

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ingeniería



**Propuesta de mejora en una línea de empaque de frituras en
presentación pequeña y mediana en una empresa de la
industria alimenticia guatemalteca**

Trabajo de graduación presentado por

Juan Ignacio Guzmán Montes para optar

al grado académico de Licenciado en Ingeniería Industrial

Guatemala

2012

**Propuesta de mejora en una línea de empaque de frituras en
presentación pequeña y mediana en una empresa de la
industria alimenticia guatemalteca**

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ingeniería

**Propuesta de mejora en una línea de empaque de frituras en
presentación pequeña y mediana en una empresa de la
industria alimenticia guatemalteca**

Trabajo de investigación presentado por:

Juan Ignacio Guzmán Montes

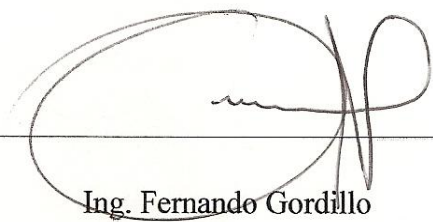
para optar al grado académico de Licenciado en Ingeniería Industrial.

Guatemala

2012

Vo. Bo. :

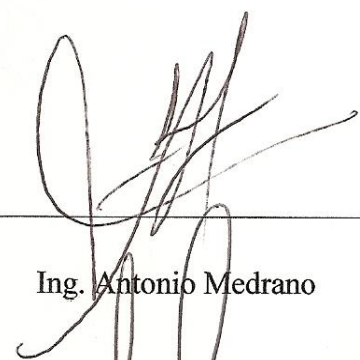
(f)



Ing. Fernando Gordillo

Tribunal Examinador:

(f)



Ing. Antonio Medrano

(f)



Ing. Axel Fuentes

Fecha de aprobación: Guatemala, 25 de mayo de 2012

PREFACIO

Este trabajo fue creado con el propósito de aplicar las herramientas aprendidas durante la carrera de Licenciatura en Ingeniería Industrial en un problema actual de alguna industria o empresa. Su propósito es enriquecer al lector acerca de cómo los problemas que uno considera pequeños, pueden llegar a tener repercusiones en el giro de un negocio. Parte del proceso de la elaboración de este trabajo también involucró el apoyo de muchos colaboradores de la empresa que son demasiados para nombrar a todos.

Se tuvo varias limitaciones en el trabajo entre las que se menciona la confidencialidad en la información utilizada, lo cual es completamente aceptable para efectos de competencias y trabajar siempre con ética y valores. Otra limitación grande fue que debido a la variedad de procesos productivos que se tienen, el abarcar todos los puntos de mejora únicamente causaría tener un trabajo de graduación extenso e inconcluso por lo que focalizarse en un proceso puntual enriquece de mejor manera al lector, al autor y a la empresa.

Agradezco primero a Dios, por darme las fuerzas necesarias para superarme y ser una mejor persona día a día. Agradezco de manera muy especial a mis padres, Luis Felipe Guzmán Asturias y María Mercedes Montes Midence por todo el amor que me han brindado durante toda mi vida, asegurándose que nunca me falte nada y dándome más de lo que jamás les podré retribuir. A mis hermanos, Jose Carlos Guzmán Montes y María Mercedes Guzmán Montes quienes de una forma muy importante ocupan mucha parte de mi corazón.

De igual manera agradezco a la empresa donde realicé el estudio y donde actualmente laboro por darme una oportunidad que no muchos tienen. Agradezco profundamente que a pesar de nunca haber trabajado, confíen en mi persona y que cada día me enseñen a ser un mejor profesional. Agradezco a Fernando Gordillo quien me asesoró en este trabajo y quien además me asesora en seguir el camino correcto. Un

especial agradecimiento a Sofía Victoria Marroquín por su asesoría y más que todo por su amistad.

Este trabajo está dedicado especialmente a Laura Ramona Midence de Montes, mi abuelita, quien a sus 92 años sigue siendo la mujer excepcional que fue en sus años mozos. Ella a pesar de ser pequeña en tamaño, tiene un corazón de kilómetros que nunca podrá ser igualado. Le agradezco por su amor, cariño y sus enseñanzas durante los años.

CONTENIDO

LISTA DE CUADROS	x
LISTA DE FIGURAS.....	xi
LISTA DE CUADROS EN APÉNDICE.....	xii
RESUMEN.....	xiii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. ANTECEDENTES	3
A. Terminología utilizada en la empresa	4
III. JUSTIFICACIÓN	6
IV. OBJETIVOS	8
A. Objetivo general	8
B. Objetivos específicos.....	8
V. METODOLOGÍA	9
VI. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA EMPRESA	11
A. Visión y misión	11
B. Valores de la empresa.....	11
C. Estructura organizacional de producción	12
VII. SITUACIÓN ACTUAL	13
A. Área mecánica	20
1. Empacadoras.....	21
2. Medición de fallas	23

3.	Paros de proceso	28
B.	Área operacional humana.....	30
1.	Paros operativos	33
2.	Puestos de trabajo	34
C.	Análisis comparativo de área mecánica y área operativa.....	36
1.	Análisis TAKT	37
2.	Análisis cuantitativo.....	39
3.	Costo unitario.....	41
VIII.	PROPUESTAS DE MEJORA.....	43
A.	SMED (Single-Minute Exchange of Die).....	44
1.	Reducción de tiempos con un solo eje	46
2.	Compra de eje para cambio rápido.....	49
B.	Metodología 5's.....	51
1.	Implementación de 5s	54
IX.	Conclusiones.....	60
X.	Recomendaciones	62
XI.	Fuentes de consulta.....	64
XII.	Apéndice	65
A.	Muestreo y toma de tiempos.....	65
B.	Mejoramiento con propuestas	68
1.	Propuestas de SMED	69
2.	Propuesta de 5s.....	70

LISTA DE CUADROS

Cuadro	Página
1. Problemas de cuchilla	25
2. Problemas de mordazas	26
3. Problemas de codificadoras	27
4. Factor multiplicativo de horas extras	32
5. Cuantificación de pérdida por tiempo muerto	39
6. Cuantificación de pago de horas extras por rubro	40
7. Costo unitario de presentación pequeña	41
8. Costo unitario de presentación mediana	41
9. Clasificación de SMED actual	45
10. Clasificación 1era. propuesta de SMED	47
11. Utilidad por ventas incrementales	47
12. Recuperación de inversión con pines	48
13. Ahorro en horas extras	48
14. Recuperación de inversión con pines	48
15. Clasificación 2nda. propuesta SMED	49
16. Utilidad por ventas incrementales con cambio de eje	50
17. Recuperación de inversión de 6 ejes	51
18. Ahorro en horas extras	51
19. Recuperación de inversión con 6 ejes	51
20. Utilidad por ventas incrementales	59
21. Ahorro en horas extras 5s	59

LISTA DE FIGURAS

Figura	Página
1. Organigrama de la empresa	12
2. Proceso productivo de empaque	15
3. Leyenda diagrama de operaciones	16
4. Diagrama de operaciones	17
5. Diagrama de recorrido de planta.....	19
6. Orden de pedido de empacadoras	22
7. Pareto de cantidad de paros.....	24
8. Pareto de horas paradas por pieza.....	28
9. Bobinas en empacadoras.....	29
10. Almohadilla de tinta.....	30
11. Banco para operadores	34
12. Uso de cartón para comodidad.....	35
13. Pareto de tiempo perdido	36
14. Desorden en empaque	56

LISTA DE CUADROS EN APÉNDICE

Cuadro	Página
1. Velocidad de empaque actual	65
2. Distribución de horas perdidas por pieza.....	66
3. Cantidad de paros por pieza.....	67
4. Minutos mensuales perdidos por paro	68
5. Rangos de reducción con SMED	69
6. Rangos de ahorro con SMED	70
7. Rango de reducción con 5s	70
8. Rangos de ahorro con 5s	71

RESUMEN

Debido a que existe un vasto campo de mejoras que se pueden tener en el área operativa de la industria alimenticia guatemalteca, este trabajo busca reducir costos, aumentar productividad y mejorar eficiencias en los procesos de los alimentos, enfocándose en los de fritura. La empresa donde dicho estudio se realizó es líder en la industria de alimentos de Guatemala, supliendo la necesidad de artículos como cereales, snacks, avenas y atoles. Por tema de confidencialidad no se indicará el nombre de la empresa en este trabajo.

La formulación de una propuesta de mejora de dicha línea de empaque de frituras da lugar a la mejora continua de los procesos con el fin de producir más con los mismos o menos recursos. Esta propuesta se refiere al uso de herramientas conocidas como lo son los estudios de tiempo, Pareto y diagramas de operaciones, entre otros, para mejorar la eficiencia del proceso de la línea y tener en cuenta la reducción de tiempos perdidos así como el costo de operar.

Este trabajo se hace necesario debido al estado crítico en que la línea se encuentra actualmente, lo que conlleva grandes costos y cambios en planificación por su operación inadecuada. Siendo la línea de empaque un área importante, no sólo en producción sino en abastecimiento de producto terminado, el analizar y proponer mejoras puntuales puede ayudar a tener más tiempo disponible operando la línea, mejorando así su productividad.

Para lograr el cumplimiento de los objetivos se utilizó diagrama de Pareto para poder cuantificar los mayores problemas en la línea de empaque, observación de la línea en conjunto con muestreo de datos para llegar a la raíz de los problemas. Estos análisis fueron de mucha utilidad para formular una propuesta de mejora que además de ser aplicable a la línea del producto líder de la empresa, se podría replicar en las demás líneas de empaque dedicadas a los demás productos fritos.

Para facilidad de análisis, el trabajo se dividió en dos enfoques principales: Problemas operativos causados por maquinaria y problemas operativos causados por mano de obra. Al diferenciar dichos puntos, se identificó que el área más crítica es el área mecánica y se prosiguió a formular las propuestas de mejora que, de una forma cuantitativa, demostrara beneficios para la empresa.

Al observar el tiempo desperdiciado de los diferentes paros que afectan a la línea, se notó que el cambio de bobina era el mayor causante de los paros en la línea por lo que se prosiguió a formular dos propuestas de SMED para éste paro. Para no dejar afuera a los demás paros, que afectan también a la línea, se formuló la implementación de una metodología 5s para atacar de forma macro los tiempos desperdiciados.

Teniendo siempre como enfoque la reducción de costos por medio de disminuir los tiempos perdidos, se idearon tres propuestas que pueden apoyar a lograr tal meta. Se hicieron dos análisis comparativos por propuesta, uno con una demanda Push y uno con una demanda Pull, para poder demostrar los ahorros dependiendo de cómo se maneje el producto y la utilización de capacidad de la línea de empaque.

Aplicar SMED al cambio de bobina por medio de cambio de tornillos por pines nos da un costo de oportunidad en utilidad del producto de 1% mensual respecto al total de ventas, mientras que hablando de ahorro se tiene un valor de 5% en horas extras mensuales ahorradas respecto al total de horas extras. Esto es con un margen de disminución de tiempos del 10%, que en tiempo es relativamente poco el ahorro pero en valor ya es significativo.

La segunda propuesta de aplicación de SMED se concentra en cambiar completamente el eje que sostiene la bobina y colocar uno nuevo logrando así que el cambio de bobina se de mientras la máquina está trabajando. Proponiendo éste concepto, se tiene como meta un ahorro del 30% como mínimo del tiempo perdido que como

resultado nos da 2.3% de utilidad respecto a las ventas totales o un porcentaje del 16% respecto al total de horas extras.

Como parte de la mejora macro de la línea, se propone la implementación de la metodología 5s que con base en sus cinco pasos puede llevar a mejorar la productividad y eficiencia en base a un costo de oportunidad aprovechado del 3% mensual de utilidad extra del total de ventas. Al analizarlo desde un plano de ahorro en horas extras mensuales representa un 18% de reducción respecto al total de horas extras mensuales.

Se tomaron esas propuestas como las finales ya que aportan un valor agregado tanto a las ganancias de la empresa así como al clima laboral que se tiene actualmente. El mejorar la productividad por medio de herramientas conceptuales y aplicables conlleva a una mejor área laboral y a mejores producciones con la finalidad de reducir costos y aumentar las ganancias. Debido a que se aplicaron las propuestas al área mecánica, se tienen recomendaciones para el área operativa que pueden también aportar un valor extra a la empresa.

I. INTRODUCCIÓN

En los procesos productivos siempre hay espacio para la mejora continua, no importando el giro del negocio. Ya sea una consultoría, una fábrica de automóviles o una distribuidora, todos pueden tener como enfoque el incremento de la productividad y la reducción de costos. Actualmente, la empresa estudiada aplica tímidamente las herramientas y metodologías conocidas en el mundo de la Ingeniería de la forma correcta, lo que se refleja en el costo de los productos.

La finalidad de este trabajo, por lo tanto, es proponer un plan de mejora, mediante varias herramientas de producción y calidad, para la mejora del proceso actual de empaque de la empresa estudiada.

Se determinó, por medio de Diagramas de Pareto y cuantificación de tiempos muertos, los procesos productivos que causaban la mayor cantidad de desperdicio de tiempo que al mejorarlos se pudiese aumentar la productividad y crear ahorro sustancial.

Se cuantificó el tiempo muerto actual y se comparó bajo dos propuestas dependiendo del tipo de demanda que se tuviera. Se cuantificó la utilidad que se deja de percibir por medio de la cantidad de unidades que se podrían producir al aumentar su productividad y por otro lado, se cuantificó el gasto en horas extras que representa cada rubro.

Según la información cuantificada se determinaron herramientas de Ingeniería que fueran aplicables y efectivas en reducir el tiempo desperdiciado en la operación. Se tomó como alternativas crear propuestas de implementación de SMED y de la Metodología 5s.

Se crearon dos propuestas utilizando la herramienta SMED donde cada una implicaba la misma teoría pero aplicada de diferente forma, dependiendo del monto de inversión que se quisiera. Como primera propuesta se tiene: cambiar tornillos por pines de fácil remoción y aprovechar tiempo productivo al adelantar parte del proceso. Esta propuesta daba como resultado un costo de oportunidad en utilidad del 1% mensual

respecto a las ventas totales, pensando en que ese tiempo desperdiciado podría utilizarse para hacer más unidades. Siguiendo con el lineamiento de un pedido en firme, se tiene un ahorro en horas extras del 5% mensual.

La segunda propuesta SMED creada para demostrar el ahorro potencial en la línea conlleva una mayor inversión en obtener nuevas piezas que al tenerlas, ayuden a reducir aún más el tiempo perdido por el cambio de bobina. Esta propuesta implica el cambio total en varias piezas, no solamente modificaciones. El resultado de costo de oportunidad en utilidad mensual representa mensualmente 2.30% de ventas totales, que es alrededor de tres veces la primera propuesta. En cambio al ver el ahorro en horas extras se tiene un valor de 16% de ahorro mensual.

La tercera y última propuesta para el ahorro en la línea es enfocar los esfuerzos en todos los rubros que conlleven tiempo perdido al aplicar la metodología 5s. Disponiendo de las 5s se comprenden varias áreas y hacen que el área laboral sea más productiva, eficiente y menos estresante para los operadores. Esta propuesta conlleva mucho más tiempo de implementación y es considerada a un mediano y largo plazo ya que en esos márgenes se empiezan a ver resultados. En cuanto a mejoras cuantitativas, se tiene un costo de oportunidad de mejorar la utilidad en 3% respecto a las ventas totales mientras en ahorro posible de horas extras el valor es del 18% del total de horas extras, todo en un plazo mensual.

A lo largo de este trabajo se presentaran los análisis de la situación actual al igual que las propuestas de mejora con el debido respaldo numérico evidenciando las mejoras propuestas y el impacto en la línea de empaque.

II. ANTECEDENTES

Ingeniería de Métodos se refiere a técnicas para aumentar la producción por unidad de tiempo o reducir el costo por unidad de producción. Incluye el diseño, creación y selección de los mejores métodos de fabricación, procesos, herramientas, equipos y habilidades para manufacturar un producto específico con la menor cantidad de recursos posible. Es también llamada *Análisis de Operaciones, Diseño del trabajo y Simplificación del Trabajo*.¹

Debido a las mejoras que se tienen en las áreas productivas de las empresas, la Ingeniería de Métodos es cada vez más común ya que ser productivos representa una ventaja significativa sobre la competencia en el sentido que si se tienen costos bajos, el precio de venta puede ser menor al del mercado acaparando así a clientes o teniendo un margen mayor de utilidad al mantener el precio y reducir los costos.

En este trabajo de graduación se utilizaron herramientas de la Ingeniería de Métodos para la formulación de propuestas enfocadas a la mejora de procesos. Siguiendo siempre dichos lineamientos, se deben de tomar en cuenta los siguientes términos que afectan cualquier empresa productiva o de servicio.

Eficiencia se refiere a hacer algo al costo más bajo posible mientras que efectividad es hacer las cosas correctas que lleven a crear el mayor valor posible para la compañía.²

Nunca hay que olvidar la productividad, relación directa entre el producto obtenido y los recursos utilizados, y calidad, entregar al cliente un producto que cumpla con sus expectativas, ya que ambos son importantes en cualquier industria que exista.

Otro término que es importante saber es la Administración de Operaciones que es el diseño, operación y mejora de procesos que crean y entregan productos.³

¹ (Niebel,2009)

² (Chase,2009)

³ (Chase,2004)

A. Terminología utilizada en la empresa

Pellet

Materia prima creada a través de extrusión de granos que al pasar por un proceso térmico, se convierte en producto comestible.

Freidor

Máquina utilizada para el proceso de fritura de distinta materia prima que puede ser pellets o producto extruido

Tumbler de recubrimiento

Sistema de recubrimiento por el cual se esparce el sazón sobre el pellet frito por medio de vibradores y movimiento continuo de un tonel, asegurando la homogeneidad del recubrimiento.

Máquina de empaque

Máquina cuya función es transformar material en proceso o semi-terminado en producto terminado por medio de la colocación de una barrera física entre el medio ambiente y el producto. Normalmente se utilizan materiales hechos a base de polímeros y metales

Bobina

Rollo de material de empaque colocado en la máquina de empaque para ser utilizado como parte del producto terminado.

Mordaza

Parte móvil de la empacadora que tiene como fin sellar, por medio de calor, los extremos de las presentaciones de los productos.

Cuchilla

Parte afilada de la máquina de empaque encargada de cortar o perforar los extremos de los paquetes para tener facilidad en su corte.

Codificadora

Sistema que por medio de transferencia de tinta marca las unidades producidas con fecha de producción, fecha de vencimiento y lote.

Fardo

Unidad logística que consiste en 48 unidades de 12 gramos o 48 unidades de 26 gramos.

Cajilla plástica

Caja plástica utilizada como embalaje de los fardos para estibar en un pallet.

Orden de servicio

Formulario utilizado para el control de fallas en máquinas. Ayuda a llevar el control por parte de Producción y Mantenimiento acerca de tiempos de reparación y fallas mecánicas y eléctricas de las máquinas.

Trazabilidad

Se entiende trazabilidad como el conjunto de aquellos procedimientos preestablecidos y autosuficientes que permiten conocer el histórico, la ubicación y la trayectoria de un producto o lote de productos a lo largo de la cadena de suministros en un momento dado, a través de unas herramientas determinadas.⁴

Curva de aprendizaje

Curva de potencia que sostiene que la experiencia y el aprendizaje son dependientes de tiempo. La teoría sostiene que mientras más tiempo se tenga en un puesto, más fácil será hacer las operaciones o movimientos. Su fórmula es:

$$y = 12x^{0.322}$$

Donde y es el tiempo de ciclo y x es el número de ciclos o unidades producidas.⁵

⁴ (EFSA, 2002)

⁵ (Niebel, 2009)

III. JUSTIFICACIÓN

El proceso de empaque de las líneas de productos fritos alimenticios tiene un potencial enorme de mejora, ya que actualmente los recursos no se utilizan de la manera adecuada causando que existan costos innecesarios y tiempos perdidos. Esto se traduce en una baja eficiencia en los procesos productivos. Además, se tienen los recursos y la suficiente capacidad instalada para satisfacer la demanda actual.

El hecho de tal desaprovechamiento tiene un costo de oportunidad muy grande ya que el producto que se empaca en la empresa estudiada, y sus diferentes presentaciones, puede tener un alto riesgo de desabastecimiento con la creciente demanda y las estrategias que se tienen para el producto. Al aprovechar de manera eficiente el tiempo disponible de las máquinas, se puede planificar de mejor manera la producción y así tener índices de productividad mayores. El hecho de estar restringidos por tiempos muertos causa que los días de producción sean más, incurriendo mayores costos para poder cumplir con la demanda del mercado. Una reducción en tal desaprovechamiento puede ser demostrado en los indicadores que se llevan actualmente como kilogramos producidos por día laborado o porcentaje de utilización en base a la capacidad nominal.

Por órdenes de la Gerencia, no se desea invertir en maquinaria nueva ya que se tiene el concepto de desaprovechamiento de los recursos actuales por lo que si no se mejora el proceso actual, el alto costo de las horas extras seguirá influyendo en el costo del producto de sobremanera. Las horas extras representan un 42% de la planilla total de la línea por lo que impactan tanto en el costo fijo del producto así como en la mano de obra ya que para poder cumplir con los requerimientos se debe de producir a cuenta de horas extras.

Al colocar en una balanza el costo de horas extras versus el de cumplir con los requerimientos de los clientes, siempre se le tendrá mayor valor a cumplir con los requerimientos ya que la satisfacción del cliente es muy importante. Al no tener cambios en la línea, los costos de horas extras aumentan año tras año cayendo a veces en el incumplimiento de requerimientos por falta de tiempo, según la forma de producir actual.

Además de los altos costos de mano de obra, los costos ocultos al personal operativo son varios incluyendo el desgaste físico de laborar largas jornadas y en condiciones inadecuadas lo que causa una reducción en la productividad del personal y por ende se tendrá menor producción.

El proceso actual de manufactura ha causado desabastecimiento del producto en ciertas ocasiones, a pesar de pagar horas extras, ya que la falta de tiempo y priorizar otros productos interviene en la planificación. Esto afecta a la empresa por el simple hecho de no cumplir con los clientes y dejar un mal sentimiento en términos de mal servicio al cliente.

Se cree que al mejorar los procesos productivos y de operaciones en éste producto ayudará a cumplir con los requerimientos de los clientes y por ende obtener una mayor satisfacción de los mismos. Así mismo, los procesos tienen mucho potencial por lo que un estudio exhaustivo de tal proceso de empaque es necesario para sacar a relucir las fallas y oportunidades de mejora. Esto da lugar propuestas de mejora en la línea de empaque resultando en una mayor productividad y beneficios económicos para la empresa.

Este trabajo fue creado en base al argumento de asegurar el abastecimiento, problema actual, y cumplir con los requerimientos de los clientes además de reducir los costos de mano de obra por horas extras, que representan el 42% de la planilla de la línea, ya que representa un porcentaje significativo del costo unitario y mejorar en sí los procesos actuales de empaque.

IV. OBJETIVOS

A. Objetivo general

- Proponer mejoras en la línea de empaque de frituras en presentación pequeña y mediana en una empresa de la industria alimenticia guatemalteca por medio de un análisis exhaustivo de la misma.

B. Objetivos específicos

- Realizar un análisis cualitativo y cuantitativo de la situación actual de la línea de empaque de frituras en empaque pequeño y mediano.
- Identificar las fallas y áreas críticas donde recaen la mayor parte de los problemas operativos mediante observación y toma de datos.
- Proponer cambios o actualizaciones a la línea con el fin de tener mejoras en productividad teniendo como ahorro un mínimo aceptable de 10%, según órdenes de Gerencia.
- Proponer la utilización de SMED y 5s para la reducción y ahorro de costos, según análisis previamente hechos.
- Justificar las propuestas escogidas para mejoramiento de la línea de empaque mediante un análisis de costo de oportunidad y de ahorro.

V. METODOLOGÍA

Para realizar un análisis exhaustivo de la línea de empaque primero se hizo un análisis de la situación actual mediante la observación directa y toma de datos. En este punto se identificaron las posibles áreas de mejora en los procesos, para obtener una mayor productividad. Se tomaron varios datos para eficiencia de la operación mecánica y se buscaron los tiempos ociosos de la misma.

Seguidamente, se cuantificaron y clasificaron las fallas y áreas críticas donde la mayoría de problemas operativos recaían. Se creó un diagrama de Pareto clasificando las áreas de mejora en dos rubros: problemas mecánicos y problemas operativos. Los problemas mecánicos se refieren a cualquier falla o tiempo muerto, en las máquinas, que represente falta de productividad o eficiencia. Los problemas operativos se refieren a cualquier falla o tiempo muerto, por parte del personal operativo, que represente falta de productividad o eficiencia.

Al tener toda la información actual de la línea de empaque se procedió a comparar que área representa la mayor área de mejora seleccionando así el área mecánica. Sabiendo que el área mecánica es la que tiene mayor impacto en tiempos, debido a los análisis realizados, se procedió a crear propuestas para mejorar la productividad partiendo del enfoque productivo y eficiente. Se propusieron herramientas de mejora que al ser implementadas pueden ayudar a reducir los costos y tiempos ociosos de la línea de empaque.

Las herramientas que se presentan en el trabajo son utilizadas mundialmente para la reducción de tiempos ociosos y mejora en los procesos, tanto productivos como de servicios. Como primera propuesta se tiene un análisis de Tambor-Amortiguador-Cuerda que tiene como objetivo esclarecer los cuellos de botella y ver hacia donde hay que enfocar los recursos. Seguidamente se tiene la propuesta de introducir la herramienta SMED (Single-minute Exchange of Die, por sus siglas en inglés) donde se busca la reducción de tiempos muertos por medio de cambios sencillos a piezas que causan una disminución en la eficiencia de la operación.

Por último se tiene propuesta la metodología de las 5s, donde mediante el orden y limpieza se llega a mejorar productividad.

Al tener como respaldo un análisis profundo de las áreas de mejora se formularon las conclusiones y recomendaciones necesarias para mejorar los procesos de la línea de empaque del producto líder de esta empresa.

VI. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA EMPRESA

La empresa estudiada es líder en la industria de alimentos en Guatemala, estando en diferentes nichos de mercado como lo son atoles, avenas, frituras, cereales, sustitutos de carne y bebidas fortificadas. La empresa está certificada HACCP, ISO 9001:2008 e ISO 22000:2005. Son conocidos por sus productos de alta calidad y buena satisfacción al cliente.

A. Visión y misión

Alimentamos, hoy y siempre, bienestar y satisfacción; mediante innovación y mejora continua de nuestros productos y servicios. Creemos en la importancia de brindar un excelente servicio al cliente, produciendo y comercializando alimentos de calidad y valor, que superen las expectativas de los consumidores.

Confiamos en el éxito y crecimiento, en el desarrollo de nuestro Recurso Humano, el apoyo a nuestras marcas y en la incursión de nuevos mercados. Invertimos para entregar a nuestros colaboradores, socios comerciales, accionistas y a la comunidad en general, excelentes beneficios.

B. Valores de la Empresa

- **Integridad**

Obrar con rectitud siempre, no importando las circunstancias. Incluye comunicar las intenciones, ideas y sentimientos. Vivir correctamente, ser honesto y confiable.

- **Excelencia en el servicio**

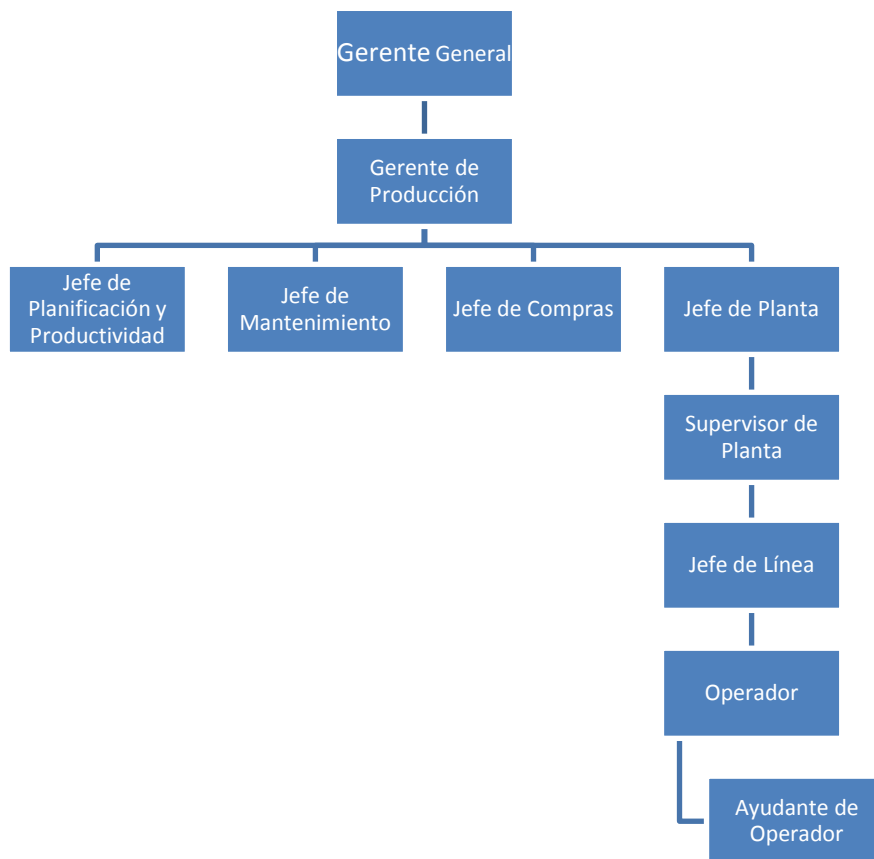
Comprometerse a superar las expectativas de los clientes, mediante la mejora continua, implica esforzarse para conocer y satisfacer sus necesidades.

- **Eficiencia**

Es comprender la esencia de sus funciones, logrando el mayor beneficio, utilizando el menor número de recursos posible.

C. Estructura organizacional de producción

Figura 1 Organigrama de la empresa



Al observar la Figura 1 notamos que existen varios puestos jerárquicos dentro del área productiva. La mano de obra directa son los Operadores y los Ayudantes de Operador ya que están en contacto directo con el producto mientras los demás puestos se pueden considerar mano de obra indirecta ya que son puestos administrativos o de planificación.

VII. SITUACIÓN ACTUAL

Actualmente, se tienen seis empacadoras en línea, destinadas a la producción del producto líder de la empresa. Acorde a las necesidades de la demanda, dichas empacadoras suplen lo suficiente para no necesitar la compra de una máquina nueva. A pesar que el proceso de producción está en línea y el flujo de la operación tiene una secuencia lógica, existen muchos desperdicios y pérdida de tiempo productivo que afecta de sobremanera la operación del día al día.

Cada empacadora cuenta con un operador que la maneja para corregir cualquier defecto de empaque primario que se pueda tener. El trabajo consta de lo siguiente:

- Arrancar y ajustar la máquina para producción
- Colocar el código correcto a estampar en el empaque y rellenar los cartuchos de tinta
- Cambiar bobinas cuando éstas se acaban
- Ajustar las mordazas y cuchillas para cumplir con las especificaciones del producto
- Ver cualquier inconveniente que se pueda tener en el proceso de empaque

Debido a una combinación entre falta de mantenimiento preventivo y operación deficiente, la productividad de las máquinas disminuyen de manera significativa causando atrasos en requerimientos, incumplimientos con producto y costos mayores. El tiempo desperdiciado por fallas mecánicas y operación inadecuada deben de reducirse de manera significativa para que la operación continúe siendo viable y los márgenes se mantengan ya que el precio de la materia prima, maíz, sigue siendo muy volátil en el mercado.

Por otro lado, actualmente no se cuenta con ningún tipo de mantenimiento preventivo programado. Se aprovechan feriados largos, semana santa y año nuevo, para hacer mantenimiento pero algunas veces por cumplir con la demanda, no se programa detener la producción por lo que las máquinas continúan trabajando normalmente.

Para identificar las áreas más afectadas durante todo el proceso y los causantes de la mayor cantidad de ineficiencias en el proceso productivo se utilizó el método de observación directa. Se determinó que el proceso por el cual se hace un producto es complejo, teniendo varias etapas, previas a la orden de producción. Todo comienza con los estimados de venta del producto, los cuales el Departamento de Comercialización se encarga de hacer y de enviar al Departamento de Demanda. Estos estimados son pronósticos de venta que se basan en históricos y en tendencias de las mismas.

Al tener los estimados de lo que se piensa vender, el Departamento de Demanda crea un requerimiento. Esto lo hace luego de analizar y comparar contra producciones pasadas e inventarios actuales del producto ya que debe de haber un balance sano entre lo que se produce y lo que se almacena. Esto se debe a que el costo de inventario no puede ser muy alto y una planificación ineficiente de la producción puede incurrir en encarecer el producto.

Al ya tener un dato preciso, nunca exacto, acerca del monto que se va a pedir, se vuelve un pedido en firme y se pasa al Departamento de Planificación para poder planificar de manera adecuada los días de producción. Se debe tomar en cuenta las ventas, inventarios de producto terminado e inventarios de materia prima, como se menciono anteriormente. También existen re-planificaciones semanales para ver si se tienen incrementos o decrementos que varían dependiendo de los niveles de inventario al día y las ventas reales hechas en los días o semanas anteriores.

Cabe mencionar que el producto líder de esta empresa es la fritura con empaque pequeño, el cuál sobrepasa las ventas del mediano por un 561%, en promedio, por lo que no se puede dedicar todas las máquinas a un solo producto sino se utiliza una combinación de cierta cantidad de empacadoras destinadas a empaque pequeño y cierta cantidad a empaque mediano. La combinación que más se utiliza es 4 empacadoras para empaque pequeño (12 gramos por unidad) y 2 empacadoras para empaque mediano (26 gramos).

Figura 2 Proceso productivo de empaque



En la figura anterior se puede observar el proceso productivo de empaque, de derecha a izquierda. Se observa la caída del producto a granel hacia las empacadoras que crean las unidades para luego ser colocadas en tiras y dentro de bolsas para dejarlos como fardos.

El proceso de la creación del producto consiste en movilizar el pellet por una banda transportadora hacia un freidor de aceite. El freidor de aceite, por medio de reacción térmica, libera la humedad del pellet para que se logre expandir al tamaño deseado. Luego de ser frito, el producto pasa por una banda enfriadora para después caer en un tumbler de recubrimiento y ser enviado, por medio de una banda transportadora, a empaque y terminar en bodega de producto terminado.

El proceso es considerablemente rápido ya que todas las empacadoras están en línea. Sin embargo debido a que no está equilibrada la línea, a veces se incurren en paros de proceso por acumulación de producto a granel. Estos paros conllevan costos ocultos muchas veces no se consideran ya que no son evidentes.

Entre dichos costos ocultos se puede mencionar el tiempo ocioso de los trabajadores de fritura mientras empaque logra consumir el producto semi-terminado, la oxigenación del aceite para la fritura que se descompone con el tiempo y los picos de consumo de potencia eléctrica que causan mayores costos eléctricos.

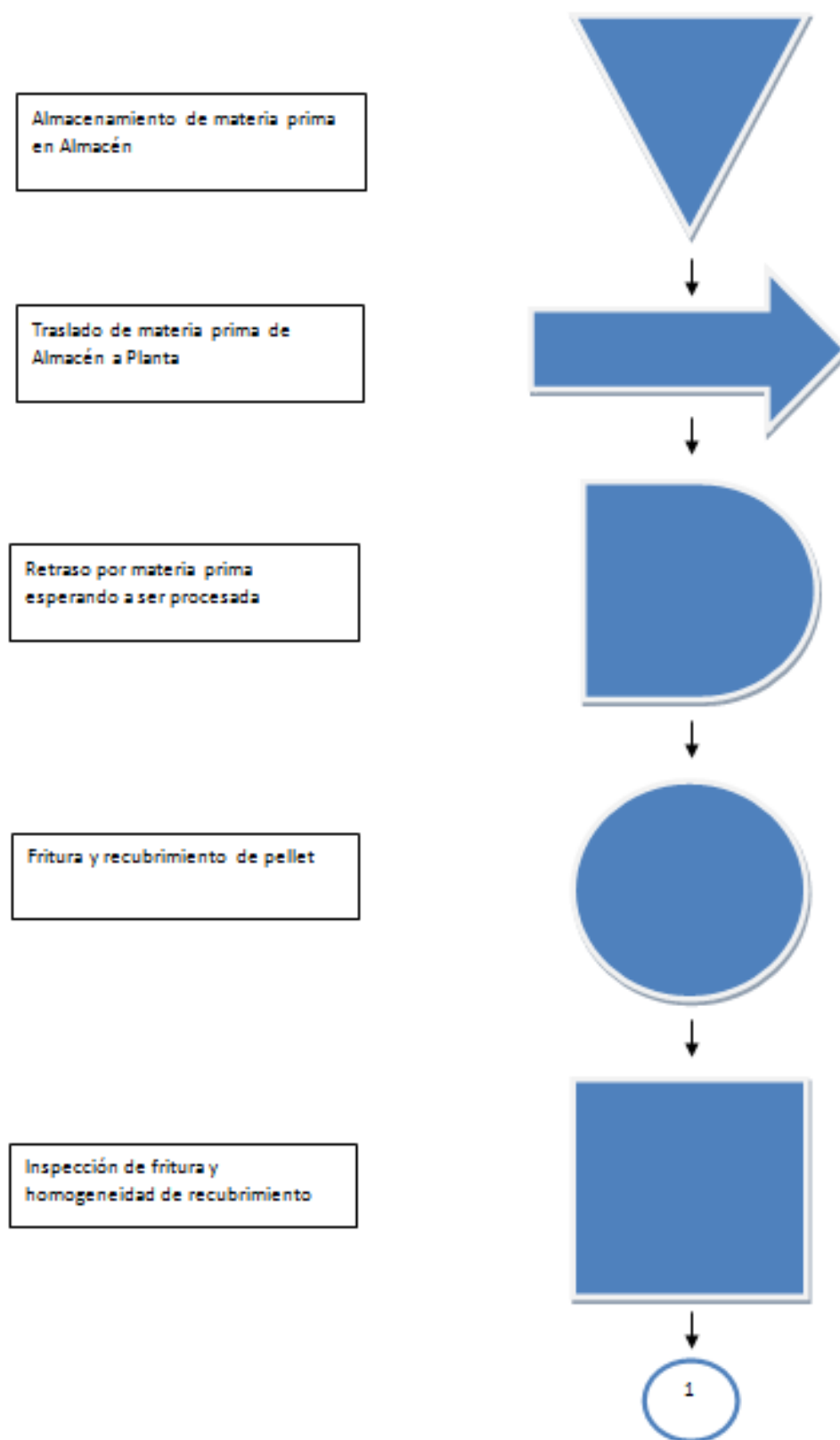
Diagrama de Operaciones

Para poder observar y entender de mejor manera el proceso productivo de la línea, se elaboró un Diagrama de Operaciones para demostrar que pasos son los necesarios para producir, de materias primas, un producto terminado y almacenado. Se debe recalcar que, excluyendo la parte de almacenamiento, el proceso productivo pasando de materia prima a producto terminado empacado representa un tiempo muy corto por ser un flujo continuo y un proceso muy rápido de hacer.

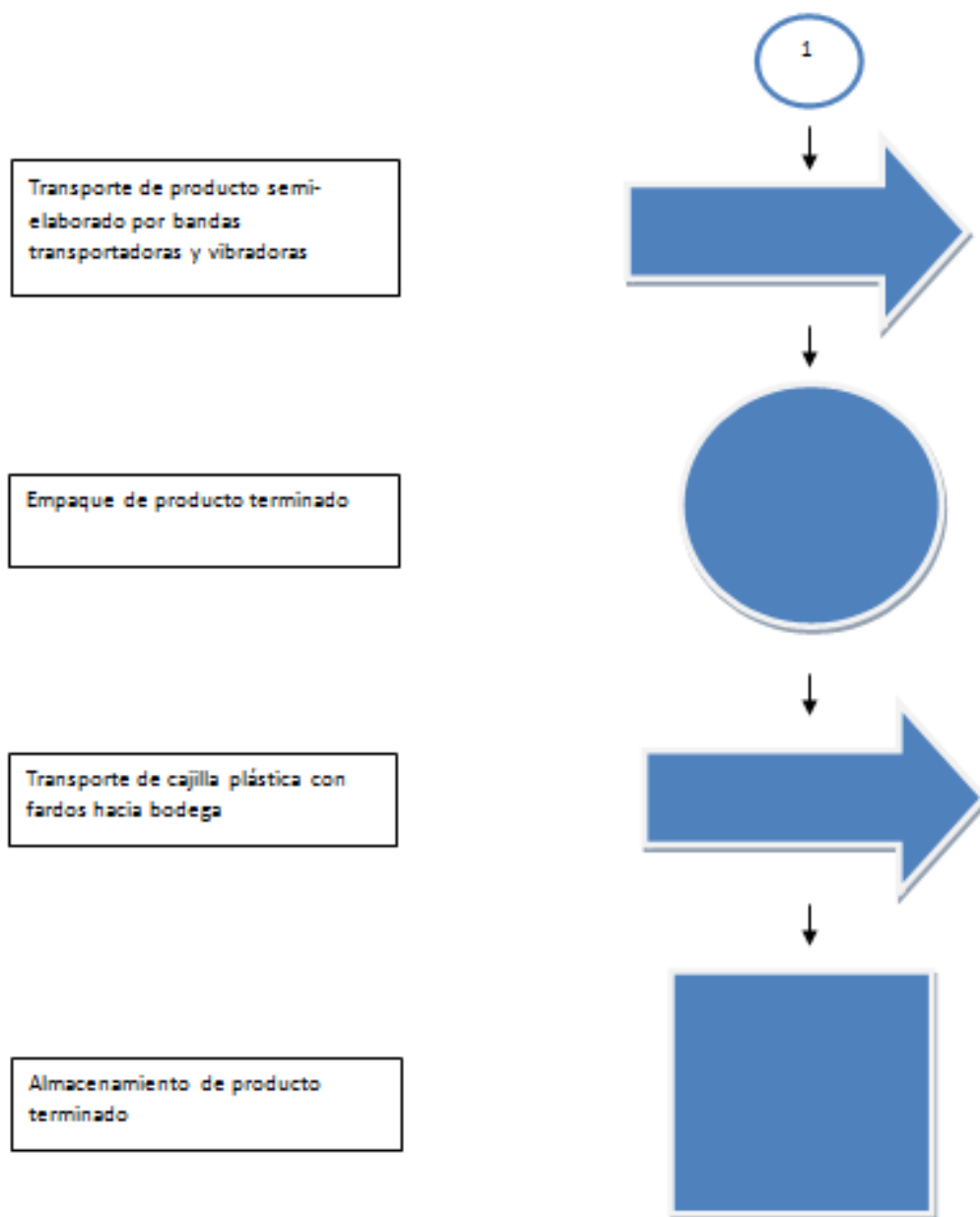
Figura 3 Leyenda Diagrama de Operaciones

Leyenda DOP	
Figura	Significado
	Operación
	Transporte
	Almacenamiento
	Retraso
	Inspección

Figura 4 Diagrama de Operaciones



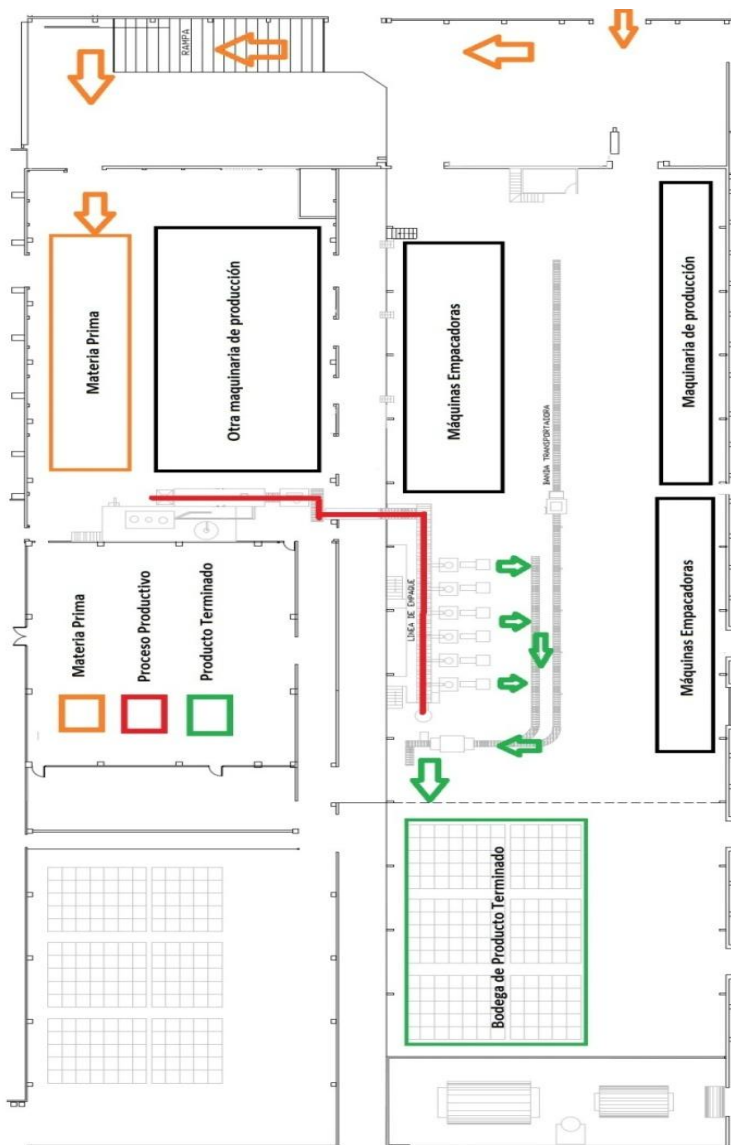
Continuación Figura 4



Para poder tener una mejor visualización del proceso productivo donde se lleva a cabo físicamente la operación, se elaboró un Diagrama de Recorrido de Planta donde muestra el flujo de las materias primas, hasta el almacenamiento del producto terminado en su unidad logística.

Al observar el diagrama de recorrido de planta se nota que se tiene un flujo bastante lógico de la operación y lleva un orden necesario para evitar el mezclado y confusión de materias primas con productos en proceso y por último con el producto terminado.

Figura 5 Diagrama de Recorrido de Planta



Se debe recalcar que se va a dividir en dos áreas el análisis de la situación actual para poder tener mejor noción de qué partes están afectando de mayor manera la operación actual y de igual forma poder distinguir entre lo que involucra a las máquinas de lo que únicamente involucra a personal de empaque y enfardado.

Es muy importante distinguir ambas ya que son parte de una misma operación pero conllevan diferentes recursos y propiedades por lo que agrupar en dos categorías macro es una ventaja para el análisis y consecuentemente con las propuestas a generar de los datos obtenidos.

A. Área mecánica

El área mecánica de empaque está conformada por seis máquinas que son abastecidas por una línea de distribución que funge como cernedor de polvo indeseado. Existen varios aspectos que afectan a la operación diaria de las máquinas, algunos de los cuales son de la operación misma y otros que son casos que se podrían prevenir bajo el mantenimiento y operación adecuada de la máquina.

El área mecánica de empaque se abastece por una línea de producción que cuenta con un freidor con capacidad para freír pellet de 954 kilogramos/hora, mientras que la capacidad máxima de empaque es 839 kilogramos/hora actualmente. Las capacidades de fritura son nominales y son creadas para un tipo de producto que se tenga ya que dependiendo de su tiempo de fritura además de la humedad de la materia prima es la capacidad de fritura.

En empaque existen varios factores del producto que alteran el proceso del producto terminado ya que una variación en densidad, humedad, volumen y residuos afecta la operación. Aunque no es una variación grande, esto puede llegar a afectar el rendimiento de materia prima y material de empaque.

Se debe de recordar que no sólo las fallas en la máquina constituyen tiempos muertos en el área mecánica, sino que también se incluirán bajo este rubro las siguientes:

- Cambio de bobina
- Cambio de lote o turno en codificación
- Cambio de almohadilla de tinta para codificadora
- Paros indeseados por falta de cumplimiento en especificaciones de calidad

Estos tiempos muertos se tomarán como parte del área mecánica ya que son paros que afectan a la máquina y no a las personas que luego empacan en tiras y fardos.

1. Empacadoras. Las empacadoras son estadounidenses, hechas a la medida según especificaciones del cliente. Son empacadoras de doble caída vertical con vasos volumétricos. Es decir, estas empacadoras llenan cada bolsa de producto terminado por el volumen no por el peso.

Al ser compradas, la velocidad nominal de empaque era de 150 unidades de por minuto, pero al pasar los años y la falta de mantenimiento preventivo, se tiene en promedio una velocidad nominal de 128 unidades por minuto. Esto representa un decremento significativo en capacidad de producción.

Como se puede observar en la Figura 6, la máquina tiene una velocidad nominal de 150 bolsas por minuto. También se puede notar que las máquinas fueron compradas en el año 1988 por lo que el desgaste y la falta de mantenimiento preventivo durante 24 años ya han tenido repercusiones en su funcionamiento. Al hablar con el proveedor, éste mencionó que las máquinas trabajan a la misma velocidad con el gramaje del empaque mediano y que no debería de haber diferencia en velocidad de empaque entre ambos gramajes.

Figura 6 Orden de pedido de empacadoras

Date: January 14, 1988 Shipping Order No.: _____

Customer: _____ Location: _____

ELECTRIC POWER AVAILABLE: 50 HZ. 60 HZ. Transformer req'd.

	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
VOLTS	115	208	208	220	220	240	240	380	440
PHASE	1	1	3	1	3	1	3	3	3

COMMENTS: 230 V1,

60 cy., Single Phase, 30 Amp., 3 wire with equipment ground. Breaker provided.

Compressed Air Required: (Min. Air Line 3/8" I.D.) CFM 6.0 PSI 80 BPM 150

A. Machine full name & model: _____

B. Sealing jaws: Serrations-- Coarse Medium Configuration Vertical

Tongue & Groove: Yes No

Embossing Code Dater: Yes No Number of holes ---

Jaw End Seal Width: Top 1/2" Bottom 1/2"* *As per enclosed drawing.

C. Other Code Dating: Specify _____ Factory Installed Yes No

D. Easy Open Attachment: Yes No

E. Hole Punch: Yes No Type _____ Size _____

F. Scale Hopper Size: Standard Other, Describe _____

G. Weigher Infeed Snack Food Belt Bin Low Feeder

CONTRACT SPECIFICATION Model H.V.

For each type product and each bag size, list per chart below. (Film rewind reference - Drawing D-13612, D-13613)

PRODUCT	BAG		VARIATION	CYCLE P/M	WEB WIDTH	BAG DIMENSIONS		
	WEIGHT	VOLUME				WIDTH	LENGTH	GUSSET
	± 15gr.		14 gr. to 16 gr.	<u>150</u>	8-1/4"	3-3/4"	5-15/16"	
	± 12gr.		11 gr. to 13 gr.	150	8-1/4"	3-3/4"	5-15/16"	
	± 12gr.		11 gr. to 13 gr.	150	8-1/4"	3-3/4"	5-15/16"	

OVERLAP SEAL STYLE FIN SEAL STYLE

EW FROM TOP STD. NON-STD. STD. NON-STD.

IRMER ASSEMBLY

Al hacer un muestreo de todas las máquinas respecto a cuántas unidades producían por minuto, el resultado dio que durante un lapso de un minuto se producen 128 unidades en promedio por máquina. Al compararlo contra la velocidad de empaque nominal con la cual se adquirieron las máquinas, se tiene una reducción del 14.58% de capacidad de empaque, según lo muestreado, que representa dejar de percibir las ganancias de 1320 unidades por hora.

El muestreo se hizo tanto en presentación pequeña como mediana y no existe diferencia significativa en productividad entre gramajes exceptuando la cantidad de producto a consumir ya que empaquetar 6 unidades de 26 gramos lleva mayor materia prima que las mismas unidades de 12 gramos.

La cantidad de unidades que se empaquetan por minuto no son afectadas por la destreza del operador ya que es un proceso mecánico e implícito de la máquina. Por lo tanto, lo único que puede afectar a la variación de velocidad de empaque es la calidad de la materia prima y del material de empaque utilizado. Este último se vuelve mínimo debido a las pruebas de calidad que se les aplican tanto en almacén como en el proceso. Otro factor determinante a la cantidad de unidades empaquetadas es el desgaste y mantenimiento de la máquina.

2. Medición de fallas. Para llevar un registro sobre la productividad de las máquinas se lleva un control de las fallas mecánicas y eléctricas de cada una. El control se hace por medio de una orden de servicio que se llena por la persona encargada del área, supervisor o jefe de línea, y es recibida por alguien de mantenimiento al momento de ser notificados de la falla.

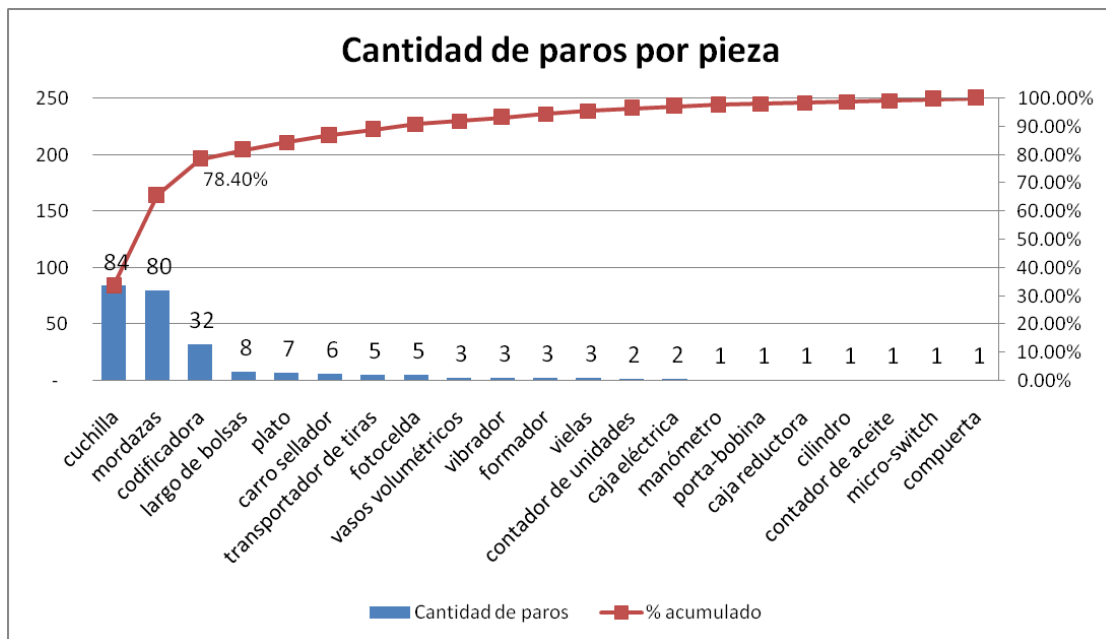
Cabe diferenciar que se le denomina una falla mecánica a un paro causado por el mal funcionamiento de cualquier pieza que no contenga circuitos electrónicos o corriente eléctrica. Mientras que una falla eléctrica es un paro causado por el mal funcionamiento de cualquier pieza que contenga corriente eléctrica o algún circuito electrónico.

Para poder contemplar y poder clasificar los tipos de fallas más comunes en ésta línea de empaque, se buscaron datos históricos del año 2011 para poder hacer un análisis exhaustivo de las fallas más comunes y cuales deben de ser mejoradas para aumentar la productividad y disponibilidad de los equipos.

Se encontró, por medio de un diagrama Pareto, que las piezas más afectadas son las cuchillas, las mordazas y las codificadoras. Además de encontrar las piezas que más fallas sufren, se indagó para ver cuáles eran las fallas con mayor repetitividad.

La Figura 7 muestra los resultados obtenidos de las fallas mencionadas anteriormente:

Figura 7 Pareto de cantidad de paros



Como se muestra en la Figura 7 de los 250 paros que se tuvieron en el 2011, el 78.40% fue debido a las cuchillas, mordazas y codificadoras. Esto nos da un indicio de qué piezas tienen mayor cantidad de fallas y deben ser resueltas lo antes posible para mejorar de manera sustancial el tiempo de disponibilidad de las máquinas.

Cuadro 1 Problemas de cuchilla

Pieza	Cantidad de paros	% del paro	% acumulado
cuchilla	84		
base quebrada	30	35.71%	35.71%
marcaje malo	21	25.00%	60.71%
pistón malo	15	17.86%	78.57%
corte	9	10.71%	89.29%
cilindro malo	3	3.57%	92.86%
desajuste	2	2.38%	95.24%
pistón quebrado	1	1.19%	96.43%
cuchillas faltantes	1	1.19%	97.62%
base desgastada	1	1.19%	98.81%
base floja	1	1.19%	100.00%
Total general	84	100%	100%

Los tres problemas que más persisten en una cuchilla son:

1. Base quebrada: se refiere al área que sostiene la cuchilla de corte de bolsas, el cual sufre desgaste por falta de lubricación en los arranques.
2. Marcaje malo: se refiere a que al pasar empacando cada unidad, no crea los agujeros necesarios para luego poder cortar cada unidad empacada. Son micro perforaciones que ayudan a un mejor corte de la unidad.
3. Pistón malo: se refiere a cualquier problema interno del pistón, como es tener un mal émbolo o tener empaques rotos, que cree una disminución de presión en el pistón que mueve la cuchilla.

Cuadro 2 Problemas de mordazas

Pieza	Cantidad de paros	% del paro	% acumulado
mordazas	80		
temperatura	27	33.75%	33.75%
desajuste	20	25.00%	58.75%
cierre	16	20.00%	78.75%
cortocircuito	5	6.25%	85.00%
cilindro malo	3	3.75%	88.75%
fuga de aire	2	2.50%	91.25%
seguro quebrado	2	2.50%	93.75%
brazo desgastado	2	2.50%	96.25%
mordaza quebrada	1	1.25%	97.50%
pistón malo	1	1.25%	98.75%
fallo en arranque	1	1.25%	100.00%
Total general	80	100%	100%

En las mordazas los problemas que más persisten son:

1. Cambio en temperatura: se refiere a cualquier aumento o disminución de temperatura en las resistencias que sellan las bolsas que provoca un sello falso, si disminuyera, o quemar el empaque, si aumentara.
2. Desajuste de mordazas: los desajustes se refiere cuando una de las dos partes de la mordaza no está alineado con la otra, creando un mal sello en el empaque.
3. Mal cierre de mordazas: ocurre cuando las mordazas no accionan debidamente y no sellan las bolsas por quedarse atascadas o sin moverse.

Cuadro 3 Problemas de codificadoras

Pieza	Cantidad de paros	% del paro	% acumulado
codificadora	32		
fuga de aire	23	71.88%	71.88%
timer malo	3	9.38%	81.25%
fallo en arranque	2	6.25%	87.50%
cilindro malo	1	3.13%	90.63%
no acciona	1	3.13%	93.75%
espigas malas	1	3.13%	96.88%
falso contacto	1	3.13%	100.00%
Total general	32	100%	100%

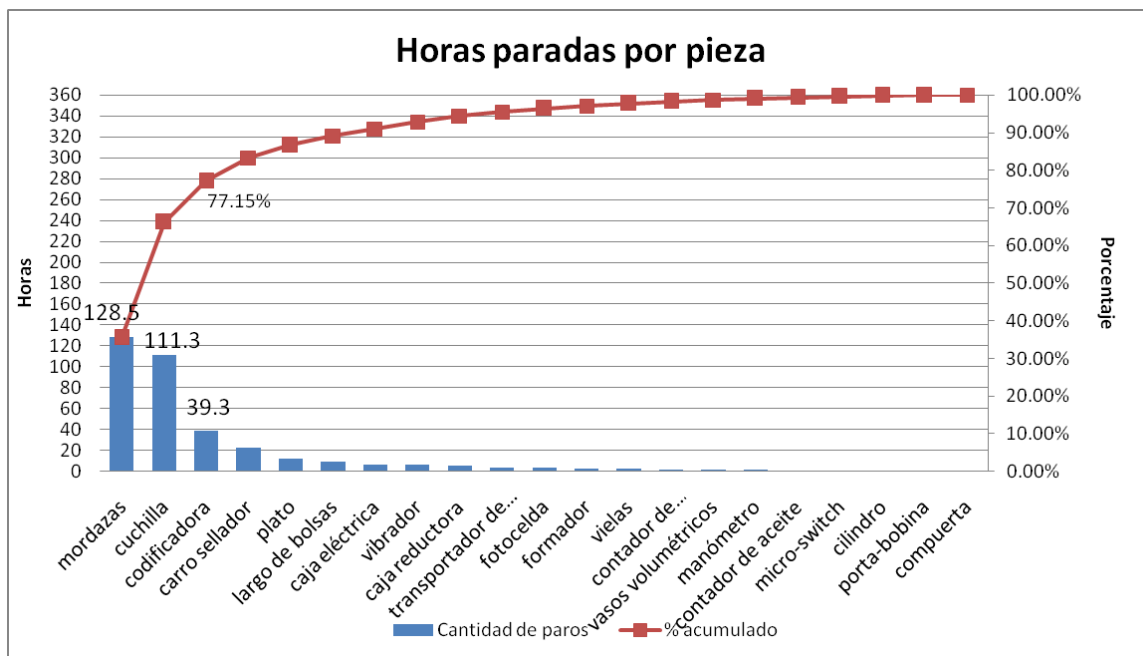
En la codificadora los problemas que más persisten son:

1. Fuga de aire: se trata cuando el sistema de aire que empuja la codificadora a accionarse falla por un mal empaque o por mangueras rotas causando que exista una disminución de presión por medio de una fuga de aire.
2. Timer malo: se refiere cuando el relé de la codificadora está desajustado y no está marcando cuando debe.

En la recopilación de información, también se obtuvo la cantidad de horas paradas que representaron las fallas. Se determinó que no existe ninguna correlación entre la cantidad de fallas y la cantidad de horas paradas por falla. Esto se debe a que, por ejemplo, puede existir una falla que se dio en un mes, pero pudo haber representado más del 80% del tiempo total parado.

A continuación se presenta un diagrama de Pareto demostrando las horas paradas que tuvo cada pieza por fallas eléctricas y mecánicas.

Figura 8 Pareto de horas paradas por pieza



Como se puede observar, a pesar que las fallas en cuchillas fueron mayores en cantidad de paros, la cantidad de horas paradas por mordazas fue mayor. De igual forma se vuelve a comprobar que el mayor desperdicio de tiempo es debido a fallas en las mordazas, cuchillas y codificadoras.

3. Paros de proceso. Existen varios paros que se estarán contemplando en el rubro de área mecánica, como se especifico anteriormente, debido a que afectan tanto al funcionamiento del empaque de la máquina, de forma directa, como a la mano de obra de una forma indirecta. Esto se debe a que el empaque manual es posterior al empaque maquinado ya que por lógica el empaque secundario viene después.

Los tiempos que se tengan en los paros del proceso dependen mucho de los operadores que se tengan en cada máquina, debido a que aplica la curva de aprendizaje. Entre los cambios hay variaciones de paros entre 0 a 2 minutos de rango dependiendo del operador que esté en la máquina.

Entre éstos paros se encuentran el cambio de bobina, cambio de tintas para la codificadora, cambio de fecha y lote en codificadoras. Se tomaron estos paros debido a que ocurren constantemente y causan tiempos muertos de manera frecuente que pueden ser reducidos con implementación de metodologías de calidad o herramientas de productividad.

- a. Cambio de bobina. El cambio de bobina se refiere al proceso donde se quita el tubo de enrollado de la bobina usada y se reemplaza con la bobina nueva para continuar el proceso de empaque. Cada cambio de bobina ocurre cada tres horas, en el producto líder.

Figura 9 Bobinas en empacadoras



Al observar la Figura 9, se puede notar que existen dos ejes por máquina y que el grosor de las bobinas no es el mismo. Debido al desperdicio de bobina y que el funcionamiento de cada caída es parecido pero no exacto, es muy improbable que cada caída consuma material de empaque al mismo ritmo.

b. Cambio de tintas para codificadoras. El cambio de tintas en las codificadoras consiste en cambiar las almohadillas que son utilizadas por los sellos de hule que estampan el lote y la fecha de vencimiento. Éstas se secan, con una producción continua, cada 6 horas por lo que por día se cambian cuatro veces. La Figura 10 muestra una almohadilla de tinta que ya fue utilizada.

Figura 10 Almohadilla de tinta



c. Cambio de lote. El cambio de lote ocurre cada cambio de turno, 6 a.m. y 6 p.m., donde una persona a quien se denomina “Tintero” cambia el lote de cada codificadora para señalar que se ha cambiado el turno y ayuda a mejorar cualquier tipo de trazabilidad. Esto representa una oportunidad de mejora ya que el cambiar de una forma adecuada y rápida, puede representar mejor productividad por turno aunque sea solo con la producción de un lapso de tiempo corto.

B. Área operacional humana

El área operacional humana está compuesta por 15 personas por turno para empacar las tiras de producto terminado en fardos. Como se mencionó, cada fardo consta de 48 unidades y son introducidas en una bolsa y selladas con un tape.

Debido a que son 6 empacadoras y 15 operadores, se habla de tener 2.5 personas por máquina. El tener 2.5 personas por máquina se refiere a que una persona está pendiente de dos máquinas. Si se tuviera una persona más se tendría mucho tiempo ocioso en manos de las personas. Este cambio se dio en el año 2011 después de un estudio de balanceo de línea por lo que se pasó de tener 3 personas por máquina a 2.5 personas. El resultado de este cambio fue positivo para la producción ya que se vio un aumento de productividad con ese cambio.

Se debe mencionar que dentro del personal de empaque, los 15 operadores mencionados anteriormente, no se toma en cuenta el operador encargado de la máquina de empaque. Dichas personas solamente están encargadas de la colocación y creación del producto en tiras y fardos y no de la operación de la máquina.

Los operadores que empacan trabajan en dos turnos: diurno y nocturno. Los turnos son de 12 horas cada uno con 15 minutos de refacción y 1 hora de almuerzo. Las personas operando las máquinas y empacando son libres de ir a los sanitarios cuando deseen. Legalmente se cumplen con las horas regulatorias semanales de trabajo especificadas en el Código de Trabajo y cualquier tiempo que se exceda se paga como hora extra.

Debido a que parar la línea por horas de comida representa un costo alto y se trata de tener los mayores beneficios económicos, existen relevos de personal a la hora de almuerzo y refacción con el fin de no parar una línea productiva que provee los mayores ingresos. Al ser hora de almuerzo del personal operativo de esta línea, se reemplazan y se para con una línea de menor demanda. Al hacer esto, estamos mejorando las posibilidades de un abastecimiento del producto al mercado ya que por tener mayor demanda, su producción debe de ser mayor mientras los productos con menor demanda dejan de ser prioridad por ese momento, pero de igual forma no se desabastece por tener requerimientos menores para Producción.

Ya que la demanda de los productos es alta, se tiene un factor de multiplicación, Cuadro 4, donde dependiendo en qué horario se tenga la hora extra, es el monto que se pagará por tal tiempo.

Cuadro 4 Factor multiplicativo de horas extras

Horario de hora extra laborada	Factor a multiplicar hora ordinaria
Lunes-Viernes turno diurno	1.5
Lunes-Viernes turno nocturno	1.67
Sábado-Domingo turno diurno	1.67
Sábado-Domingo turno nocturno	2

Tener horas extras es un beneficio y al mismo tiempo una debilidad de la empresa ya que se está beneficiando de poder cumplir con la demanda establecida de los productos pero a coste de aumentar sus costos teniendo como filosofía el alto volumen y alta rotación por un margen pequeño. El rubro de mano de obra no representa mayor parte del costo variable del producto ni indirecto pero se debe de recordar que si se trabaja más, también aumentan los costos de energía eléctrica, combustibles, lubricantes, entre otros.

Hablando de la debilidad de tener horas extras en la empresa, con base en los sueldos reales obtenidos de los operadores se ha deducido y comprobado que ellos ganan alrededor de un 39% adicional de su sueldo base, el cual es Q2,240.00.

El trabajo de los operadores es la colocación de las tiras de producto en empaque secundario y dentro de una unidad logística, que en este caso es una cajilla plástica. La labor de las personas es un trabajo bastante rutinario y que se deben separar ciertas aptitudes para lograrlo hacer sin aburrirse. El proceso de empaque manual, que es el enfardado y almacenamiento en cajilla, consta de los siguientes pasos:

- Toma de producto terminado. Como primer paso, la persona que empaca toma las tiras de la banda transportadora que llega a caer sobre un disco giratorio.
- Colocación de cartón y tape. Al manejar las tiras y ordenarlas, el operador prosigue a colocarle un cartoncillo y pegarlo con tape para que se pueda luego abrir un hoyo en la tienda de consumo y se coloque en el exhibidor. Esta operación es 100% manual.

- Colocación de tiras entre bolsa plástica. Luego de tener las tiras listas para el exhibidor, se colocan dentro de una bolsa plástica para su manejo. En la empresa se manejan tres tipos de unidades: productiva, logística, comercialización. La unidad productiva al igual que la logística es el fardo pero se comercializa o vende como docena (cada fardo tiene 4 docenas).
- Colocación de fardos en cajilla plástica. Luego de tener los fardos listos, se colocan dentro de una cajilla plástica para ser estibados en un pallet. Dependiendo si es empaque pequeño o mediano, es la cantidad de fardos que se colocan dentro de la cajilla. Si fuese empaque pequeño se trata de 3 fardos por cajilla plástica pero si se trata de empaque mediano se trata de 2 fardos por cajilla plástica.

1. Paros operativos. Los paros operativos son cualquier paro en producción por razones de los operadores. Los paros por fallas operativas pueden ser debido a errores humanos, falta de atención al proceso o mala colocación de especificaciones. Dichos paros pueden causar muchos problemas y la única forma de disminuirlos es mejorando la curva de aprendizaje. Esto se debe a que un operador con más experiencia tiene menores probabilidades que cause estos problemas mientras que un operador novato puede no saber los procedimientos adecuados para el manejo de la maquinaria y puede causar problemas con mayor frecuencia.

Los paros operativos no son muy comunes y no existe ningún tipo de tendencia ya que los factores humanos como actitud, concentración y fatiga afectan severamente los resultados de esto. Para este trabajo no se tomarán en cuenta debido a que no se pueden cuantificar de manera exacta.

2. Puestos de trabajo. Los puestos de trabajo, hablando del lugar físico de trabajo del personal, son inadecuados para el tipo de trabajo que se realiza en la planta. Esto se debe a que no cuentan con ningún tipo de ergonomía que los ayude a mejorar su productividad y reducir enfermedades laborales, las cuales son comunes durante ciertas épocas por la alta producción.

Se han reportado casos de fatiga o dolores relacionados por el estrés. En esto afecta no solamente la presión de la dirección de producir y ahorrar sino también las condiciones laborales como calor, ruido y vibración son partidarios de enfermedades laborales.

Para los operadores que están parados, no se cuenta con tapetes anti fatiga que los ayude a reducir el estrés de estar de pie. Estos tapetes ayudan a que circule la sangre por medio de contracciones musculares para evitar que se estanque en las extremidades inferiores.⁶

Algo positivo que sí ayuda al mejor desempeño de los empleados, es que el producto se coloca a una distancia aceptable y se utilizan caídas por gravedad para su facilidad de recepción.

Figura 11 Banco para operadores



⁶ (Niebel, 2009)

Como se puede observar en la Figura 11 los bancos donde se sientan las personas no tienen ningún tipo de apoyo lumbar ni comodidad ya que son “hechizos” en la fábrica y su asiento es de madera. Estar alrededor de 10 a 11 horas sentado en dicho banco causa incomodidad y puede afectar a la productividad y salud de las personas.

La comodidad de una persona es un asiento influye en su fatiga, postura y consecuentemente en la reducción y aumento de enfermedades laborales. Actualmente los bancos de los operadores no tienen ningún tipo de amortiguador o esponja que ayude a hacer los asientos más cómodos.

Como se observa en la Figura 12, los operadores colocan cartón corrugado con tape transparente para crear un “amortiguador” que haga los asientos más cómodos.

Figura 12 Uso de cartón para comodidad



Actualmente ya se lleva a cabo un estudio de ergonomía, para el mejor desempeño y ambiente laboral de las personas, por parte de la empresa enfocándose a reducir problemas relacionados al trabajo.

Por temas de inocuidad, tener producto no contaminado, se tiene una norma que se prohíbe utilizar madera dentro de las instalaciones productivas, pero de igual forma se tienen bancos de madera.

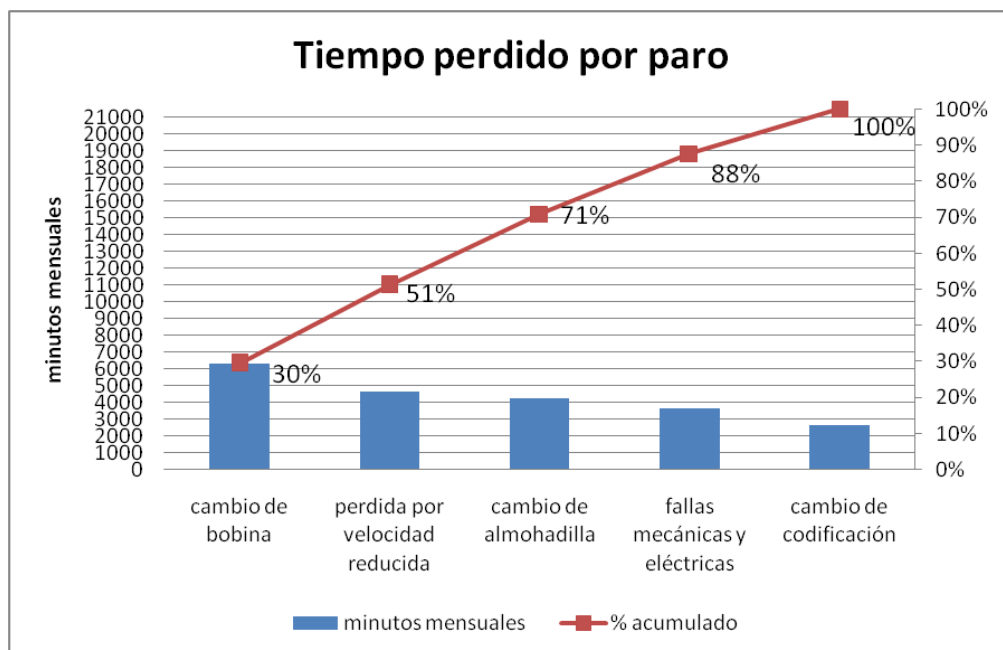
C. Análisis comparativo de área mecánica y área operativa

Para poder comparar y poder saber donde afectará una mejora en el proceso productivo, se hizo una comparación tomando en cuenta los factores y áreas anteriormente detalladas.

Para la estandarización de información, se tomará un mes como 30 días calendario con 5 días semanales productivos, dejando así 22 días hábiles al mes con turnos de 12 horas.

En la comparación entre paros, se puede observar las áreas que se deben de mejorar para poder tener algún resultado viable del trabajo.

Figura 13 Pareto de tiempo perdido



Teniendo como velocidad nominal de la máquina 150 unidades por minuto, se obtiene la cantidad de unidades y por ende la ganancia perdida del producto por cada paro.

1. Análisis TAC. Para saber las restricciones y cuellos de botella de la línea, se hizo un análisis DBR (Drum-Buffer-Rope por sus siglas en inglés) que en español se denomina Tambor-Amortiguador-Cuerda, como propuesta. Este método se basa en la Teoría de Restricciones.

La Teoría de Restricciones fue desarrollada por Eliyahu Goldratt, en Israel, a principios de los años setentas donde también se le llamaba Tecnología Optimizada de Producción. La teoría describe que la salida de un sistema está determinada por sus restricciones, quienes limitan a un sistema a tener un desempeño más alto en el cumplimiento de cualquier meta propuesta.⁷

TAC es una técnica de control de producciones que ayuda a tener retroalimentación acerca de que está ocurriendo y que restricción tiene el sistema para la producción actual. TAC se divide en tres componentes: el tambor, el amortiguador y la cuerda.⁸

El análisis TAC ayudó, mediante la observación y toma de datos, a saber que restricciones tiene el sistema y como realmente se comporta la línea de producción. Desglosar de manera adecuada el proceso nos da un indicio de cómo y dónde hay que atacar para lograr los resultados que se desean.

a. Tambor. El tambor en la vida real marca el paso de una canción, lo mismo ocurre en una línea productiva. Se le denomina Tambor a la parte del proceso o máquina que marca el ritmo de la producción y que es el cuello de botella del sistema.

⁷ (Chase, 2009)

⁸ (Alain, 2000)

El tambor de la línea son las máquinas empacadoras debido a que son las que crean el ritmo y armonía de la línea productiva. Si las máquinas de empaque tienen suficiente producto se detiene la freidora para que pueda consumirse el producto que está parado por falta de capacidad de empaque.

Si las máquinas empacadoras fueran a disminuir su capacidad de producción, los operadores tendrían tiempo ocioso en sus manos ya que actualmente el tiempo perdido por los operadores en empaque es mínimo. El flujo de operación es muy balanceado ya que la cantidad de personas necesarias para la operación son las suficientes.

Observando a los operadores de la línea, se realizó que el tiempo perdido por ellos es mínimo, dando claros indicios y corroborando que el tambor en el análisis son las empacadoras.

b. Amortiguador. El amortiguador se denomina así ya que esa pieza lo que hace es amainar el golpe o suavizarlo. En una línea productiva el Amortiguador es el proceso anterior al Tambor que ayuda a que el Tambor nunca se quede desabastecido y protege de cualquier fluctuación del Tambor.

El amortiguador que suple a la línea claramente se puede saber que es el freidor ya que suple la demanda del cuello de botella, que en este caso son las empacadoras. Debido a la alta capacidad de producción del freidor, se tiene holgura en la producción y si se aumenta la producción en empaque se puede todavía suplir la demanda de las empacadoras.

c. Cuerda. La cuerda se toma como la forma de comunicación entre el cuello de botella y el Amortiguador para saber cuándo suplir la demanda del Tambor. Es un método de comunicación eficaz que ayuda a saber suplir de forma exacta el cuello de botella.

La cuerda en el proceso actualmente es un procedimiento informal donde el supervisor de planta o jefe de línea le avisa al operador del freidor que lo encienda al ver que ha disminuido la cantidad de producto procesado en la línea de producción.

Con base en los resultados obtenidos del análisis TAC, se vuelve a confirmar que el área mecánica es la restricción y el punto de mejora más importante en la línea productiva. El desglose formulado anteriormente nos reivindica en el proceso de selección de área de mejoras por lo que se continúa con el mismo precedente hasta probar lo contrario.

2. Análisis cuantitativo. Para lograr obtener un resultado confiable y certero, se cuantificaron los resultados y se analizaron de tal forma que se pudieran traducir tanto a dinero en costo de oportunidad de venta, como a dinero en horas extras pagadas al personal y su influencia en el costo unitario de producción. Tales comparaciones son muy importantes porque nos dan un indicio del status actual de la línea y a que problemas hay que enfocarse dentro del área mecánica.

Al saber qué tiempos muertos son los que más nos afectan, se cuantificó el desperdicio o costo de oportunidad que representan en un mes estas fallas. Se logró encontrar que el desperdicio de tiempo por el área mecánica, donde mayores tiempos muertos hay, llega a un valor del 26% del margen total de ventas asumiendo que todo lo que se produce se va a vender.

Cuadro 5 Cuantificación de pérdida por tiempo muerto

tipo de paro	minutos perdidos	%	% acumulado	% respecto al margen
cambio de bobina	6,336	30%	30%	8%
perdida por velocidad reducida	4,646	22%	51%	6%
cambio de almohadilla	4,224	20%	71%	5%
fallas mecánicas y eléctricas	3,618	17%	88%	4%
cambio de codificación	2,640	12%	100%	3%
Total	21,465	100%	100%	26%

Al observar el Cuadro 5 se puede notar que el cambio de bobina, mayor causante de tiempos muertos, sobrepasa el 8% de las utilidades totales. Estos valores demuestran que existe un gran campo de mejora en estos rubros que podría ayudar a la empresa a reducirlos y que se vuelvan mínimos. Este dato podría representar una realidad si el crecimiento de la demanda aumentara al punto donde la capacidad actual no fuese suficiente para abastecer.

Debido a que los pedidos o requerimientos a Producción son pedidos en firme, no existe variación alguna de la cantidad de producto que se planifica a producción exceptuando los casos donde se tiene un incremento por altas ventas o inventarios críticos en las distribuidoras. Con base en esta lógica, se hizo el mismo cálculo, pero viendo el costo que representa en horas extras tener la cantidad encontrada de tiempo muerto en planta.

Cuadro 6 Cuantificación de pago de horas extras por rubro

tipo de paro	Costo horas extras	%	% acumulado	% respecto al margen
cambio de bobina	6,336	30%	30%	6%
perdida por velocidad reducida	4,646	22%	51%	4%
cambio de almohadilla	4,224	20%	71%	4%
fallas mecánicas y eléctricas	3,618	17%	88%	3%
cambio de codificación	2,640	12%	100%	2%
Total	21,465	100%	100%	19%

El Cuadro 6 nos demuestra que si se tienen costos de horas extras elevados en los rubros presentados con un 19% respecto al total de planilla. El cambio de bobina sigue siendo el factor primordial de costo extra que representa a la empresa.

El costo de horas extras es un valor que se sopesa y se toma en cuenta a la hora de tomar decisiones de planificación ya que se debe de pensar en si conviene más el no producir y desabastecer o sacrificar el pago de horas extras con tal de no perder venta. Existen puntos que no son cuantificables, pero que afectan a esta decisión, como lo es la atención al cliente y la calidad del servicio, que se vuelven costos ocultos en el proceso de toma de decisión.

Debido a la información recopilada y analizada anteriormente se sabe que los problemas de tiempos muertos no solamente aplican para la operación en sí sino también tiene un trasfondo económico que impacta a la empresa estudiada. Estos valores no se contemplan cuando se maneja una operación sino son implícitos y muchas veces se sobrepasan.

Es importante reconocer que mientras más eficiente y productiva sea una línea, menos costos ocultos tendrá y mejores resultados se podrán obtener, tanto a nivel de operación como a nivel de costos incurridos.

3. Costo unitario. Para comprender y englobar el costo de la línea, se debe de saber los costos unitarios de producción puestos en fábrica. El costo unitario está conformado mayormente por costos variables, que dependen de la cantidad de unidades producidas, y por costos fijos. El costo del producto está desglosado de la siguiente manera, según datos financieros obtenidos:

Cuadro 7 Costo unitario de presentación pequeña

Costo presentación pequeña	unidad	Q	0.27
	Quetzales		%
Materia Prima	Q	0.16	60%
Material de Empaque	Q	0.05	20%
Mano de Obra	Q	0.03	12%
Servicios	Q	0.01	4%
Costos fijos	Q	0.01	4%

Cuadro 8 Costo unitario de presentación mediana

Costo presentación mediana	unidad	Q	0.54
	Quetzales		%
Materia Prima	Q	0.35	65%
Material de Empaque	Q	0.14	25%
Mano de Obra	Q	0.03	5%
Servicios	Q	0.02	3%
Costos fijos	Q	0.01	2%

Como se observa en el Cuadro 7, el costo mano de obra representa un 12% del costo total unitario ya que para poder operar tales máquinas se dispone de 21 personas, 15 empacando y 6 operadores de máquina por turno, que reciben tanto horas ordinarias como horas extras en empaque pequeño. En empaque mediano, Cuadro 8, aumenta el porcentaje de Materia Prima utilizada y Material de Empaque usado ya que es mayor gramaje, por lo que la mano de obra se reduce en porcentaje, pero no así en valor al compararlo contra la presentación pequeña.

El costo de las presentaciones ya incluye tanto los reprocesos y unidades malas así como un factor de consumo de material de empaque donde se toma en cuenta los desperdicios y la parte no aprovechable de la bobina.

Luego del análisis hecho, se observó que el rubro donde se podría mejorar en los costos unitarios es en mano de obra por el motivo que se necesitaría menos tiempo para producir lo mismo o se podría producir más con la misma cantidad de tiempo. Esto ayuda a reducir las horas laboradas dentro de la empresa y tiene beneficios tanto para la empresa como para los trabajadores. También se podría ahorrar en otros puntos, como es reducir el costo fijo de la planta, pero representarían poco y no afectarían tanto el costo unitario como mano de obra.

VIII. PROPUESTAS DE MEJORA

Con base en los análisis cuantificados, se tienen diferentes propuestas que pueden apoyar y ayudar a mejorar la productividad y eficiencia de la línea. El objetivo de estas propuestas es cuantificar el ahorro o el margen de venta adicional que se pueda generar si se implementarán estas propuestas además de ver la reducción en el costo unitario que se podría lograr.

Ya que se trata sólo de propuestas y no implementación per se, los resultados se presentan en tablas de ahorros teniendo rangos con valor máximo 100% de reducción de tiempos muertos y valor mínimo un 0%. Se tiene como meta un ahorro aceptable del 10%, meta establecida por la Gerencia, pero de igual forma cualquier porcentaje de ahorro es considerado bueno.

El análisis de las líneas se hizo de acuerdo a una demanda Push y una demanda Pull, dando dos resultados distintos. Una demanda Push en la cadena de suministros representa una demanda que no es un dato único sino lo que se produce se va vendiendo. La demanda Push puede tener como ejemplo algunas industrias donde se hace por lotes y se vende lo que tiene, no importando los requerimientos de la demanda. Se asumirá que todo lo producido se puede vender.

Una demanda Pull es donde el pedido se hace en base a los requerimientos del cliente y se toma eso para planificar la producción. Un ejemplo de esto son los automóviles de lujo donde se construye al tener la confirmación del cliente con las especificaciones de él.

Haciendo el análisis con una demanda Push nos puede dar indicios de los ahorros en dos tipos de situaciones: Si la planta está en su máxima capacidad o si se vende lo que se produce. Los datos que se presentan son costos de oportunidad de venta en margen dejado de obtener tomando como premisa la expuesta anteriormente ya que no hay unidades de venta definidas mensualmente. Los datos que se apegan a la demanda Pull representan ahorros obtenidos que se tienen al dejar de pagar horas extras con el

pensamiento que al reducir los tiempos muertos de la línea, se hará el requerimiento estipulado en un menor plazo de tiempo o reduciendo horas extras de pago.

Para el cambio de bobina, área de mejora más grande, se propone utilizar el método SMED para lograr reducir los tiempos de cambio y poder producir más unidades en la misma cantidad de tiempo o reducir el tiempo laborado por la empresa. Se proponen dos formulaciones distintas donde ambas son viables tanto económicamente como de forma productiva ya que involucran diferentes pasos y se esperan diferentes resultados como propuesta. Se espera obtener reducciones significativas en costos de oportunidad con ésta propuesta al hacer los cambios de bobina más rápido y teniendo inversiones pequeñas.

Se tiene como propuesta general al área mecánica la implementación de la metodología 5s, proveniente del Japón, donde siguiendo los pasos adecuados se espera tener un área laboral más limpia, ordenada y sin errores. Como parte de la propuesta se tiene considerado una mejora tanto en el proceso productivo como en el ambiente laboral de las personas ya que esto es un rubro cualitativo que afecta de sobremanera el giro del negocio y la producción en sí. La propuesta de la metodología 5s va dirigida a un ordenamiento y saneamiento de la línea mientras se conserva la disciplina y la estandarización de operaciones para evitar errores de calidad que luego conlleven a mayores problemas.

A. SMED (Single-Minute Exchange of Die)

SMED es un método de manufactura esbelta que es muy útil en la gestión de la producción. El término se refiere al cambio de piezas o herramientas en un solo dígito de minutos. Es una metodología para reducir tiempos muertos de intercambio de piezas o dados en producción. Un ejemplo de esto son las carreras de Fórmula 1 donde las paradas durante la carrera pueden representar la diferencia entre el 1er lugar y el 2do por lo que al implementar ordenamiento y facilidad de cambios, los tiempos de parada son alrededor de 3 segundos.

El proceso de SMED empieza con un análisis y clasificación de ajustes o cambios donde se colocan todos en dos categorías: externos e internos. Los ajustes externos son

los ajustes que se realizan cuando la máquina está parada y que no pueden ser realizados mientras se está realizando una operación productiva. Los ajustes internos son ajustes que se realizan con la máquina en marcha y que no afecta a la operación ni a la producción.

SMED busca reducir los tiempos muertos por medio de tres objetivos:

1. Eliminar cualquier operación que no sea necesaria para la producción.
2. Transformar ajustes internos en ajustes externos, cuando se pueda.
3. Simplificar los ajustes internos para reducir el tiempo de paros.

SMED es muy aplicable en éste caso ya que parte del proceso de cambio de bobinas involucra tiempos muertos que fácilmente se podrían evitar. Como primer punto se hizo una clasificación de los paros actuales para ver si pertenecían a paros internos o externos.

Cuadro 9 Clasificación de SMED actual

Clasificación de paros actuales SMED	
Internos	Externos
Desatornillar anillo de eje	Desempaque de bobina
Remover eje	
Remover tubo residual de bobina	
Colocar bobina nueva	
Despegue de punta de bobina nueva	
Pegar bobina vieja con bobina nueva	

Como se puede observar, la mayoría de paros actualmente son clasificados como internos ya que la máquina debe de parar para que sean posibles estos paros.

Existen dos posibles mejoras que pueden ser viables en SMED para la mejora del proceso de cambio de bobina.

1. Reducción de tiempos con un solo eje. Actualmente solo se tiene un eje de bobina para cada caída de producto, o sea 12 ejes en la línea de empaque. El proceso de cambio de bobina actual causa que la máquina pare por 3 minutos cada vez que se necesita cambiar bobina. Mensualmente el cambio de bobina representa aproximadamente 6336 minutos perdidos de empaque, entre las 6 empacadoras.

Existen varias mejoras que se pueden tener a los ejes actuales para poder reducir los tiempos muertos en el proceso de cambio de bobina. El primero es el cambio de tornillos a pines para sacar el anillo del eje.

Actualmente, con los procesos de cambio de bobina los anillos que sostienen las bobinas deben ser atornillados y desatornillados cada vez que se desea cambiar la bobina. Esto representa mayor tiempo de paro en la máquina porque el proceso de atornillar y desatornillar debe de ser efectuado. Siguiendo con el pensamiento de SMED y la premisa japonés que solamente la última vuelta de un tornillo es la que aprieta, se propone cambiar tales tornillos por pines.

Estos pines serían de accionamiento fácil para poder remover fácilmente el anillo del eje, pero también tendrían suficiente tensión para poder soportar el movimiento del eje y mantener en su lugar el anillo y la bobina. Los pines se podrían fabricar allí mismo, ya que se cuenta con las herramientas y materiales adecuados.

Según la última cotización, la inversión de hacer estos pines sería de Q240.00 por pieza con un tiempo de entrega de una semana por pin. El costo de esto ya incluye materiales y mano de obra para hacerlo.

Otra mejora que se les puede hacer a los ejes es hacer una muesca para saber donde hay que colocarlos de nuevo para poder alinear las bobinas de forma adecuada. Esto conlleva una inversión mínima que ayuda a reducir tiempo de alineación y pegar la bobina nueva con la anterior.

Como tercera mejora es despegar la punta de la bobina nueva cuando ésta está siendo desempacada para lograr reducir tiempo perdido con ése rubro ya que se volvería un paro externo que no necesita ninguna inversión monetaria sino solo cambio de cultura

de las personas. Se tendría que dar un comunicado oficial para explicar el porqué de hacerlo y sus beneficios.

Tal propuesta conlleva cambios en la clasificación de los paros, teniendo como resultado lo siguiente:

Cuadro 10 Clasificación 1era. propuesta de SMED

Clasificación de paros con primera propuesta SMED	
Internos	Externos
Desatornillar anillo de eje	Desempaque de bobina
Remover eje	Despegue de punta de bobina nueva
Remover tubo residual de bobina	
Colocar bobina nueva	
Pegar bobina vieja con bobina nueva	

Se observa que el único cambio obtenido es en un rubro, despegue de punta de bobina nueva. No hubo mayor cambio en la clasificación de paros pero hubo ahorro en el tiempo de paro por cambio de bobina.

Con los cambios de la propuesta se espera tener un ahorro significativo que pueda verse reflejado en la reducción de tiempo de producción. Siguiendo el mismo pensamiento de hacer un comparativo con el costo de oportunidad, se encontró que el 10% de ahorro en tiempos significaba pasar de 3 minutos a 2.7 minutos de operación pero monetariamente ya era representativo.

Cuadro 11 Utilidad por ventas incrementales

Porcentaje de reducción de tiempo muerto	Minutos de cambio	% respecto a margen
0	3	0%
10%	2.7	1%
100%	0	8%

Al observar el Cuadro 11 podemos notar que teniendo un 10% de ahorro en tiempo muerto de los cambios de bobina, la empresa se puede beneficiar de un utilidad adicional mensual del 1% respecto a las ventas totales que en conjunto con la inversión prevista de los pines, éstos cambios tendrán un periodo de recuperación menores al mes debido a su baja inversión.

Cuadro 12 Recuperación de inversión con pines

Porcentaje de reducción de tiempo muerto	Minutos de cambio	Inversion	tiempo de recuperación en meses
0	3	Q 2,880.00	-
10%	2.7	Q 2,880.00	0.70
100%	0	Q 2,880.00	0.07

Haciendo el comparativo de la propuesta pero en el ahorro de horas extras, los valores cambian de manera perceptible ya que impactan en los valores obtenidos pero no está demás pensar que se está obteniendo siempre un ahorro de costos. Recalcando que el enfoque de esta comparación es el mejor uso del tiempo productivo laboral ordinario, se presenta el ahorro mensual esperado con la propuesta de implementación de SMED.

Cuadro 13 Ahorro en horas extras

Porcentaje de reducción de tiempo muerto	Minutos de cambio	% respecto a horas extras
0	3	0%
10%	2.7	5%
100%	0	52%

En referencia al Cuadro 13, se tiene una mejora en costos del 5% respecto al total de horas extras mensuales, aceptando como mínimo el 10% de ahorro. De igual forma la inversión que se tiene contemplada se recupera en un período menor al mes.

Cuadro 14 Recuperación de inversión con pines

Porcentaje de reducción de tiempo muerto	Minutos de cambio	Inversion	tiempo de recuperación en meses
0	3	Q 2,880.00	-
10%	2.7	Q 2,880.00	0.84
100%	0	Q 2,880.00	0.08

El ahorro de esta propuesta está pensado en el ordenamiento de simples pasos de las personas pero no se puede esperar mayores resultados de tal propuesta sino un ahorro bastante pequeño en el sentido que la operación continúa parecida pero con algunas mejoras.

Al analizarlo de forma unitaria, por medio del costo unitario, un ahorro del 10% en horas extras representa una reducción unitaria en mano de obra insignificante ya que se estaría ahorrando el 10% del 42% de la mano de obra. Esto llega a ser una reducción de Q0.0013 quetzales por unidad producida que a pesar de ser un monto muy pequeño,

representa un 4.20% de ahorro en mano de obra por unidad. Debido a que es un producto de alta rotación y alto volumen, si puede llegar a impactar en el resultado de planilla mensual pagada por producto. Por ejemplo, si se produjeran 220,000 fardos mensualmente, se tendría un ahorro de Q13,833.60 quetzales mensuales.

2. Compra de eje para cambio rápido. La segunda propuesta de SMED es comprar o hacer ejes nuevos que puedan ser utilizados como “comodines” en el cambio de bobina. Esta propuesta está pensada para que al tener varios ejes adicionales, se haga un cambio mucho más rápido de bobina y se aproveche el tiempo cuando la máquina está operando para poder cambiar y tener listo el eje comodín con la bobina a colocar.

Esta propuesta está formulada pensando un poco en las carreras de Fórmula 1 ya que los vehículos al parar en el pit stop se cambian las llantas completamente no se quitan las actuales, se remozan y se vuelven a colocar. La misma situación sucedería con el cambio de eje ya que un operador quitaría el eje completo, colocaría uno nuevo y operaría de nuevo la máquina. Mientras la máquina continúa operando sin ningún problema, el operador aprovecha para arreglar el eje que se quito para un cambio de bobina siguiente.

El cuadro de distribución de paros termina siendo así:

Cuadro 15 Clasificación 2nda. propuesta SMED

Clasificación de paros con segunda propuesta SMED	
Internos	Externos
Remover eje	Desempaque de bobina
Pegar bobina vieja con bobina nueva	Desatornillar anillo de eje
	Remover tubo residual de bobina
	Colocar bobina nueva
	Despegue de punta de bobina nueva

Como se puede observar, la mayoría de los paros terminan siendo paros externos, afectando de sobremanera la operación actual y dejando solamente dos paros como internos.

Solo con estos cambios se puede reducir el tiempo de cambio de bobina de manera significativa ya que el paro de la máquina disminuye a menor tiempo, siguiendo la filosofía de SMED.

Una forma de reducir la inversión monetaria es en lugar de comprar 12 ejes, uno por caída, se compran solamente 6 y se van intercambiando entre cada 2 caídas o sea 1 eje nuevo para cada máquina. Esta opción tiene sus beneficios y su recuperación de inversión es mucho más rápida por la simple razón que se puede hacer lo mismo con menos recursos. Se cotizó con el proveedor el precio de un nuevo eje para las bobinas, cuyo valor es de Q4,102.80 por eje.

Es importante recalcar que lo que se espera de esta propuesta es un cambio radical en el cambio de bobina por el simple motivo que se aprovecharía el tiempo ocioso que tiene el operador de la máquina para poder preparar y alistar la bobina siguiente al convertir los paros internos en externos a través de una inversión necesaria. Se asume que con el cambio de eje, el tiempo del procedimiento debería por lo menos reducirse un 30% respecto al valor original. Haber cambiando la mayoría de paros internos a paros externos da la pauta para poder esperar un ahorro mayor al 10% ya que para lograr reducciones de tiempo perdido se debe de cambiar la clasificación de paros. Por ende, se puede esperar un ahorro del 30% en el tiempo que se tarda en cambiar una bobina.

Cuadro 16 Utilidad por ventas incrementales con cambio de eje

Porcentaje de reducción de tiempo muerto	Minutos de cambio	% respecto a margen
0	3	0%
30%	2.1	2%
100%	0	8%

Como resultado obtenido del Cuadro 16 se tiene el aumento de un 2% de utilidad al tener un 30% de mejora en tiempos muertos. Esto conlleva que la inversión de 6 ejes se recupere en dos meses o que si se decide invertir en los 12 ejes se tenga un periodo de recuperación de inversión de cuatro meses. A pesar de que la inversión es mayor a la de la propuesta sin cambio de ejes, los resultados esperados en ésta propuesta muestran mayores ahorros y mayor eficiencia en los procesos no productivos que afectan a la producción actualmente.

Cuadro 17 Recuperación de inversión de 6 ejes

Porcentaje de reducción de tiempo muerto	Minutos de cambio	Inversion	tiempo de recuperación en meses
0	3	Q 24,616.80	-
30%	2.1	Q 24,616.80	1.98
100%	0	Q 24,616.80	0.59

Siguiendo el mismo estatuto de comparar la mejora en tiempos muertos versus el costo de horas extras, el Cuadro 18 nos da un claro ejemplo de cómo la implementación de SMED nos reduce costos de horas extras que son ocultos y que de alguna forma la gente lo asocia a la falta de productividad.

Cuadro 18 Ahorro en horas extras

Porcentaje de reducción de tiempo muerto	Minutos de cambio	% respecto a horas extras
0	3	0%
30%	2.1	16%
100%	0	52%

El simple hecho de ahorrar un 16% en términos de horas extras ayuda a la empresa a reiterar sobre la decisión de la inversión que, teniendo un ahorro menor que al compararlo al costo de oportunidad de venta, todavía sigue recuperándose la inversión en una manera muy rápida para demostrar el ahorro a corto plazo. Comprando 6 ejes la inversión tiene un periodo de recuperación de 2.38 meses mientras si se invierte en la compra de 12 ejes este período de recuperación se alarga a 4.76 meses teniendo como referencia una reducción del 30% en los tiempos muertos.

Cuadro 19 Recuperación de inversión con 6 ejes

Porcentaje de reducción de tiempo muerto	Minutos de cambio	tiempo de recuperación en meses
0	3	-
30%	2.1	2.38
100%	0	0.71

Al hacer el mismo proceso de comparación con el costo unitario, el ahorrar 30% de horas extras representa una reducción de Q0.0039 quetzales por unidad. Este monto llega a representar el 12.60% de ahorro en el rubro de mano de obra en el costo unitario lo cual ya llega siendo bastante significativo. Si se volviese a hacer el ejemplo de producir 220,000 fardos, el ahorro sería de Q41,184.00 quetzales mensuales en mano de obra.

B. Metodología 5's

La metodología 5's fue desarrollado en los años 50 por la empresa japonesa Toyota, creadores de la mayoría de metodologías de calidad existentes, con el propósito de tener lugares de trabajo organizados, limpios y más ordenados. El objetivo principal de esta metodología es aumentar la productividad y mejorar el entorno laboral de una empresa. Como se sabe, las condiciones físicas de trabajo de uno pueden afectar de manera significativa la productividad de una persona.⁹

Se le denomina 5's debido a que se basa en cinco principios, todos iniciando con la letra s: Seiri, seiton, seiso, seiketsu y shitsuke.

Seiri (Clasificar)

El primer paso de las 5's consiste en clasificar todos los elementos de un área de trabajo para saber que se utiliza y se debe de conservar. Se deben separar todos los elementos que no son necesarios y se deben descartar para que no vuelvan a aparecer en el área laboral.

Se debe hacer una clasificación extensa donde se tome en cuenta el uso de las herramientas y la cantidad de veces que se utiliza en el área de trabajo. Al hacer esa clasificación, se descarta cualquier elemento que haga estorbo y no se utilice para fines productivos y dependiendo de la frecuencia de uso de los demás elementos, es donde se deben colocar.

Esta primera S nos ayuda a tener espacios despejados para mayor aprovechamiento de estos.

Seiton (Orden)

Seiton establece el lugar y la conveniencia de la colocación de las herramientas o recursos utilizados por la persona en el área laboral de manera que sean rápidamente alcanzables y a distancias cortas para reducir desperdicio de tiempo. El tener orden en las herramientas nos ayuda a mantener una disciplina tanto en la vida laboral como en la vida personal ya que se aprendido se puede replicar en la vida personal de un trabajador.

⁹ (Michalska, 2007)

Existen varios pensamientos racionales que aplican a este rubro como la proximidad de las herramientas del operador, el peso del objeto, su forma y condiciones de operación. Por ejemplo, si un operador debe marcar con un lapicero una hoja cada 3 segundos, el lapicero debe estar siempre en la mano o muy cercano para no desperdiciar tiempo de irlo a traer o hacer movimientos extras.

Seiso (Limpieza)

Como tercer paso se tiene la limpieza del área. Se tiene la limpieza como tercer S y no como la primera ya que es más fácil limpiar un área que no tiene elementos innecesarios y que está ordenada sino la limpieza no tendría sentido. Para poder lograr una limpieza adecuada, se deben de identificar todas las fuentes de suciedad que se tengan y eliminarlas por completo.

La limpieza es muy importante porque nos puede afectar a los productos que se están haciendo y se debe de mantener un área de trabajo libre de suciedad por seguridad del operador, del producto y de la máquina.

Seiketsu (Estandarización)

La estandarización es el cuarto paso de las 5's. Tiene como propósito crear identificaciones que puedan ayudar a detectar cualquier objeto o situación extraña en el área laboral y que pueda afectar tanto a la persona como a la máquina y producto. Éste paso ayuda a recordar día a día los pasos anteriores a los operadores.

Existen prácticas muy comunes de estandarización como son pintar las tuberías de servicios (vapor, gas, agua, electricidad, datos) de ciertos colores para saber por dónde recorren y donde se abastecen. Seiketsu se basa en el mismo principio de estandarizar todo para que no existan cambios o discrepancias en procesos.

Shitsuke (Mantener la disciplina)

El último paso de las 5's consiste en mantener la disciplina de los puntos anteriores. De nada sirve implementar los otros puntos si no se le da continuidad y seguimiento a mantener el ordenamiento y mejora en los procesos. Si solo se implementa

una vez y se deja en el olvido, no se logra obtener de manera satisfactoria todo el provecho de las 5's. En este paso se debe hacer una comparación, de productividad y eficiencia, entre lo que se tenía antes de la implementación de la metodología versus lo que se tiene después de la implementación de la metodología.

1. Implementación de 5s. La implementación de las 5s debe ser completa y siguiendo un formato que el aprendizaje vaya en cascada desde los gerentes hasta los auxiliares de operadores.

Como primer paso se debe buscar y alinear la metodología de las 5s con los objetivos estratégicos de la empresa así como la visión y misión. Esto ayuda a que el personal se sienta identificado con lo que se busca y que esté de acuerdo con su implementación.

Unos de los puntos más difíciles de la implementación es cambiar la cultura a las personas. Actualmente las personas están acostumbradas a hacer su trabajo que llevan mucho tiempo haciéndolo de la misma forma y debido a que les ha funcionado ese método, se vuelven renuentes al cambio. Globalmente, se tiene una sociedad muy conservadora y cerrada a los cambios, esto se propaga tanto en la forma de ser de las personas así como en la forma de laborar de las mismas.

Un punto muy importante que se debe lograr superar es la aceptación de los jefes de planta ya que al ser personas pertenecientes a la generación de Baby Boomers, tienden a ser conservadores y menos optimistas con los resultados. Mientras que los operadores, nacidos en la generación Y, tienden a tener mejores actitudes y tratan de superarse económicamente por lo que buscan trabajar cada vez mejor

Se debe establecer personas encargadas de la implementación, en este caso debería ser el jefe de planta teniendo como respaldo y como ojos *in situ* a los supervisores. Ya que se trata de un proyecto nuevo, se deben de establecer tiempos y fechas límites así como los interesados del proyecto y los responsables de su implementación exitosa.

Se debe tener un plan de acción que involucre actualización de normas y reglamentos para que sean acordes a la metodología y que puedan aportar valor agregado a la empresa.

La revisión constante de la implementación es un paso crucial ya que se debe ser minucioso en cuanto a lo que se está haciendo y qué se esté haciendo de la forma correcta.

Como siguiente paso de la implementación, se deben establecer tiempos de capacitación y lograr una coordinación con el Jefe de Planificación ya que esto implica parar un día la producción o pagar horas extras para que lleguen un día que no se labore, se debe escoger qué conviene más. Se debe capacitar tanto a los mandos medios como a los operadores y los involucrados en la línea de empaque ya que ellos serán quienes deben aplicarlo en sus áreas de trabajo y los supervisores quienes deben asegurarse que se cumplan y corregir cualquier indicio de falla en su utilización.

Ya teniendo a todo el personal enterado y capacitado acerca de la metodología de las 5s, se prosigue a mejorar las áreas laborales empezando con Seiri. En este punto deben los operadores clasificar todo el material que les sirve y que no les sirve. Por ejemplo, existen almohadillas de tinta vieja que están encima de las máquinas que fueron usadas hace varios días pero nadie las llevo al basurero o a veces hay piezas mecánicas sueltas cerca de las máquinas que no debiesen de estar allí.

Se deben clasificar todas las cosas necesarias y desechar todo lo que no es necesario. Al saber qué es necesario, pasamos al siguiente punto que es Seiton. Con Seiton vamos a ver dónde es necesario colocar cada elemento para la operación. El hecho de qué tanto utilizamos una herramienta define la colocación de la misma.

Mientras más frecuente sea su uso, más cerca del operador debe estar y viceversa. Si se tuviese algún elemento que rara vez se usa, se debe enviar a almacén para que no moleste la operación del día a día y que no ocupe espacio. En cambio si se tiene una llave o desatornillador que se utiliza con frecuencia, se debe estar lo más cerca del operador.

Siguiendo con los pasos de las 5s, se debe limpiar el área laboral. La implementación de Seiso es uno de los pasos cruciales para la buena operación y resultados de la metodología. Solo al tener el área despejada, elementos clasificados y área de trabajo limpia, vamos a saber las condiciones en que está la operación.

Figura 14 Desorden en empaque



Como se puede observar en la Figura 14, existe mucho desorden y suciedad que no solo afecta a las personas sino también a la calidad del producto. Es notable que la falta de clasificación tenga un impacto en la operación ya que la persona que utiliza las pestañas de cartoncillo no tiene alguna idea de la cantidad de cartoncillos que tiene, o cuantos usa al día. Se recomienda para ese punto, utilizar y diseñar un dispensador vertical que las personas solamente puedan obtener uno a la vez y que al llegar a cierto nivel esté pintado de rojo para saber qué se debe rellenar.

Como siguiente punto, se debe estandarizar cualquier objeto y movimiento que se tenga en la operación, Seiketsu. Un ejemplo es saber los máximos y mínimos de bobina que se deben tener cerca para que la operación fluya sin tener demasiado inventario cerca o saber el consumo de tape y cartoncillos para tener un inventario a mano dependiendo de la rotación del mismo. Se deben hacer procedimientos y check lists cuando se entregan las máquinas en los turnos para que la gente pueda saber el status actual de la producción y del proceso.

Por último se debe mantener la disciplina o el Shitsuke. Si se desea una implementación exitosa de las 5s se debe mantener una disciplina constante en cuanto a la operación y seguir los lineamientos planteados actualmente porque si se hace una sola vez y se descontinúa, los beneficios de la operación van a ser vagos y a corto plazo.

Con la implementación de la metodología 5s se buscan resultados en reducción de tiempos muertos en todas las áreas mencionadas anteriormente. Debido a que existen varias áreas de mejora en la línea, la implementación de esto aportara tanto orden y limpieza como reducción en costos y mejora de productividad.

Implementar las 5s puede ayudar en el cambio de bobina ya que se tendrá siempre un ordenamiento de las herramientas y se sabrá donde están los insumos y recursos necesarios que hoy por hoy no se tiene un lugar específico. El reducir tiempos por ordenamiento y limpieza impacta de manera directa en éste rubro por lo que si se desea ordenar el área laboral se debe marcar el lugar específico de los recursos. El área donde será colocado el nuevo eje debe estar identificado al igual que el porta bobinas donde se coloca el suministro necesario para la corrida o turno. El ordenamiento correcto de todas las herramientas además de su correcto uso podría mejorar de manera sustancial la operación en general.

La implementación nos puede también aportar en el tema de la velocidad reducida de la máquina por el simple hecho que al tener limpia la máquina se es notable el lugar donde falla una pieza y no es necesario correr pruebas para saber dónde se encuentra el error del sistema. Además, esto permite asegurar que la calidad e inocuidad de los

productos se mantenga siempre y sirve como método de minimización de riesgos por contaminación con materias extrañas.

Con el rubro de cambio de almohadilla se pueden mejorar los tiempos de cambio ya que la estandarización de procedimientos aportará a reducir y mejorar los tiempos además de aplicarse al rubro de cambio de lotes. Actualmente se tiene mucho desorden con las almohadillas nuevas y viejas donde es difícil distinguir entre nueva o usada. Implementar una estandarización de operaciones, material de buena calidad y seguir lineamientos de clasificación y desecho, se pueden evitar errores y aumentar la productividad.

Tener demasiadas fallas, tanto mecánicas como eléctricas, no solo afecta a la producción sino también a la productividad, planificación y ambiente laboral en general porque una persona laborando con una máquina que falla se desmotiva de alcanzar nuevas metas porque sus recursos no son estables o afectan su propio rendimiento. La limpieza y clasificación de recursos nos puede ayudar a mantener un nivel de inventario de repuestos sano para que, en base a su rotación, al ocurrir una falla se pueda arreglar de la manera más rápida y continuar con la operación.

Una parte que es muy difícil cuantificar pero que también aplica es el cambio en el ambiente laboral. Tener un área ordenada y limpia crea un sentido de espacio libre donde las personas trabajan con agrado. Es mejor trabajar en un espacio limpio y ordenado que un área con suciedad y desorden. Mejorar el área y clima laboral aporta de una manera cualitativa al proceso y de una manera se refleja en personal más contento y motivado además de una mejora en la productividad.

Para poder cuantificar el ahorro esperado por la metodología, se llevo a cabo un rango de ahorro, como en las otras propuestas. Teniendo un 10% de valor mínimo de ahorro, se pueden tener resultados cuantificables que soportan la propuesta de implementación.

Cuadro 20 Utilidad por ventas incrementales

Porcentaje de reducción de tiempo muerto	Minutos de cambio	% respecto a margen
0	12	0%
10%	10.8	3%
100%	0	26%

Como se refleja en el Cuadro 20, existe un ahorro potencial del 3% de ventas actuales si se tiene como punto de comparación el costo de oportunidad en ventas que en el caso de éste producto sobrepasan la venta de 10 millones de unidades. Es de recalcar que este ahorro solo nos señala el costo de oportunidad de una demanda “Push” donde se vende lo que se fabrica.

Al tener actualmente una demanda “Pull” donde el requerimiento es un solo monto y es muy improbable los cambios a Producción, el punto de comparación se toma respecto al ahorro esperado en horas extras que, si se implementara, se podría lograr.

Cuadro 21 Ahorro en horas extras 5s

Porcentaje de reducción de tiempo muerto	Minutos de cambio	% respecto a horas extras
0	12	0%
10%	10.8	18%
100%	0	178%

Con base en los resultados obtenidos en el Cuadro 21 se puede esperar ahorros del 18% en horas extras que en base al giro del negocio y a la operación, si representan mucho con un margen conservador de ahorro del 10%. Si éste ahorro se llegase a mejorar aún más, los resultados ya se verán favorables para la empresa financieramente y para el personal operativo. Si se llegase a reducir en un 100% el tiempo muerto del área mecánica, no solo se eliminan las horas extras, sino también se puede reducir personal o reducir días laborados ordinarios en la empresa.

Al hacer el análisis por costo unitario, se encontró que la implementación de las metodología 5s puede impactar con una reducción del 7.56% en la mano de obra por unidad que se produce, siendo esto Q0.0023 quetzales por unidad. Haciendo el mismo experimento, como ejemplo, de producir 220,000 fardos en un mes se tiene un ahorro mensual de Q24,288.00

IX. Conclusiones

1. Por medio de un análisis cuantitativo se determinó que el área mecánica es la responsable por la mayor cantidad de tiempo perdido en la línea de empaque al desperdiciar 21465 minutos mensuales
2. Se determinó, por medio de un diagrama Pareto, que el cambio de bobina representa la acción que mayor tiempo desperdiciado representa con un total de 6336 minutos mensuales, que terminan siendo 4.4 días mensuales de tiempo desperdiciado.
3. Se concretó con un análisis TAC que las máquinas de empaque representan el tambor, el freidor de pellet el amortiguador y la cuerda el proceso informal de reabastecimiento de producto a las máquinas empacadoras.
4. Según el análisis y la observación se determinó que el empaque manual es dependiente de la productividad del área mecánica y el tiempo ocioso de estas personas es mínimo en comparación con las empacadoras.
5. Se cuantificó el valor del tiempo perdido por los rubros más importantes y se tiene un costo de oportunidad en utilidad de venta del 26% de las ventas mensuales y en cuanto a horas extras se trata de un valor del 19% de la planilla mensual.
6. Con la propuesta del cambio de tornillos por pines utilizando la herramienta de SMED, se puede tener mensualmente una mejora en utilidad del 1% respecto a las ventas totales y un ahorro de 5% en horas extras, siempre usando como mínimo aceptable una mejora del 10%. En cuanto a ahorro en el costo unitario, se tendría un valor de Q0.0013 por unidad de ahorro en mano de obra que es el 4.20% del rubro. La recuperación de la inversión se da en menos de un mes debido a que el monto de inversión es bajo.

7. Proponiendo la compra de un eje para un cambio de bobina más rápido y pensando en un ahorro mínimo aceptable del 30% se pueden tener mayores utilidades mensuales en el valor de 2% respecto a las ventas totales y ahorro en horas extras del 16% mensual. La propuesta da lugar a un ahorro del 12.60% de mano de obra con Q0.0039 quetzales ahorrados por unidad. Si se compraran 6 ejes, la inversión se recupera en un plazo de 2.38 meses.

8. Al proponer la implementación de la metodología 5s se tiene contemplado mejorar la utilidad en un 2.60% mensual y un ahorro de horas extras del 18% ya que se contemplan todos los rubros mecánicos. En el costo unitario se reduce un 7.56% del total de mano de obra siendo Q0.0023 la reducción por unidad al mejorar en un 10% los tiempos muertos.

X. Recomendaciones

1. Se recomienda analizar los inventarios de repuestos e implementar alguna metodología de control de repuestos como lo es máximos y mínimos. Además, se deben revisar los procedimientos operacionales de las máquinas de empaque para asegurar los operadores estén haciendo lo correcto.
2. Se recomienda la compra de 6 ejes nuevos para implementar la herramienta SMED y lograr como mínimo aceptable, un ahorro del 30% de tiempo perdido por cambio de bobina.
3. Se recomienda la implementación de las 5s para poder mejorar tanto la productividad de la máquina, como el ambiente laboral y la actitud de las personas.
4. Se recomienda hacer un estudio de ergonomía para los operadores de la línea ya que el área laboral no es la adecuada para las personas. La combinación de calor, vibración, ruido y mala posición disminuye la productividad y el rendimiento de ellas.
5. Se recomienda la compra de tapetes anti-fatiga para los operadores que se mantengan de pie durante su turno completo y para las personas sentadas se recomienda asientos acolchonados y respaldo con soporte lumbar.
6. Se recomienda crear o comparar dispensadores de cartoncillo para mejorar el ordenamiento de los mismos y tener idea acerca del inventario existente. Esto ayudara a ordenar el proceso y a evitar confusiones con cantidad o forma de colocación del cartoncillo.

7. Se recomienda estandarizar la forma de empacar las tiras y dejarlo evidenciado en algún procedimiento por si existe rotación de personal, la curva de aprendizaje será planta en un menor tiempo.

XI. Fuentes de consulta

Alain, Santiago. (na). *Teoría de las Restricciones (TOC)*. Información obtenida el 12 de marzo del 2012 de: <http://members.fortunecity.es/alainsantiago/toctac.htm>

Chase, Richard; Jacobs, Robert y Aquilano, Nicholas 2005. *Administración de la producción y operaciones para una ventaja competitiva*. 10ma. Edición. México D.F. McGraw-Hill

Chase, Richard; Jacobs, Robert y Aquilano, Nicholas 2009. *Administración de operaciones, producción y cadena de suministros*. 12va. Edición. México D.F. McGraw-Hill

Chopra, Sunil. 2008. *Administración de la cadena de suministro: Estrategia, planeación y operación*. 3era. Edición. México. Pearson Educación.

Michalska, J. 2007 <<The 5s methodology as a tool for improving the organisation>>. *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering*. Volumen 24 (2): 211-214

Niebel Benjamin W. 2009. *Ingeniería Industrial: Métodos, estándares y diseño del trabajo*. 12va edición. México D.F. McGraw-Hill

Rodríguez Caballero, Melchor. 1972. *Aplicaciones en ingeniería de métodos modernos de planeación, programación y control de procesos productivos*. México D.F. Limusa-Wiley, S.A.

Vorne Industries, Inc. (na). *SMED (Single Minute Exchange of Die) Quick Changeover*. Información obtenida el 7 de marzo del 2012 de: <http://www.vorne.com/learning-center/smed-quick-changeover.htm>

XII. Apéndice

A. Muestreo y toma de tiempos

Para lograr una recopilación acertada y representativa de los datos, se tomaron muestras de los procesos productivos y de los procesos que causan tiempos muertos en la operación. Utilizando el método de regreso a cero, se tomaron tiempos de producción de unidades en las máquinas empacadoras para estimar el promedio lineal de producción actual y tener un valor comparativo para referencia contra un valor nominal de las máquinas.

Cuadro. 1 Velocidad de empaque actual

Corrida	Máquina 1		Máquina 2		Máquina 3		Máquina 4		Máquina 5		Máquina 6	
	unidades	minutos	unidades	minutos	unidades	minutos	unidades	minutos	unidades	minutos	unidades	minutos
1	132.00	1.07	132.00	1.02	132	0.99	132	1.05	132.00	1.00	132	1.06
2	132.00	1.03	132.00	1.05	132	1.04	132	1.01	132.00	1.00	132	1.07
3	132.00	1.01	132.00	1.02	132	1.02	132	1.03	132.00	1.03	132	1.05
4	132.00	1.05	132.00	1.00	132	1.04	132	1.03	132.00	1.00	132	1.08
5	132.00	1.04	132.00	1.01	132	1.02	132	1.05	132.00	1.05	132	1.05
6	132.00	1.01	132.00	1.01	132	1.01	132	1.00	132.00	1.00	132	1.04
7	132.00	1.02	132.00	1.03	132	1.04	132	1.05	132.00	1.04	132	1.05
8	132.00	1.06	132.00	1.02	132	1.04	132	1.03	132.00	1.02	132	1.08
9	132.00	1.00	132.00	0.99	132	1.03	132	1.03	132.00	1.04	132	1.04
10	132.00	1.03	132.00	1.02	132	1.00	132	1.02	132.00	1.05	132	1.06
promedio	132.00	1.03	132.00	1.02	132	1.02	132	1.03	132.00	1.02	132	1.06
unidades por minuto	128		130		129		128		129		125	
Promedio de Línea	128											

Como se observa en el Cuadro 1, la velocidad promedio de las máquinas es de 128 unidades por minuto. Se tomó una muestra de 10 corridas por cada una de las máquinas, teniendo como total 60 corridas para la línea completa. El declive en la velocidad es una consecuencia del desgaste de las piezas mecánicas y la falta de mantenimiento preventivo.

Para tener los paros cuantificados, se tomaron 250 muestras donde se recopiló información de 6 meses para evitar cualquier tipo de sesgo por estacionalidad de los productos y por cambios en producción. La suma tanto de horas como de cantidad de paros se clasificó dependiendo de la pieza que tuvo el problema y se promediaron linealmente para obtener información de un mes. Se obtuvo que las cuchillas, mordazas y

codificadoras son las piezas que representan tanto la mayor cantidad de paros como el mayor tiempo parado por falla en las máquinas.

Cuadro. 2 Distribución de horas perdidas por pieza

Pieza	Horas de paros	% del paro	% acumulado
mordazas	128.50	35.51%	35.51%
cuchilla	111.32	30.76%	66.28%
codificadora	39.33	10.87%	77.15%
carro sellador	22.25	6.15%	83.30%
plato	12.25	3.39%	86.68%
largo de bolsas	8.90	2.46%	89.14%
caja eléctrica	6.75	1.87%	91.01%
vibrador	6.66	1.84%	92.85%
caja reductora	5.92	1.64%	94.48%
transportador de tiras	3.83	1.06%	95.54%
fotocelda	3.20	0.88%	96.43%
formador	2.33	0.64%	97.07%
velas	2.17	0.60%	97.67%
contador de unidades	2.08	0.57%	98.25%
vasos volumétricos	1.60	0.44%	98.69%
manómetro	1.50	0.41%	99.10%
contador de aceite	1.00	0.28%	99.38%
micro-switch	1.00	0.28%	99.65%
cilindro	0.75	0.21%	99.86%
porta-bobina	0.25	0.07%	99.93%
compuerta	0.25	0.07%	100.00%
Total general	361.84	100.00%	100.00%

Observando el Cuadro 2 se da a notar que las tres piezas antes mencionadas representan un total del 77.15% del total de horas paradas por fallas mecánicas y eléctricas. Reducir y mejorar los procesos cambio en éstas tres piezas ayudaría de sobremanera a aumentar los niveles de disponibilidad de la máquina.

A pesar que siempre son las mismas tres piezas con la mayor cantidad de horas paradas por fallas, al relacionarlo con el monto de veces parados se nota que hay un intercambio de roles ya que las cuchillas y mordazas intercambian sus puestos en los dos primeros lugares de la tabla.

Cuadro. 3 Cantidad de paros por pieza

Pieza	Horas de paros	% del paro	% acumulado
cuchilla	84	34%	33.60%
mordazas	80	32%	65.60%
codificadora	32	13%	78.40%
largo de bolsas	8	3%	81.60%
plato	7	3%	84.40%
carro sellador	6	2%	86.80%
transportador de tiras	5	2%	88.80%
fotocelda	5	2%	90.80%
vasos volumétricos	3	1%	92.00%
vibrador	3	1%	93.20%
formador	3	1%	94.40%
velas	3	1%	95.60%
contador de unidades	2	1%	96.40%
caja eléctrica	2	1%	97.20%
manómetro	1	0%	97.60%
porta-bobina	1	0%	98.00%
caja reductora	1	0%	98.40%
cilindro	1	0%	98.80%
contador de aceite	1	0%	99.20%
micro-switch	1	0%	99.60%
compuerta	1	0%	100%
Total general	250	100%	100%

Como se puede observar en el Cuadro 3, se representa un 78.40% de los paros totales por las mismas tres piezas por lo que se refuerza la hipótesis de mejorarlos para aumentar el tiempo de disponibilidad de las máquinas. Hacer este Pareto ayuda a reducir costos y esfuerzos no necesarios ya que nos da un claro ejemplo de que oportunidades de mejora son significativas y no solo podrán ayudar a la línea sino que aporta a concentrar los recursos de mejor manera para evitar esfuerzos mayores para ganancias menores.

Siguiendo el mismo lineamiento de Pareto para la observación y clasificación de piezas mecánicas, se aplicó para la clasificación de los paros que más tiempo perdido representan a la línea en minutos al mes. Para lograr esto, se estandarizó un mes a 22 días hábiles con turnos de 12 horas haciendo que todo los paros a comparar fueran medidos en base al mismo tiempo laboral.

Cuadro. 4 Minutos mensuales perdidos por paro

tipo de paro	minutos mensuales	%	% acumulado
cambio de bobina	6,336.00	30%	30%
perdida por velocidad reducida	4,646.40	22%	51%
cambio de almohadilla	4,224.00	20%	71%
fallas mecánicas y eléctricas	3,618.30	17%	88%
cambio de codificación	2,640.00	12%	100%
Total	21,464.70	100%	100%

En el Cuadro 4 se demuestra que el cambio de bobina es el paro que más efecto tiene en la línea por el simple hecho que a pesar que en promedio se tardan 3 minutos cambiándolas, es el paro que más veces se debe hacer al día dando como conclusión que a pesar de ser poco el tiempo de paro, la cantidad de veces que se para por el cambio de bobina es lo que afecta.

Según la información de los paros obtenidos y a la observación de la línea de empaque, se formularon propuestas que tuvieran como objetivo atacar de raíz el problema de los tiempos perdidos y mejorar de mejor manera los procesos actuales. Se crearon tres propuestas de acuerdo a los resultados obtenidos, dos mejorando directamente al paro con mayor tiempo perdido y otra que engloba a nivel macro todo los paros y que afecta tanto a las máquinas como a los operadores en sí por medio de la mejora en el ambiente laboral.

B. Mejoramiento con propuestas

Logrando cuantificar los paros, se buscó soluciones que fueran factibles para la posible implementación y que siempre siguieran los lineamientos de las normas establecidas por la empresa y sus entes certificadores. Al tener esto en mente, se escogió la herramienta SMED y la metodología 5s como posibles soluciones que fueran factibles para el ahorro de la línea.

Debido a que se trata solamente de propuestas, se crearon rangos de porcentajes donde se pudiese notar el posible ahorro esperado dependiendo de la disminución del tiempo perdido. Esto nos da un indicio de cómo mediante el mejoramiento de la línea

podemos ahorrar de manera significativa. Es de recalcar que se hicieron dos comparaciones en el estudio, primero con base en la comparación de las unidades dejadas de producir y su costo de oportunidad de no vender en el mercado y en base al ahorro de horas extras por medio de la mejora en la disponibilidad de las máquinas.

1. Propuestas de SMED. Al cuantificar los posibles ahorros de la línea, se encontraron resultados interesantes de ahorros mensuales. Debido a que se formularon dos propuestas completamente distintas, se cuantificó con cada una de ellas el posible ahorro comparando siempre con los dos enfoques mencionados anteriormente.

Cuadro. 5 Rangos de reducción con SMED

Porcentaje de reducción de tiempo muerto	Minutos de cambio	Minutos de cambio mensuales	% respecto a margen
0	3	6336	0%
10%	2.7	5702	1%
20%	2.4	5069	2%
30%	2.1	4435	2%
40%	1.8	3802	3%
50%	1.5	3168	4%
60%	1.2	2534	5%
70%	0.9	1901	5%
80%	0.6	1267	6%
90%	0.3	634	7%
100%	0	0	8%

Al tener un decremento en el tiempo perdido mensualmente por el cambio de bobina, se puede observar la cantidad de unidades extras o adicionales a lo actual que se podrían producir. Esto transformado a dinero representa valores desde los rangos de los Q4,000.00 mensuales hasta los Q40,000.00 si se eliminara por completo el cambio de bobina. Estos valores reflejados en el Cuadro 5 nos dan un indicio de lo que podría mejorar la línea y el incremento en utilidad que se podría ganar aparte de lo ya establecido.

Comparando ahora los tiempos con el posible ahorro de horas extras, se encontró que de igual forma se tiene una mejora y un ahorro en horas extras que puede aportar a la reducción de los costos del producto o de la operación en sí.

Cuadro. 6 Rangos de ahorro con SMED

Porcentaje de reducción de tiempo muerto	Minutos de cambio	Minutos de cambio mensuales	% respecto a horas extras
0	3	6336	0%
10%	2.7	5702	5%
20%	2.4	5069	10%
30%	2.1	4435	16%
40%	1.8	3802	21%
50%	1.5	3168	26%
60%	1.2	2534	31%
70%	0.9	1901	37%
80%	0.6	1267	42%
90%	0.3	634	47%
100%	0	0	52%

Los rangos demostrados en el Cuadro 6 representan el ahorro en horas extras potencial que se tiene. Se hizo un promedio de factores para obtener un factor de hora extra igual para todo y asumiendo que son la misma cantidad de horas extras en todas las clasificaciones de horas extras.

2. Propuesta de 5s. Para la propuesta de 5s de igual forma se utilizaron rangos para su entendimiento de los posibles y potenciales ahorros y mejoras en la línea. Lo encontrando se hizo con base en los rubros del área mecánica donde se encontró que existe mayor potencial de mejora. Esta propuesta, como se mencionó anteriormente, tiene un impacto en el área operacional humana que es sumamente difícil cuantificar pero que de igual forma aporta a la operación.

Cuadro. 7 Rango de reducción con 5s

Porcentaje de reducción de tiempo muerto	Minutos de cambio	Minutos de cambio mensuales	% respecto a margen
0	12	21464	0%
10%	10.8	19318	3%
20%	9.6	17172	5%
30%	8.4	15025	8%
40%	7.2	12879	10%
50%	6	10732	13%
60%	4.8	8586	16%
70%	3.6	6439	18%
80%	2.4	4293	21%
90%	1.2	2146	23%
100%	0	0	26%

El Cuadro 7 muestra el rango de cómo podría mejorar la utilidad de la empresa dependiendo del rango de ahorro. Se debe mencionar que los montos obtenidos son bastante altos pero de igual forma la operación de la empresa estudiada es grande. No está demás mencionar que cualquier ahorro es bueno y saludable para mejorar cada día

más la operación y así mantener a flote el negocio. Por último, el Cuadro 8 nos muestra el ahorro e impacto que tiene en horas extras, la implementación de la metodología 5s.

Cuadro. 8 Rangos de ahorro con 5s

Porcentaje de reducción de tiempo muerto	Minutos de cambio	Minutos de cambio mensuales	% respecto a horas extras
0	12	21464	0%
10%	10.8	19318	18%
20%	9.6	17172	36%
30%	8.4	15025	53%
40%	7.2	12879	71%
50%	6	10732	89%
60%	4.8	8586	107%
70%	3.6	6439	124%
80%	2.4	4293	142%
90%	1.2	2146	160%
100%	0	0	178%