

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ

Colegio de Ciencias e Ingenierías

**OPTIMIZACIÓN Y CONTROL DE LAS EMPACADORAS EN
UNA PLANTA PROCESADORA DE VEGETALES
CONGELADOS: UTILIZANDO METODOLOGÍA DMAIC**

**Yulexi Monserrate Garcia Zambrano
Emily Patricia Maldonado Basantes**

Ingeniería Industrial

Trabajo de fin de carrera presentado como requisito para la obtención
del título de
Ingeniera Industrial

Quito, 7 de diciembre del 2023

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ

Colegio de Ciencias e Ingenierías

HOJA DE CALIFICACIÓN DE TRABAJO DE FIN DE CARRERA

**Optimización y control de las empacadoras en una planta procesadora de
vegetales congelados utilizando metodología DMAIC**

**Yulexi Monserrate Garcia Zambrano
Emily Patricia Maldonado Basantes**

Nombre del profesor, Título Académico

Kenya Velasco Tapia, MS

Quito, 7 de diciembre del 2023

© DERECHOS DE AUTOR

Por medio del presente documento certifico que hemos leído todas las Políticas y Manuales de la Universidad San Francisco de Quito USFQ, incluyendo la Política de Propiedad Intelectual USFQ, y estamos de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo quedan sujetos a lo dispuesto en esas Políticas.

Asimismo, autorizamos a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en la Ley Orgánica de Educación Superior del Ecuador.

Nombres y apellidos: Yulexi Monserrate García Zambrano

Código: 00213541

Cédula de identidad: 1727882837

Nombres y apellidos: Emily Patricia Maldonado Basantes

Código: 00213269

Cédula de identidad: 1725035982

Lugar y fecha: Quito, 30 de noviembre de 2023

ACLARACIÓN PARA PUBLICACIÓN

Nota: El presente trabajo, en su totalidad o cualquiera de sus partes, no debe ser considerado como una publicación, incluso a pesar de estar disponible sin restricciones a través de un repositorio institucional. Esta declaración se alinea con las prácticas y recomendaciones presentadas por el Committee on Publication Ethics COPE descritas por Barbour et al. (2017) Discussion document on best practice for issues around theses publishing, disponible en <http://bit.ly/COPETHeses>.

UNPUBLISHED DOCUMENT

Note: The following capstone project is available through Universidad San Francisco de Quito USFQ institutional repository. Nonetheless, this project – in whole or in part – should not be considered a publication. This statement follows the recommendations presented by the Committee on Publication Ethics COPE described by Barbour et al. (2017) Discussion document on best practice for issues around theses publishing available on <http://bit.ly/COPETHeses>.

RESUMEN

El estudio se centró en mejorar el proceso de envasado de brócoli en una empresa procesadora y exportadora de vegetales congelados del cantón Mejía. La empresa es responsable de los procesos de corte, limpieza, cocción, congelación y envasado y su meta es maximizar la eficiencia del proceso de empaque mientras marca el ritmo para otros procesos. Para el desarrollo de este proyecto se utilizó la metodología DMAIC (Definir, medir, analizar, implementar y controlar) y herramientas Lean como SMED, JIDOKA y BALANCE LINE. El objetivo es reducir el tiempo de inactividad, evitar retrabajos, paradas de producción y solapamientos. Se propusieron indicadores para monitorear las condiciones en las plantas de envasado y evaluar la efectividad de las herramientas utilizadas.

Palabras Claves: Lean Manufacturing, Smed, Jidoka, Balance Line, DMAIC, agroindustria, indicadores.

ABSTRACT

This study focused on improving the broccoli packaging process in a frozen vegetable processing and exporting company located in the Mejía canton. The company oversees the cutting, cleaning, cooking, freezing, and packaging processes, striving to maximize the efficiency of the packaging process while setting the pace for other operations. The DMAIC methodology (Define, Measure, Analyze, Implement, and Control) and Lean tools such as SMED, JIDOKA, and BALANCE LINE were employed in the development of this project. The primary objective is to reduce downtime, prevent rework, eliminate production stoppages, and minimize overlaps. Indicators were proposed to monitor conditions in the packaging plants and evaluate the effectiveness of the tools used. This comprehensive approach aims not only to enhance the efficiency of broccoli packaging but also to set standards for excellence in other processes within the company.

Key words: Lean Manufacturing, Smed, Jidoka, Balance Line, DMAIC, agribusiness, indicators.

TABLA DE CONTENIDO

Introducción	11
Alimentos superfoods Ecuador	13
Empacadoras en el Ecuador	14
Funcionamiento.....	16
Herramientas Lean Manufacturing	17
SMED	18
5's.....	18
JIDOKA	18
Value Stream Mapping.....	19
Herramientas de Análisis para Estrategias Comerciales	19
Diagrama de Pareto	19
Project Charter	20
Diagrama de flujos SIPOC.....	20
CTQ's.....	20
Metodología	21
Fase 1: Definir	21
Fase 2: Medir.....	22
Fase 3: Analizar.....	23
Fase 4: Implementar	23
Fase 5: Controlar	24
Marco Referencial.....	24
Caso de Estudio	25
Definir	25
<i>Voz del Cliente (VOC).....</i>	<i>26</i>
<i>Pareto de las causas de paros en la producción más frecuentes</i>	<i>27</i>
<i>Diagrama de flujo de proceso de la empresa</i>	<i>28</i>
Medir	29
<i>Plan de recolección de datos.....</i>	<i>29</i>
<i>Plan de muestreo</i>	<i>31</i>
<i>Indicadores</i>	<i>32</i>
<i>Disponibilidad</i>	<i>32</i>

<i>Rendimiento</i>	32
<i>Calidad</i>	33
<i>OEE (Overall Equipment Effectiveness)</i>	33
Analizar	34
<i>Análisis de tiempos de paras (improductivos)</i>	36
<i>Análisis de velocidades</i>	38
<i>Análisis desechos de plástico por empacadoras</i>	40
Implementar	41
<i>Balance de línea</i>	42
<i>SMED</i>	44
Controlar	47
Conclusiones	48
Recomendaciones	50
Limitaciones	50
Referencias bibliográficas	52
Anexos	58

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	<i>Voz del cliente (VOC) a CTQ's</i>	28
Tabla 2	<i>Estratificación</i>	30
Tabla 3	<i>Tiempo de cambio de rollo mes de octubre</i>	45
Tabla 4	<i>Planeación del SMED</i>	45
Tabla 5	<i>Tiempo de cambio de rollo mes de noviembre</i>	47

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Tipos de Empacadoras.....	15
Figura 2	Ejemplo de una empacadora física	16
Figura 3	<i>Tipos de presentaciones que produce una empacadora.....</i>	17
Figura 4	<i>Diagrama de Pareto de las causas de paros más frecuentes en la producción....</i>	27
Figura 5	<i>Diagrama de Pareto de las causas de los paros en las empacadoras</i>	35
Figura 6	<i>Velocidades de alimentación de pallets con brócoli a ser empacado</i>	36
Figura 7	<i>Histograma de tiempos de limpieza (Min)</i>	37
Figura 8	<i>Histograma de tiempos de limpieza (Min)</i>	38
Figura 9	<i>Velocidades de la empacadoras</i>	39
Figura 10	<i>Porcentaje de Desecho</i>	40
Figura 11	<i>Validación de alimentación</i>	43
Figura 12	<i>Paros totales por empacadora.....</i>	44

Introducción

En los últimos años, el Ecuador ha sido el principal exportador de brócoli de América del Sur. Esto se debe a la creciente demanda del mercado nacional e internacional impulsada por la categoría de los "súper alimentos", que son todos aquellos productos que vienen de la tierra y contienen altos beneficios nutricionales, además, son denominados de esta forma por una estrategia de marketing ya que está ganando popularidad debido a su notable valor nutricional.

En este contexto, las empresas agroindustriales juegan un papel vital en el abastecimiento de los super alimentos y en específico del brócoli, ya que estas se encargan de “la transformación de productos procedentes de la agricultura, actividad forestal y pesca” (Lopez, D. & Malan, A., 2015) por ende, participan en el proceso integrado.

Según la FAO “los países en desarrollo han generado un porcentaje de casi el doble de adición de valor en la producción global de las principales categorías de productos fabricados por las agroindustrias” (Silva-Baker et al., 2013) a pesar que el sector agroindustrial mantiene oportunidades prometedoras en los mercados nacionales e internacionales, también enfrenta desafíos importantes entre ellos, destaca la necesidad de “aplicar las estrategias más eficaces para la eliminación y tratamiento de residuos orgánicos que se generan” (Concepción, 2016). Además, busca contribuir de manera positiva a la sociedad, para satisfacer la creciente demanda de los consumidores por una producción sostenible y socialmente responsable.

Una vez contextualizado la importancia de la agroindustria y el impacto del brócoli en el Ecuador, este estudio se desarrolla en torno a una empresa que abrió sus puertas hace unos 8 años. Además, busca ser líder en el sector agroindustrial al cumplir con requerimientos de

calidad y control en los procesos de corte, lavado, cocción, congelación y envasado para que pueda exportar sus productos al mercado extranjero.

Por otro lado, la misión que tiene esta empresa es procesar vegetales tomando en cuenta la calidad que sus clientes requieren y de esta forma desarrollar confianza, satisfacción y lealtad tanto con el cliente como con el consumidor. Además, las aspiraciones futuras de esta empresa es ser una empresa líder en el sector Agroindustrial teniendo responsabilidad social.

Los procesos de calidad con los cuales cuenta esta empresa son corte, lavado, inspección, cocinado, congelación y empaclado que diferentes presentaciones. Tiene tres tipos de productos pure, RTE e IQF. Adicional a esto, la empresa cuenta con dos líneas de producción, y varios calibres los cuales se clasifican en 30/50, 15/30 y 20/40 estos tipos de calibres determinan el tamaño del brócoli al momento que es cortado.

Actualmente esta empresa tiene problemas en el área de empaclado debido al tiempo de inactividad de las empacadoras esto se debe a los paros sistemáticos, operativos o mecánicos que se den al momento de empacar. Esta problemática tiene como resultado que haya producto en el área de traslapado se denomina traslapado a todo el producto que no se empaca sino pasa a un área donde se almacena para ser reprocesado. Por lo cual, se aplicó herramientas de *lean manufacturing* para solventar esta problemática, por ende, el objetivo de este estudio es disminuir los tiempos muertos sé que traduce como todos esos tiempos que los cuales las empacadoras en una empresa agroindustrial ubicada en Machachi que se encarga del procesamiento de vegetales congelados.

Alimentos superfoods Ecuador

Los alimentos *superfoods* o también conocidos como los super alimentos son aquellos que pueden ser “de origen vegetal o animal no convencional, que presenta una concentración elevada de nutrientes esenciales” (Candelario, 2023). Según Superfoods Ec estos alimentos son de forma natural por lo cual, “tienen un mínimo procesamiento” (Superfoods Ec, 2023).

Actualmente en el Ecuador, los alimentos *superfoods* representan el 4% de las exportaciones no petroleras y no mineras” Calendario (2022) lo cual, hace que sean productos atractivos en el mercado ecuatoriano e internacional. En mayo del 2023, los *superfoods* ecuatorianos inician con el “Clúster Superfoods del Ecuador” para “fortalecer su desarrollo a través del aprovechamiento de la densidad nutricional de la producción ecuatoriana, la innovación y la sostenibilidad.” (Ministerio de Producción Comercio Exterior Inversiones y Pesca, s. f.) con esto también se busca “ampliar su mercado, aumentar la productividad y obtener beneficios comunes”. Ministerio de Producción Comercio Exterior Inversiones y Pesca (s. f.)

En la actualidad, “existen una gran variedad de productos ecuatorianos de exportación que están presentes en todo el mundo” (Alaire, 2022) además, según WITS “El valor total de las exportaciones (FOB) fue de 26,699 millones” (WITS, 2023) en el año 2021 de esto Ecuador exporto “un valor de US\$ 5,323,318.36 millones” WITS (2023) de alimentos *superfoods* esto debido a que existe una “gran propagación de comercialización y exportaciones de super alimentos en Ecuador” (Córdova-Palacios et al., 2023) además, de representar el 4% de las exportaciones de este sector.

Actualmente en el Ecuador, los alimento *superfoods* están tomando una gran acogida en el mercado local e internacional, sin embargo, de todos estos super alimentos que Ecuador

produce doce de ellos han logrado ser los principales productos de exportación estos son “el cacao, el amaranto, la pitahaya, el palmito, la quinua, el aguacate, los arándanos, la guayusa, el maracuyá, el brócoli, el chocho y la chía” Candelario (2023).

Por otro lado, según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) “el 86% de todas las exportaciones de hortalizas del Ecuador fueron brócoli, cebolla y ajo.” Córdova-Palacios et al. (2023) y se pretende que la tasa de crecimiento de exportaciones es alta, además, “la producción de hortalizas refrigeradas o congeladas supone el 57% de las hortalizas procesadas.” Córdova-Palacios et al. (2023) cabe recalcar que “existe un exceso de demanda por el brócoli congelado ecuatoriano” (Viera, 2015)

Según la Federación Ecuatoriana de Exportadores (Fedexpor) “el brócoli se lleva el primer lugar” (Negocios & Negocios, 2022) en el sector de los alimentos *superfoods* ecuatorianos ya que “las ventas totalizaron USD 150 millones durante 2021. Desde 2018, el crecimiento promedio de este producto es del 11%.” (Candelario, 2022). Es importante mencionar que, Ecuador es el “primer exportador de brócoli a nivel de Sudamérica, su crecimiento en exportaciones alcanza el 13% anual y en cuanto a importaciones registra un 22%, entre los mejores socios comerciales los cuales son: Estados Unidos, Alemania, Japón y Holanda” (Xavier, 2010)

Empacadoras en el Ecuador

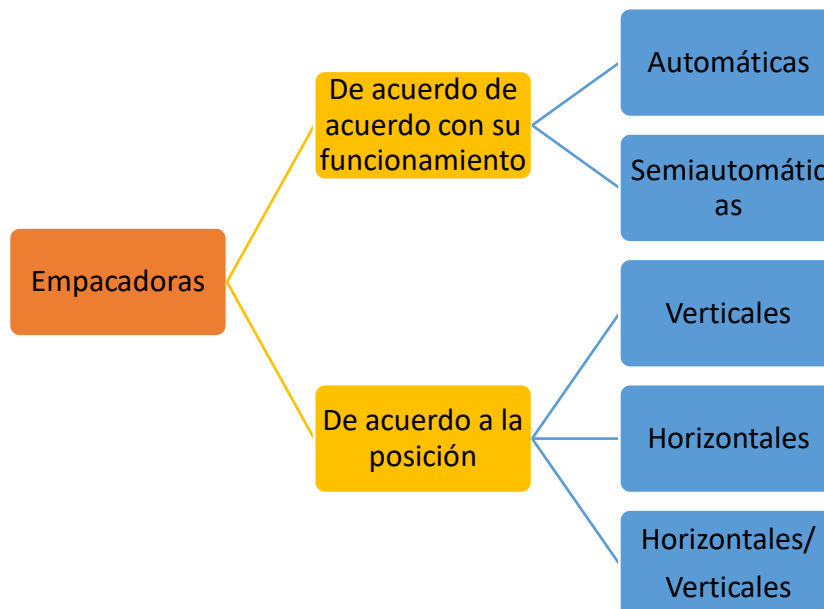
En los últimos años la mayor parte de las empresas en el Ecuador han adquirido máquinas empacadoras a sus líneas de producción según el BCE existente “más de 600 empresas ecuatorianas que exportan super alimentos o superfoods” (Gonzalez, 2023) las cuales cuentan con estos equipos para su producción ya que “las máquinas empacadoras

cumplen un papel primordial dentro de la línea industrial” (Iza & Medina, s.f.) pues facilitan el empaque de los productos, además, el objetivo de las empacadoras es “formar, llenar y sellar unidades con producto para el consumo” (De Lactoequipos, 2017) cabe recalcar que estos equipos son instalados al final de las líneas de producción.

Actualmente, existe varios tipos de empacadoras las cuales son usadas en diferentes tipos de industria estas se clasifican en dos tipos de acuerdo de acuerdo con su funcionamiento o de acuerdo con la posición. A continuación, se explica cómo es esta clasificación por medio de un diagrama:

Figura 1

Tipos de Empacadoras



Nota. El gráfico representa los tipos de empacadoras que existe en el mercado. Diagrama tomado de LACTO EQUIPOS. (2017). MAQUINAS EMPACADORAS. LACTO EQUIPOS. <https://lactoequipos.wordpress.com/2017/11/12/maquinas-empacadoras>

Funcionamiento

Las empacadoras desempeñan varias funciones importantes en la línea de producción pues ayuda a proteger el producto, disminuye la manipulación directa del producto y hace que la línea corra de forma rápida. Existen diversas marcas y tipos de empacadoras las cuales cumplen con los requerimientos dependiendo la industria. En la industria de alimentos “la maquina embolsadora de alimentos” es la que se adecúa para “envasar sus productos alimentarios para servicios de alimentación pues tiene la capacidad, opciones técnicas y estilos de bolsas.” (GEA SmartPacker CX400, s. f.) que se requiere en esta industria.

Figura 2

Ejemplo de una empacadora física



Nota. El gráfico representa un ejemplo físico de como se ve una empacadora. Tomado de GEA. (s. f.). GEA. <https://www.gea.com/es/products/filling-packaging/vertical-form-fill-sealer-vffs-vertical-packaging/smartpacker-cx400-vertical-packaging.jsp>

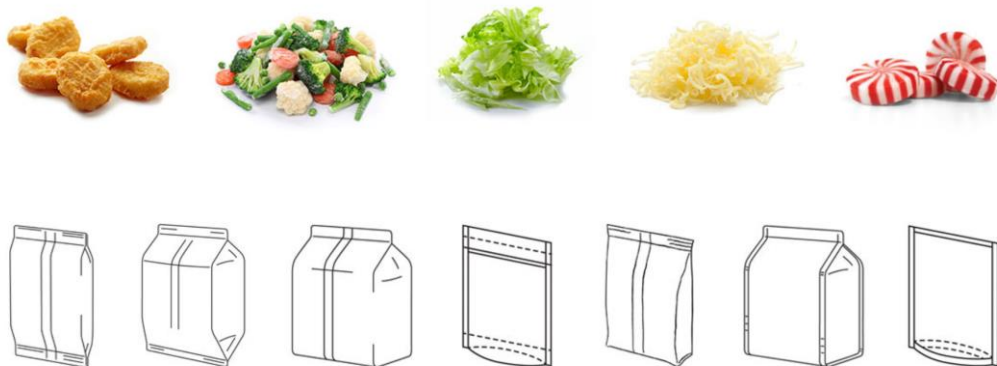
Las empacadoras “se integra en las líneas de producción para garantizar un empaquetado continuo de hortalizas, frutas y lechugas cortadas, así como de otros productos

a granel” (Kronen GmbH, s. f.) por otro lado, la flexibilidad de las empacadoras permite empacar una cantidad fiable de productos esto se mide por la alta capacidad.

Las aplicaciones que tienen la empacadoras en la industria alimentaria son varios ya que se puede aplicar en cualquier producto, tipo de fundas o presentaciones que pida el cliente es así como se “maneja una amplia gama de tipos de envasado distintivos, como bolsas tipo almohada, plegadas, con fondo plano, estilo sobre, con precinto cuatro y tipo "doystyle” (Kronen GmbH, s. f.).

Figura 3

Tipos de presentaciones que produce una empacadora



Nota. El gráfico representa los tipos de productos y los tipos de fundas que se puede ocupar en las empacadoras. Tomado de Kronen GmbH. (s. f.). Empacadora FLEX L para alimentos - KRONEN | KRONEN GmbH. <https://www.kronen.eu/es/soluciones/empacadora-flex-l#productdetail-437-portrait>

Herramientas Lean Manufacturing

Lean Manufacturing (LM) se define como el “proceso continuo y sistemático de identificación y eliminación del desperdicio o excesos, entendiendo como exceso toda aquella actividad que no agrega valor en un proceso” (*Lean manufacturing. paso a paso*, s. f.) por lo

cual, buscan la mejora continua de las empresas “eliminar todas actividades que no agregan valor en todo el proceso productivo” (Tejeda, 2011). Es así como las oportunidades de mejora de toda empresa se descubren a través de las herramientas lean las cuales reconocen los desperdicios y los eliminan.

SMED

La herramienta *SMED* es una metodología que permita mejorar la preparación de las maquinas con el objetivo de tener preparado en el tiempo justo esta herramienta se ocupó en para el mantenimiento autónomo en una empresa de snacks lo cual hizo que “la herramienta *SMED* favoreció en la reducción de los tiempos de setup en la línea en un 42%; y en cuanto a lo económico, el VAN fue positivo y el TIR en un 28%, que fue mayor al COK (15%).” (Wilfredo, 2022).

5's

Las 5's es una herramienta que se basa en 5 principios para que el lugar de trabajo, proceso, área y en si la empresa este más limpia, ordenada y sea más productiva. Es así como una empresa de empaque y almacenamiento ha decidido utilizar esta herramienta para el incremento de la productividad del área de *picking* y *packing* se utilizó la herramienta de las 5's lo cual ayudo al “incremento de la productividad del área *picking* y *packing*.” (Enrique, 2017)

JIDOKA

Otra herramienta seleccionada para mejora el proceso de packing en una empresa agroindustrial es Jidoka la cual ayuda a la minimización de defectos y automatizar el factor humano. Esta herramienta ayudo significativamente pues “con la implementación de esta

herramienta se redujeron hasta en un 53,45% de los despilfarros” (Alberto, 2022) esto nos traduce que es útil en los sistemas productivos.

Value Stream Mapping

El *Value Stream Mapping* o mapeo de cadena de valor ayuda al análisis del flujo de valor tanto actual como futuro. Esta herramienta ayuda a visualizar en que área se necesitan realizar mejoras por lo cual, en una empresa productora de pina se utilizó “la herramienta mapa de cadena de valor en los procesos de cosecha y postcosecha de una empresa que se dedica al cultivo y comercialización de piña” (Camacaro-Peña et al., 2021) se identificó “desperdicios dentro del proceso como el exceso de manipulación, la falta de capacitación al personal y la ausencia de planes eficientes de mantenimiento de maquinaria.” (Camacaro-Peña et al., 2021)

Herramientas de Análisis para Estrategias Comerciales

Las herramientas de análisis para estrategias comerciales son aquellas que nos ayudan a determinar problemas y la causa raíz de este. Por otro lado, nos ayudan a organizar las diversas causas que se tiene y determinar el alcance para de esta forma resolver y contextualizar de mejor forma un problema ya sea en un proceso o dentro de una organización o empresa. Adicional a esto, estas herramientas permiten analizar de una forma más rápida y menos compleja la problemática real.

Diagrama de Pareto

El diagrama de Pareto es una herramienta de análisis que nos permite determinar de manera fácil factores, causa o problemas. Se define como “gráfica en donde se organizan diversas clasificaciones de datos por orden descendente, de izquierda a derecha por medio de barras sencillas después de haber reunido los datos para calificar las causas. De modo que se

pueda asignar un orden de prioridades”. (Sales, 2013) Según el LSSI, el principio del diagrama de Pareto es “la mayor parte de los datos contables se agrupan en una cantidad pequeña de categorías” (Socconini, 2015). Por otro lado, este diagrama se usa para “visualizar rápidamente que factores, causas o valores de un problema son más importante” (Socconini, 2015) para poder solventar el problema y mejorar la situación.

Project Charter

El Project Charter es un “documento donde se plasma toda la información clave relativa a un proyecto al más alto nivel con el objetivo de que la esencia de ese proyecto quede consensuada y sintetizada” (EAE Business School, 2023) esto nos ayuda a determinar los objetivos, los alcances y que responsabilidades se tendrá en el proyecto para que su ejecución sea ordenada y eficiente.

Diagrama de flujos SIPOC

El diagrama de flujo SIPOC es una herramienta que clasifica un proceso a través de cinco ejes importantes que son Proveedores, Entradas, Procesos, Salidas y Clientes aquí es donde se proporciona información clave de los responsables en un proceso. Esta herramienta nos ayuda a identificar “las características de los subprocessos que agregan y no agregan valor frente a los requerimientos del cliente y las relaciones y actividades subyacentes dentro del proceso actual” (González González, H., & Escobar Prado, C. A., 2021)

CTQ's

Los CTQ's o también conocidos como “Critical to Quality” son aquellos parámetros más importantes que se deben evaluar para determinar cómo está la calidad/expectativa el cliente. Pues son “referidas a las características clave de calidad de un producto o servicio.” (*Lean Six Sigma Green Belt. Manual de Certificación*, s. f.). Estos parámetros representan las

características esenciales que impactan directamente en la percepción y satisfacción del cliente. Al centrarse en los CTQs, las organizaciones pueden identificar y priorizar aspectos específicos de un producto o servicio que tienen un impacto significativo en la experiencia del cliente.

Este enfoque se alinea estrechamente con metodologías como *Lean Six Sigma*, que buscan mejorar la eficiencia y reducir la variabilidad en los procesos. Al entender y medir meticulosamente estos elementos críticos, las empresas pueden optimizar sus operaciones para cumplir o superar las expectativas del cliente, asegurando así la entrega de productos y servicios de alta calidad que satisfacen las demandas fundamentales del mercado.

Metodología

El presente trabajo de investigación adopta la metodología DMAIC, pues esta da un enfoque estructurado en la gestión de calidad y mejora de procesos. Esta metodología es usada para abordar problemas empresariales y mejorar la calidad, eficiencia y eficacia de los procesos. (Montgomery, 2012). El DMAIC tiene 5 etapas o pasos, los cuales son Definir, medir, analizar, mejorar y controlar, lo que lo conlleva su nombre, siendo esta un marco estructurado para abordar los objetivos de investigación y alcanzar conclusiones significativas.

Fase 1: Definir

El objetivo principal de la fase definir es establecer los fundamentos del proyecto y proporcionar una comprensión clara y detallada de lo que se pretende lograr. Las expectativas y elementos claves que se buscan dentro de esta fase es identificar las oportunidades del proyecto, además se establecen claramente los objetivos y se define el problema, por otro lado, se debe verificar y validar que estos representen un potencial de avance legítimo

Montgomery (2012). Es decir, se busca establecer los cimientos y una comprensión clara de los objetivos, este enfoque proporciona una base sólida para el desarrollo efectivo del proyecto. Para la fase definir se usan herramientas de análisis como:

- Project Charter
- Diagramas de flujos SIPOC
- Histogramas
- Entrevistas y encuestas
- Benchmarking

Fase 2: Medir

Después de identificar el problema, es necesario recopilar información importante para entender la situación actual en relación con los objetivos del proyecto. Esto implica elegir cuidadosamente las variables e indicadores que ayudarán a medir de manera precisa y significativa el problema o tema de investigación. En este paso, se crean métodos sólidos para recolectar datos, ya sea a través de enfoques cualitativos o cuantitativos. Con el objetivo de obtener una comprensión más clara de la realidad que se está estudiando. En esta etapa, también se planifica cuándo y cuánta información se necesita recopilar, siguiendo un cronograma establecido. Es esencial asegurarse que los datos que se recolecten sean válidos y pertinentes para evaluar y comprender la situación actual (SafetyCulture, 2023). Además, se debe asegurar que los datos sean relevantes para explicar el rendimiento y la capacidad del proceso y del sistema de medición. La fase de medición incluye cinco pasos clave.

1. Definición clara del proceso
2. Mediciones claves (CTQ's) identificadas en la fase definir
3. Desempeño del proceso o evaluación de capacidad del sistema de medición
4. Análisis y validación del sistema de medición

Fase 3: Analizar

Dentro de la fase de analizar el enfoque se centra en profundizar los datos recopilados en la fase anterior “Medir”. Para comprender las causas fundamentales del problema se usan herramientas estadísticas y técnicas de análisis para identificar la causa raíz de los problemas o las áreas de mejora, para el análisis de estos se pueden realizar análisis gráficos, diagramas de dispersión u otras herramientas con la finalidad de identificar patrones o tendencias. Este análisis es crítico ya que busca ir más allá de las observaciones superficiales descentrando las conexiones subyacentes que explican la situación actual. Durante la fase de análisis se debe analizar los datos recopilados actualmente para comprender la brecha del desempeño actual y tener una visión más clara al desempeño objetivo, también se debe identificar las fuentes de variación. Es importante evitar sacar conclusiones precipitadas, ya que estas pueden causar nuevos problemas en el proyecto (Van Der Lingen, 2023).

Fase 4: Implementar

Una vez que se conoce la causa del problema, se desarrollan soluciones creativas que se puedan realizar en el proceso con la finalidad de tener el impacto deseado en el desempeño del proceso. Algunas de las implementaciones comunes que se dan después en los casos de estudios usando la metodología DMAIC, son rediseños de procesos para mejorar el flujo de trabajo y reducir los cuellos de botella y diseños de experimentos físicos reales o mediante el uso de simulación Montgomery (2012). Sin embargo, estas no son las únicas soluciones que se pueden seleccionar, pues algunos casos de estudios optan por implementar herramientas Lean para mejorar productividad y reducir desperdicios o errores humanos.

Dentro del presente caso se espera que las soluciones propuestas se apliquen de manera sistemática y controlada. Considerando los cambios necesarios en los procesos abordados a lo largo del proyecto. Además, se busca la optimización continua permitiendo

ajustes según sea necesario durante la implementación para garantizar la eficacia de las mejoras propuestas, en este sentido la fase de implementación no solo implica la ejecución de cambios tangibles, sino también la gestión cuidadosa de las transiciones y la comunicación efectiva con las partes interesadas involucradas en el proyecto

Fase 5: Controlar

Esta etapa es importante para mantener la mejora en el proceso y prevenir retrocesos, dentro de la fase controlar se desarrollan procedimientos estándares y se capacita al personal en las nuevas prácticas, además se debe tener un plan de monitoreo constante en los indicadores claves KPI's que se establecieron en la etapa de medir para asegurarse que el proceso se mantenga dentro de los límites establecidos. En caso de ser necesarias nuevas mejorar en el proceso se debe repetir la metodología DMAIC, cuyo objetivo es la mejora continua. Van Der Lingen (2023).

En esta fase se espera establecer sistemas de monitoreo y evaluación que permitan medir continuamente el desempeño del proyecto y asegurarse que los resultados obtenidos se mantengan a lo largo del tiempo. Esto implica la definición de indicadores clave del rendimiento, elaboración de protocolos de seguimiento y la implementación de medidas correctivas cuando sea necesario, por otro lado, se busca la retroalimentación constante para adaptar y mejorar las estrategias en función de la evolución de la situación.

Marco Referencial

La metodología DMAIC ha sido usada en contextos de empresas empacadoras camaroneras para mejorar el proceso de congelación y aumentar la productividad (Bohorquez, 2022). Otra de las aplicaciones del DMAIC ha sido en el empacado de hortalizas

congeladas con la finalidad de diseñar mejorar para los procesos de empaque y aumentar su productividad (Saravia, 2019).

Caso de Estudio

En el presente caso de estudio se realizó la investigación y levantamiento de datos mediante el tipo de estudio exploratorio y descriptivo. Para ello se realizó una recolección de información mediante datos compartidos directamente por el departamento de producción y mantenimiento, por otro lado, se realizaron reuniones con el Gerente de planeación y gestión de planta para tener un direccionamiento más amplio de los procesos con mayor problemática en la producción. Una vez identificados estos procesos se realizaron entrevistas directas con el personal (jefes de las diferentes áreas, Supervisores y Operadores), teniendo como referencia previa la información proporcionada por el gerente.

Definir

El objetivo principal de la fase definir es comprender a fondo los desafíos que la empresa enfrenta actualmente. En este contexto se emplearon herramientas fundamentales como la Voz del cliente (VOC) para obtener una visión detallada de los problemas y necesidades percibidos, estas voces fueron capturadas a través de un enfoque integral que incluyó reuniones con el gerente de planeación y gestión de planta, jefes de áreas, supervisores y operadores. Acompañado de estas iteraciones se llevaron a cabo visitas a la planta de producción para conocer de primera mano los procesos y las posibles fallas que podrían estar afectando el rendimiento general. Posteriormente se analizaron las respuestas del VOC y se creó un diagrama de Pareto para identificar el problema clave el cual se lo tradujo en requerimiento críticos del cliente (CCR) y características críticas de la calidad (CTQ's).

Voz del Cliente (VOC)

Las fuentes de información para capturar la Voz del cliente (VOC) en este caso fueron tomadas al Gerente de planeación y gestión de planta, como apoyo a este fueron jefes del área de producción y mantenimiento, junto a los supervisores y operadores. Para este caso de estudio se ha dividido la voz de cliente en dos partes escuchar y la investigación.

Escuchar.

Se tuvo reuniones con el gerente para identificar los problemas o inconvenientes que se están teniendo dentro del proceso, el problema que se identificó fue el rendimiento de las empacadoras, debido a los paros extensos que estas tienen, adicionalmente a este problema se tiene un exceso de traslapado. Este está dado por la ineficiencia de la empacadoras cuando se tiene averías mecánicas u operativas, este traslapado influye de manera negativa a la cámara de almacenamiento de producto terminado, ya que está ocupando espacios que deberían ser usados netamente por el producto terminado. Si el traslapado tiene un volumen grande en el almacenamiento, este procede a ser un reproceso de empaque, es decir se toma el producto que no fue empacado correctamente por las averías de las empacadoras, y proceder a empacarlo de forma correcta para un cliente que acepte las condiciones de ese producto.

Investigar.

Luego de las reuniones que se realizaron con el gerente de planeación y gestión de planta con los problemas preestablecidos se procedió a recolectar información adicional para identificar los problemas a partir de pequeñas entrevistas directas realizadas a los supervisores y operadores involucrados en los procesos del día a día de la empresa. Entre las preguntas que se realizaron fueron las siguientes:

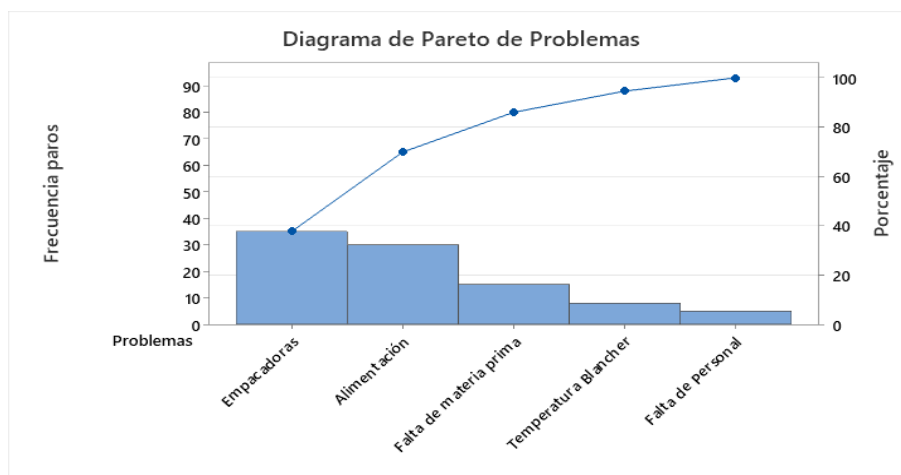
- ¿Cuáles son los paros más frecuentes que se tienen durante una producción?
- ¿Son significativas esos paros para la producción?

Pareto de las causas de paros en la producción más frecuentes

Luego de analizar las respuestas de VOC y complementado a esas respuestas, las visitas que se realizaron las primeras semanas de la fase definir se cuantifico los resultados llegando a establecer un diagrama Pareto el cual se muestra en la Figura 4, a la conclusión que se llega mediante la gráfica es que el 20% las paras de producción están contribuyendo al 80% de los desafíos en el proceso. Las paras más representativas son paras por empacadoras y paras por alimentación, es decir se tiene problemas al momento de alimentar pallets al proceso de empaque

Figura 4

Diagrama de Pareto de las causas de paros más frecuentes en la producción



Nota. El gráfico representa las causas frecuentes de paros en la producción, es decir explica que el 20% de las paras están dadas por paras en el área de empaque y alimentación.

Una vez identificado el problema clave se puede establecer los requerimientos críticos del cliente CCR y los CTQ's, que serán claves para la fase siguiente medición el análisis completo y detallado del VOC se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1

Voz del cliente (VOC) a CTQ's

Problema Clave	Requerimientos críticos del cliente (CCR)	CTQ's
El desempeño de la eficiencia de las empacadoras para el área de empaque no está cumpliendo los tiempos y porcentajes de desechos permitidos	Reducir los tiempos de paras no programadas en las empacadoras.	Tiempos de para razonables
	Reducir los desechos de fundas plásticas por traslapado en las empacadoras	Porcentaje de desecho de fundas bajos

Nota. En esta tabla se detallan los requerimientos claves del cliente (CCR) y los requerimientos críticos del cliente (CTQ's), Los cuales fueron realizado en base al análisis de la Voz del Cliente (VOC).

Diagrama de flujo de proceso de la empresa

La empresa del caso de estudio cuenta con dos líneas de producción, siendo la línea uno procesadoras de brócoli congelado mediante el proceso de congelamiento rápido individual (IQF), por otro lado, la línea 2 es polifuncional ya que se procesa brócoli al igual que en la línea uno; sin embargo, esta línea tiene la capacidad de procesar coliflor, kale, col, Pero también se elabora pure de los vegetales mencionados, otra de las funcionalidades de la línea es procesar arroz de coliflor. Para el presente caso se hará énfasis al brócoli, pues este es su producto más procesado y vendido.

Las etapas del procesamiento del Brócoli para ambas líneas tienen el mismo proceso empiezan en la recepción de materia prima, seguidamente pasa al área de corte o tamizado según corresponda, una vez terminados esos procesos se puede seguir a la etapa de procesamiento la cual está ligada en conjunto con el proceso de empaque y finalmente el producto es almacenado. El diagrama de flujo de estos macroprocesos se encuentra referenciados en el Anexo 1.

Medir

Dado que en la fase Definir se obtuvo mayores problemas relacionados en con el área de empaque, se elaboró un diagrama de flujo del proceso y empaque, para tener una visión clara de cómo está funcionando el proceso actual en la empresa (Ver Anexo 2). La empresa no cuenta con formatos o registros preliminares para llevar el control de paras programadas y no programadas de las empacadoras, la única información o fuente de datos, de las empacadoras es la cantidad de traslapado que se tiene durante la producción diaria. Es importante en empresas industriales llevar registros con información que permita medir el rendimiento de las operaciones o de un proceso para lograr una mayor competitividad y tener un mejor control de los equipos (Diaz,2020).

La empresa establece que el porcentaje de desechos de plásticos de fundas para el área de empaque tiene como límites desperdicios de plástico de proveedores internacionales en un 6% y para proveedores nacionales un 8%. Y un traslapado por empacadoras permitido hasta un 6%, esta información fue proveída por el jefe de producción de la empresa y el asistente de mantenimiento.

Plan de recolección de datos

Para establecer el plan de medición, se debe seleccionar lo que se quiere medir, en el presente caso de estudio, se quiere medir los tiempos de paras de las empacadoras, pues la

empresa ha venido teniendo problemas de paras frecuentes en el área de empaque. De forma general para tener idea de lo que se quiere medir se estratifico de la siguiente forma como lo muestra la Tabla 2 tomando los CTQ's establecidos en la fase definir.

Tabla 2

Estratificación

Preguntas	Factores
¿Quién?	Área de empaque de una empresa procesadora y exportadoras de brócoli congelado
¿Qué?	Tiempos y causas de paras Porcentaje de desechos de fundas plásticas
¿Cuándo?	Periodo de un mes
¿Dónde?	En el Cantón Mejía, sector San Alfonso

Nota. Plan de recolección de datos, con un resumen detallado a quién, qué, cuándo y dónde se realizará la recolección de datos.

En el plan de recolección de datos será netamente para el área de empaque de la empresa, donde se llevará el registro de los tiempos de paras, las causas por las que se dan las paras, cantidad desechos que se tienen durante la producción, los responsables de llevar el registro serán los operadores de las empacadoras, el plan de medición detallado se lo presenta en el Anexo 3, para que este plan se lleve de manera satisfactoria, de forma previa se creó un registro denominado TVC por sus iniciales T de Tiempo, V de Velocidad y C de Calidad, en el cual se podrán registrar las mediciones requeridas en el plan de medición, este registro se muestra en el Anexo 4.

Esta idea se replicó a partir del proyecto ejecutado en la empresa Provefrut la cual se desempeña en el mismo sector agroindustrial de la empresa del caso de estudio, dentro de

esta se implementó un registro denominado TVC por sus iniciales Tiempo, Velocidad y Calidad, este registro fue usado para la medición de los tiempos improductivos de las empacadoras. Según Balarezo (2011) este tiempo es tomado desde que la empacadora deja de sellar producto hasta que el proceso de sellado se incorpore de nuevo. Por otro lado, la información que se proporciona en este registro puede ser utilizada para el cálculo de la velocidad real de la empacadora las cuales están dadas en unidades de golpes/min lo que representa cuantas fundas se producen por minuto. Esta velocidad permite comparar el valor teórico que está definido por la empresa dependiendo sus presentaciones de empaque respecto al valor real que es el que se calculara a partir de los registros. Estas velocidades se muestran en el Anexo 5. Finalmente, como información adicional que se da es el porcentaje de desperdicios que se están dando en la producción diaria por empacadora.

Plan de muestreo

Para el presente caso de estudio se hará uso de un muestreo no probabilístico usando la técnica del muestreo consecutivo esta técnica es utilizada en estadística para recopilar datos de manera secuencial y continua (Matin,2005).

Como se mencionó en el punto anterior la forma que se recolectarán los datos, será mediante registros los cuales serán llenados por los operados de las empacadoras cada que ocurra alguna para de cualquier tipo ya sea sistemática, operativa o mecánica. En el contexto de la empresa se tiene 4 empacadoras, cada una tiene 1 operador, ellos mantienen turnos rotativos de 12 horas cada uno. Tomando en cuenta esta información, diariamente se tendrá 16 hojas de registros y en esta pueden existir paros de diferentes tipos. Es importante obtener todas las paras en el área de empaque para evaluar de forma real la situación actual de las empacadoras y en base a esto establecer una línea base con ayuda de indicadores de

rendimiento, disponibilidad y calidad. En el Anexo 6 se proporciona un ejemplo de muestra de cómo estos registros fueron completados.

Indicadores

Dentro del marco del proyecto se implementarán indicadores claves de rendimiento, disponibilidad y calidad con el objetivo de evaluar la eficiencia global de los equipos conocidos como el OEE (Overall Equipment Effectiveness). Estos indicadores proporcionaran una evaluación integral de la eficacia operativa de las empacadoras y su proceso. Su implementación no solo permitirá identificar áreas de mejora, sino que también brindará una comprensión profunda de como maximizar las productividad y calidad en la producción.

Disponibilidad

La disponibilidad se refiere al tiempo durante el cual una maquina esta lista para realizar su función, este indicador evalúa la eficiencia en la gestión de tiempos de inactividad no planificados como paradas imprevistas o tiempos de espera (Irim, s. f.). Para calcular la disponibilidad se la realizo a partir de la siguiente ecuación:

$$Disponibilidad = \left(\frac{\text{Tiempo total disponible} - \text{Horas de para de la maquina}}{\text{Tiempo total disponible}} \right) * 100$$

Rendimiento

El indicador de rendimiento mide qué tan eficientemente una máquina está operando en comparación con su capacidad máxima teórica. Evalúa la velocidad de producción real en relación con la velocidad teórica óptima, teniendo en cuenta cualquier tiempo de inactividad programado. Un alto rendimiento indica una utilización eficiente de la maquinaria y sugiere

oportunidades para mejorar la velocidad y eficiencia de los procesos. (Admin & Admin, 2023). El rendimiento se lo calcula mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{Velocidad real}}{\text{velocidad planificada}}$$

Calidad

La calidad se refiere a la proporción de productos o unidades producidas que cumplen con los estándares de calidad especificados. Este indicador evalúa la efectividad de la producción en términos de productos conformes y no conformes. Medir la calidad implica identificar y reducir defectos, lo que a su vez contribuye a la mejora general del rendimiento y la eficiencia del proceso (Noriega, 2019).

$$\text{Calidad} = \frac{\text{Piezas con buena calidad}}{\text{Total de piezas}}$$

OEE (Overall Equipment Effectiveness)

El indicador principal que se medirá será el OEE (Eficiencia Global de los Equipos), este indica la eficiencia real con la que están trabajando los equipos, según Pedro Balarezo, mencione en su proyecto de titulación realizado en Provefrut, esta empresa mantiene procesos, especificaciones y características similares a la empresa actual del caso de estudio, en Provefrut “se espera un valor entre 80% y 90% de este indicador, para el cálculos de estos porcentajes se basaron en el aprovechamiento del tiempo disponible de los equipos” (Balarezo, 2011).

La Eficiencia Global de los Equipos (OEE) es un indicador fundamental en la evaluación del rendimiento operativo de una empresa. Esta métrica proporciona una visión integral de la eficiencia de los equipos al considerar factores como la disponibilidad, el rendimiento y la calidad. La fórmula del OEE se expresa como el producto de estos tres

componentes, representando así la eficiencia real con la que operan los equipos. La ecuación del OEE se puede expresar de la siguiente manera:

$$OEE = Disponibilidad \times Rendimiento \times Calidad$$

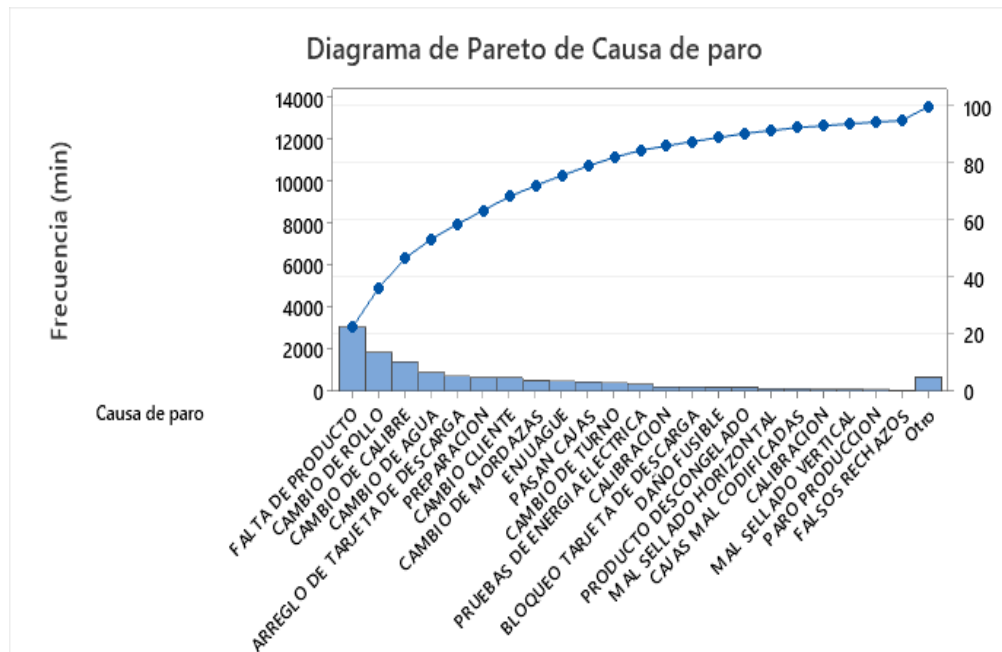
Otra fuentes mencionan que para mantener un indicador OEE aceptable este debe estar dentro del intervalo de 75 % y 85% sin embargo esto no quiere decir que la empresa tiene un alto nivel de competitividad ya que se siguen produciendo ligeras pérdidas económicas por ende no debe conformarse con esos resultados se debe buscar una mejora continua para elevar el porcentaje arriba del 85%, por otro lado si este indicador es menor al 65% la eficiencia de los equipos es inaceptable, por lo que se producen importantes pérdidas económicas además de eso explica una baja competitividad Noriega (2019).

Analizar

Para la fase analizar se hizo énfasis en la información obtenidas de los registros TVC, completados durante el periodo del mes de octubre del año 2023, esta información permite cuantificar las causas principales que generan tiempo improductivos en las empacadoras, tomando como base las herramientas estadísticas como el Pareto, Ver Figura 5. Del diagrama Pareto realizado se puede analizar que el 80% de los tiempos improductivos, están dado por causas por falta de producto, esta causa se refiere cuando la empacadora se queda sin producto, por un periodo de 1 minuto a 5 minutos o más, para que las empacadoras funcionen constantemente, se requiere que las velocidades de alimentación sean adecuadas. Como se puede ver en la Figura 6 de una alimentación teórica de 2300 (kg/h) se tiene variación, en cuanto al valor teórico que propone la empresa, por lo que se dice que las velocidades no están estandarizadas a la realidad de la empresa.

Figura 5

Diagrama de Pareto de las causas de los paros en las empacadoras

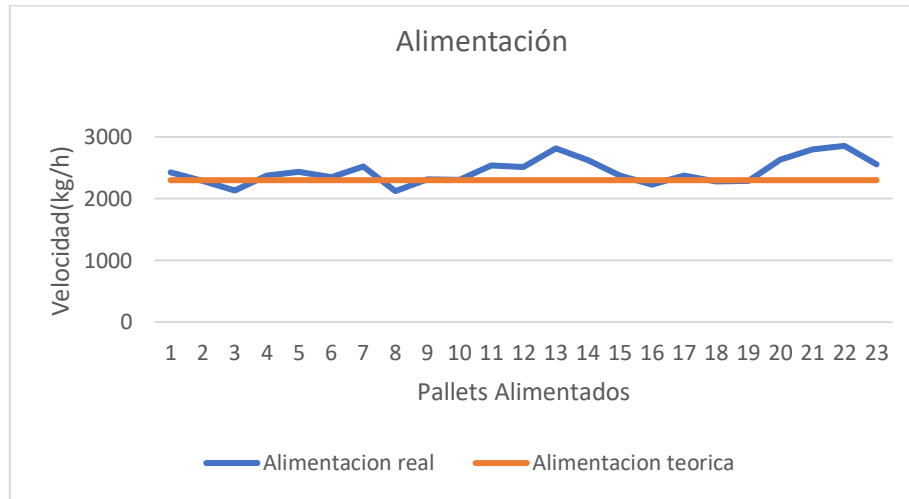


Nota. El gráfico representa la frecuencia de paros en las empacadoras las cuales están representas mediante un diagrama Pareto donde la mayor parte de tiempos improductivos están dados por la Falta de producto y cambios de rollo.

Por otro lado, se tiene que otros de los paros que representa el 80% de los tiempos improductivos de las empacadoras son los cambios de rollo, pues la empresa establece como estándar que este tiempo debería ser como máximo 5 minutos por cambio de rollo.

Figura 6

Velocidades de alimentación de pallets con brócoli a ser empacado



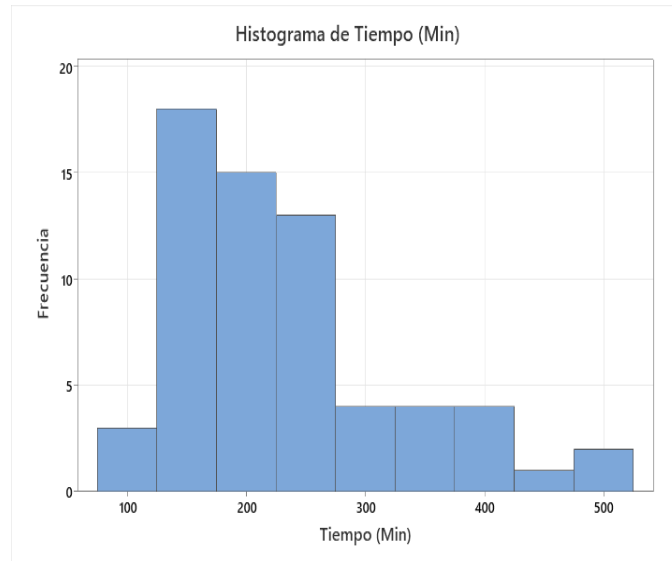
Nota. El gráfico representa las alimentaciones de pallet al proceso, como se puede ver estas velocidades no están estandarizadas a los valores teóricos propuesto por la empresa.

Análisis de tiempos de paras (improductivos)

Dentro del presente apartado se tiene paras de los tiempos de limpieza, el estándar establecido por la empresa son 6 horas un total de 360 minutos, para una limpieza profunda, estos tiempos no pueden ser cambiados ya que deben cumplir con las normativas y especificaciones de los clientes, este tipo de limpieza es realizada los lunes y jueves. Por otro lado, se tiene las limpiezas diarias las cuales tienen una duración de 4 horas lo que equivale a 240 minutos. En la Figura 7 se representa los tiempos de limpieza y se visualiza que los tiempos establecidos no están cumpliéndose, lo que conlleva una duración de limpieza mayor a los parámetros que la empresa establece.

Figura 7

Histograma de tiempos de limpieza (Min)



Nota. El gráfico representa los tiempos de limpieza analizados, el estándar de la empresa es de 240 – 360 minutos, analizando los resultados de la gráfica se puede ver que algunos valores sobrepasan sus límites.

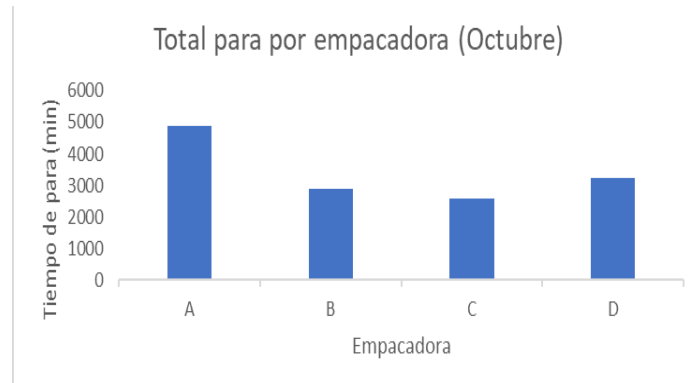
Mediante observaciones durante el proceso de limpieza se logró llegar a la conclusión que estos tiempos son mayores debido a que no se cuenta con la cantidad necesaria de mangueras para la limpieza, y en ocasiones los operadores deben compartir el material lo que retrasa el proceso, y hace de estos tiempos estándares mayores.

Otro de los análisis realizados son los tiempos de inactividad por empacadora como lo muestra la Figura 8, como se puede ver la empacadora A tiende a tener la mayor cantidad de paros, seguida por la empacadora D, las paros de la empacadora D se debe a que en el mes que se realizó la toma de datos, esta empacadora recién empezó su funcionamiento es decir se implementó una empacadora nueva debido a que la que tenían ya cumplió con su vida útil. Por ende, los paros ocasionados en esta empacadora se deben a que los operadores se estaban

capacitando para el funcionamiento de esta nueva empacadora ya posee de tecnología moderna y avanzada.

Figura 8

Histograma de tiempos de limpieza (Min)



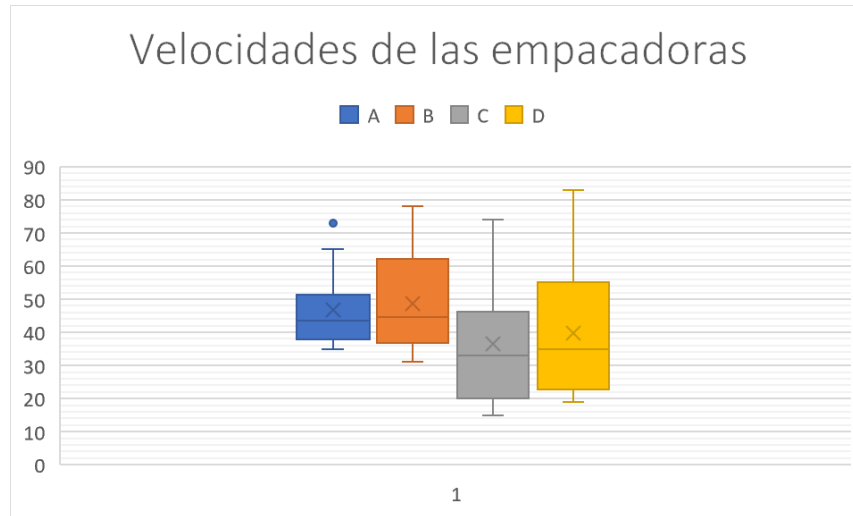
Nota. La gráfica representa el tiempo de paras por empacadora en minutos, donde la empacadora A y D tienen la mayor cantidad de paras no programadas.

Análisis de velocidades

Otros de los análisis que se realizó tomando como base los datos de la fase de medición, son los golpes por minutos a los que está corriendo las empacadoras, las velocidades de estas varían dependiendo la presentación que se esté produciendo y también depende de la empacadora como tal, ya que no todas las empacadoras tiene la misma capacidad de empaque, debido a que unas tienen varios años en funcionamiento y otras son más nuevas. Las velocidades de las empacadoras oscilan entre 30 – 80 golpes por minuto, para tener una idea más clara y real de las velocidades de las empacadoras se realizó un diagrama BoxPlot, en el cual se explica la empacadora que tiene mayor velocidad, mediante estos gráficos también se explica la variabilidad que existe en las velocidades de cada empacadora y en que empacadora se espera mayores volúmenes de fundas empacadas. Ver Figura 9.

Figura 9

Velocidades de la empacadoras



Nota. La gráfica representa la variabilidad y dispersión de las velocidades (golpes/min) de cada una de las empacadoras.

Dentro del análisis gráfico se puede ver que la empacadora que tiene menor variabilidad es la empacadora A y sus datos están dispersos hacia arriba de la mediana. Lo cual se interpreta que esta empacadora tiene velocidades que van desde los 40 golpes por minuto a los 65 golpes por minuto. Por otro lado, la empacadora B que se encuentra en la misma línea de producción que la empacadoras A su dispersión de igual forma esta hacia arriba.

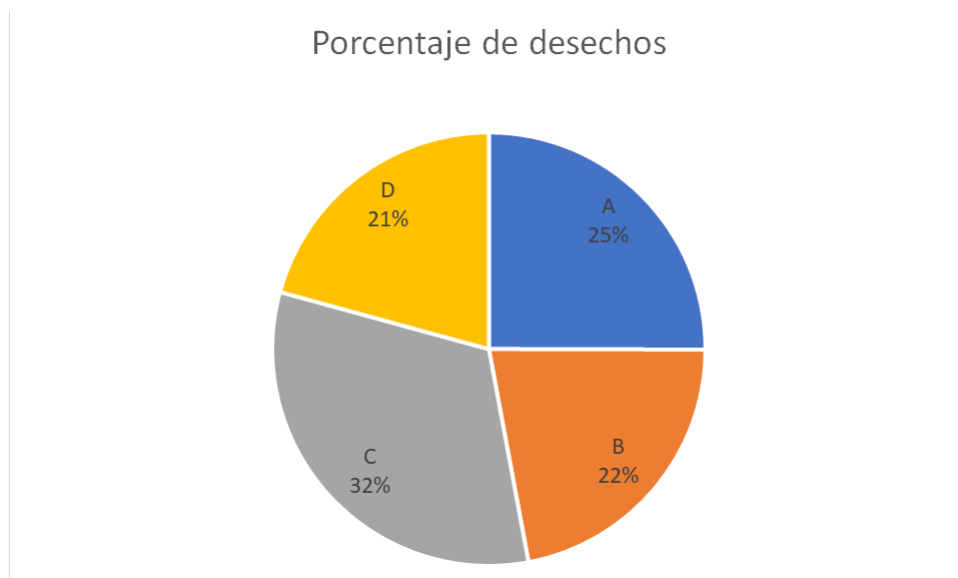
Para las empacadores C y D se observa que sus velocidades son menores a las velocidades de la empacadora A y B, esto se puede explicar por la variedad de paros que se ocasionan dentro de estas dos empacadoras. Otro de los motivos por el cual se explica esta diferencia en la empacadora D es debido a que es una empacadora nueva que se instaló durante el proceso de medición de datos y es por esta razón se puede observar mayor variabilidad en esta empacadora.

Análisis desechos de plástico por empacadoras

Otro de los análisis que se pueden realizar a partir del registro establecido es la cantidad de plástico que se están desperdiciando, los resultados que se obtuvieron hasta la fecha se muestran en la Figura 10. De la gráfica se interpreta que las empacadoras gastan proporciones similares en cuanto al plástico, sin embargo, en la empacadora C tiene un porcentaje relativamente diferente a las demás empacadoras. Estos desperdicios están fuera de los límites permitidos por la empresa, ya que el porcentaje permitido es 8% y en este análisis los límites salen de control con el triple de porcentaje desperdiciado.

Figura 10

Porcentaje de Desecho



Nota. La gráfica representa el porcentaje de los desechos de cada empacadora, durante el tiempo que se realizó la recolección de datos.

Las principales causas por las que se dan los desperdicios de rollos durante la producción pueden verse relacionado con los paros más frecuentes explicado en la sección Analizar. Debido a que con cada uno de estos paros ya sean operativos o mecánicos existe el riesgo de que empiece a salir traslapado. En los casos más frecuentes que sale este traslapado

son el las paras por cambio de rollo, ya que deben sacar el producto congelado y colocarlos en fundas más grandes, lo que ocasión que todas las fundas de este traslapado sean desechadas. Sin embargo, pueden existir factores alternos que influyen en el desperdicio de fundas y estos son los siguiente:

- Frecuentes cambios de producción
- Velocidades reducidas
- Condiciones mecánicas diferentes
- Cada operador, maneja la maquina a su conveniencia es decir no existe una estandarización de calibración de la empacadoras.

Al concluir la fase de analizar se ha logrado identificar que las causas primordiales que subyacen al problema previamente definido mediante herramientas estadísticas como el diagrama Pareto revela que el 80% de los tiempos improductivos en las empacadoras se atribuyen principalmente a la falta de producto y cambios de rollos. La falta de producto surge de variabilidades en las velocidades de alimentación, evidenciando la falta de estandarización en los procesos. Por otro lado, los cambios de rollo que deberían durar un máximo de 5 minutos según el estándar establecido por la empresa, y la realidad es que exceden este tiempo en la práctica.

Implementar

La fase implementar contiene dos partes, en la primera parte, se realizará un sistema de medición automatizado, mediante la herramienta de Excel, con el objetivo que la recolección de los datos futuros para el análisis de KPI's este exento de errores humanos. Debido a que en fase de analizar se tuvo problemas de validación, ya que algunos registros no eran completados en su totalidad y otros tenían valores erróneos por ello se realizó una herramienta de recolección de datos automatizada, mediante POKA YOKE y JIDOKA.

La implementación anterior será conjuntamente usada para el análisis de los datos futuros, la cual será el resultado final que dejaremos a la empresa para que continúen sus mediciones a futuro. La herramienta que se dejará tendrá dos fases, la fase de validación de datos y la fase resultados. Dentro de la validación se podrá tener los registros digitados hasta la fecha en tiempo real para ello se usará un Excel el cual sea compartido para los involucrados de este proyecto. La persona encargada de validar los datos debe corroborar que esa información sea válida lo debe hacer mediante la revisión de plan de producción y el sistema del inventario del producto terminado con respecto al número de cajas producidas. Una vez que esos datos hayan sido evaluados, en la fase de resultados se podrá observar los indicadores y gráficas como un *Dashboard* con información relevante e importante para tomar futuras decisiones. Por otro lado, se desarrolló un balance de líneas ya que las velocidades de alimentación no estaban surgiendo acorde a lo establecido por la empresa.

Balance de línea

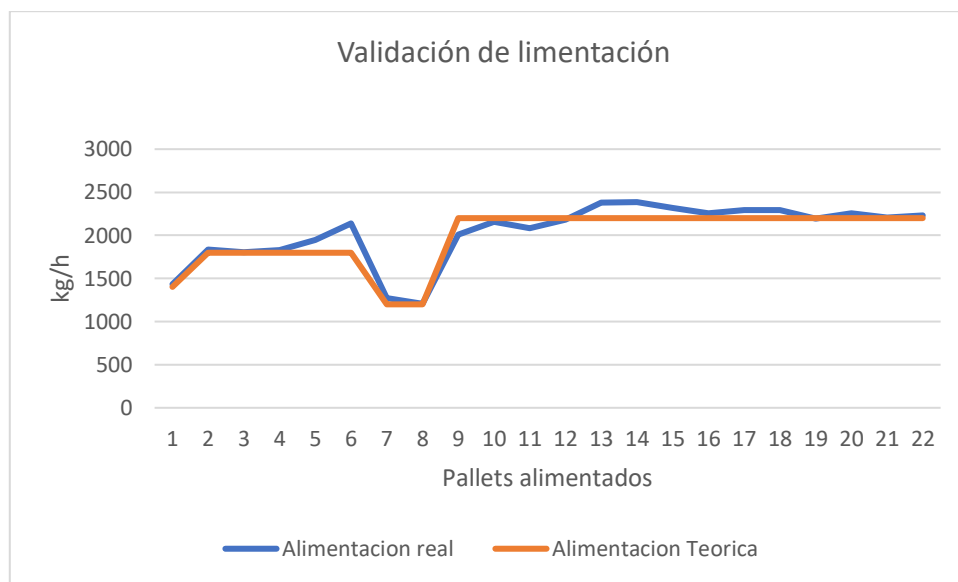
El balance de líneas es una práctica utilizada en la gestión de operaciones y la planificación de la producción, especialmente en entornos de manufactura. Se realiza con el objetivo de lograr una distribución equitativa y eficiente de trabajo entre las estaciones de producción en una línea de proceso. El objetivo por el cual se realizó un balance de línea es por la cantidad de paras por falta de producto la cual se identificó, que la causa primordial eran las variaciones de velocidades de alimentación que estas poseían, Pues estas eran muy variables. Estas velocidades están dadas por Kilogramos horas, es decir cuántos kilos pueden ser alimentados y empacados cada hora.

Para la aplicación de esta se empezó por analizar las velocidades actuales de cada estación de trabajo en la línea de producción. Se recopiló datos sobre las velocidades reales de cada empacadora y se evaluó la variabilidad entre ellas.

Una vez establecido esto se definió las velocidades estándares las cuales deben ser realistas y factibles para cada línea. Estas velocidades deben basarse en las capacidades reales y considerar cualquier variabilidad natural que pueda surgir en el proceso de producción. Una vez estandarizadas las velocidades de alimentación se tiene que con esta implantación se logró reducir la variabilidad de velocidades de alimentación Ver Figura 11.

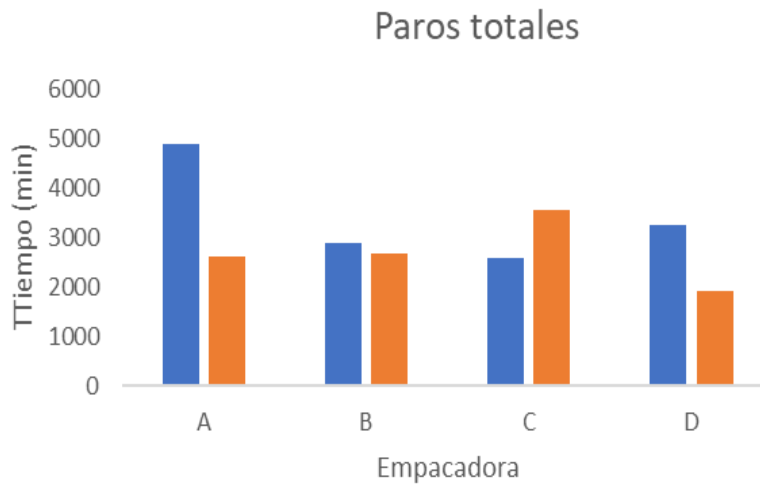
Figura 11

Validación de alimentación



Nota. La gráfica representa las velocidades de alimentación validadas, y dentro de esta existe menos variabilidad de la alimentación real respecto a la alimentación teórica.

Para la validación de estas velocidades se tomó en cuenta el tamaño o calibre de cada presentación de brócoli que esta empresa tiene, ya que inicialmente no tenían una velocidad estándar para cada tipo de calibre. Como se observa la variabilidad se redujo a diferencia de la Figura 6 que se vio en la fase de analizar, además estos resultados se reflejan luego de implementar en la cantidad de paro por empacadora logrando reducir en general un 14% de paras no programadas. Ver Figura 12.

Figura 12*Paros totales por empacadora*

Nota. La gráfica representa los paros por empacadora en el Mes de Octubre y Mes Noviembre donde el mes de octubre se representa de color azul y el mes de noviembre con naranja.

SMED

Esta herramienta se tomó a consideración ya que “permite reducir los tiempos de cambio de útiles, contribuyendo así al aumento de la flexibilidad, a la reducción de despilfarros y a la mejora de la productividad” (Gil M et. al, 2012). Considerando la utilidad y aplicación de esta herramienta se aplicó en este estudio ya que se quiere reducir el tiempo de paro respecto al cambio de rollo ya que actualmente se tiene tiempos mayores a cinco minutos. Esto debido a que no se tiene un procedimiento específico para este paro depende mucho de los operarios lo cual hace que haya mucha variabilidad en los tiempos. Los tiempos que se tuvieron en la recolección de datos inicial fueron los que se detalla en la Tabla 3.

Tabla 3

Tiempo de cambio de rollo mes de octubre

EMPACADORA	CAMBIO DE ROLLO
A	0:04:35
B	0:05:43
C	0:05:08
D	0:04:48

Nota. La tabla presenta los tiempos promedios de cambios de rollo en cada una de las empacadoras antes de aplicar el SMED.

Una vez que se hizo el análisis de este para se determinó la implantación del SMED considerando los siguientes puntos detallados en la Tabla 4.

Tabla 4

Planeación del SMED

Etapas	Planeación
Preparar	<ol style="list-style-type: none"> 1. Determinar el cambio de útiles: Cambio de rollo 2. Grupo de Trabajo: Operarios de las empacadoras 3. Mejoras propuestas: Tener listo el rollo para ser cambiado y tener listo los útiles que se usa al momento de cambiar el rollo.
Desarrollar	<p>Aplicación de las mejoras propuestas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tener listo el rollo para ser cambiado: antes que se termine el rollo los operarios ya deberán tener en

	<p>su puesto de trabajo el siguiente rollo que va a ser utilizado.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tener listo los útiles que se usa al momento de cambiar el rollo: Para el cambio de rollo los operarios utilizan una cinta adhesiva la cual se ayuda para que el cambio de rollo sea más rápido por lo cual, esta cinta deberá estar corta antes que se acabe el rollo para tener listo al momento de cambiarlo.
Comprobar	Tomando en cuenta las mejoras propuestas ponerlas en acción, tomar los tiempos y analizar comparando con los datos iniciales.

Nota. Procedimiento de aplicación del SMED en los cambios de rollo, este procedimiento se divide en tres pasos, estos son preparar, desarrollar y comprobar. Los cuales se encuentran detallados en la presente tabla.

Una vez ejecutada esta herramienta se pudo disminuir este tiempo a pesar de que no se disminuyó minutos si se puede observar que hay un cambio significativo en segundos pues ya no se tiene tiempo mayores a cinco minutos. Ver tabla 5.

Tabla 5

Tiempo de cambio de rollo mes de noviembre

EMPACADORA	CAMBIO DE ROLLO
A	0:04:28
B	0:04:51
C	0:05:00
D	0:04:43

Nota. La tabla presenta los tiempos promedios de cambios de rollo en cada una de las empacadoras luego de aplicado el SMED.

Controlar

Para monitorear las mejorar implementadas se debe documentar y medir como está influyendo estas propuestas por ello, el plan de monitoreo se llevare mediante mails en el cual se detallará diariamente el aprovechamiento de las empacadoras, las causas de los paros, el porcentaje de desecho, rendimiento de las empacadoras, la calidad en cuanto al número de unidades producidas respecto a unidades almacenadas y el OEE. Estos mails fueron enviados a todos los jefes de cada área quienes tienen que controlar diariamente si estas variables están dentro de los límites establecidos. El ejemplo de cómo se enviaron estos mails de control se encuentra en el apartado de Anexos. Ver anexo 7. Los límites de control, que se deben tener en cuenta en estos reportes diarios, son los siguientes:

- Aprovechamiento de las empacadoras: se espera tener un aprovechamiento del 75% en cuanto al % total trabajado.
- Causas de los paros: se espera tener más paros sistemáticos los cuales son necesarios para que la producción continúe.

- Porcentaje de desecho: se espera tener un porcentaje inferior al 6% en plástico internacional y un 7% en plástico nacional.
- Rendimiento de las empacadoras: se espera que los golpes por minuto estén dentro de los requerimientos que tienen las empacadoras.
- Calidad en cuanto al número de unidades producidas respecto a unidades almacenadas
- OEE: se espera tener un OEE del 85% este indicador nos mide la productividad y eficiencia de los procesos.

Conclusiones

- En una empresa perteneciente al sector agroindustrial cuyo enfoque es el empaque de brócoli para su exportación, la eficiencia del proceso de empaque se ha visto comprometida por la ocurrencia recurrente de paros en las empacadoras, los cuales han sido atribuibles a interrupciones sistemáticas, mecánicas u operativas. Esta situación ha generado la presencia de productos en reproceso y una disminución significativa en la eficacia de las empacadoras. En respuesta a este desafío, se llevó a cabo una mejora en el proceso de empaque mediante la implementación de herramientas lean. Además, se logró minimizar los tiempos de inactividad mediante la incorporación de prácticas lean, las cuales están siendo rigurosamente controladas mediante indicadores de disponibilidad, rendimiento y calidad. Estas medidas combinadas han contribuido a una optimización notable en la eficiencia del proceso de empaque, mitigando los problemas previamente experimentados y promoviendo una operación más efectiva y rentable.
- La implementación de estrategias de mejora en el proceso de empaque ha generado resultados destacados, evidenciados por una significativa reducción del 14% en los paros no programados en las empacadoras. Simultáneamente, se logró un aumento del

23% en las velocidades de empaque, gracias a la aplicación de un balance de líneas que recalibró las velocidades de alimentación. Este enfoque no solo optimizó la eficiencia al reducir las interrupciones imprevistas, sino que también estandarizó las velocidades en todas las empacadoras, fomentando la uniformidad y coherencia en el proceso. Estos resultados resaltan la efectividad integral de la estrategia implementada, mejorando la productividad y la consistencia operativa en el proceso de empaque. Mediante la implementación del JIDOKA y POKA YOKA, para la herramienta de análisis de datos e indicadores, se minimizó el error humano, ya que la interfaz es más amigable a como en un inicio lo era. Y los resultados de análisis obtenidos a partir de esta implementación fueron mucho más realista a la realidad de la empresa.

- El SMED aplicado para este estudio ayudó a disminuir en un 5% el tiempo de cambio de rollo se tomó este paro ya que es uno de los paros con mayor frecuencia por otro lado, es importante recalcar que el cambio de rollo depende mucho de la experiencia de los operarios, sin embargo, el SMED ayuda que el personal que no tiene tanta experiencia sea más rápido.
- A pesar de la carencia inicial de datos históricos y de indicadores en la empresa, se logró abordar y resolver eficazmente la problemática mediante la aplicación de la metodología DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar). En respuesta a esta limitación, se introdujeron indicadores clave, abarcando áreas fundamentales como productividad, velocidad, calidad y aprovechamiento de las empacadoras. Este enfoque sistemático permitió no solo comprender la magnitud del problema, sino también establecer una base sólida para evaluar y mejorar continuamente el rendimiento del proceso de empaque. La adopción de indicadores significativos

facilitó un enfoque más preciso y cuantitativo, proporcionando a la empresa una visión integral de su desempeño operativo.

Recomendaciones

- Otra de las aplicaciones que recomienda implementar a futuro a la empresa es el AMEF, esta herramienta ayudara a la empresa que después de identificadas las paras más frecuentes que se hayan tenido a lo largo de la semana se aplique el AMEF ya que este identifica, evaluar y mitigar los posibles modos de falla, y sus efectos en el proceso. Con la ayuda de esta herramienta, que ofrece una visión general exhaustiva de los riesgos potenciales, las organizaciones pueden mejorar la calidad, la seguridad y la confiabilidad mientras evitan errores costosos, retrabajos y situaciones de emergencia. Al dar prioridad a acciones correctivas basadas en riesgos que mejoran la efectividad operativa, la satisfacción del cliente y el cumplimiento de los estándares de calidad y seguridad, AMEF también promueve la mejora continua (Montalbán.2015).
- Habilitar nuevas mangueras tanto de detergente como agua para que el tiempo de limpieza sea optimo.
- Llevar un control de calidad de los rollos previos al inicio de la producción para evitar desperdicios no deseados y cambios frecuentes en los rollos.

Limitaciones

- Los operadores no completan los registros diarios o dejan espacios del registro sin completar, lo cual dificulta el análisis de datos. Además, durante la digitación de los datos se tienen errores al momento de registrar paros. Por lo que en ocasiones se debía realizar un cuadro de horas previo para determinar los indicadores.

- La empresa no contaba con un historial previo de indicadores por lo que no se pudo comparar un antes y un después durante el periodo de duración del proyecto

Referencias bibliográficas

- Admin. (2020). Retos para el sector agroindustrial en 2021. *UDLA*.
<https://www.udla.edu.ec/liderazgo/blog/2020/12/14/retos-para-el-sector-agroindustrial-en-2021-2/>
- Admin, & Admin. (2023). KPI's: Indicadores de gestión en maquinaria pesada. Tegnum |.
<https://tegnum.edu.pe/kpis-indicadores-de-gestion-en-maquinaria-pesada/>
- Alaire, G. (2022). Ecuador y sus principales productos de exportación. *Grupo Alaire*.
<https://grupoalaire.com/comercio-exterior/ecuador-y-sus-principales-productos-de-exportacion/>
- Alberto, G. R. O. (2022, 15 mayo). *Propuesta de mejora mediante la aplicación de herramientas de lean manufacturing para reducir costos en el proceso de packing de una empresa agroindustrial*. <https://hdl.handle.net/11537/30967>
- Bohórquez Avilés, K. S. (2022). *Propuesta de mejora del proceso de congelación IQF de valor agregado en una empaadora y exportadora de camarón mediante la metodología DMAIC* (Doctoral dissertation, Universidad de Guayaquil. Facultad de Ingeniería Industrial. Carrera de Ingeniería Industrial.).
- Camacaro-Peña, M. A., Rodríguez, A. M. P., Aulestia-Potes, C. D., & Henao-Guerrero, M. G. (2021). Mapa de Cadena de Valor como una herramienta para la mejora de los procesos de cosecha y postcosecha en una empresa productora de piña. *Entramado*, 17(02), 226-242. <https://doi.org/10.18041/1900-3803/entramado.2.7636>
- Candelario, A. (2022, 24 marzo). *Los 10 'superfoods' que exporta Ecuador - CAMAE*. Camae. <http://www.camae.org/exportaciones/los-10-superfoods-que-exporta-ecuador/>

- Candelario, A. (2023, 21 junio). *Una empresa cacaotera lidera las exportaciones de superfoods - CAMAE*. Camae. <http://www.camae.org/exportaciones/una-empresa-cacaotera-lidera-las-exportaciones-de-superfoods/>
- Concepción, P. G. (2016, 1 junio). *Sostenibilidad del sector agroindustrial de Ecuador mediante el compostaje de sus residuos y el uso agrícola de los materiales obtenidos*. <http://hdl.handle.net/11000/5322>
- CONTROL PARA LA INDUSTRIA S.A. (2019, 26 julio). *Eficiencia Productiva de la Maquinaria industrial - CPI*. CPI. <https://www.cpi.com.ar/notas/eficiencia-productiva-de-la-maquinaria-industrial>
- Córdova-Palacios, E., Caraguay-Salinas, J., & Zamora-Campoverde, M. A. (2023). Los superfoods como una estrategia en el comercio sostenible de las exportadoras ecuatorianas al mercado europeo. *593 digital Publisher CEIT*, 8(3-1), 627-638. <https://doi.org/10.33386/593dp.2023.3-1.1788>
- De Lactoequipos, V. T. L. E. (2017, 13 noviembre). *MAQUINAS EMPACADORAS. LACTO EQUIPOS*. <https://lactoequipos.wordpress.com/2017/11/12/maquinas-empacadoras>
- EAE Business School* (2023, 4 septiembre). *Retos en Supply Chain | Blog sobre Supply Chain de EAE Business School Barcelona*. <https://retos-operaciones-logistica.eae.es/que-es-un-project-charter/>
- Enrique, C. B. C. (2017). *Aplicación de las herramientas de lean Manufacturing para el incremento de la productividad en el área de picking y packing del almacén Monsefú de Unión Ychicawa S.A 2017*. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/12139>
- GEA SmartPacker CX400*. (s. f.). GEA engineering for a better world. <https://www.gea.com/es/products/filling-packaging/vertical-form-fill-sealer-vffs-vertical-packaging/smartpacker-cx400-vertical-packaging.jsp>

Gil, M, et. al. (2012). Definición de una metodología para una aplicación práctica del SMED. *Técnica Industrial* n. 298, p. 46-54

González González, H., & Escobar Prado, C. A. (2021). Aplicación de la herramienta SIPOC a la cadena de suministro interna de una empresa distribuidora de medicamentos. *Revista Lumen Gentium*, 5(2), 119–134.
<https://doi.org/10.52525/lg.v5n2a8>

Gonzalez, P. (2023, 2 octubre). Una empresa cacaoera lidera las exportaciones de superfoods. *Primicias*. <https://www.primicias.ec/noticias/economia/superfoods-exportadores-alimentos-empresas-ecuador/>

Irim. (s. f.). Indicadores de disponibilidad. <https://renovetec.com/irim/14-revista-irim-6/304-indicadores-de-disponibilidad>

Iza, M., & Medina, A. (s.f.) DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA DOSIFICADORA Y EMPACADORA CONTROLADA POR PLC PARA LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE SNACKS DE LA EMPRESA ECUAMEX S.A.
<https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/6531/1/AC-MEC-ESPE-047102.pdf>

Kronen GmbH. (s. f.). *Empacadora FLEX L para alimentos - KRONEN | KRONEN GmbH*. <https://www.kronen.eu/es/soluciones/empacadora-flex-l#productdetail-437-portrait>

Lean manufacturing. paso a paso. (s. f.). Google Books.
https://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=&id=rjyeDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA7&dq=que+es+lean+manufacturing&ots=DIITyWzqfU&sig=f3INrl-LgJHsNoEIT3S06pBYJcg&redir_esc=y#v=onepage&q=que%20es%20lean%20manufacturing&f=false

Lean Six Sigma Green Belt. Manual de Certificación. (s. f.). Google Books.

https://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=&id=adD8DwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA351&dq=que+son+los+CTQs&ots=sx_drspWal&sig=vQiT2S6abJ2UyCIYKcBH8_tqOnE&redir_esc=y#v=onepage&q=que%20son%20los%20CTQs&f=false

Lopez, D. & Malan, A. (2015). Plan de negocios para la creación de una empresa agroindustrial productora de pulpa de fresa en la ciudad de Guayaquil.

<http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/3474>

Martín, J. R. (2005). Diseños de muestreo (II). *NURE investigación: Revista Científica de enfermería*, (12), 6.

Montgomery, D. C. (2012). *Statistical quality control*. John Wiley & Sons.

Montalbán Loyola, E., Arenas-Bernal, E. J., Talavera-Ruz, M., & Magaña-Iglesias, R. E. (2015). Herramienta de mejora AMEF (Análisis del Modo y Efecto de la Falla Potencial) como documento vivo en un área operativa. Experiencia de aplicación en empresa proveedora para Industria Automotriz. *Aplicaciones de la Ingeniería*, 230-240.

Negocios, E., & Negocios, E. (2022). Los 10 ‘superfoods’ que exporta Ecuador. *Ekos Negocios*. https://ekosnegocios.com/articulo/los-10-superfoods-que-exporta-ecuador?fbclid=IwAR1V41G-uuuY5dx2bRDUiiFjshLTke-f4JiHGbfvWuO7idODo1Jj_Uto9mY

Noriega Rodríguez, D. A. (2019). *Rendimiento del indicador OEE* (Bachelor's thesis, Quito).

Sale, M. (2013). Diagrama Pareto.

https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/44144377/Diagramde_pareto-libre.pdf?1459094480=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DDiagrama_de_Pareto.pdf&Expires=169780

3416&Signature=JUNRvwjapJvEuuc19KN4WcU6ylaYkm1gNc62w16Ju1vXeszz
9kZ16hNrHfQNCMKrooYfP4yK1aKFNUf2SlstkX5NkdCX6T-
Ko5aV8vgBY5qk-0d8gKfDh-
Gpb9uKpzOtSWSqKvmuRRz33FoWIchfdrzo9j2AdssTZYtx8dMjzfiN84376S-
vTbDYHISpG-
jCvSbWola1tcPqdCNly8Og4bFtdfI6~6lTHQmDHRDOTjH4n3VeSOIg4seXH3Pv
Hp3aWD7JaJTslc7yvduc6Qni-
cpfYVIenY4MFgDfnK2C9KqQVHoJcPIHXYkagJnObZH-
ZhPtElA~WDyZO2AkHWtJw_&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA

SafetyCulture. (2023, 12 julio). *DMAIC: una herramienta six sigma para el éxito* / *SafetyCulture*. <https://safetyculture.com/es/temas/dmaic/>

Saravia Huamán, Á. R. (2019). Diseñar una mejora de métodos en los procesos de empacado de hortalizas congeladas para incrementar la productividad de la empresa IQF del Perú

Silva-Baker et al. (2013). Agroindustrias para el desarrollo.

<http://www.lamolina.edu.pe/postgrado/pmdas/cursos/innovacion/lecturas/Adicional/20%20-%20da%20Silva%20et%20al.pdf>

Socconini, L. V. (2015). *Certificación Lean Six Sigma Green Belt: Para la excelencia en los negocios*.

Superfoods Ec. (2023, 2 junio). *Inicio - Superfoods EC*. Superfoods Ec -.

<https://superfoods.ec/>

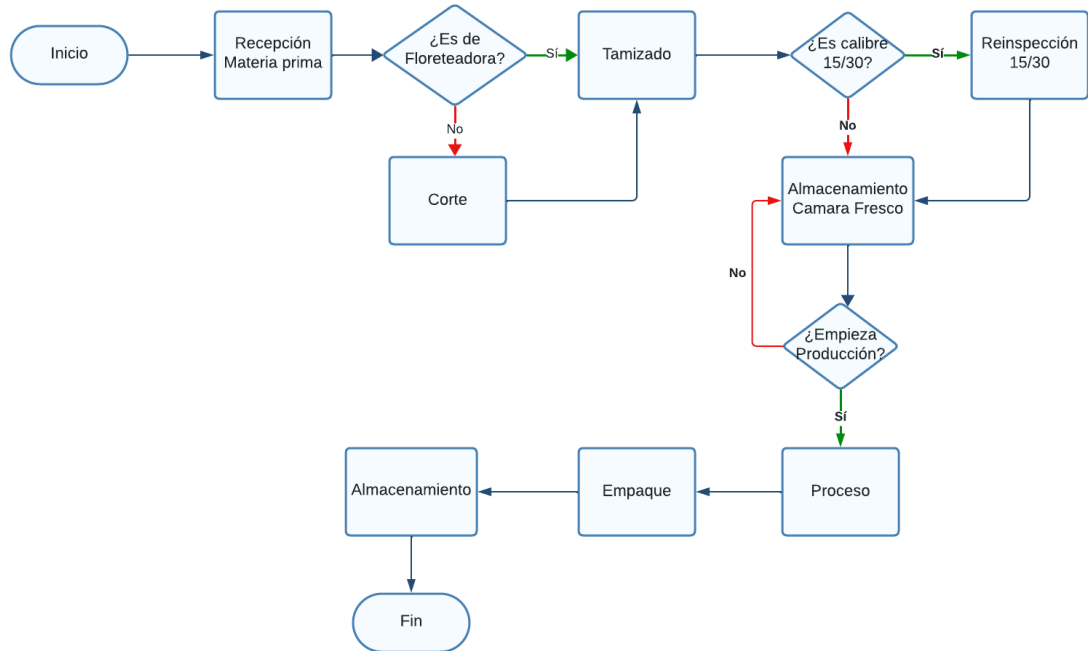
Tejeda, A. (2011). MEJORAS DE LEAN MANUFACTURING EN LOS SISTEMAS PRODUCTIVOS. *CIENCIA Y SOCIEDAD*, XXXVI (2011), 2.

<https://intranetrepositorio.intec.edu.do/server/api/core/bitstreams/214c79b6-6d68-40a6-b00c-219506366b58/content>

- Van Der Lingen, D. (2023, 14 marzo). The DMAIC Methodology - 5 phases of improvement. *TRACC Solution*. <https://traccsolution.com/blog/dmaic-methodology/>
- Viera, J. C. (2015, 1 agosto). *Análisis del proceso de producción del brócoli de una compañía productora de vegetales congelados en la ciudad de Quito y su impacto en la rentabilidad de la compañía Año 2014*. <http://repositorio.uisek.edu.ec/handle/123456789/1537>
- Wilfredo, Q. S. G. (2022). *Aplicación Lean Manufacturing con las herramientas SMED, VSM y Mantenimiento Autónomo para incrementar la disponibilidad en línea de envasado tortilla en la empresa Snack América Latina S.R.L., Lima 2022*. <https://hdl.handle.net/20.500.12867/7148>
- World Integrated Trade Solution. (2023, 19 octubre). *Ecuador Datos comerciales básicos: Valor más reciente*. WITS World Integrated Trade Solution. Recuperado 19 de octubre de 2023, de <https://wits.worldbank.org/countrysnapshot/es/ECU/textview#:~:text=Ecuador%20C%20exportaciones%20de%20bienes%20y,como%20porcentaje%20del%20PIB%2026.19%20%25>
- Xavier, O. T. G. (2010). *Plan de negocios para el cultivo y exportación de brócoli en la ciudad de Atuntaqui*. <http://dspace.udla.edu.ec/handle/33000/1740>

Anexos

Anexo 1. Diagrama de flujo Proceso de producción de Brócoli

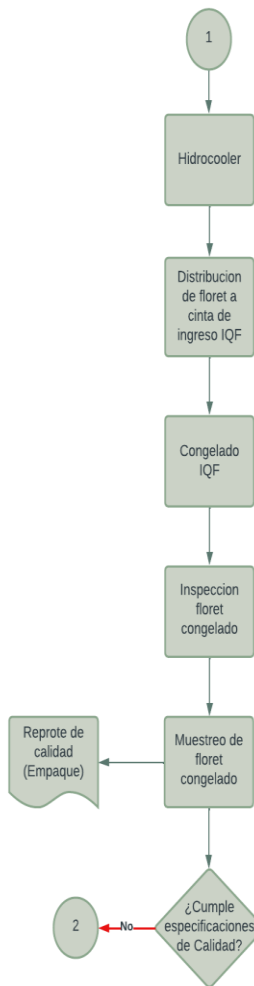
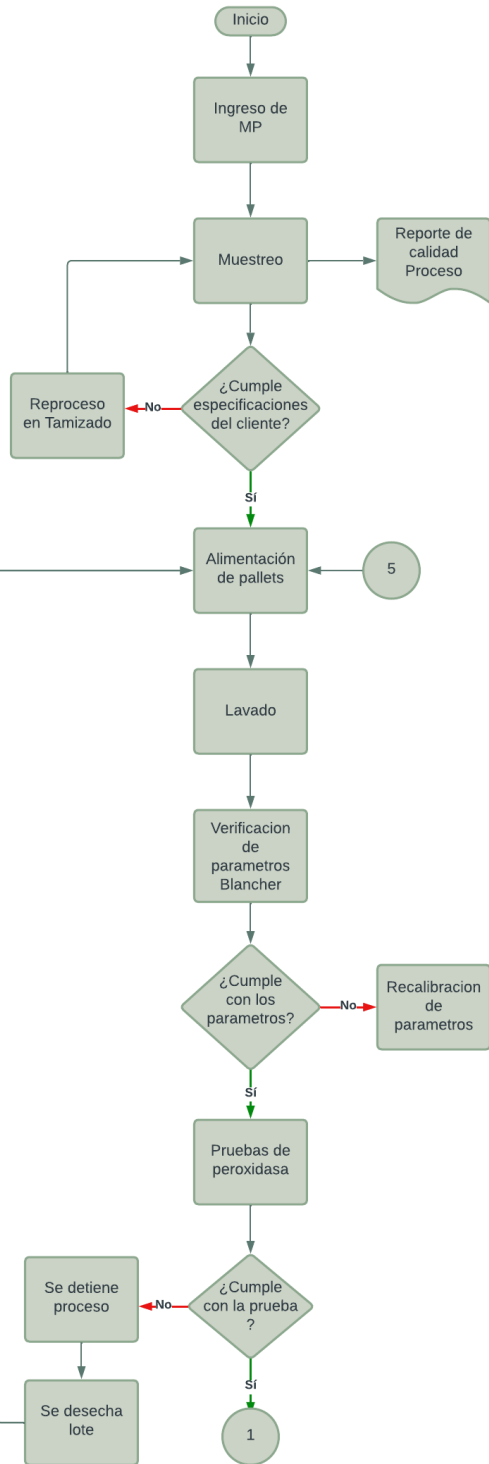


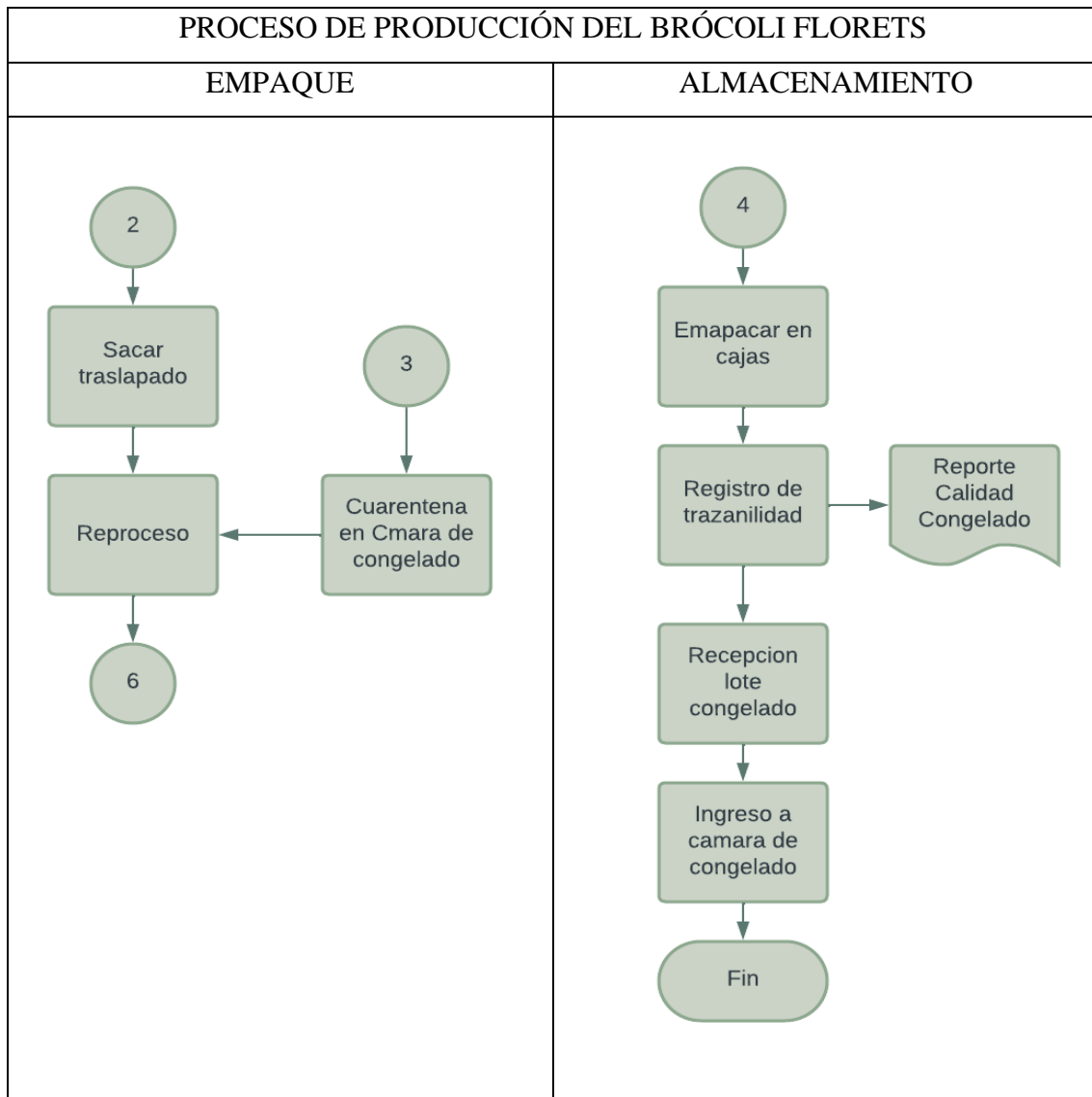
Anexo 2. Proceso detallado de la producción del Brocoli

PROCESO DE PRODUCCIÓN DEL BRÓCOLI FLORETS

PROCESO

EMPAQUE





Anexo 3: Plan de medición

Medición	Definición Operacional	Tipo de datos	Fuente	Frecuencia de recolección	Responsable
Tiempo de paras no programadas	Tiempo inactivo de la maquina	Continuo	Registro TVC preestablecido	Diario	Operador de la empacadora
Unidades producidas	Velocidad de la maquina	Discreto	Reportes de la empacadora	Diario	Operador de la empacadora
Cantidades desperdiciadas	% de fundas desperdiciadas en la producción	Continuo	Registro TVC preestablecido	Diario	Operador de la empacadora
Cantidad de producto terminado	# de cajas producidas	Continuo	Inventario Producto terminado	Diario	Producción

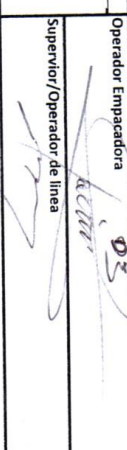
Anexo 5: Velocidades de las empacadoras por presentación

Presentación	Unidad	golpes/min
200	g	65
250	g	80
500	g	55
350	g	75
2	lb	40
1	ln	45
2,5	lb	30
5	Kg	20

Anexo 6: Ejemplo de recolección de datos

Reporte de Tiempo - Velocidad - Calidad (TVC)

Fecha: 16/10/2023

Empacadora :		C		Reporte de velocidad:		Reporte calidad:												
Operador de línea/Supervisor:		David Cordero		Operador empaque:		Danyel Barrin												
Reportes Paños		Turno:		2														
Hora de inicio de parada (h:mm)	Hora de fin de parada (h:mm)	Equipo	Elemento problema	Causa	Procedenq cia	Producto/C alibre	Cliente	Presentación		Total de cajas producidas	Fundas producidas por empacadora	Hora de inicio de producción (h:mm)	Hora fin de producción (h:mm)	Peso de la funda varia	Peso de plástico defectuoso kg (Dentro)	Peso de plástico defectuoso kg (Fuera)	# Personas	
18:37	18:45	Todo	Producto	Falta de producto		30/60	Tratados Inozes	454	8		6960	18:00	21:30	12g	1.75Kg	0.60Kg	3	
18:50	19:05	Todo	Producto	Falta de producto														
19:13	19:18	Empacadora	Roller	Cambio de roller														
20:40	20:45	Empacadora	Roller	Cambio de roller														
21:30	22:36	Todo	Cambio	Cambio de cliente		30/55	Star select	250	8		16545	22:59	03:04	6g	3.55Kg	3.23Kg	3	
23:05	23:10	Empacadora	Roller	Cambio de roller														
00:16	00:21	Empacadora	Roller	Cambio de roller														
01:25	01:30	Empacadora	Roller	Cambio de roller														
02:40	02:45	Empacadora	Roller	Cambio de roller														
03:04	03:48	Todo	Cambio	Cambio de cliente		15/30	CARGIL	500	8		1400	03:55	04:36	10g	0.61Kg	0.31Kg	3	
Observaciones																		
Hora de inicio de parada h:mm: Hora de fin de parada h:mm: Equipo: Elemento problema: Causa:		Tiempo en el que la empacadora dejó de entregar fundas selladas con producto. Hora en la que se dejó de sellar fundas con producto. Hora en la que después de una parada se comienza a sellar fundas con producto. Especificar el equipo donde se origina el problema: Resolter, Sellador, Ocho de Parar el equipo o elementos si/no, que ocasionaron la parada. Detalle de la razón de la parada.										Hora de inicio de producción h:mm: Hora de fin de producción h:mm: Peso de plástico defectuoso (Dentro) Peso de plástico defectuoso (Fuera) # Personas		Hora en la que se realizó la primera descarga para sellar una funda en buenas condiciones. Hora en la que se terminó de sellar la funda. Hora en la que se terminó de sellar durante la producción, dentro del área de empaque. Peso en kg de plástico desechado durante la producción (fuera del área de empaque). Cantidad de personal necesario para empaquetar el producto (incluido el operador).				
Supervisor/Operador de línea 																		

Anexo7: Ejemplo de los mails enviados

TVC Empacadoras 21/11/2023

Estimados buenas días,

Envió resumen del trabajo de las empacadoras del día Martes 21 de Noviembre del 2023

Porcentaje de Aprovechamiento EMPACADORAS

CUADRE HORAS TOTAL EMPACADORAS					
IPACADORAS	TIEMPO REAL TRABAJADO	TIEMPO PAROS TOTAL	HORAS DIA	% TOTAL TRABAJADO	% TOTAL PARO
4	30:36:00	65:24:00	96:00:00	32%	68%

COMENTARIOS:

Entre los paros de horas mas altos durante la producción, se tiene:

1. Se tuvo para de 1:21H por Perno roto en la Zaranda de la empacadora C y D
2. Se tiene para de 9:09H por nada programado
3. Paros de proceso se tiene un total de 0:38H
4. Paros de limpieza tienen un total de 14:21 H
5. Paros por cambio de Agua se tiene un total de 3:26 H
6. El paro de 24:01H es porque el proceso no fue empacadora sin embargo la línea si estuvo en produccion

Tomar en cuenta que cada empacadora trabaja 24:00H, por tanto el total de horas día por las 4 Empacadoras es 96:00H

Señores el tiempo de aprovechamiento de las 4 empacadoras activas el día 21/11/2023 llega al 32%, el cual es un porcentaje muy bajo, con respecto al 75% que se establece en provefrut, pues este se debe a que 25% está distribuido en paros sistemáticos a lo largo de la producción.