



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Estudios de Postgrado
Maestría en Gestión Industrial

**DISEÑO DE LA MEJORA CONTINUA DE UNA LÍNEA DE CLASIFICACIÓN DE POLLO
APLICANDO PRINCIPIOS DE *LEAN MANUFACTURING* EN UNA PLANTA DE ALIMENTOS
UBICADA EN LA CIUDAD DE GUATEMALA**

Ing. Rigoberto Cantoral Villatoro

Asesorado por M.A. Ing. Antony Josué Pérez Matul

Guatemala, noviembre de 2023

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE LA MEJORA CONTINUA DE UNA LINEA DE CLASIFICACIÓN DE POLLO
APLICANDO PRINCIPIOS DE *LEAN MANUFACTURING* EN UNA PLANTA DE ALIMENTOS
UBICADA EN LA CIUDAD DE GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA

FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

ING. RIGOBERTO CANTORAL VILLATORO

ASESORADO POR M.A. ING. ANTONY JOSUE PÉREZ MATUL

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

MAESTRO EN GESTIÓN INDUSTRIAL

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2023

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. José Francisco Gómez Rivera (a.i.)
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Ing.. Kevin Vladimir Cruz Lorente
VOCAL V	Br. Fernando José Paz González
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. José Francisco Gómez Rivera (a.i.)
EXAMINADOR	Mtra. Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
EXAMINADOR	Mtro. Ing. Carlos Humberto Aroche Sandoval
EXAMINADOR	Mtra. Inga. Sindy Massiel Godínez Bautista
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**DISEÑO DE LA MEJORA CONTINUA DE UNA LÍNEA DE CLASIFICACIÓN DE POLLO
APLICANDO PRINCIPIOS DE *LEAN MANUFACTURING* EN UNA PLANTA DE ALIMENTOS
UBICADA EN LA CIUDAD DE GUATEMALA**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha (17 de junio de 2022).

Ing. Rigoberto Cantoral Villatoro

Decanato
Facultad de Ingeniería
24189101- 24189102
secretariadecanato@ingenieria.usac.edu.gt

LNG.DECANATO.OI.07.2024



El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Estudios de Posgrado, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DE LA MEJORA CONTINUA DE UNA LÍNEA DE CLASIFICACIÓN DE POLLO APLICANDO PRINCIPIOS DE LEAN MANUFACTURING EN UNA PLANTA DE ALIMENTOS UBICADA EN LA CIUDAD DE GUATEMALA**, presentado por: **Ing. Rigoberto Cantoral Villatoro**, que pertenece al programa de Maestría en artes en Gestión industrial después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Ing. Jose Francisco Gómez Rivera

Decano a.i.

Guatemala, enero de 2024

JFGR/gaoc



Guatemala, enero de 2024

LNG.EEP.OI.07.2024

En mi calidad de Directora de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del asesor, verificar la aprobación del Coordinador de Maestría y la aprobación del Área de Lingüística al trabajo de graduación titulado:

“DISEÑO DE LA MEJORA CONTINUA DE UNA LÍNEA DE CLASIFICACIÓN DE POLLO APlicando PRINCIPIOS DE LEAN MANUFACTURING EN UNA PLANTA DE ALIMENTOS UBICADA EN LA CIUDAD DE GUATEMALA”

presentado por **Ing. Rigoberto Cantoral Villatoro** correspondiente al programa de **Maestría en artes en Gestión industrial**; apruebo y autorizo el mismo.

Atentamente,

“Id y Enseñad a Todos”


Mtra. Inga. Aurelio Anabela Cordova Estrada
Directora
Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería





Guatemala, 10 de noviembre de 2022

M.A. Ing. Edgar Dario Alvarez Coti
Director
Escuela de Estudios de Postgrado
Presente

Estimado M.A. Ing. Alvarez Coti

Por este medio informo a usted, que he revisado y aprobado el **INFORME FINAL y ARTÍCULO CIENTÍFICO** titulado: **DISEÑO DE LA MEJORA CONTINUA DE UNA LINEA DE CLASIFICACIÓN DE POLLO APLICANDO PRINCIPIOS DE LEAN MANUFACTURING EN UNA PLANTA DE ALIMENTOS UBICADA EN LA CIUDAD DE GUATEMALA** del estudiante **Rigoberto Cantoral Villatoro** quien se identifica con número de carné **201020371** del programa de Maestría En Gestión Industrial.

Con base en la evaluación realizada hago constar que he evaluado la calidad, validez, pertinencia y coherencia de los resultados obtenidos en el trabajo presentado y según lo establecido en el **Normativo de Tesis y Trabajos de Graduación aprobado por Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería Punto Sexto inciso 6.10 del Acta 04-2014 de sesión celebrada el 04 de febrero de 2014**. Por lo cual el trabajo evaluado cuenta con mi aprobación.

Agradeciendo su atención y deseándole éxitos en sus actividades profesionales me suscribo.



Msc. Ing. Hugo Humberto Rivera Perez
Coordinador
Maestría En Gestión Industrial
Escuela de Estudios de Postgrado

Oficina Virtual



<https://bit.ly/EEP-OficinaVirtual>



solicituddeep@ingenieria.usac.edu.gt

Guatemala, 25 de octubre de 2022

Ingeniero

Edgar Darío Álvarez Cotí

Escuela de Posgrado

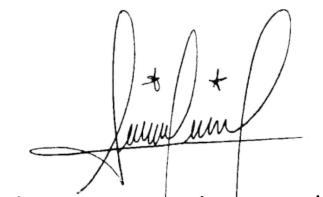
Su despacho

Respetable ingeniero Álvarez

Me dirijo hacia su persona para hacer de su conocimiento que leí y aprobé el trabajo de graduación de tesis con el título **Diseño de la mejora continua de una línea de clasificación de pollo aplicando principios de Lean Manufacturing en una planta de alimentos ubicada en la ciudad de Guatemala**. La cual es presentada por el ingeniero **Rigoberto Cantoral Villatoro** que se identifica con DPI **2138452880101** y numero de carne **201020371** que actualmente está cursando la maestría de Gestión Industrial.

Sin otro particular me despido

Atentamente.



Antony Josue Pérez Matul

Antony Josue Pérez Matul
Ingeniero Mecánico Industrial
Colegiado No. 18,691

Ma. Ing. Mecánico Industrial

Colegiado: 18,691

ACTO QUE DEDICO A:

Mis padres

Rigoberto Cantoral Barrientos e Ingrid Ileana Villatoro De León por siempre estar a pesar de cualquier contratiempo, por su ejemplo de excelencia y su apoyo para cumplir cualquier meta que me proponga.

Mi hija

Lucía Nicole Reyes Alvarez, por ser esa luz en mi vida que me impulsa a ser un buen ejemplo para su vida.

Mi esposa

Romina Nicole Alvarez D'Incau por apoyarme y no dejar que me rindiera, por ser mi compañera de vida que me guía a buscar siempre lo mejor en todos los ámbitos de nuestra vida.

Mis abuelos

Arturo Magdiel Villatoro Herrera (q.e.p.d.), Celma Amelia De León Valenzuela y Aura Raquel Barrientos Villagrán por el amor que siempre me brindan en todos los momentos de mi vida, por el ejemplo de perseverar y enseñarme lo bonito de la vida.

Mis hermanos

Kevin Andrés, Melanie Paola y Valerie Stacy Cantoral Villatoro por ser parte importante en todas mis etapas de la vida, por ser mis primeros compañeros en el viaje de la vida que me apoyan a querer mostrarles y guiarlos al buen camino.

AGRADECIMIENTOS A:

- Universidad de San Carlos de Guatemala** Por ser mi casa de estudios y apoyarme en la etapa más importante del estudio, dándome la oportunidad de crecer en mi formación tanto académica como personal.
- Facultad de Ingeniería** Por darme los conocimientos requeridos para desarrollarme en el ámbito profesional.
- M.A. Ing. Antony Josué Pérez Matul** Por darme la oportunidad de compartir sus conocimientos, su apoyo durante el proceso de investigación.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SÍMBOLOS	VII
GLOSARIO	IX
RESUMEN	XI
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y FORMULACIÓN DE PREGUNTAS	
ORIENTADORAS	XIII
OBJETIVOS.....	XVII
RESUMEN DE MARCO METODOLÓGICO	XIX
INTRODUCCIÓN	XXI
1. MARCO TEÓRICO..... 1	
1.1. Industria avícola	1
1.1.1. Aspectos generales	1
1.1.2. Industria avícola en Guatemala	1
1.1.3. Área de clasificado y empaque.....	2
1.2. <i>Lean Manufacturing</i>	2
1.2.1. Aspectos generales	3
1.2.2. Herramientas principales	3
1.2.3. Eficacia global del equipo	5
1.2.3.1. Inicios	5
1.2.3.2. Eficacia global del equipo (OEE)	5
1.2.4. Herramienta TPM	6
1.2.5. Herramienta <i>Poka Yoke</i>	8
1.3. Eficiencia	9
1.3.1. Beneficios de los procesos eficientes	10

1.4.	Mejora continua.....	11
1.4.1.	Aspectos generales.....	11
1.4.2.	Características	11
2.	DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN	13
2.1.	Fase 1	13
2.2.	Fase 2	14
2.3.	Fase 3	15
2.4.	Fase 4	15
2.5.	Fase 5.	16
3.	PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.....	17
3.1.	Análisis del producto	17
3.2.	Análisis de la maquinaria	18
3.2.1.	Descripción de la maquinaria	18
3.2.1.1.	Línea <i>WOLF</i>	18
3.2.1.2.	Bandas transportadoras	18
3.2.1.3.	Inyectadora.....	19
3.2.1.4.	Basculas de pesaje	19
3.3.	Análisis del proceso	19
3.3.1.	Descripción del proceso	19
3.3.2.	Análisis del personal	21
3.3.3.	Jornada laboral.....	21
3.3.4.	Condiciones de trabajo.....	22
3.4.	Tiempos de observación	22
3.5.	Rutinas de mantenimiento.....	22
3.6.	Estudio de tiempos.....	23
3.6.1.	Calificación de operario	25
3.6.2.	Cálculo de tiempos estándar.....	29

3.6.3.	Cálculo de eficiencia.....	31
3.6.4.	Balanceo de línea	32
3.7.	Determinación de herramientas de <i>Lean Manufacturing</i>	34
3.8.	Pasos para el cálculo del OEE	35
3.8.1.	Determinación de tiempos muertos	37
3.8.2.	Determinación de averías.....	38
3.8.3.	Determinación de OEE actual.....	39
3.9.	Mantenimiento Productivo Total (TPM)	40
3.9.1.	Rutinas de mantenimiento	41
3.9.2.	Rutinas de lubricación	41
3.9.3.	Detección de falencias.....	41
3.9.4.	Plan de inspección y mantenimiento preventivo TPM.....	42
3.10.	<i>Poka Yoke</i>	45
3.10.1.	Ánálisis de reprocesos del área.....	45
3.10.2.	Formato de revisión de empaque	46
3.11.	Costo de implementación	47
3.12.	Propuesta de mejora	48
4.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	51
CONCLUSIONES		55
RECOMENDACIONES.....		57
REFERENCIAS		59
APÉNDICES		61

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

Figura 1.	Diagrama de flujo	20
Figura 2.	Diagrama de Pert	32
Figura 3.	Tiempos muertos	38

TABLAS

Tabla 1.	Cuadro de variables e indicadores	XIX
Tabla 2.	Calificación y consecuencias OEE	6
Tabla 3.	Pesos de productos	17
Tabla 4.	Distribución del personal	21
Tabla 5.	Número de ciclos	24
Tabla 6.	Habilidades	26
Tabla 7.	Esfuerzo	26
Tabla 8.	Condición de trabajo	27
Tabla 9.	Consistencia	27
Tabla 10.	Tabla de suplementos	27
Tabla 11.	Tiempo observado empaque	29
Tabla 12.	Tiempo normal empaque	30
Tabla 13.	Tiempo estándar empaque	31
Tabla 14.	Tiempos muertos	37
Tabla 15.	Indicadores OEE	40
Tabla 16.	Plan de inspección y mantenimiento	43

Tabla 17. Cálculo de eficiencia	46
Tabla 18. Costo de implementación.....	47
Tabla 19. Comparativa de mejora	49

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
----------------	--------------------

%	Porcentaje
----------	------------

GLOSARIO

Ágil	Indica la facilidad de realizar una acción.
Avicultura	Técnica que se especializa en la crianza de aves y la comercialización de sus productos.
Confinamiento	Penal u obligación que se impone a alguien para permanecer en un lugar o nación.
Desperdicio	Resultado de un objeto luego de haberla utilizado o realizado un proceso.
Esquema	Representación gráfica de ideas o conceptos que se relacionan entre sí.
Gama	Serie de objetos que se relaciona o pertenecen a la misma categoría.
Gestión	Son acciones que se realizan para administrar un proceso o acción.
Implementar	Iniciar el funcionamiento de un proceso u objeto.
Indicador	Unidad de medición del rendimiento de los procesos o productos.

Metodología	Conjunto de métodos que se utilizan en una investigación científica.
OEE	(<i>Overall Equipment Effectiveness</i>) por sus siglas en inglés. Es un indicador clave para medir la eficiencia de una máquina.
Rentabilidad	Relación que existe durante un proceso entre los beneficios obtenidos sobre los esfuerzos e insumos utilizados.
Retroalimentación	Proceso en el cual se entrega y recibe información acerca del desempeño de una actividad.
Sistematización	Proceso en el cual se organizan los elementos de un proceso para formar un sistema.
TIR	Tasa interna de retorno.
TPM	Mantenimiento total productivo.
VAN	Valor actual neto.
Variables	Cualidad observada de un elemento el cual puede adquirir valores o características que pueden ser medidas.
VSM	Mapa de flujo de valor.

RESUMEN

La filosofía de *Lean manufacturing* es una ideología que tiene orígenes japoneses, en el cual se busca la mejora continua por medio de diversas herramientas que pueden ser elegidas según el rol de la industria en la que se ejecuta, en la industria avícola se busca las herramientas que se puedan apegar a la necesidad de la vanguardia de los procesos siendo eficientes dentro de los procesos productivos.

La presente investigación tiene como objetivo diseñar un modelo de mejora continua por medio de herramientas de *Lean Manufacturing* para controlar la eficiencia de la línea de clasificación de pollo.

El método que se utilizó para la investigación es de tipo mixto con un diseño no experimental. La investigación se realizó en una industria avícola localizada en Villa Nueva en el departamento de clasificado de pollo que cuenta con sesenta personas, utilizando el análisis de la información por medio de entrevistas al personal y recabado de datos históricos, con esta información se desarrolló un plan para la mejora del área enfocada en los puntos vulnerables del proceso.

Se identificó la eficiencia inicial de un 83 % promedio dentro del mes, entre los puntos de mejora se encuentran que no existe un aprovechamiento de la maquinaria debido a que no se mitiga de raíz los paros de proceso, no existe un plan de mantenimiento de la maquinaria únicamente se trabaja sobre un mantenimiento correctivo al momento de presentarse las fallas y por último el reprocesso por errores humanos.

Entre los beneficios que se presentan por medio de la propuesta generada se tienen: un plan de mantenimiento en el cual se pueda detallar una rutina de inspecciones y mantenimiento preventivo, la evaluación de los tiempos muertos y un formato que tiene como fin la disminución de los reprocesos por medio de la revisión de los materiales de empaque.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y FORMULACIÓN DE PREGUNTAS ORIENTADORAS

- Contexto general

La avicultura es una actividad importante tanto en el plan mundial como en el guatemalteco, localizado en la canasta básica el consumo de carne de pollo surge como un beneficio por su precio sobre su competencia (carne de res o cerdo) los últimos años se ha tenido un aumento en su consumo de casi un 70 % según datos de la Asociación Nacional de Avicultores entre los años de 2014 al 2019. Esto sin tomar en cuenta que durante el tiempo de pandemia se vio disminuido aproximadamente en un 20 % por el confinamiento, el cual afecto a restaurantes, hoteles y diversos negocios del país. Lo cual no fue tan significante como los demás comercios ya que al ser de consumo masivo y colocarse en la canasta básica se logra mantener estable el mercado.

- Descripción del problema

El área de clasificación de pollo es una de las más importantes dentro de la empresa de alimentos ya que es aquí donde se realiza primero la clasificación del pollo y luego la distribución para las demás áreas de la planta, actualmente se tienen diferentes problemas dentro de la producción normal del departamento, entre los cuales se pueden mencionar:

- El volumen de los pedidos no es fijo, al ser un producto de consumo masivo su demanda varia depende de la necesidad del cliente por lo que existen días en los cuales los pedidos se duplican sin previo

aviso y sin ser fechas especiales lo que genera que se tengan que optar por extender el horario de producción para satisfacer la demanda de los pedidos.

- Materia prima que no cumple con los requerimientos, la clasificación del pollo se realiza por medio de su peso lo que genera que depende del pedido diario es la necesidad de los diferentes rangos de peso del pollo, si el proveedor no cumple con los pesos necesarios que cubran con la demanda de los pesos generan atrasos y tiempos muertos en la maquinaria del área ya que los equipos dejan de ser utilizados por falta de materia prima para empacar.
- Debido a los requerimientos de los clientes se tienen diferentes presentaciones del empaque para el mismo tipo de pollo el cual se debe de etiquetar de manera correcta ya que al no cumplirse con los requerimientos esto provoca que se deba de reprocessar para garantizar que lleve el empaque correcto.
- Diariamente se presentan aproximadamente dos o tres problemas de funcionamiento de la maquinaria siendo estos los mismos problemas en diferentes estaciones del proceso por lo que se tienen constantes micro paros de producción por parte de fallas de mantenimiento (datos según empresa avícola de la ciudad de Guatemala, 2022).

- Formulación del problema

Se presenta a continuación las preguntas necesarias para identificar el problema central

- Pregunta Central

¿Qué herramientas de mejora continua se puede utilizar para mejorar el proceso de una línea de clasificación de pollo?

- Preguntas Auxiliares

- ¿Cuál es la situación actual de la eficiencia del área de clasificado de pollo?
- ¿Qué herramientas de *Lean Manufacturing* se apegan a las necesidades de controlar la eficiencia de una línea de clasificación de pollo?
- ¿Cómo se puede mejorar la situación actual del área de clasificación de pollo?
- ¿Qué beneficios tendría aplicar *Lean Manufacturing* en una línea de clasificación de pollo?

- Delimitación del problema

La investigación será realizada en el departamento de Guatemala en una planta de alimentos localizada en el área de Villa Nueva, durante el primer semestre del 2022.

OBJETIVOS

General

Diseñar un modelo de mejora continua por medio de herramientas de *Lean Manufacturing* para mejorar el proceso de la línea de clasificación de pollo.

Específicos

1. Desarrollar un diagnóstico de la situación actual de la eficiencia del área de clasificado de pollo.
2. Definir las herramientas de *Lean Manufacturing* para el control de la eficiencia de la línea de clasificación de pollo.
3. Diseñar la mejora continua por medio de un plan de *Lean Manufacturing* en una línea de clasificación de pollo.
4. Identificar los principales puntos de mejora continua del área de clasificado de pollo dados por el plan de mejoras.

RESUMEN DE MARCO METODOLÓGICO

El enfoque de la metodología de la investigación es mixto, debido a que se utilizaron ambos enfoques, tanto el cualitativo como el cuantitativo, se centró en la recopilación de datos actuales junto al historial del área para realizar análisis numéricos que solventen la toma de decisiones con respecto a la eficiencia del área de clasificado de pollo. El diseño es no experimental, aplicando diferentes herramientas de búsqueda de información para identificar los puntos vulnerables para presentar un plan de mejora para maximizar los recursos del área de clasificado de pollo. El alcance de la investigación es de tipo descriptiva ya que se optó por la recolección de información del proceso del área de clasificado de pollo con el fin de controlar los procesos y en base a esto realizar una propuesta de mejora en los cambios sugeridos de la operación.

Las variables utilizadas en la presente investigación fueron:

Tabla 1.

Cuadro de variables e indicadores

Objetivos	Variables	Indicadores
Desarrollar un diagnóstico de la situación actual de la eficiencia del área de clasificado de pollo.	Situación actual de la eficiencia del área de clasificado de pollo	Tiempos muertos de proceso diaria Paros de maquinaria por averías Eficiencia inicial del área diaria.
Definir las herramientas de <i>Lean Manufacturing</i> para el control de la eficiencia de la línea de clasificación de pollo.	Identificación de herramientas de <i>Lean Manufacturing</i>	Eficiencia inicial del área Paros de maquinaria por averías Eficiencia inicial del área

Continuación tabla 1.

Objetivos	Variables	Indicadores
Diseñar la mejora continua por medio de un plan de <i>Lean Manufacturing</i> en una línea de clasificación de pollo	Plan de mejora del área de clasificado de pollo	OEE Identificación del indicador de eficiencia de los equipos TPM Definición de propuesta de mantenimiento total Poka Yoke % de Reprocesos en planta
Identificar los principales puntos de mejora continua del área de clasificado de pollo dados por el plan de mejoras.	Puntos de mejora del área de clasificado de pollo	Comparativa de la situación actual vs la propuesta

Nota. Variables consideradas de la investigación. Elaboración propia, realizado con Excel.

INTRODUCCIÓN

La presente investigación parte como un diseño de la sistematización del proceso productivo de la línea de clasificado de pollo en una planta avícola ubicada en la ciudad de Guatemala. Se buscó la mejora de los procesos actuales con el fin de aumentar la eficiencia de la línea de clasificado de pollo.

La importancia de la metodología de *Lean Manufacturing* radica en la identificación de la mejora de los procesos actuales, además de su versatilidad de impactar fuertemente no solamente en la rentabilidad sino en el desarrollo de nuevas herramientas y formas en las cuales se puede simplificar el proceso productivo actual sin grandes inversiones para su puesta en marcha. Lo cual lo posiciona como una herramienta valiosa al momento de querer eliminar las actividades que no generan valor dentro del funcionamiento actual de las empresas.

En la ciudad de Guatemala, durante el año dos mil veintidós se desarrolló la investigación que brindó una solución a la problemática del bajo control de la eficiencia en la línea de clasificado de pollo en una empresa de alimentos en Guatemala, en la cual se planteó la utilización de tres herramientas de la metodología de *Lean Manufacturing* los cuales fueron la implementación de la medida de la eficiencia por la herramienta Efectividad Global del equipo (OEE), un plan de mantenimiento basado en el Mantenimiento Productivo Total (TPM) y el método de trabajo conocido como *Poka Yoke*.

Se buscó el desarrollo de un plan en el cual se pueda evidenciar los puntos de mejora que existen en el proceso actual de producción de la línea de clasificado de pollo abarcando las principales falencias que se muestran durante la etapa de recopilación de datos, con las cuales se generó la propuesta que genera la diferenciación del departamento respecto a la planta de alimentos.

El informe final de investigación está conformado por cuatro capítulos los cuales son descritos a continuación:

En el primer capítulo se presenta la base teórica de la investigación, son todas las herramientas de información necesarias para fundamentar las propuestas de solución de la investigación, la información relacionada al proceso de la industria avícola, la mejora continua y las herramientas de *Lean Manufacturing* que sirvieron de apoyo durante la investigación.

El segundo capítulo, complementa el desarrollo de la investigación, en este capítulo se realizó la recopilación de la información para realizar un diagnóstico del proceso, se logró obtener la eficiencia inicial de la línea y se obtuvo los datos acerca de las principales falencias que influyen en el cálculo de la misma.

El tercer capítulo, es la presentación de los resultados donde se incluye el diseño del plan de mejora continua, el cual se nutre de la información obtenida del segundo capítulo, tiene como fin el desarrollo de las tres herramientas principales de la metodología de *Lean Manufacturing*, desarrollando la eficiencia máxima de la línea por medio del indicador de eficiencia global del equipo (OEE), también brinda de información para el desarrollo de un plan de Mantenimiento enfocado a la metodología del mantenimiento total productivo (TPM) y por último el *Poka Yoke* que busca identificar y prevenir los errores del proceso.

El último y cuarto capítulo, la discusión de resultados presentó la evaluación de los cambios generados de la propuesta de mejora sobre la situación inicial del proceso, finalmente se presentan las conclusiones y recomendaciones.

1. MARCO TEÓRICO

A continuación, en los siguientes incisos se describe el marco teórico el cual sustentará el desarrollo de la investigación.

1.1. Industria avícola

La industria avícola es una de las industrias más importantes a nivel mundial, esto abarca todos los tipos de aves: pollos, patos, gansos, pavos (Asociación Nacional de Avicultores de Guatemala [ANAVI] Guatemala, 2016).

Como producto principal tiene a los pollos, tanto en carne como en huevos son considerados básicos en la alimentación de Guatemala.

1.1.1. Aspectos generales

Se denomina industria avícola a la industria que se dedica al cuidado y crianza de aves, con el fin de producir diferente tipo de alimentos a base de las mismas. Los productos cárnicos que parten de la industria son de los que menos tiempo de crianza – matanza poseen para generar beneficio de sus subproductos de una forma ágil.

1.1.2. Industria avícola en Guatemala

En Guatemala se fundó la asociación de nombre ANAVI (Asociación Nacional de Avicultores de Guatemala) el cual fue creado por empresarios en el

año de 1973 con el fin de resolver y gestionar los problemas que se presentaban durante esa época.

La industria avícola es gestionada en el país por el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación.

1.1.3. Área de clasificado y empaque

Según Sánchez (2018) es importante conocer las capacidades que se tienen dentro del área de trabajo con el fin de poder gestionarlas de mejor forma y lograr estandarizar procesos para tener un proceso más eficiente.

El área de clasificado y empaque de pollo tiene como principal función el pesaje, clasificación y empaque del pollo entero que es procesado diariamente en una planta avícola de la ciudad de Guatemala.

El proceso inicia desde el momento que la canal de pollo cae a la mesa vibradora en la cual se engancha el pollo en la línea de clasificación para luego pasar por la pesa llamada *WOLF* en la cual se programa los pesos requeridos y deseados para garantizar una correcta clasificación y empaque del pollo.

1.2. *Lean Manufacturing*

Es una filosofía en la cual tiene como búsqueda la mejora de sus procesos se enfoca en analizar los procesos para eliminar las actividades que no generan un valor agregado al proceso y que a su vez generan gastos innecesarios o tiempos agregados a los procesos (Andreu, 2021).

1.2.1. Aspectos generales

El origen de la filosofía de *Lean Manufacturing* tiene sus inicios en la industria de automobilismo, en Estados Unidos a principios del siglo XX en la industria Ford se introdujo diversas herramientas que tenían como objetivo principal optimizar sus procesos industriales. Sin embargo, no fue hasta en Japón cuando la Toyota Company, desarrollo más a detalle herramientas de detección de problemas de calidad en tiempo real durante el proceso.

La filosofía no se había diversificado hasta los años 90, luego de las ventas mundiales del libro *The machine that changed the world: The story of lean production, Toyota's Secret weapon in the global car wash is now revolutionizing world industry* donde se dan a conocer un sistema de producción en el cual se logró combinar la flexibilidad, la calidad y la eficiencia formando con esto el desarrollo del *Lean Manufacturing*.

1.2.2. Herramientas principales

La filosofía *Lean* tiene muchas herramientas que se han desarrollado durante el pasar del tiempo las cuales tienen una aplicación distinta según la necesidad de los procesos productivos (Serrano, 2020).

A continuación, se enlista las herramientas principales de la metodología *Lean*.

- 5's: herramienta de *Lean* que tiene como principal objetivo el orden y la limpieza, se basa en 5 principios los cuales se enfocan en evitar los sobre procesos dentro del área de producción.

- Mantenimiento Productivo Total (TPM): herramienta de *Lean* que tiene como principal objetivo el disminuir los gastos derivados por las averías de los equipos o el paro de estas.
- Flujo continuo: herramienta de *Lean* que se aplica en los sistemas de producción que trabajan bajo demanda, con el fin de reducir stock y evitar sus costes asociados, basándose en la filosofía *just in time*.
- *Housekeeping*: herramienta de *Lean* que esta principalmente relacionada con las 5's y la planificación de auditorías que verificación la puesta en marcha de la herramienta.
- *Kanban*: herramienta de *Lean* que se basa en la utilización de tarjetas con especificaciones claves para la fabricación y el uso de un tablero en la cual se detalla en que parte del proceso se utiliza cada pieza.
- Automatización de tares: herramienta de *Lean* que se basa en la correcta asignación de tareas con respecto a las destrezas de los trabajadores. Tomando en cuenta carga de trabajo y la localización.
- *Poka Yoke*: herramienta de *Lean* que tiene como base la mitigación de los errores humanos que se presenten dentro del proceso de producción.
- *Value Stream Mapping* (VMS): herramienta de *Lean* que permite obtener información de forma gráfica acerca de los procesos y flujos de materiales que se presentan dentro de la planta. A su vez, sirve para identificar los puntos críticos y las pérdidas de tiempo de los procesos.

1.2.3. Eficacia global del equipo

Se describen algunos conceptos de acuerdo con autores internacionales y expertos en el tema.

1.2.3.1. Inicios

También conocido como Eficacia global del equipo (OEE), es un indicador que se utiliza principalmente como soporte en los planes de TPM.

En sus inicios fue descrito por primera vez en el libro *TPM tenkai* escrito por Nakajima (1982) y fue como uno de los principales indicadores del TPM.

En 2001 se creó la estandarización de los procesos OEE con la OEE *Industry Standard Endeavor*, lo cual apoyo a que la herramienta fuera mucho más accesible y factible para el área productiva.

1.2.3.2. Eficacia global del equipo (OEE)

Es un indicador que mide la eficiencia con respecto a un ideal, es decir mide la eficiencia de una línea de producción contra una equivalente en un ambiente ideal.

Según los resultados actuales de la eficiencia global de los equipos (OEE) en las industrias se puede calificar de la siguiente manera:

Tabla 2.*Calificación y consecuencias OEE*

OEE	Calificativo	Consecuencias
<= 60	Inaceptable	Baja Competitividad. Pérdidas económicas
>= 60 <70	Regular	Aceptable únicamente si está en proceso de mejora. Pérdidas económicas
>=70 <80	Aceptable	Competitividad baja. Ligeras pérdidas económicas
>=80 <95	Buena	Buena competitividad. Valores “World Class”
>=95	Excelente	Competitividad Excelente.

Nota. Resultados actuales del OEE. UMEC. (2019). *Herramientas para la gestión de procesos industriales: Indicadores principales.* (<https://umecindustry.com/es/espanol-herramientas-para-la-gestion-de-procesos-industriales-indicadores-principales-oee/>), consultado el 26 de octubre de 2022. De dominio público.

1.2.4. Herramienta TPM

Es una filosofía de mantenimiento que se enfoca en el mantenimiento preventivo con el fin de involucrar a todo el personal en el cuidado y preservación de la maquinaria. Es una herramienta que planifica la revisión, lubricación y chequeo de la maquinaria de forma periódica con el fin de evitar que se materialicen las fallas (López B. , 2019)

En la herramienta se involucra al operador de la maquinaria con el fin de ubicar los puntos de mejora y poder identificar de forma pronta las posibles fallas o holguras que sufra la maquinaria durante el proceso productivo.

Como ventajas de la herramienta podemos identificar las siguientes:

- Aprovechamiento de la maquinaria y equipo.

- Mayor disponibilidad de producción.
- Disminución de riesgos laborales.
- Reducción de costos (productivos y de mantenimiento).
- Evitar reprocesos por fallos en maquinaria.
- Producción sin paros por averías.

La herramienta del Mantenimiento Total Productivo (TPM) se puede desglosar en los siguientes pilares:

Mantenimiento autónomo, este pilar tiene como objetivo el empoderar a los operadores del equipo ya que genera tiempo para el personal de mantenimiento para que se planifiquen de mejor forma los mantenimientos próximos, entre las principales funciones se resaltan la limpieza y lubricación del equipo.

Mantenimiento planificado, tiene un enfoque en cero averías y se basa en el estudio de los tiempos de fallas y averías en los cuales se propone una rutina de mantenimiento la cual interrumpe los ciclos de falla, generando de esta forma un plan elaborado con tiempos de reparación acertados.

Mantenimiento de calidad, esto se enfoca en realizar los trabajos de mantenimiento de forma óptima, sin ningún rechazo de calidad, así como la utilización de repuestos que vayan acorde a las necesidades de la maquinaria y del tipo de producción.

Mejoras enfocadas, busca eliminar las limitantes de los equipos, enfocándose en la eficiencia global por medio de grupos de diferentes entornos que generen ideas acordes a la mejora planteada.

Prevención de mantenimiento, consiste en generar planes de trabajo partiendo de los históricos de actividades de mantenimiento, con el fin de buscar el rendimiento óptimo de cada una de las máquinas a disposición.

Formación y entrenamiento, tiene como base la capacitación del personal tanto de operación como técnico, para garantizar e involucrar al personal tanto con conocimientos como herramienta para garantizar su correcto trabajo.

Salud, Seguridad y Medio Ambiente, se busca preservar la integridad de la persona garantizando un ambiente seguro en el cual se pueda laborar de forma óptima y que a su vez no genere ningún tipo de contaminante para el ambiente.

La herramienta del Mantenimiento Total Productivo (TPM) busca generar un cambio organizacional el cual direccione tanto a las gerencias como a los técnicos hacia una meta, por medio del empoderamiento y del conocimiento con el fin de generar un retorno por medio de una mejora en la producción.

1.2.5. Herramienta *Poka Yoke*

Herramienta de la mejora continua que busca generar métodos e instrumentos que apoyen al proceso productivo para mitigar y eliminar los errores, la metodología de *Lean* se enfoca en los errores humanos, se utiliza en la búsqueda de un proceso más simple en el cual no existan distractores con los cuales puedan existir variantes del proceso (ClockWork, 2020).

Existen cuatro tipos de enfoque de la metodología que busca que no existan errores en sus procesos aun siendo repetitivas o que puedan generar un error por desconocimiento del proceso, los cuatro tipos son:

- Informativo, en este tipo se busca que el operador tenga toda la información a su alcance de forma clara.
- Físico, en este tipo se instala directamente un accesorio dentro del proceso el cual evita que el proceso continúe sin realizar la acción correcta.
- Agrupado, en este tipo se prepara dentro de un bloque o paquete todas las partes necesarias para realizar un trabajo.
- Secuencial, en este tipo se trabaja como el nombre lo indica por medio de secuencias, el trabajo se divide de tal forma de no poder avanzar si aún no se finaliza el trabajo en curso.

1.3. Eficiencia

La eficiencia se puede definir como la relación que existe entre las entradas de producto o materia prima con las salidas del proceso o productos (López S. , 2017).

La eficiencia se puede enfocar en procesos con la búsqueda del mejoramiento de los mismos buscando el beneficio del cliente. Al enfocar la eficiencia en los procesos nacen las siguientes características:

- Tiempo de ciclo: se mide con el fin de conocer la capacidad del proceso en realizar un producto o servicio.
- Recursos: se mide con el fin de conocer los materiales utilizados durante el proceso.

- Porcentaje de costo de valor agregado: se mide con el fin de conocer cuáles son los procesos que agregan valor a nuestro producto o servicio y cuales generan costo a los productos o servicios.
- Costo de mala calidad: se mide con el fin de conocer el costro por reproceso de los productos o servicios dentro del proceso.
- Tiempo de espera por ciclo: se mide para conocer el tiempo que existe entre el final y el inicio de un ciclo dentro del proceso.

1.3.1. Beneficios de los procesos eficientes

Entre los beneficios que existen al momento de medir la eficiencia de los procesos se encuentran los siguientes:

- Aumento de la productividad: se aumentan los rendimientos al maximizar la eficiencia de los procesos y de la maquinaria.
- Mejor atención al cliente: al controlar los procesos se disminuye los reclamos por problemas en el proceso, generando una mejor experiencia del cliente.
- Aumento de la rentabilidad: al controlar los costos de producción se puede aumentar las ganancias.
- Reducción de errores: utilizando el apoyo de la tecnología se busca la reducción de los costos asociados a errores.

- Mayor flexibilidad: al controlar los procesos y la eficiencia, se genera la oportunidad de adaptarse a los cambios existentes en el mercado.

1.4. Mejora continua

La mejora continua es la adaptabilidad que puede tener una empresa para afrontar los cambios del mercado actual.

1.4.1. Aspectos generales

Es una filosofía que tiene como principal objetivo optimizar y mejorar la calidad de un producto o servicio. Se utiliza de forma más común en las industrias de manufactura debido a que las industrias se encuentran en constante búsqueda de mejorar sus procesos y reducir sus costos de operación (Ripoll, 2010).

1.4.2. Características

Es una filosofía que aplica a los diferentes niveles de industrias y roles de mercado, las principales características son:

- Proceso documentado: esto apoya a todos los colaboradores, ya que la información es de acceso público y todos son participes lo que genera un solo camino para su aplicación.
- Sistema de medición: la implementación de indicadores, los cuales permitan conocer los avances de los procesos involucrados.

- Participación total: ya que es importante que los involucrados en los cambios se comprometan ya que su participación en el día a día son los cambios significativos del proceso.

2. DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

La investigación del presente trabajo de graduación fue realizada en el departamento de clasificado de pollo de una empresa avícola que se encuentra en la ciudad de Guatemala, implementando herramientas de la mejora continua por parte de la metodología *Lean Manufacturing* para identificar la situación inicial para desarrollar la estrategia necesaria del cambio dentro del departamento.

El desarrollo se realizó por fases, las cuales se desglosan a continuación:

2.1. Fase 1.

Recopilación de la información: en la fase inicial se procedió en el levantamiento de la información, obtener los datos acerca de producción y datos de parte de mantenimiento, en esto se verificó la gama de productos y los parámetros que cada uno de ellos utiliza dentro del departamento para la venta de estos, con respecto a los datos de mantenimiento se analizó la maquinaria actual del departamento, su rol dentro del área y la situación en la que se encuentra.

Se realizó una revisión exhaustiva acerca de la situación actual del área de clasificado de pollo, al analizar el proceso se verificó paso a paso el flujo que el producto tiene dentro de cada una de las etapas del mismo, se verificó el destino del producto, así como la relación que se tiene con la maquinaria del área, se realizó un diagrama que describe el flujo dentro del departamento para tener una visualización completa de cada uno de los puntos importantes del departamento. Otro punto importante fue el análisis del personal que labora

dentro del departamento, en este punto se verifico la cantidad de personas que se encuentran dentro del proceso y se verifico bajo a cuáles condiciones de trabajo son expuestos.

Para el análisis de proceso se verifico tanto mantenimiento como producción y se establecieron tiempos de observación con el fin de tomar todos los datos iniciales del departamento, Por medio de un análisis de tiempos se evalúa el desempeño de cada uno de los operadores del proceso, se identificó y evaluó la forma de trabajo y los tiempos del ciclo para poder obtener un tiempo estándar.

Con base a la información recopilada se procedió a calcular la eficiencia inicial del departamento según su funcionamiento actual y la revisión del historial.

2.2. Fase 2.

Análisis de la información: en la fase de análisis de la información partimos del análisis inicial, ya que se obtuvo la eficiencia inicial del departamento. Con esta información se procedió a definir cuáles eran las herramientas de *Lean Manufacturing* que se adecuan de mejor forma a las necesidades del departamento de clasificado de pollo.

Entre las necesidades más importantes podemos encontrar que no se tiene un control del rendimiento actual del departamento de clasificado, no existe un plan de mantenimiento lo que genera tiempos muertos y la continuidad de los mismos problemas en el departamento y por último la incidencia en el reprocesso por problemas de error humano impactando en los rendimientos de producción.

Al tener identificadas cuales son las falencias del área se eligió las herramientas de mejora continua que son el indicador OEE con el fin de tener una eficiencia máxima del proceso y medir los factores que afectan en su labor, un plan de mantenimiento TPM que disminuirá la reincidencia de problemas de mantenimiento correctivo y la filosofía de Poka Yoke que apoya a la detección y disminución de errores dentro del proceso productivo.

2.3. Fase 3.

Diseño de plan de mejora continua: en la fase de diseño del plan se parte del análisis de la información recopilada en la fase #1 y la fase #2 ya que al conocer las herramientas de Lean se procede a aplicar el uso de cada una de ellas.

Se inicia con el control de la eficiencia por medio del indicador OEE, el OEE se busca identificar todos los factores que afectan de forma directa el correcto desarrollo de los procesos dentro del departamento de clasificado de pollo, nos ayuda para identificar los problemas de mantenimiento que existen, así como los tiempos muertos y fallas recurrentes del proceso. Luego se realizó una propuesta del plan de mantenimiento para el área basándose en la metodología del TPM en la cual se hace participar al personal para el control y mantenimiento de las herramientas y maquinaria disponible, por último, se enfoca en la metodología Poka Yoke la cual se especializa en identificar y eliminar los errores para con ello lograr tener un proceso más limpio.

2.4. Fase 4.

Evidenciar los resultados obtenidos: fase en la cual se verificó la factibilidad de la investigación por medio de la revisión de los cambios que se

proponen dentro del proceso con el fin de tener un proceso óptimo que sea competitivo y que genere una diferenciación adecuada para la industria alimenticia.

En esta se verifica las propuestas asociadas a cada una de las herramientas implementadas, para garantizar que sean adecuadas bajo los objetivos específicos trazados en la presente investigación.

2.5. Fase 5.

Redacción del informe final: es la fase en la cual se realiza y se presenta todas las fases anteriores. En esta fase se hace mención a los datos más importantes de todo el proceso de recabado de información por medio de históricos, mediciones y evaluaciones al proceso para pasar por el proceso de análisis y propuestas hasta las evaluaciones, resultados y las conclusiones de este.

En esta se encuentran plasmados los pasos y los puntos de mejora que se fueron descubriendo del proceso de producción con el fin de generar una mejora continua, se puede encontrar también los requerimientos y responsabilidades de cada uno de los involucrados con el fin de que la investigación sea factible. Mediante esta fase se plasma en conjunto los esfuerzos realizados durante la investigación para ser presentados a la autoridad competente para evaluar cada uno de los procesos actuales.

3. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

En este capítulo se presentan los resultados de la información recabada en el estudio de campo.

3.1. Análisis del producto

En el departamento de clasificación de pollo se realiza la distribución del producto (pollo entero) según los requerimientos y especificaciones de cada uno de los rangos disponibles de empaque de pollo, el pollo se le conoce como canal debido a que ya fue transformado mediante un proceso de beneficio el cual consiste en matanza, evisceración y desinfección de este.

Se puede distribuir y ofrecer a los clientes tanto nuevos como antiguos los siguientes rangos de producto.

Tabla 3.

Pesos de productos

Producto	Rango de peso (en libras)
Producto A	2.20 a 3.00
Producto B	3.00 a 3.30
Producto C	3.30 a 3.50
Producto D	3.50 a 3.80
Producto E	3.80 a 4.10

Nota. Tipos de productos. Elaboración propia, realizado con Excel.

3.2. Análisis de la maquinaria

En el departamento de clasificado y empaque se cuentan con cinco maquinarias para su funcionamiento correcto las cuales son listadas a continuación:

- Línea *WOLF*
- Bandas transportadoras
- Inyectadora
- Basculas de pesaje

3.2.1. Descripción de la maquinaria

A continuación, se realiza una breve descripción del equipo.

3.2.1.1. Línea *WOLF*

En esta maquinaria se realiza el proceso principal del departamento ya que es la encargada de realizar el pesaje del pollo para luego distribuirlo en las diferentes estaciones de clasificación de pollo. Cuenta con diez estaciones las cuales por medio de cilindros neumáticos distribuyen el pollo según la clasificación que le fuese asignada.

3.2.1.2. Bandas transportadoras

El departamento de clasificado y empaque de pollo cuenta con tres bandas transportadoras que están adecuadas para el empaque del pollo entero, su distribución se encuentra una a la salida de la inyectadora, la segunda en la estación #9 de clasificación de pollo y la tercera en la estación #10.

3.2.1.3. Inyectadora

En esta maquinaria se realiza el proceso de tenderizado de pollo, en la cual se realiza según los requerimientos de los clientes previo al empaque.

3.2.1.4. Básculas de pesaje

Se cuenta con dos básculas de pesaje las cuales se utilizan para registrar los movimientos internos del producto y su respectivo libraje.

3.3. Análisis del proceso

En el departamento de clasificado cumple con un rol clave dentro de la organización ya que son los encargados de capturar y distribuir el 100 % del pollo que se maquila dentro de la industria diariamente.

3.3.1. Descripción del proceso

El proceso de clasificación de pollo inicia en la mesa vibradora, en la cual el pollo ya se encuentra eviscerado y desinfectado listo para iniciar el proceso de clasificación, el pollo se engancha en la línea de *WOLF* por medio de la ala del pollo para iniciar el proceso, el recorrido del pollo es de 2 minutos previo a ingresar a la báscula del *WOLF* en el cual se registra el peso y la ubicación del pollo en la cual debe de ser descolgado, luego de caer en la estación asignado el pollo es clasificado por el personal en el cual se verifica su calidad (golpes, aruños, peso, entre otros.) para destinarlo según sea requerido por el supervisor.

El pollo clasificado puede ser empacado si cumple con los requisitos del cliente, utilizando las últimas dos estaciones de clasificación las cuales cuentan

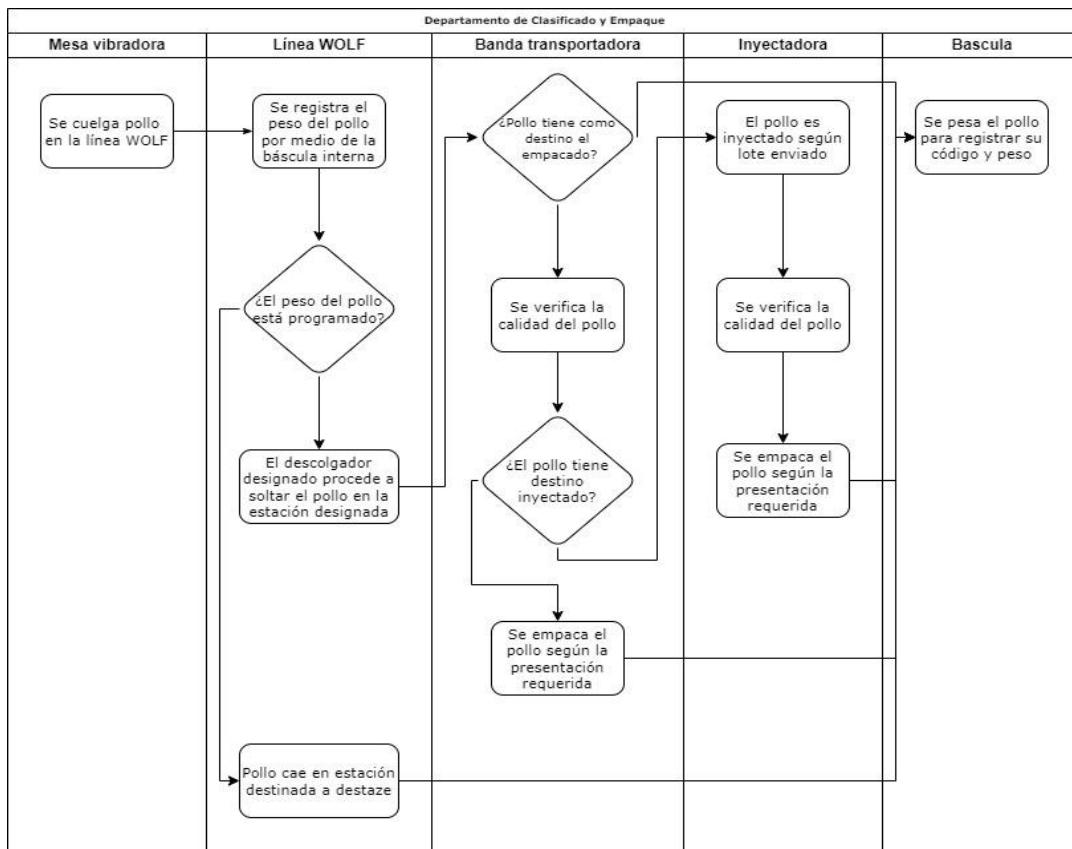
con bandas transportadoras adecuadas al empaque de pollo.

El pollo tiene tres distintos destinos los cuales son:

- Despacho: el pollo es empacado con su respectiva bolsa para la venta y es enviado al centro de distribución.
 - Destace: el pollo se envía al departamento de destace para pedidos.
 - Especialidades: el pollo se envía para la planta de especialidades.

Figura 1.

Diagrama de flujo



Nota. Departamento de clasificación y empaque. Elaboración propia, realizado con Visio.

3.3.2. Análisis del personal

En el departamento de clasificado de pollo se cuenta con cincuenta y dos personas a disposición las cuales realizan roles y atribuciones distintas y se rotan durante el día y la semana.

En las cuales se puede distribuir el personal de la siguiente manera:

Tabla 4.

Distribución del personal

Puesto	Hombres	Mujeres	Total
Empaque Estación #10	0	7	7
Empaque Estación #9	0	6	6
Clasificación Estación #7 y #8	2	0	2
Clasificación Estación del #1 a la #6	0	7	7
Abastecimiento de canasta	0	2	2
Carga de despacho	2	1	3
Manejo de basculas de pesaje	8	1	9
Entarimar producto	1	0	1
Rotación de producto en nevera	1	0	1
Controlador de inyectadora	2	0	2
Empaque de pollo en inyectadora	0	5	5
Cubre vacaciones	0	4	4
Troqueadores de producto	4	0	4

Nota. Cantidad de personal por área. Elaboración propia, realizado con Excel.

Teniendo un total de 53 personas en el área, 20 hombres y 33 mujeres.

3.3.3. Jornada laboral

La jornada laboral es de lunes a viernes de 7:30 a 15:30 horas y el sábado de 7:30 a 11:30 horas cumpliendo con las 48 horas estipuladas. Según necesidad de producción existe apertura de trabajar un horario extendido.

3.3.4. Condiciones de trabajo

En el área de infraestructura se cuenta con un área con temperatura controlada a 50 ° F, la instalación cuenta con una curva sanitaria para garantizar la correcta limpieza y desinfección diaria, piso con capa de antideslizante debido a la cantidad de agua que se utiliza dentro del proceso productivo.

En el área personal se cuenta con uniforme que es desinfectado y preparado diariamente por la corporación, se proporciona un gorro y medias para combatir la temperatura, orejeras por el tema de ruidos, se brindan las herramientas para el trabajo (cuchillos, chaira, tijeras, entre otros).

3.4. Tiempos de observación

Para obtener los tiempos de observación se optó por el uso de herramientas como: termómetro, cronómetro. Y la observación semiestructurada, en la cual solamente se verificó el funcionamiento normal de los procesos del departamento.

Los procesos dentro del departamento pueden dividirse según las operaciones que se realizan dentro del mismo. Las operaciones más importantes son: clasificación por medio del *WOLF*, evaluación y empaque del pollo y el pesaje del producto terminado.

3.5. Rutinas de mantenimiento

En el departamento de mantenimiento actualmente se encuentra en un proceso de reestructuración por lo cual no existen rutinas ni planes de mantenimiento, derivado a esto no existe ningún proceso para garantizar el buen

funcionamiento de la maquinaria, siendo únicamente la base de mantenimiento los mantenimientos correctivos.

3.6. Estudio de tiempos

La toma o estudio de tiempos es parte base de la presente investigación debido a que con la información pertinente se logra identificar el punto de partida o la situación actual de cómo el proceso de clasificación de pollo se encuentra, con lo cual se puede planificar las acciones a tomar con el fin de impulsar los procesos mediante la mitigación de cuellos de botella o los efectos de los procesos auxiliares dentro del proceso productivo.

Para el estudio de toma de tiempos se toma como objetivo de verificación el empacado de pollo, esto debido a que la velocidad de clasificación que se realiza mediante el equipo *WOLF* no es variable y se maneja bajo una velocidad estándar.

Para identificar los pasos de cada operación dentro del empaque de pollo se clasificó en los siguientes puntos:

- Colocar bolsa
- Revisión de pollo
- Empacado de pollo
- Sellado de pollo
- Revisión de producto
- Estibado en canasta

Luego se procede a encontrar la cantidad de ciclos necesarios para encontrar los tiempos de observación.

Tabla 5.*Número de ciclos*

Tiempo de ciclo en minutos	Número recomendado de ciclos
0.1	200
0.25	100
0.5	60
0.75	40
1	30
2	20
2.00 – 5.00	15
5.00 – 10.00	10
10.00 – 20.00	8
20.00 – 40.00	5
40.00 o más	3

Nota. Toma de tiempos. Elaboración propia, realizado con Excel.

Obteniendo 13.18 segundos de por ciclo lo cual se utiliza el monitoreo de 100 ciclos con el fin de garantizar los tiempos adecuados.

El estudio de tiempos parte de la identificación y medición de los tiempos de ciclo del empacado de pollo, en el área de clasificado de pollo se tienen 33 mujeres que son las encargadas del empaque de pollo, se puede realizar de varias maneras, dependiendo del objetivo del estudio y las condiciones a las que los trabajadores son expuestos. Los datos de tiempos y movimientos pueden ser capturados con diferentes instrumentos de medida como alternativa se optó por el uso de cronómetros con vuelta a cero, esto se decido por la rapidez de los procesos ya que los ciclos son cortos y la poca automatización de la planta.

En la observación y extracción de información y tiempos, se observó que el cuello de botella es exactamente en el empacado de pollo. Este cuello de botella afecta directamente a la productividad del pollo empacado ya que se pierde tiempo y recurso debido a que no es aprovechada la capacidad de la

maquinaria. Esto genera que existan momentos donde por capacidad no se pueda empacar la totalidad del pollo lo que hace que se recurran a tiempo extra de la jornada para el cumplimiento de los pedidos. Se propone habilitar un embudo para el empaque de pollo en la inyectadora cuando el proceso lo amerite. Esto representa un ajuste del proceso y de la distribución del personal o una inversión económica significativa ya que propone la contratación de 3 personas para reforzar el proceso ya que el inyectado del pollo es el 70 % de la producción del pollo empacado.

Se identifico adicionalmente que dentro de los a considerar el reproceso del producto luego de ser empacado, debido a que por errores humanos los insumos de empaque que en este caso son bolsas debe de ser rotas ya que se empaco el producto en una presentación que no era adecuada o que presento algún problema en el empaque.

Durante la medición se identificaron y verificaron los paros que se presentan dentro del proceso de producción los cuales se identifican y clasifican.

3.6.1. Calificación de operario

Es importante conocer las variables que existen en los tiempos normales para la ejecución de las tareas por parte de un operario, tomando en consideración las diferencias de alturas, edades y capacidades dentro del personal de planta.

Debido a lo anterior se considera utilizar un factor del 93 % en base al sistema de clasificación de Westinghouse. El cálculo se muestra en las siguientes tablas marcando en negrita los valores que fueron utilizados.

Tabla 6.*Habilidades*

Habilidades		
0.15	A1	Superior
0.13	A2	Superior
0.11	B1	Excelente
0.08	B2	Excelente
0.06	C1	Bueno
0.03	C2	Bueno
0.00	D	Promedio
-0.05	E1	Aceptable
-0.10	E2	Aceptable
-0.16	F1	Malo
-0.22	F2	Malo

Nota. Calificación de operario. Elaboración propia, realizado con Excel.

Tabla 7.*Esfuerzo*

Esfuerzo		
0.13	A1	Superior
0.12	A2	Superior
0.10	B1	Excelente
0.08	B2	Excelente
0.05	C1	Bueno
0.02	C2	Bueno
0.00	D	Promedio
-0.04	E1	Aceptable
-0.12	E2	Aceptable
-0.17	F1	Malo
-0.18	F2	Malo

Nota. Calificación de operario. Elaboración propia, realizado con Excel.

Tabla 8.*Condición de trabajo*

Condiciones de trabajo	
0.06	Ideal
0.04	Excelente
0.02	Bueno
0	Promedio
-0.03	Aceptable
-0.07	Malo

Nota. Calificación de operario. Elaboración propia, realizado con Excel.

Tabla 9.*Consistencia*

Consistencia	
0.04	Perfecta
0.03	Excelente
0.01	Bueno
0	Promedio
-0.02	Aceptable
-0.04	Malo

Nota. Calificación de operario. Elaboración propia, realizado con Excel.

Para el cálculo de suplementos se tomó como base la tabla realizada por International Labour Office (ILO) que se muestra a continuación:

Tabla 10.*Tabla de suplementos*

Suplementos constantes:	
Suplemento personal	5
Suplemento por fatiga básica	4
Suplementos variables:	
Suplemento por estar de pie	2

Continuación tabla 10.

Suplemento por posición anormal:	
Un poco incómoda	0
Incómoda (agachado)	2
Muy incómoda (tendido, estirado)	7
Uso de la fuerza o energía muscular (levantar, jalar o empujar) peso levantado en libras:	
5	0
10	1
15	2
20	3
25	4
30	5
35	7
40	9
45	11
50	13
60	17
70	22
Mala iluminación:	
Un poco debajo de la recomendada	0
Bastante menor que la recomendada	2
Muy inadecuada	5
Condiciones atmosféricas:	10
Atención requerida:	
Trabajo bastante fino	0
Trabajo fino o preciso	2
Trabajo muy fino y muy preciso	5
Nivel de ruido:	
Continuo	0
Intermitente – fuerte	2
Intermitente – muy fuerte	5
De tono alto – fuerte	5
Estrés mental:	
Proceso bastante complejo	1
Atención compleja o amplia	4
Muy compleja	8
Monotonía:	
Nivel bajo	0
Nivel medio	1
Nivel alto	4
Tedio:	
Algo tedioso	0
Tedioso	2
Muy tedioso	5

Nota. Calificación. Elaboración propia, realizado con Excel.

Se marcaron con negrita los puntos que se establecieron dando un total de 31. Lo que significa que el factor de actuación de los operarios es de 0.31.

3.6.2. Cálculo de tiempos estándar

Para definir los tiempos medios de los procesos se optó por la medición de la velocidad de empaque de las 33 mujeres que se encargan del empacado de pollo en el departamento, se evaluaron las diferentes habilidades para centrarnos en el personal con más tiempo en el área y las diferencias en la ejecución de sus funciones.

El cálculo del tiempo estándar para el área de clasificado de pollo se toma como base de la observación el empacado de pollo para un operador medio con conocimientos del área. El tiempo se establece al sumar todos los tiempos de las labores involucradas para el empacado del pollo.

Tabla 11.

Tiempo observado empaque

Proceso	Tiempo observado (en segundos)
Colocar bolsa	1.65
Revisión de pollo	2.47
Empacado de pollo	2.47
Sellado de pollo	2.47
Revisión de producto	2.47
Estibado en canasta	1.65
Total	13.18

Nota. Cálculo de tiempos. Elaboración propia, realizado con Excel.

Al obtener los tiempos de observación se calculan los tiempos normales utilizando la siguiente formula:

Ecuación 1

$$Tn = To * C$$

Donde:

Tn = Tiempo normal

To = Tiempo observado

C = Calificación de desempeño

Tabla 12.

Tiempo normal empaque

Proceso	Tiempo normal (en segundos)
Colocar bolsa	1.53
Revisión de pollo	2.30
Empacado de pollo	2.30
Sellado de pollo	2.30
Revisión de producto	2.30
Estibado en canasta	1.53
Total	12.26

Nota. Cálculo de tiempos. Elaboración propia, realizado con Excel.

Al obtener los tiempos normales se procede a calcular el tiempo estándar utilizando la siguiente fórmula:

Ecuación 2

$$Ts = Tn * (1 + S)$$

Donde

Ts= Tiempo estándar

Tn= Tiempo normal

S= Suplemento

Tabla 13.

Tiempo estándar empaque

Proceso	Tiempo estándar (en segundos)
Colocar bolsa	2
Revisión de pollo	3
Empacado de pollo	3
Sellado de pollo	3
Revisión de producto	3
Estibado en canasta	2
Total	16

Nota. Cálculo de tiempos. Elaboración propia, realizado con Excel.

3.6.3. Cálculo de eficiencia

Como base del cálculo se utilizará la cantidad empacada durante un día sobre la cantidad teórica de empaque.

Si utilizamos como cálculo base que cada 16 segundos se estaban 3 pollos se puede calcular que en un turno de 7.5 horas efectivas la producción teórica es de 5063 pollos.

Utilizando de base la producción media del mes de julio se tiene 4220 pollos.

Ecuación 3

$$\text{eficiencia} = \frac{\text{producción real}}{\text{producción teórica}}$$

Ecuación 4

$$\text{eficiencia} = \frac{4220}{5063} = 83\%$$

Obteniendo una eficiencia inicial del 83 % en la línea de clasificación de pollo.

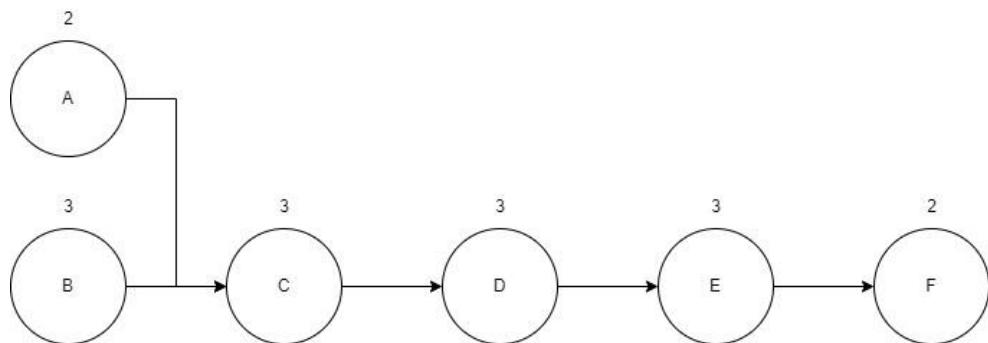
3.6.4. Balanceo de línea

Es importante conocer los puntos de mejora dentro de los procesos actuales, el balance de línea apoya a controlar la producción con base en equilibrar las variables que se ven afectadas en los procesos iniciales para lograr disminuir los cuellos de botella, tiempos muertos y maximizar los recursos de los procesos.

Se realizo un diagrama de *Pert* para conocer los tiempos y la secuencia de los procesos involucrados en el empaque de pollo utilizando la tabla 12 como base de las actividades realizadas.

Figura 2.

Diagrama de Pert



Nota. Balance de líneas. Elaboración propia, realizado con Excel.

Ecuación 5

$$\text{Tiempo de ciclo} = \frac{\text{Tiempo de producción disponible}}{\text{Unidades requeridas}}$$

$$Tiempo\ de\ ciclo = \frac{28,800}{4220}$$

$$Tiempo\ de\ ciclo = 7$$

Ecuación 6

$$Numero\ de\ estaciones = \frac{Tiempo\ para\ la\ tarea}{tiempo\ del\ ciclo}$$

$$Numero\ de\ estaciones = \frac{16}{7}$$

$$Numero\ de\ estaciones = 3$$

Identificando que las estaciones quedarían A-B, C-D y E-F, siendo la más importante el proceso C-D que es el empacado y sellado del pollo.

Se calcula la eficiencia del análisis dando la siguiente información.

Ecuación 7

$$Eficiencia = \frac{Tiempo\ de\ tareas}{Numero\ de\ estaciones * Tiempo\ de\ ciclo\ mas\ grande}$$

$$Eficiencia = \frac{16}{3 * 6}$$

$$Eficiencia = 88\%$$

En el área de clasificación de pollo bajo la búsqueda de igualar los tiempos de trabajo en el proceso se plantea el aprovechamiento de la línea mediante la habilitación de un segundo embudo de empaque de pollo.

3.7. Determinación de herramientas de *Lean Manufacturing*

Al evaluar y verificar la información inicial del departamento se encontró que las necesidades más importantes dentro del proceso productivo del departamento de clasificado son:

- No se conoce el rendimiento actual del departamento de clasificado, no se miden tiempos ni producciones lo que evidencia el poco control de los recursos.
- No existe plan de mantenimiento generando tiempos muertos y paros de proceso repetitivos ya que la causa raíz de los mismos no es verificada.
- Se generan muchos problemas de reproceso por problemas de error humano que son continuos y que impactan de forma directa los rendimientos dentro del área de clasificado de pollo.

Partiendo de las tres premisas anteriores se busca identificar las herramientas que sean idóneas para el proceso de clasificado de pollo, tomando en cuenta que no se tiene planificado fondos de inversión para la mejora de las áreas, con estas indicaciones podemos definir que se utilizaran las siguientes herramientas de *Lean Manufacturing*:

La eficacia global de los equipos: es una herramienta que se utiliza para medir y controlar no solo la producción de un área de trabajo sino también la utilización de los equipos dentro del proceso.

El Mantenimiento Productivo Total: el cual busca la diminución de fallas de proceso por medio de la detección temprana y la prevención con rutinas de inspección y mantenimiento programado.

Método *Poka Yoke*: el cual parte de la mitigación del error humano dentro de las tareas repetitivas.

Se identifican estas herramientas debido a que se considera pueden generar un valor agregado dentro del departamento de clasificado de pollo sin tener una inversión considerable.

3.8. Pasos para el cálculo del OEE

La eficacia global del equipo también conocida como OEE es un indicador que nos refleja la capacidad real del equipo versus el aprovechamiento que se tiene del mismo.

Para el cálculo de la información se utilizaron los siguientes datos:

- Tiempo operativo: 7.5 horas
- Jornada de trabajo: 8 horas
- Tiempo de paro: 7 minutos diarios
- Producción total: 4220 pollos empacados
- Reproceso: 255 bolsas (dato promedio diario)

Se puede definir por las siguientes fórmulas.

Ecuación 8

$$OEE = Disponibilidad * Rendimiento * Calidad$$

$$Disponibilidad = \frac{\text{Tiempo operativo} - \text{Tiempo de paros}}{\text{Tiempo operativo}}$$

$$Disponibilidad = \frac{27,000 - 420}{27,000}$$

$$Disponibilidad = 98 \%$$

$$Rendimiento = \frac{\text{Producción total}}{\text{Velocidad de línea} * \text{Jornada de trabajo}}$$

$$Rendimiento = \frac{4220}{11.8 * 480}$$

$$Rendimiento = 74 \%$$

$$Calidad = \frac{\text{Producción total} - \text{Reproceso}}{\text{Producción total}}$$

$$Calidad = \frac{4220 - 255}{4220}$$

$$Calidad = 94 \%$$

Parte primordial de la eficiencia global del equipo (OEE) es conocer el porcentaje de aprovechamiento de la maquinaria que se tiene durante el proceso productivo, por lo que es de suma importancia el conocer todos los factores que puedan influir en el correcto funcionamiento de esta.

Se tiene como base el cálculo durante un turno de ocho horas para una eficiencia ideal de producción es de 5063 pollos.

3.8.1. Determinación de tiempos muertos

Los tiempos muertos son todos aquellos tiempos en los cuales no se genera valor al producto, es de suma importancia identificarlos ya que de estos al ser repetitivos pueden ser un punto importante al momento de analizar las mejoras dentro de la eficiencia del proceso. Para el análisis de este tema se desarrolló un diagrama de Pareto que se presenta a continuación.

Se tomo como base un mes de trabajo en el área de clasificado.

Tabla 14.

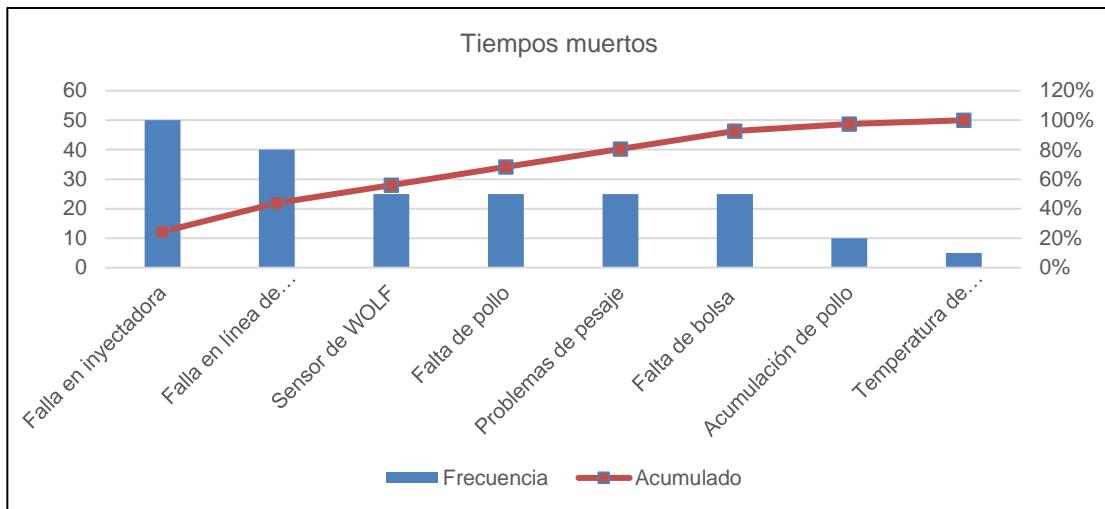
Tiempos muertos

Causas	Frecuencia (min)	Acumulado
Falla en inyectadora	50	24 %
Falla en línea de WOLF	40	44 %
Sensor de WOLF	25	56 %
Falta de pollo	25	68 %
Problemas de pesaje	25	80 %
Falta de bolsa	25	93 %
Acumulación de pollo	10	98 %
Temperatura de producto	5	100 %

Nota. Cálculo de tiempos. Elaboración propia, realizado con Excel.

Figura 3.

Tiempos muertos



Nota. Cálculo de tiempos. Elaboración propia, realizado con Excel.

Se puede verificar que según el diagrama de Pareto los principales problemas que se presentan dentro del departamento de clasificado de pollo son de índole de mantenimiento.

3.8.2. Determinación de averías

Es importante partiendo del análisis del Pareto que se pueda evaluar los impactos y reincidencias dentro de las averías de la maquinaria, logramos obtener información la cual indica que los mayores problemas que afectan la efectividad del proceso son problemas por fallas mecánicas. Teniendo como puntos importantes los problemas en la inyectadora y en la línea de *WOLF*. Por lo que se debe de desglosar cada uno de los componentes de la maquinaria con el fin de evaluar e identificar la causa raíz de los problemas recurrentes de la maquinaria.

3.8.3. Determinación de OEE actual

Para la determinación de la eficiencia global del equipo (OEE) actual se basa del cálculo no solo de la calidad sino también de la disponibilidad y rendimiento de la maquinaria.

Se propone para la determinación de la disponibilidad evaluar los siguientes criterios.

- Tiempo total: es el tiempo que tiene disponible la maquinaria para producir menos los paros planificados que existan dentro del proceso.
- Tiempo de paros: todos los tiempos de paro que se presenten en el funcionamiento normal del departamento.

Se propone para el cálculo del rendimiento los siguientes criterios:

- Producto empacado: es la cantidad de producto que fue empacado durante el turno.
- Velocidad de funcionamiento de la línea.
- Jornada de trabajo.

Se propone para el cálculo de la calidad los siguientes criterios:

- Producción total del turno.
- Cantidad de reprocesos.

Ecuación 9

$$OEE = \text{Disponibilidad} * \text{Rendimiento} * \text{Calidad}$$

$$OEE = 98 \% * 74 \% * 94 \%$$

$$OEE = 69 \%$$

Obteniendo el cálculo inicial de la eficiencia global del equipo (OEE) en un 69 %

Tabla 15.

Indicadores OEE

Indicadores	TOTAL
Eficiencia	83 %
Disponibilidad	98 %
Rendimiento	74 %
Calidad	94 %
OEE	69 %

Nota. Cálculo de OEE. Elaboración propia, realizado con Excel.

3.9. Mantenimiento Productivo Total (TPM)

Con Mantenimiento Productivo Total TPM se busca generar el plan maestro de mantenimiento definido por una matriz, en la cual se verifiquen tanto por inspecciones de rutina como trabajos programados de mantenimiento preventivo apoyándose con el personal a cargo de cada una de las máquinas del área de clasificado de pollo.

Cada maquinaria fue subdividida en sus más importantes sistemas para el

análisis de los componentes y mecanismos.

3.9.1. Rutinas de mantenimiento

Actualmente no se posee ningún tipo de rutina, se planifican los mantenimientos según requerimientos y sugerencias de los técnicos asignados al área de clasificado y empaque.

No se tiene registro de una programación únicamente se llena un formato donde se coloca el trabajo realizado y las partes que fueron sustituidas.

3.9.2. Rutinas de lubricación

Las rutinas de lubricación son parte fundamental dentro de los objetivos del TPM ya que nos aportan para mantener la calidad de vida de la maquinaria debido a que prevén daños o deterioro de las piezas que conforman la maquinaria. Actualmente no se posee una rutina directa de lubricación para la maquinaria del departamento de clasificado de pollo. Únicamente se realizan trabajos de lubricación cuando visualmente se evidencie la falta de lubricación o al momento de realizar un mantenimiento correctivo.

3.9.3. Detección de falencias

- Se puede determinar que el departamento de mantenimiento no cuenta con los recursos técnicos para la elaboración de un plan de mantenimiento debido a que se trabaja sobre la marcha, enfocando los esfuerzos de mantenimiento sobre un mantenimiento correctivo.

- Operadores de maquinaria no poseen conocimientos suficientes para realizar ajustes básicos, lo que genera mayores tiempos de paro con ajustes básicos.
- No se posee rutinas de lubricación que prevengan y aseguren una vida útil de las partes de la maquinaria dentro del departamento de clasificado de pollo.
- Existen reprocesos dentro de la producción debido al bajo control de los materiales de empaque.

3.9.4. Plan de inspección y mantenimiento preventivo TPM

Se recomienda una rutina de lubricación diaria para los equipos de más alto impacto como lo son las bandas de empaque adicional la verificación de los sistemas neumáticos y sus respectivas unidades de mantenimiento para garantizar el uso adecuado del aceite mineral dentro del equipo. El resto de los equipos se puede verificar y lubricar después de la limpieza profunda o una vez a la semana.

Con respecto a los repuestos e insumos requeridos para cada mantenimiento se recomienda realizar una solicitud de los mismos como mínimos dos meses antes de lo que se programó en el plan, con el fin de garantizar según el proceso de compras que se maneja dentro de la corporación.

Como propuesta de mejora se parte de una matriz en la cual se verifiquen y programen los mantenimientos e inspecciones necesarias dentro del departamento de clasificado. Adicionalmente se proponen tiempos para la

inspección y mantenimientos los cuales pueden ser ajustados según las necesidades que surjan en el proceso.

Toda la maquinaria del proceso de clasificación de pollo se divide en cada uno de sus sistemas importantes los cuales deben de ser programados para su verificación y mantenimiento velando así por su correcto funcionamiento para evitar los micro - paros del proceso que se puedan evitar.

La matriz propuesta se presenta a continuación:

Tabla 16.

Plan de inspección y mantenimiento

No	CLASIFICADO DE POLLO LINEA WOLF	Inspecciones			Mantenimiento		
		Condición	Frecu.	Semana Inicial	Frecu.	Tiempo	No. Personas
1	Sistema neumático	En marcha	12	1	Anual	1 día	Dos
2	Ganchos o Trolleys	En marcha	26	1	Anual	1 día	Dos
3	Caja reductora	En marcha	16	1	Anual	1 día	Dos
4	Sistema de rodamientos	En marcha	16	1	Anual	1 día	Dos
5	Computadora	En marcha	52	1	Anual	1 día	Dos
6	Sensores	En marcha	26	1	Anual	1 día	Dos
Inyectadora							
1	Sistema neumático	En marcha	16	1	Anual	1 día	Dos
2	Sistema de agujas	En marcha	16	1	Anual	1 día	Dos
3	Bomba de recirculación	En marcha	26	1	Anual	1 día	Dos
4	Tanques de salmuera	En marcha	26	1	Anual	1 día	Dos
Bascula							
1	Computadora	En marcha	26	1	Anual	1 día	Una
2	Calibración de bascula	En marcha	26	1	Anual	1 día	Una
BANDA TRANS.							
1	Banda transportadora	En marcha	26	1	Anual	1 día	Una
2	Motor	En marcha	52	1	Anual	1 día	Una

Continuación de tabla 16.

3	Engranajes de banda	En marcha	52	1	Anual	1 día	Una
---	---------------------	-----------	----	---	-------	-------	-----

Nota. Matriz de inspección y mantenimiento. Elaboración propia, realizado con Excel.

En la matriz propuesta se tiene en las columnas de la #3 a la columna #5 lo que respecta a las inspecciones, en la cual se identifica que cada una de las inspecciones pueden realizarse con el equipo en funcionamiento sin ningún problema, luego viene la frecuencia con la que es recomendable la revisión de las mismas con el fin de prever algún fallo temprano del equipo para programar un mantenimiento antes de lo previsto si en caso fuera necesario, de la columna #6 al #8 tenemos la programación de los mantenimientos preventivos en los cuales se identifica la frecuencia con la cual se propone realizar el mantenimiento, el tiempo de duración previsto para la tarea y la cantidad de técnicos necesarios para la atribución.

En las inspecciones se verifica cada uno de los puntos críticos de cada sistema en los cuales su falla pueda significar un paro en producción, se genera de forma superficial sin interrumpir el funcionamiento de la maquinaria.

En el mantenimiento preventivo se necesita el tiempo especificado para que el equipo pueda ser desarmado para el ajuste y cambio de piezas según sea planificado, adicionalmente en este proceso también se puede utilizar para generar un análisis de los repuestos críticos que se tienen para el departamento de clasificado de pollo.

Los responsables de la correcta ejecución del plan es el departamento de mantenimiento que consta con un jefe de mantenimiento que esta a cargo de la

planta de procesamiento y que a su vez cuenta con tres supervisores de mantenimiento divididos en cada uno de los turnos de operación, ellos gestiona y administran a los 3 técnicos que se tienen por turno para ejecutar de forma continua este plan.

3.10. *Poka Yoke*

Para el enfoque de esta herramienta de *Lean* se basó en pequeños ajustes e inspecciones para garantizar cambios. La Herramienta de *Lean* tiene una gran aplicación dentro del departamento de clasificado debido a que dentro del mismo las atribuciones son iguales todos los días durante toda la jornada de trabajo, por lo que da una apertura al riesgo de cometer errores tanto en la selección del empaque del producto como la bolsa equivocada lo que genera reprocesos dentro del departamento.

3.10.1. Análisis de reprocesos del área

Dentro del proceso de clasificado de pollo se encuentran problemas de reproceso de índole básico, todo producto puede ser clasificado para reproceso siempre que no cumpla con los siguientes criterios de calidad:

- Bolsa mal etiquetada.
- Bolsa incorrecta.
- Bolsa rota.
- Bolsa mal sellada.
- Pollo lastimado empacado.

Siendo la más reincidente la bolsa mal etiquetada debido a la variabilidad de productos dentro de la empresa que deben de etiquetarse con su respectivo código y fecha de vencimiento.

3.10.2. Formato de revisión de empaque

Se elaboro para la implementación un formato para la revisión de bolsa de empaque la cual debe de ser revisada cada media hora, identificando el código de la bolsa que se utiliza al momento de la revisión.

De igual forma se propone un formato para el cálculo de la eficiencia a tiempo real y la eficiencia global del equipo (OEE) al finalizar turno, el cual se presenta a continuación:

Tabla 17.

Cálculo de eficiencia

Hora	Producción X Hora	Producción Acumulada	Marca	Código de Barras		Eficiencia %	Viajes de canasta	Firma de Control de Calidad	OBSERVACIONES
				SI	NO				
07:00									
08:00									
09:00									
10:00									
11:00									
12:00									
13:00									
14:00									
15:00									
16:00									
17:00									
18:00									

Nota. Cálculo de tiempos. Elaboración propia, realizado con Excel.

3.11. Costo de implementación

Los costos asociados para la puesta en marcha de la presente propuesta de investigación se asocian directamente con disponibilidad de tiempo ya que puede ser implementado con el personal que se tiene disponible debido a que en la búsqueda de la mejora continua es el orden de los procesos existentes para generar la diferenciación necesaria para mejorar los procesos actuales, por lo cual se debe de incluir el pago de 5 horas extras para el personal del departamento para la capacitación de los temas en función, ya que el personal debe de estar involucrado y conocer el plan de mejora, adicional dos semanas en las cuales el implementador debe de dedicar tiempo de sus funciones a ver el correcto funcionamiento y atender dudas que se presenten dentro de la implementación.

Por lo que se puede definir que el costo del proyecto es de Q13,100.00 los cuales son utilizados únicamente en el tiempo de trabajo del departamento, el equipo usado por el supervisor del departamento o implementador son dados por las herramientas ya brindadas por la empresa y se ven desglosados en la siguiente tabla:

Tabla 18.

Costo de implementación

Recurso	Ítem	Cantidad	Costos
Recurso Humano	Implementador (supervisor producción)	de 1	Q5,600.00
	Trabajadores del área	60	Q6,000.00
Recursos Materiales	Papelería y útiles	1	Q 500.00
Recursos Físicos	Consumo de combustible	1	Q 700.00
	Depreciación de vehículo	1	Q 300.00
Recursos tecnológicos	Internet	1	Q 0.00
	Computadora	1	Q 0.00

Continuación de tabla 18.

	Paquete de Microsoft Office	1	Q	0.00
Equipo	Línea de clasificado	1	Q	0.00
	Máquina A	1	Q	0.00

Nota. Inversión necesaria para el proyecto. Elaboración propia, realizado con Excel.

3.12. Propuesta de mejora

Dentro del proceso se presentaron las siguientes sugerencias para la mejora del área de clasificación de pollo.

En las propuestas de mejora se elaboró una matriz de mantenimiento que utiliza la base del mantenimiento preventivo en el cual se proponen rutinas de inspecciones y de mantenimiento preventivo los cuales según la experiencia puedan ser ajustado para garantizar el aprovechamiento tanto de la maquinaria como de los repuestos y recursos disponibles.

Se obtuvo de igual forma un panorama a tiempo real del aprovechamiento del departamento de clasificado por medio de la creación y el monitoreo del indicador de efectividad global del equipo OEE (ver tabla V), en el cual se puede evaluar los factores que interrumpen la producción continua del departamento, así como los responsables de cada uno de los paros.

Por último, se generaron formatos de control los cuales enfocan los esfuerzos en disminuir la ocurrencia de los errores humanos, debido a que la repetición de las tareas que en su momento se consideran tediosas pueda presentarse un riesgo del error humano.

Tomando en cuenta las propuestas anteriores se espera obtener la siguiente mejora al implementarse la propuesta:

Tabla 19.

Comparativa de mejora

Indicadores	ACTUAL	ESPERADO
Eficiencia	83 %	88 %
Disponibilidad	98 %	99 %
Rendimiento	74 %	79 %
Calidad	94 %	97 %
OEE	69 %	76 %

Nota. Comparación de mejora. Elaboración propia, realizado con Excel.

4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En la evaluación de resultados se pudo evidenciar que el proceso del departamento de clasificación de pollo tiene una eficiencia inicial del 83 % según inciso 3.6.3, con respecto a la capacidad total del área. Partiendo de esto y utilizando las herramientas de *Lean manufacturing* disponibles se evidencio que el aprovechamiento total del departamento de clasificado es de un 69 % lo cual genera una apertura considerable para la mejora del departamento. En la parte de averías y tiempos muertos, se evidencio que muchos de los problemas actuales del departamento radican en la falta de un plan y una guía dentro de los mantenimientos del área ya que únicamente se trabajó sobre un mantenimiento correctivo, no se tiene un plan o proyecto en la cual se verifiquen el estado de las maquinarias.

Dentro del análisis realizado en el departamento de clasificado de pollo se logró desarrollar los puntos más importantes que son resaltados a continuación:

- Desarrollar un diagnóstico de la situación actual de la eficiencia del área de clasificado de pollo.

Se realizo análisis de la situación actual con el fin de lograr un panorama directo para evaluar la situación actual del departamento de clasificado por medio de la toma de tiempos, análisis del personal y análisis de datos como diagrama de flujo, *Pert* y de Pareto. (ver figura 1 a la 3).

Se logró identificar cada uno de los roles del personal, así como la valoración en sus capacidades y condiciones del trabajo bajo esto se identificaron

los ciclos mediante los cuales se trabaja dentro del departamento de clasificado de pollo, Con estos datos se identificó el valor inicial de la eficiencia dentro del departamento.

- Definir las herramientas de *Lean Manufacturing* para el control de la eficiencia de la línea de clasificación de pollo.

Se estableció las herramientas de *Lean Manufacturing* identificadas para el desarrollo de la investigación los cuales fueron TPM, debido a que es una herramienta que se enfoca en mejorar las falencias que existen en el departamento de clasificado para encontrar la causa raíz de los problemas de mantenimiento, el OEE que brinda un análisis en tiempo real del funcionamiento y desempeño del departamento de clasificado de pollo y por último el POKA YOKE el cual busca el desarrollo de herramientas que garanticen la mitigación de los errores humanos.

- Diseñar la mejora continua por medio de un plan de *Lean Manufacturing* en una línea de clasificación de pollo.

El plan se enfoca en el aprovechamiento de las herramientas de *Lean Manufacturing* para fortalecer las falencias que se presentan dentro del departamento de clasificado de pollo.

El plan consta en el desarrollo de un plan de mantenimiento para el área de clasificación de pollo en cual abarca no solo un plan de mantenimiento preventivo, sino a su vez abarca una rutina de inspección de los equipos con el fin de minimizar los riesgos de una falla dentro de los procesos. (ver tabla 16).

Incorporación de formatos cuyo fin es la búsqueda de la mejora se presenta mediante la medición por hora de la eficiencia de la línea, el control de los tiempos muertos y el control de los productos de empaque para minimizar los reprocesos de producción por errores en el material de empaque. (ver tabla 17)

- Identificar los principales puntos de mejora continua del área de clasificado de pollo dados por el plan de mejoras.

Luego de Identificar un plan de mejora continua se verifica los posibles escenarios en los cuales los cambios propuestos impacten en el funcionamiento actual del departamento lo que genere un desarrollo óptimo de la labor en el proceso.

Se presenta en el cuadro comparativo (tabla XIX) donde se evidencian las mejoras proyectadas al poner en marcha la propuesta desarrollada con las herramientas de Lean.

La filosofía de *Lean Manufacturing* permite por medio de sus tantas herramientas el adaptarnos casi a cualquier tipo de proceso o servicio con el fin de poder evaluar los procesos existentes y proponer o evaluar nuevas formas de ejecutarlas para garantizar un valor agregado de cada uno de los procesos de la empresa.

Los resultados obtenidos cumplen con el deseo inicial de conocer la situación actual del departamento de clasificado de pollo además de presentar una propuesta en la cual el departamento se pueda beneficiar los cambios sugeridos.

La propuesta de mejora plantea una oportunidad de crecimiento dentro del departamento debido a que no se puede plasmar de forma concreta ya que este plan no fue ejecutado, tomando en cuenta lo recomendado se espera que el departamento de clasificado de pollo pueda elevar su eficiencia hasta un 88 % (un aumento esperado del 5%) por medio del enfoque de mejora.

CONCLUSIONES

1. Se identificó que la eficiencia inicial del área de clasificado de pollo es de 83 %, evidenciando las oportunidades de mejora del proceso.
2. Las herramientas de *Lean Manufacturing* identificadas en el área de clasificado de pollo son: el indicador OEE, el POKA YOKE y el TPM.
3. La mejora propuesta dentro del plan de *Lean Manufacturing* incluye el desarrollo de un plan de mantenimiento, un formato para medir a tiempo real la eficiencia y un formato en el cual se revise el material de empaque por hora para disminuir el re proceso.
4. La mejora esperada del proceso es el aumento de la eficiencia en un 5 % y el aumento en el indicador OEE en un 7 %.
5. Se presentó un modelo de mejora continua por medio del diseño de un plan de mantenimiento que busca la disminución de fallas dentro del departamento de clasificado de pollo, así como la implementación de formatos que apoyan a mitigar los errores humanos dentro del proceso para disminuir los re procesos de producto y del indicador de OEE para verificar en tiempo real el desempeño del departamento.

RECOMENDACIONES

1. A la gerencia general, la coordinación de los departamentos de apoyo para disminuir los puntos que afectan a la eficiencia del área como los puntos muertos, paros por reprocesos y los paros por falta de pollo.
2. Al jefe de producción verificar la utilización de la herramienta POKA YOKE debido a que su aplicación puede ser de mayor impacto dentro del departamento de clasificado al abarcar los problemas que se tienen dentro del análisis de los reprocesos.
3. Al jefe de producción la implementación del plan de mejora dentro del departamento de clasificado debido a que es un punto de partida dentro de la organización en la cual se pueda generar mejoras significativas en las que se involucre el aprovechamiento de los materiales y equipos.
4. Al departamento de recursos humanos un ciclo de mejora continua por medio de la capacitación del personal involucrado sobre los temas de mejora continua debido a la oportunidad de mejora que se presenta dentro del departamento en la cual se pueda garantizar la aplicación de las diversas herramientas de *Lean Manufacturing* que no fueron tomadas en cuenta dentro de la investigación.
5. Al departamento de mantenimiento la implementación del plan de mantenimiento propuesto, así como el desarrollo de un plan de lubricación de los equipos dentro del área de clasificado de pollo por medio de rutinas que involucren a los operadores asignados con el fin de

garantizar y mantener la vida útil de los equipos y repuestos de la maquinaria del área de clasificado de pollo.

6. A la gerencia general la inversión en una cuarta banda transportadora adecuada para el empaque con el fin de aumentar la capacidad de empacado de pollo en un 40 %.
7. A la gerencia general el evaluar que la capacidad del departamento de clasificado se puede aumentar mediante la contratación de personal para el empaque de pollo debido a que la capacidad del equipo no es aprovechada a su totalidad.

REFERENCIAS

ANAVI Guatemala. (3 de Enero de 2016). *Reseña Histórica*. ANAVI:

<https://www.anaviguatemala.org/resena-historica/>

Andreu, I. (15 de Julio de 2021). *Lean Manufacturing: ¿qué es y cuáles son sus principios?* APD: <https://www.apd.es/lean-manufacturing-que-es/>

ClockWork. (23 de Septiembre de 2020). *Poka Yoke en la industria: Niveles, Reglas y Métodos*. Clockwork: <https://clockwork.com.co/poka-yoke-en-la-industria-niveles-reglas-y-metodos/>

López, B. (2019 de Noviembre de 2019). *Mantenimiento Productivo Total (TPM)*. Ingenieria Industrial Online: <https://patgu.eco.catedras.unc.edu.ar/unidad-3/propuestas-de-mejora-de-procesos/eficiencia-del-proceso/>

López, S. (15 de Julio de 2017). *Eficiencia del proceso*. PATGU: <https://patgu.eco.catedras.unc.edu.ar/unidad-3/propuestas-de-mejora-de-procesos/eficiencia-del-proceso/>

Nakajima, S. (1982). *TPM Tenkai*. Tokyo: JIPM.

Ripoll, M. V. (26 de Octubre de 2010). *Definición de Mejora Continua*. EOI: <https://www.eoi.es/blogs/mariavictoriaflores/definicion-de-mejora-continua/>

Sarmiento Sánchez, B. J. (2018). *Diseño de un modelo de pronósticos (compra / venta) para la optimización del área de clasificado y emapque en una empresa recicladora de papel*. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.

Serrano, J. (26 de Marzo de 2020). *¿Cuales son las herramientas de Lean Manufacturing?* SixSphere: <https://sixsphere.com/blog/herramientas-lean-manufacturing/>

UMEC. (4 de Diciembre de 2019). *Herramientas para la gestión de procesos industriales: Indicadores principales OEE.* UMEC: <https://umecindustry.com/es/espanol-herramientas-para-la-gestion-de-procesos-industriales-indicadores-principales-oee/>

APÉNDICES

En el apéndice 1 se describe la matriz de coherencia que se desarrolló para este trabajo de investigación.

Apéndice 1.

Matriz de coherencia

Preguntas	Objetivos	Resultados	Conclusiones	Recomendaciones
¿Cuál es la situación actual de la eficiencia del área de clasificado de pollo?	Desarrollar un diagnóstico de la situación actual de la eficiencia del área de clasificado de pollo.	Eficiencia = 83%	Luego de realizar el diagnóstico del departamento, se evidenció que, durante la recopilación de datos numéricos correspondientes a un mes de producción diaria en el departamento de clasificado de pollo, la eficiencia inicial del área fue de un 83 % evidenciando las oportunidades de mejora del proceso.	La coordinación de los departamentos de apoyo para disminuir los puntos que afectan a la eficiencia del área como los puntos muertos, paros por reprocesos y los paros por falta de pollo
¿Qué herramientas de <i>Lean Manufacturing</i> se apegan a las necesidades de controlar la eficiencia de una línea de clasificación de pollo?	Definir las herramientas de <i>Lean Manufacturing</i> para el control de la eficiencia de la línea de clasificación de pollo.	Indicador OEE TPM POKA YOKE	Las herramientas de <i>Lean Manufacturing</i> necesarias para el desarrollo de la investigación que más se acoplaron a las necesidades del área de clasificado de pollo son: el indicador OEE que mide el rendimiento y utilización de los equipos del área, el POKA YOKE que apoya mitigando los errores humanos para disminuir los reprocisos y el TPM que es la filosofía de mantenimiento que busca crear rutinas de mantenimiento para encontrar la causa raíz de los principales problemas de mantenimiento del área de clasificado de pollo	Es importante verificar la utilización de la herramienta POKA YOKE debido a que su aplicación puede ser de mayor impacto dentro del departamento de clasificado al abarcar los problemas que se tienen dentro del análisis de los reprocisos.

Continuación apéndice 1.

Preguntas	Objetivos	Resultados	Conclusiones	Recomendaciones
¿Cómo se puede mejorar la situación actual del área de clasificación de pollo?	Diseñar la mejora continua por medio de un plan de <i>Lean Manufacturing</i> en una línea de clasificación de pollo	La implementación de un formato para la revisión de bolsa de empaque Matriz en la cual se verifiquen y programen los mantenimientos e inspecciones. Formato para el cálculo de la eficiencia a tiempo real y el OEE al finalizar turno.	La mejora propuesta dentro del plan de <i>Lean Manufacturing</i> incluye el desarrollo de un plan de mantenimiento que se basa en una rutina de inspecciones y mantenimiento preventivo el cual se puede ajustar según la necesidad, un formato para medir a tiempo real la eficiencia por hora dentro del departamento de clasificado de pollo y un formato en el cual se revise el material de empaque por hora para verificar su correcto etiquetado para disminuir las causas de reempaque dentro del área de clasificado de pollo	Se recomienda la implementación del plan de mejora dentro del departamento de clasificado debido a que es un punto de partida dentro de la organización en la cual se pueda generar mejoras significativas en las que se involucre el aprovechamiento de los materiales y equipos.
¿Qué beneficios tendría aplicar <i>Lean Manufacturing</i> en una línea de clasificación de pollo?	Identificar los principales puntos de mejora continua del área de clasificado de pollo dados por el plan de mejoras.	Falta de mantenimiento preventivo. Falta de medición de la eficiencia y utilización de los equipos del departamento Falta de medición de reprocesos del área.	Los principales puntos de mejora continua del área de clasificado de pollo son el área de mantenimiento dentro del proceso productivo, la medición continua de la eficiencia, utilización de los equipos del área y la medición del reproceso dentro del área de clasificado de pollo los cuales fueron base para el plan de mejora.	Como ciclo de mejora continua se recomienda la capacitación del personal involucrado sobre los temas de mejora continua debido a la oportunidad de mejora que se presenta dentro del departamento en la cual se pueda garantizar la aplicación de las diversas herramientas de <i>Lean Manufacturing</i> que no fueron tomadas en cuenta dentro de la investigación.

Continuación apéndice 1.

Preguntas	Objetivos	Resultados	Conclusiones	Recomendaciones
¿Qué herramientas de mejora continua se puede utilizar para controlar la eficiencia de una línea de clasificación de pollo?	Diseñar un modelo de mejora continua por medio de herramientas de <i>Lean Manufacturing</i> para controlar la eficiencia de la línea de clasificación de pollo.	Desarrollo del plan de mantenimiento e inspección de equipos Creación de un formato para la medición de la eficiencia Creación de un formato para la inspección del empaque	Se presentó un modelo de mejora continua por medio del diseño de un plan de mantenimiento que busca la disminución de fallas dentro del departamento de clasificado de pollo, así como la implementación de formatos que apoyan a mitigar los errores humanos dentro del proceso para disminuir los reprocesos de producto y del indicador de OEE para verificar en tiempo real el desempeño del departamento.	5. Se recomienda la implementación del plan de mantenimiento propuesto, así como el desarrollo de un plan de lubricación de los equipos dentro del área de clasificado de pollo por medio de rutinas que involucren a los operadores asignados con el fin de garantizar y mantener la vida útil de los equipos y repuestos de la maquinaria del área de clasificado de pollo.

Nota. Matriz de coherencia. Elaboración propia, realizado con Excel.