplan con el tiempo establecido (1 hora) seguido del proceso	Bagger 2	Implementado
	Estandarizar y capacitar las tareas a realizar por cada operario según el nuevo proceso	El proceso sea realizado de forma similar en todos los turnos con todos los operarios del turno con carga laboral nivelado					Bagger 2	Implementado
Proceso de limpieza de fin de turno	Crear un proceso eficiente de limpieza	Las limpiezas se realicen de forma eficiente durante el día	Diariamente	Mantener limpio el área evitando generación de altos tiempos en limpieza de fin de turno	Operario líder /Valida: Líder de la línea de empaquetado	Por medio de un plan de limpieza efectiva	En el área de envasado de la bagger 1 y 2	Implementado

APÉNDICE G

SISTEMA DE LIMPIEZA EFICIENTE

FECHA: DD / MM /AAAA				Operador				Operador				Operador															
				Ayudante 1				Ayudante 1				Ayudante 1															
				Ayudante 2				Ayudante 2				Ayudante 2															
				Ayudante 3				Ayudante 3				Ayudante 3															
SISTEMA DE LIMPIEZA EFICIENTE																											
ACTIVIDADES	TAREAS	FRECUENCIA	RESPONSABLE	Turno 1				Turno 2				Turno 3															
TACHO DE BASURA DE BAGGER 1 Y 2	1. Sacar las fundas de basura. 2. Cambiarla por una nueva	CADA 8 HORAS	AYUDANTE 2																								
LIMPIEZA DE LA PARTE SUPERIOR DE LA SELLADORA (CHAROLA)	Liberación del polvo presente en esta área	CADA 8 HORAS	AYUDANTE 3																								
LIMPIEZA ÁREA 1				7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00	0:00	1:00	2:00	3:00	4:00	5:00	6:00
BARRER ÁREA DE LA BAGGER 1/BAGGER 2	1. Con el uso de la escoba, liberar suciedad que ha caído al piso en los alrededores de la tolva	CADA HORA	AYUDANTE 1																								
CHAROLA 1,2,3 DE LA BAGGER 1	1. Sacar la charola de la máquina 2. Liberar suciedad presente en ella	CADA HORA	AYUDANTE 2																								
LIMPIEZA ÁREA 2				8:00	10:00	12:00	14:00	16:00	18:00	20:00	22:00	0:00	2:00	4:00	6:00												
BARRER ÁREA DE LA BAGGER 1 / BAGGER 2	1. Con el uso de la escoba, liberar suciedad que ha caído al piso en los alrededores.	CADA DOS HORA	AYUDANTE 2																								
CHAROLA 4 DE LA BAGGER 1 / BAGGER 2	1. Sacar la charola de la máquina 2. Liberar suciedad presente en ella	CADA DOS HORA	AYUDANTE 3																								
GAVETA AZUL BAGGER 1 / BAGGER 2	1. Sacar la gaveta de la máquina 2. Liberar suciedad presente en ella	CADA DOS HORA	AYUDANTE 3																								
Observaciones																											