



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

**PROCESO DE SEMIAUTOMATIZACIÓN DE CONTROLES DE OPERACIÓN EN LA LÍNEA DE PELETIZADO, PARA INCREMENTAR EL RENDIMIENTO EN LOS EQUIPOS EN UNA PLANTA DE PROCESAMIENTO DE ALIMENTOS BALANCEADOS PARA ANIMALES ACUÍCOLAS UBICADA EN EL DEPARTAMENTO DE ESCUINTLA, GUATEMALA**

**Inga. Gisela Alejandra Gaitán Mauricio**  
Asesorado por la MSc. Lcda. Jennifer Alvarado Gonzáles

Guatemala, abril de 2022

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**PROCESO DE SEMIAUTOMATIZACIÓN DE CONTROLES DE OPERACIÓN EN LA LÍNEA DE PELETIZADO, PARA INCREMENTAR EL RENDIMIENTO EN LOS EQUIPOS EN UNA PLANTA DE PROCESAMIENTO DE ALIMENTOS BALANCEADOS PARA ANIMALES ACUÍCOLAS UBICADA EN EL DEPARTAMENTO DE ESCUINTLA, GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**INGA. GISELA ALEJANDRA GAITÁN MAURICIO**  
ASESORADO POR LA MSC. LCDA. JENNIFER ALVARADO GONZÁLES

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**MAESTRA EN GESTIÓN INDUSTRIAL**

GUATEMALA, ABRIL DE 2022

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Kevin Vladimir Cruz Lorente
VOCAL V	Br. Fernando José Paz González
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
DIRECTOR	Mtro. Ing. Edgar Darío Álvarez Cotí
EXAMINADOR	Mtro. Ing. Carlos Humberto Aroche Sandoval
EXAMINADORA	Mtra. Inga. Sindy Massiel Godinez 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:

**PROCESO DE SEMIAUTOMATIZACIÓN DE CONTROLES DE OPERACIÓN EN LA LÍNEA DE PELETIZADO, PARA INCREMENTAR EL RENDIMIENTO EN LOS EQUIPOS EN UNA PLANTA DE PROCESAMIENTO DE ALIMENTOS BALANCEADOS PARA ANIMALES ACUÍCOLAS UBICADA EN EL DEPARTAMENTO DE ESCUINTLA, GUATEMALA**

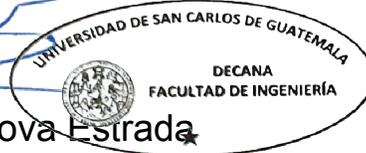
Tema que me fuera asignado por la Dirección de Escuela de Estudios de Postgrado, con fecha 8 de agosto de 2020.

**Inga. Gisela Alejandra Gaitán Mauricio**

LNG.DECANATO.OI.254.2022

La Decana 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: **PROCESO DE SEMIAUTOMATIZACIÓN DE CONTROLES DE OPERACIÓN EN LA LÍNEA DE PELETIZADO, PARA INCREMENTAR EL RENDIMIENTO EN LOS EQUIPOS EN UNA PLANTA DE PROCESAMIENTO DE ALIMENTOS BALANCEADOS PARA ANIMALES ACUÍCOLAS UBICADA EN EL DEPARTAMENTO DE ESCUINTLA, GUATEMALA**, presentado por: **Gisela Alejandra Gaitán Mauricio**, 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:



Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada

Decana

Guatemala, abril de 2022

AACE/gaoc



**Guatemala, abril de 2022**

LNG.EEP.OI.254.2022

En mi calidad de Director 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:

**“PROCESO DE SEMIAUTOMATIZACIÓN DE CONTROLES DE OPERACIÓN EN LA LÍNEA DE PELETIZADO, PARA INCREMENTAR EL RENDIMIENTO EN LOS EQUIPOS EN UNA PLANTA DE PROCESAMIENTO DE ALIMENTOS BALANCEADOS PARA ANIMALES ACUÍCOLAS UBICADA EN EL DEPARTAMENTO DE ESCUINTLA, GUATEMALA”**

presentado por **Gisela Alejandra Gaitán Mauricio** correspondiente al programa de **Maestría en artes en Gestión industrial** ; apruebo y autorizo el mismo.

Atentamente,

*“Id y Enseñad a Todos”*

  
**Mtro. Ing. Edgar Danilo Alvarez Cotí**  
Director  
Escuela de Estudios de Postgrado  
Facultad de Ingeniería



Guatemala, 04 de noviembre de 2021

Maestro  
Edgar Darío Álvarez Cotí  
Director Escuela de Estudios de Postgrado  
Presente.

Estimado Mtro. Álvarez:

Por este medio le informo que he revisado y aprobado el Informe Final de graduación titulado: **“PROCESO DE SEMIAUTOMATIZACIÓN DE CONTROLES DE OPERACIÓN EN LA LÍNEA DE PELETIZADO, PARA INCREMENTAR EL RENDIMIENTO EN LOS EQUIPOS EN UNA PLANTA DE PROCESAMIENTO DE ALIMENTOS BALANCEADOS PARA ANIMALES ACUÍCOLAS UBICADA EN EL DEPARTAMENTO DE ESCUINTLA, GUATEMALA”** de la estudiante **GISELA ALEJANDRA GAITÁN MAURICIO** del programa de Maestría en Artes en Gestión Industrial.

Con base en la evaluación realizada hago constar la originalidad, calidad, validez, pertinencia y coherencia según lo establecido en el Normativo de Tesis y Trabajos de Graduación aprobados por la 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. Cumpliendo tanto en su estructura como en su contenido, por lo cual el protocolo evaluado cuenta con mi aprobación.

Atentamente,

*“Id y Enseñad a Todos”*



Mtro. Carlos Humberto Aroche  
Coordinador de Maestría  
Gestión Industrial – Fin de Semana

Guatemala, 05 de septiembre de 2021

M.A. Ing. Edgar Darío Álvarez Cotí  
Director  
Escuela de Estudios de Postgrado  
Presente

Estimado M.A. Ing. Álvarez Cotí

Por este medio informo a usted, que he revisado y aprobado el trabajo de Graduación y el Artículo Científico "**Proceso de semiautomatización de controles de operación en la línea de peletizado, para incrementar el rendimiento en los equipos en una planta de procesamiento de alimentos balanceados para animales acuícolas ubicada en el departamento de escuintla, Guatemala**" de la estudiante **Gisela Alejandra Gaitán Mauricio** del programa de Maestría en **Gestión Industrial**, identificada con número de carné: **200818823**.

Agradeciendo su atención y deseándole éxitos en sus actividades.



Msc. Licda. Jennifer Alvarado Gonzáles  
Colegiado 8734



## **ACTO QUE DEDICO A:**

<b>Dios</b>	Por haber estado conmigo en todo momento y nunca haberme abandonado. Porque reconozco que sin su ayuda este logro no hubiera sido posible.
<b>Mis padres</b>	Por su amor y apoyo incondicional.
<b>Mi hermana</b>	Karen Gaitán, porque me has ayudado a recorrer el camino de la vida, por cuidarme siempre. Tengo fe en Dios que en un futuro tú también estarás celebrando tu triunfo.
<b>Mi familia</b>	Tíos y primos, por estar pendientes en el avance de mi carrera.
<b>Mis amigos</b>	Gracias por su amistad y por el apoyo que me han brindado a lo largo de estos años.

## **AGRADECIMIENTOS A:**

<b>Facultad de Ingeniería</b>	Por la oportunidad de desarrollarme profesionalmente.
<b>Mi asesora</b>	Gracias por su asesoría en el presente trabajo de graduación y compartir conmigo sus conocimientos.
<b>Mi amigo</b>	Cristian Quintanilla, gracias por su ayuda en la recolección de datos para poder plasmarlos en el trabajo 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.....	XV
RESUMEN DEL MARCO METODOLÓGICO .....	XVII
INTRODUCCIÓN .....	XXI
1. MARCO TEÓRICO.....	1
1.1. Empresa de alimento balanceado .....	1
1.1.1. Calidad del producto.....	2
1.1.1.1. Misión .....	2
1.1.1.2. Visión.....	2
1.1.1.3. Fuerza laboral.....	2
1.1.1.4. Valores .....	3
1.1.1.5. Ética.....	3
1.1.1.6. Desarrollo humano .....	4
1.1.1.7. Accesibilidad.....	5
1.1.1.8. Acuicultura .....	5
1.1.1.9. Rendimiento.....	5
1.1.2. Factores que influyen en el rendimiento de los equipos .....	6
1.1.2.1. Factores primarios .....	6

	1.1.2.2.	Factores secundarios .....	6
	1.1.2.3.	Disponibilidad .....	7
	1.1.2.4.	Calidad .....	7
1.1.3.		Equipo industrial y su eficiencia productiva .....	7
1.1.4.		Definición de productividad .....	10
	1.1.4.1.	Factores que afectan la productividad .....	10
		1.1.4.1.1. Factores atribuibles a la organización del trabajo .....	10
		1.1.4.1.2. Factores atribuibles a los trabajadores.....	11
		1.1.4.1.3. Factores atribuibles a condiciones externas ....	11
		1.1.4.1.4. Indicadores.....	12
1.2.		Proceso .....	13
	1.2.1.	Aspectos de fabricación .....	14
		1.2.1.1. Molienda.....	15
		1.2.1.2. Mezclado .....	15
		1.2.1.3. Preacondicionamiento.....	16
		1.2.1.4. Peletizadora .....	16
		1.2.1.5. El enfriado-secado .....	16
		1.2.1.6. Aspectos de aseguramiento de calidad.....	17
		1.2.1.7. Calidad de los Ingredientes .....	18
		1.2.1.8. Trazabilidad.....	19
1.3.		Semiautomatización industrial.....	20
	1.3.1.	Importancia de la semiautomatización industrial .....	20

1.3.2.	Funcionamiento de la semiautomatización industrial .....	20
1.3.3.	¿Dónde se puede llegar a visualizar la semiautomatización en las agroindustrias? .....	21
1.3.4.	Principales características .....	22
2.	DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN.....	23
3.	PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.....	27
3.1.	Objetivo 1 .....	27
3.2.	Objetivo 2 .....	31
3.3.	Objetivo 3 .....	40
3.4.	Objetivo general .....	42
3.4.1.	Antecedentes de la implementación de paneles de control semiautomatizados .....	42
3.4.2.	Introducción de implementación de paneles de control semiautomatizados .....	42
3.4.3.	Plan de implementación de paneles de control semiautomatizados.....	43
3.4.4.	Actividades realizadas .....	43
3.4.5.	Identificación de los requisitos de los equipos .....	44
3.4.6.	Resultados obtenidos de la implementación .....	44
4.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	45
4.1.	Análisis interno de la investigación.....	45
4.2.	Análisis externo de la investigación.....	48
	CONCLUSIONES .....	51
	RECOMENDACIONES.....	53

REFERENCIAS .....55  
APÉNDICE .....61

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Toma de producto para establecer rendimiento .....	28
2.	Obtención de peso de muestra .....	29
3.	Termocondicionadores.....	31
4.	Prensa.....	32
5.	Cuchillas.....	33
6.	Válvula de presión.....	33
7.	Tolva de alimentación .....	34
8.	Panel de control semiautomático .....	35
9.	Aumento de carga del alimentador .....	36
10.	Aumento de carga 2.1 tonelada hora .....	37
11.	Incremento de carga a 3 tonelada hora.....	38
12.	Harina con colorante .....	39
13.	Rendimientos antes y después de implementación .....	41
14.	Porcentaje de variación antes y después de implementación.....	46
15.	Toneladas métricas mensuales producidas (antes y después de la implementación).....	47

### TABLAS

I.	Operacionalización de variables .....	XVIII
II.	Valores de la empresa de alimentos balanceados para animales .....	3
III.	Código de ética .....	4
IV.	Desarrollo humano.....	4

V.	Accesibilidad .....	5
VI.	Registro de aforos manuales .....	30
VII.	Rendimientos antes de implementación .....	30
VIII.	Nuevo rendimiento de máquinas .....	40
IX.	Comparativo de rendimientos de alimento balanceado por presentación .....	45

## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
<b>\$</b>	Dólares
<b>G</b>	Gramos
<b>HR</b>	Hora
<b>%</b>	Porcentaje
<b>Q</b>	Quetzales
<b>TM</b>	Tonelada



## GLOSARIO

<b>Acuícola</b>	Es el cultivo de organismos acuáticos.
<b>Aforo</b>	Muestra manual de alimento balanceado para determinar rendimientos de peletizadora.
<b>Granulometría</b>	Es la distribución de los tamaños de las partículas de una agregada, tal como se determina por análisis de tamices.
<b>Molienda</b>	Proceso que consiste en quebrar o romper los granos utilizados, golpeándola o frotándola entre dos piezas duras hasta reducirlas a trozos muy pequeños.
<b>Partícula</b>	Tamaño que posee el alimento balanceado.
<b>Peletizadora</b>	Máquina o equipo en el cual se realiza el alimento balanceado.
<b>Promotor de crecimiento</b>	Es un aditivo que se puede agregar al alimento balanceado ayudando al crecimiento muscular del animal.
<b>Trazabilidad</b>	Secuencia de procedimientos que permite seguir el proceso de evolución de un producto en cada una de sus etapas.



## RESUMEN

Esta investigación realizada busca la implementación de paneles de control de parámetros de operación semiautomatizados en una planta de procesamiento de alimento balanceado para incrementar el rendimiento de las máquinas peletizadoras.

Se obtuvo bajo rendimiento en las máquinas peletizadoras, por lo que el tonelaje producido no era suficiente para suplir las necesidades de alimento en el mercado solicitados, otro factor que influye en el proceso es la presión de vapor, temperatura de vapor, y carga ya que estos se parámetros se regulan manualmente por llaves y con base al *expertis* que cuenta cada operador y no se obtiene una estandarización en los controles de operación

El objetivo de la investigación fue el proceso de semiautomatización de controles de operación en la línea de peletizado, para incrementar el rendimiento en los equipos

El trabajo tiene una metodología de la investigación con un enfoque mixto, con un diseño no experimental, con alcance descriptivo. Para la obtención de información se utilizó muestras de producto antes y después de la implementación de paneles de control semiautomatizados.

El resultado obtenido del trabajo de investigación es la implementación exitosa de los paneles de control semiautomatizados en las máquinas peletizadoras logrando el incremento en los rendimientos de los equipos modificados. El beneficio que se obtuvo es el incremento de rendimiento,

incremento en el tonelaje presupuestado, reducción de reproceso y bajar el costo de maquila del alimento balanceado.

Se logró concluir que la implementación de los paneles semiautomatizados se obtuvo de estandarizar los parámetros de operación, incremento de rendimiento e incremento en la capacidad de toneladas métricas para producir.

## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y FORMULACIÓN DE PREGUNTAS ORIENTADORAS**

La empresa de alimentos balanceados para animales cuenta con 4 máquinas peletizadoras las cuales trabajan con diferentes rendimientos para cada presentación (tamaño de producto), los controles de las máquinas se manejan de forma manual lo cual no permite que se obtenga información sobre los datos de los parámetros con los que se trabajó el alimento, como por ejemplo, temperatura de los termo-acondicionadores, presión, tiempo de resiliencia, esto debido a que el operador debe mover las llaves que controlan estos parámetros de control e ir tomando muestras para asegurar que el alimento cumple con las especificaciones de calidad.

Para determinar el rendimiento con el que están trabajando las máquinas se realizan aforos, que no es más que en un cierto periodo de tiempo se abre una compuerta de la máquina donde se obtiene producto terminado y después se pesa para saber la cantidad de producto que se obtuvo en ese tiempo y ese es el dato que se toma como rendimiento de la máquina (del Departamento de Producción de la planta de alimentos balanceados).

Se tiene dificultad para detectar el funcionamiento de los equipos, esto provoca que el rendimiento de las máquinas baje, en ocasiones es necesario programar turnos de personal operativo suplente que cubra al operativo titular el cual no posee la misma experiencia y esto repercute en que no se utiliza el máximo rendimiento que el quipo puede trabajar.

La capacidad de peletizado que se tiene en las máquinas es bajo, por lo que el tonelaje producido no es suficiente para cumplir con todos los despachos solicitados, otro factor que influye en los cambios de rendimiento son las diferentes versiones de fórmulas las cuales hacen que se tengan que volver a buscar los parámetros de la nueva versión, en lo cual se pierde tiempo en el proceso de producción por la forma en que se obtienen los datos.

- Formulación de preguntas
  - Pregunta central

¿Cómo la implementación de semiautomatización de los controles de operación en el proceso y equipos incrementa el rendimiento de los equipos en una planta de procesamiento de alimento balanceado para animales?

- Preguntas auxiliares
  - ¿Cómo se monitorean los rendimientos de las máquinas previo al desarrollo del estudio?
  - ¿Cuál es la estabilidad del equipo de la línea de paletizado con el proceso de semiautomatización diseñado?
  - ¿Qué beneficios se obtendrán por la implementación de semiautomatización y modificaciones de los equipos?

## OBJETIVOS

- General

Implementar controles semiautomatizados de los parámetros de control en el proceso de peletizado para incrementar los rendimientos de las máquinas en una empresa de procesamiento de alimentos balanceados para animales acuícolas.

- Específicos

- Describir cómo se monitorean los rendimientos de los equipos antes que se realicen los cambios en las máquinas, para encontrar deficiencias en el método utilizado.
- Elaborar pruebas de estabilidad de equipos de la línea de peletizado con el proceso de semiautomatización diseñado.
- Evaluar los beneficios obtenidos con la implementación del panel de controles semiautomatizados y modificaciones de los equipos, evaluando si existe incremento del rendimiento en la línea de peletizado.



## RESUMEN DEL MARCO METODOLÓGICO

El trabajo de investigación tiene un enfoque mixto, esto quiere decir que se obtendrá datos cualitativos y cuantitativos.

Datos cuantitativos, se obtuvieron mediciones de variables numéricas de los parámetros de control durante el proceso de paletizado y los rendimientos de los equipos mediante aforaciones antes y después de la implementación.

Datos cualitativos, se obtuvieron muestras las cuales se realizó análisis de apariencia, uniformidad del pellet antes y después de la implementación.

El trabajo de investigación tiene un alcance descriptivo, porque se hace recolección de datos de los parámetros de control y rendimientos antes y después de la semiautomatización los cuales fueron de ayuda para el análisis de variaciones que se presentaron en las variables analizadas, y las cuales se lograron estandarizar con la semiautomatización de los controles de operación.

Variables independientes, son las que no necesitas de una constante para realizar su efecto en el alimento balanceado para animales acuícolas, por ejemplo: proteína del alimento, *pellet* por gramo es la cantidad de *pellet* que contiene un gramo de producto terminado, vapor, humedad, pm permeabilidad, hidroestabilidad, actividad de agua, porcentaje de finos, porcentaje de grumos.

Variable dependiente, esta variable necesita una constante para poder trabajar a su capacidad máxima establecida, para el trabajo de investigación es el rendimiento de máquina, que es la cantidad de producto terminado que puede

trabajar en una fracción de tiempo y la temperatura de vapor que es la que nos ayuda a tener la calidad de vapor alimentando las máquinas para poder obtener los parámetros de control estandarizados.

Tabla I. **Operacionalización de variables**

<b>Nombre de la variable</b>	<b>Tipo de variable</b>	<b>Indicador</b>	<b>Instrumento / herramienta</b>
Descripción del monitoreo de rendimientos de equipos y maquinarias en el momento actual.	Cualitativa / Cuantitativa.	·Rendimiento: peso (kg) / Tiempo (s) ·Temperatura: (grados centígrados) ·vapor:(psi).	Registros del proceso, observación, termómetro, manómetro.
Definición del plan de semiautomatización de la línea de peletizado.	Cualitativa / Cuantitativa.	% de cumplimiento del plan de implementación.	Actividades planificadas en el cronograma de actividad para los cambios previsto, gráfica de cumplimiento.
Realización pruebas de estabilización de las máquinas peletizadoras después de la semiautomatización.	Cualitativa / Cuantitativa.	·Rendimiento: peso (kg) / Tiempo (s) ·Temperatura: (grados centígrados) ·vapor:(psi).	Registros del proceso, observación, termómetro, manómetro.
Análisis de los beneficios obtenidos con la implementación de los paneles de control semiautomatizados.	Cuantitativa.	·Rendimiento: peso (kg) / Tiempo (s) ·Temperatura: (grados centígrados) ·vapor:(psi).	Registros del proceso, observación, termómetro, manómetro.

Fuente: elaboración propia.

Para realizar el trabajo de investigación se siguió el orden de las siguientes fases, utilizando el formato de aforación de los equipos con el cuál se lleva el control de los parámetros de las muestras obtenidas.

- Fase 1: se revisó la bibliografía, documentos y datos históricos para sustentar los planteamientos a realizados en el trabajo de investigación, previo a la implementación del panel de control semiautomatizado de parámetros de operación.

- Fase 2: se realizó el diagnóstico del estado en que se encontraban los equipos para tener información base para luego analizar y visualizar los beneficios que se obtuvieron con la semiautomatización de los equipos. Para poder realizar el análisis se realizaron muestras con aforaciones para determinar el rendimiento con el que las máquinas peletizadoras trabajaban.

Se desarrolló el plan de semiautomatización que consistió en analizar los componentes que tiene contacto directo con la influencia en el rendimiento de las máquinas y las medidas de los parámetros de control que se utilizan en el proceso de peletizado del alimento balanceado para animales una vez se obtuvo la información de los equipos que se aplicaron los cambios se entregó al Departamento de Mantenimiento para que iniciara con la preparación de los equipos para su desmonte para trabajar en los paneles de control semiautomatizados.

- Fase 3: se realizaron pruebas con los equipos y los tableros semiautomatizados en los cuales se buscó el buen funcionamiento de las máquinas peletizadoras de igual forma el panel de control, se tomaron muestras y se registraron los datos como; rendimiento, vapor, temperatura, código del producto a trabajar, que son los datos que se podrán estandarizar conforme a las fórmulas a trabajar durante 15 días.
- Fase 4: se analizaron los datos obtenidos después de la implementación del panel de controles semiautomatizado de control de parámetros para el incremento del rendimiento con respecto a cómo se operaban las máquinas antes de realizar los cambios y la forma en que obtenían los mismos datos. Se realizaron pruebas después de la implementación por 15 días para determinar el buen funcionamiento de los equipos y de los

paneles de control instalados y obtener el porcentaje de incremento del rendimiento.

## INTRODUCCIÓN

En el presente trabajo de investigación se detectó, problemas de reclamos e inconformidades por parte de los clientes debió a la falta de control en el proceso de peletizado de alimento balanceado, los controles de operación de los equipos, tales como: la carga del equipo, cantidad de vapor que se añadía al proceso y la presión del mismo se realizaba de forma análoga, lo que dificultaba la estandarización de los controles operativos, la finalidad del trabajo de investigación fue implementar el panel de controles semiautomatizado de los parámetros de control en el proceso productivo e incrementar el rendimiento de los equipos.

Se obtuvo como resultados un incremento en los rendimientos en las máquinas peletizadoras lo cual ayudará a tener disponibilidad de alimento balanceado para las necesidades a cubrir de los clientes, el panel de controles semiautomatizados brinda los datos de los parámetros de control en el proceso, lo cual fue de ayuda para estandarizar los parámetros en las fórmulas utilizadas en los productos y realizar productos homogéneos.

Los beneficios que se obtuvieron con la investigación está en tener controlados los parámetros de operación lo que tiene influencia directa en los rendimientos de equipos y la calidad de producto terminado, lo que permite cumplir con los pedidos de los alimentos y minimizar los costos de operación.

El esquema de implementación se dividen en tres fases: fase uno, se revisó bibliografía e información y datos históricos que se tenía de la empresa para sustentar los planteamientos que se realizaron en el presente trabajo de

investigación; fase dos, se desarrolló del plan de semiautomatización de los controles de parámetros de operación en el proceso de peletizado y fase tres se analizaron los datos obtenidos después de la implementación del panel de controles semiautomatizado para el incremento del rendimiento con respecto a cómo se operaban las máquinas antes de realizar los cambios a los equipos.

Se utilizó el método científico ya que se realizó la descripción del proceso que logra realizar el muestreo para realizar el análisis con los datos obtenidos antes y después de la semiautomatización y se finalizó la presentación de los resultados, abordando discusión de resultados analizado con lo que se busca con la investigación.

La implementación del panel de control semiautomatizado fue factible porque se contó con el equipo, recursos y el acceso a la información correspondiente, los cuales se obtuvieron antes de iniciar el proceso de semiautomatización, durante el proceso de implementación, y después de haber terminado la implementación de los paneles de control semiautomatizados.

El informe final de investigación está conformado por 4 capítulos los cuales son: capítulo 1, marco teórico de la investigación en que se puede encontrar información de la empresa analizada, misión, visión, valores, calidad, ética, rendimiento, indicadores, eficiencia de equipos, semiautomatización de equipos, proceso de paletizado. Capítulo 2, el desarrollo de la investigación se realizó una descripción de la situación de la empresa donde se llevó a cabo el análisis del proceso de toma de rendimientos de los equipos con los que se cuentan.

Capítulo 3, la presentación de resultados se obtuvo con la implementación de la semiautomatización de panel de control, homogenización de producto terminado, estandarización de los parámetros de control en el proceso,

incremento en los rendimientos en los tres tamaños de partícula que se manejan e incremento en la capacidad de tonelaje.

Capítulo 4, resultados obtenidos con la implementación de paneles de control semiautomatizados de los parámetros en el proceso. Se logró obtener el resultado planteado, incrementar el rendimiento de las máquinas peletizadoras obtenido una variación máxima de 9.2 % en la partícula de 1.2 milímetros y como mínimo un 3.4 % de variación en la partícula de 1.8 milímetros e incrementar un 19 % la capacidad de producción logrando peletizar 6001 toneladas métricas al mes previo a la implementación de los paneles de control semiautomatizados.



# 1. MARCO TEÓRICO

## 1.1. Empresa de alimento balanceado

Inicia operaciones en los años 50, como una empresa familiar, actualmente es una corporación con presencia en Centroamérica y El Caribe. Su objetivo es brindar a través de sus unidades de negocio alimentos para consumo humano y alimentos balanceados para animales que cumplan con los más altos estándares de calidad, aportando de esta forma a la nutrición en la región y al desarrollo de las comunidades a través de generación de empleo.

Se remonta a la década de los sesenta, cuando se incursionó en el mercado de fabricación de alimentos para la crianza de aves de corral.

Desde su planta matriz ubicada en Escuintla, se produce un promedio de 25 mil toneladas al mes de alimento balanceado para el área pecuaria, acuícola y mascotas. (Grupo Paf, 2019, párr. 1-3)

Con importantes inversiones que armonizan su eficiencia e instalaciones con tecnología de punta, la empresa estudiada ha pasado de ser una planta de abastecimiento para el conglomerado avicultor, a ser una empresa con capacidad de innovar en la industria y fortalecer su cadena de suministro a nivel regional.

Esto lo ha logrado gracias a su amplia experiencia en investigación y un profundo conocimiento de las necesidades nutricionales del mercado. (Grupo Paf, 2019, párr. 5)

### **1.1.1. Calidad del producto**

La operación está avalada por un sistema de Gestión de Calidad, que asegura la inocuidad y seguridad alimentaria de los productos que ofrece. Además, cuenta con certificaciones de calidad.

Sus parámetros inician desde la selección de materias primas garantizando un producto final que satisface las necesidades nutricionales de sus consumidores.

Son estos altos estándares de producción el reflejo de un reto que asume la empresa con enorme compromiso y con el espíritu de mejora continua que les caracteriza. (Grupo Paf, 2019, párr. 8)

#### **1.1.1.1. Misión**

“Crecer inteligentemente consolidarnos y diversificarnos” (Grupo Paf, 2019, párr. 9).

#### **1.1.1.2. Visión**

“Proveen alimentos balanceado nutritivo y de calidad” (Grupo Paf, 2019, párr. 10).

#### **1.1.1.3. Fuerza laboral**

“Son aproximadamente más de 3000 empleados apoyando así a los ciudadanos guatemaltecos con un lugar de trabajo en una de las empresas más estables del país” (Grupo Paf, 2019, párr. 11).

#### 1.1.1.4. Valores

Nos caracterizamos por tener una estructura de valores con los que trabajamos.

Tabla II. **Valores de la empresa de alimentos balanceados para animales**

Calidad
Hacemos las cosas bien desde la primera vez.
Cumplimos con las especificaciones de nuestros clientes.
Cumplimos con estándares internacionales de calidad.
Trabajamos por mejorar nuestra calidad de vida.
Damos un servicio excelente.
Responsabilidad.
Somos responsables de nuestros aciertos y desaciertos.
Somos responsables de cumplir con iniciativa nuestras funciones y aportar mejoras.
Somos responsables de cuidar los recursos de la empresa.
Somos responsables del desarrollo de nuestra empresa y de Guatemala.
Somos puntuales en las actividades que realizamos.

Fuente: Grupo PAF. (2019). *Quiénes somos*. Consultado el 11 de octubre de 2021.

Recuperado de <https://www.grupo-paf.com/quienes-somos>.

#### 1.1.1.5. Ética

Desarrollar un código de ética el cual es nuestra base para desarrollar profesionalmente dentro de la corporación.

Tabla III. **Código de ética**

- 
- Pensamos, decimos y actuamos conforme a la Visión, Misión y Valores de la empresa.
  - No aceptamos ni damos obsequios o regalías a terceros por negocios de la empresa.
  - Evitamos emprender negocios que entren en conflicto con los intereses de la empresa.
  - Ofrecemos calidad y producimos calidad.
  - Consumimos lo que producimos, somos fieles a nuestra marca.
  - Damos crédito de los logros al equipo de trabajo.
  - Somos honestos con el cumplimiento de los procesos de trabajo.
  - Protegemos la confidencialidad de nuestra información.
  - Actuamos con honradez.
- 

Fuente: Grupo PAF. (2019). *Quiénes somos*. Consultado el 11 de octubre de 2021.

Recuperado de <https://www.grupo-paf.com/quienes-somos>.

#### 1.1.1.6. **Desarrollo humano**

Se apoya al personal a desarrollarse profesionalmente es nuestro objetivo como empresa líder de alimentos balanceados.

Tabla IV. **Desarrollo humano**

- 
- Nos capacitamos para nuestro desarrollo y el de nuestra empresa.
  - Aplicamos a nuestro trabajo los conocimientos adquiridos.
  - Buscamos oportunidades de promoción que nos permitan crecimiento.
  - Valoramos y participamos en las campañas de salud y educación, orientadas a nosotros y nuestras familias.
  - Participamos activamente en la Asociación Solidarista y así contribuimos a su crecimiento.
  - Agilidad.
  - Mantenemos una actitud positiva para enfrentar los retos en la empresa.
  - Nos adaptamos a los cambios y respondemos con rapidez a las necesidades de nuestros clientes y el entorno.
  - Nos anticipamos a buscar soluciones que nos permitan agilidad en los procesos.
  - Damos un eficaz seguimiento y soluciones a los problemas que se nos presentan.
  - Somos ágiles para reaccionar ante hechos o situaciones inesperadas.
- 

Fuente: Grupo PAF. (2019). *Quiénes somos*. Consultado el 11 de octubre de 2021.

Recuperado de <https://www.grupo-paf.com/quienes-somos>.

### **1.1.1.7. Accesibilidad**

Tiene el compromiso como empresa y recurso humano de generar acciones de mejoras.

Tabla V. **Accesibilidad**



Fuente: Grupo PAF. (2019). *Quienes somos*. Consultado el 11 de octubre de 2021.  
Recuperado de <https://www.grupo-paf.com/quienes-somos>.

### **1.1.1.8. Acuicultura**

Fabricación y distribución de alimento balanceado el área acuícola, elaborados en la planta, una de las más grandes y tecnificadas del país. Utilizan materias primas de la mejor calidad que son revisados por el departamento de calidad, afianzando la credibilidad de los materiales usados. (Grupo Paf, 2019, párr.12)

### **1.1.1.9. Rendimiento**

La relación entre lo producido y los recursos utilizados para generar un producto en específico, se suele hablar de productividad de los materiales, de equipos, y de la mano de obra, siendo este último aspecto de los más importantes a tomar en cuenta ya que para lograr un aumento en la eficiencia del trabajo es necesario un aporte alto de todas las partes que pueden afectarla. (Serpell, 1986, párr. 1)

## **1.1.2. Factores que influyen en el rendimiento de los equipos**

El uso y eficiencia de las máquinas peletizadoras tienen una dependencia de los siguientes factores.

### **1.1.2.1. Factores primarios**

- Factores humanos: destreza.
- Factores geográficos: ambiente laboral y climáticas según su ubicación y altitud media

### **1.1.2.2. Factores secundarios**

Proporciones del equipo para determinar el volumen del equipo a emplear. Metas por alcanzar, para establecer rendimientos aproximados y tipos de máquinas a utilizar de acuerdo con la misión y plazos.

Distancias a la que los materiales deben transportarse o moverse. (para establecer el tipo y cantidad de máquinas a utilizar teniendo en cuenta longitud pendiente condiciones del camino de acarreo superficie de las áreas de carga. (Canaza, 2019, párr. 2)

“Personal, para establecer de acuerdo con su capacidad de operación mantenimiento control y supervisión el tipo de máquina que ofrezca mayores facilidades” (Canaza, 2019, párr. 4).

### **1.1.2.3. Disponibilidad**

Considerando el tiempo disponible y el tiempo de producción, se realiza un cociente que nos devuelve un valor porcentual. Este valor se ve afectado directamente con los arranques de la máquina, puesta a cero, cambios de formato, problemas técnicos, entre otros. (CPI, 2019, párr. 3)

### **1.1.2.4. Calidad**

“Este valor porcentual representa el cociente entre la producción buena y los productos reales. Por lo tanto, este resultado se ve afectado por reprocesos o productos defectuosos que realice la máquina” (CPI, 2019, párr. 5).

Como lo menciona CPI (2019):

En el detalle que se realizó anteriormente, se puede observar que el OEE considera, y nos permite analizar 6 pérdidas de la eficiencia general de la máquina.

- Fallos mecánicos
- Configuración y ajustes
- Paros no programados
- Reducción de velocidad
- Rechazos por reprocesos
- Rechazos de producción. (párr. 7)

### **1.1.3. Equipo industrial y su eficiencia productiva**

Como lo menciona Tecnologiavao (2019):

Es una hoja de ruta simple pero poderosa que ayuda a las personas de la administración del piso de producción en una planta a visualizar y eliminar las pérdidas y el desperdicio de equipos. En otras palabras, tiene que ver con la eficiencia y no con la efectividad del equipo. (párr. 1)

“Entonces, la eficiencia productiva de la maquinaria industrial es la tasa entre lo que teóricamente podría producir una máquina y lo que realmente hizo. La forma más rápida de calcularla es la siguiente” (Tecnologiavao, 2019, párr. 2).

Por ejemplo, si toma la velocidad máxima teórica de una máquina (60 unidades por minuto), sabrá que al final de un turno de 480 minutos debería haber 28.800 unidades producidas.

1 turno = 8 horas = 480 minutos.

Velocidad máxima de producción = 60 unidades por minuto.

$480 \times 60 = 28.800$  unidades”. (Tecnologiavao, 2019, párr. 3)

Como lo menciona Tecnologiavao (2019):

Luego, se debe contar la cantidad de productos fabricados en un punto final del proceso de producción, como lo que hay en el *pelet* que va al almacén. Si solo hay 14.400 unidades que cumplen con los requerimientos de calidad en la plataforma, su efectividad fue del 50 %. (párr. 4)

Sin embargo, por qué la fórmula del índice de eficiencia (OEE) incluye disponibilidad (A), rendimiento (P) y calidad (Q). Qué significan estas palabras y qué valor aportan. Nos ayudarán a encontrar dónde

desaparecieron las otras 14.400 unidades que deberían haber estado en el *pelet*.

La implementación de soluciones para la planificación de procesos industriales como son los sistemas de eficiencia productiva de la maquinaria industrial da respuesta a ese seguimiento y permiten que los fabricantes puedan lograr objetivos significantes.

- Minimizar los costes de tiempos muertos.
- Reducción de costos por mantenimientos correctivos.
- Incremento en la eficiencia operativa.
- Reducción de costos de calidad.
- Incremento de rendimientos de equipos. (Tecnologiavao, 2019, párr. 5)

La eficiencia integra, la disponibilidad, el rendimiento del equipo y la calidad del producto, mientras que la efectividad es la relación entre lo que teóricamente podría producirse al final de un proceso y lo que realmente surgió o se produjo. Se puede decir entonces que la efectividad es:

- Hacer lo correcto: el producto correcto o SKU a la velocidad correcta (rendimiento).
- Haciéndolo de la manera correcta: sin necesidad de volver a trabajar, sin defectos, sin desperdicio (calidad).
- Hacerlo en el momento adecuado: producir según lo planeado, mantener la máquina en funcionamiento y minimizar las pérdidas de tiempo. (Tecnologiavao, 2019, párr. 9)

#### **1.1.4. Definición de productividad**

Como una aplicación al trabajo, la productividad, es la proporción que se logra entre el producto fabricado o servicio proporcionado y los insumos (recursos) que han intervenido en la realización de ese producto o servicio.

Es una medida para comparar la cantidad de salida de producción con respecto a la cantidad de sus componentes. (Valladarez, 2019, párr.2 )

##### **1.1.4.1. Factores que afectan la productividad**

Factores atribuibles a los diseños e insumos no laborables. Es decir, aquellos que tienen que ver con los elementos materiales, pero no con el proceso mismo sino con el diseño y mantenimiento de los elementos, como son el diseño de los productos y servicios, la estabilidad de los diseños, la calidad de las materias primas, la calidad y el mantenimiento de la maquinaria, la expectativa de calidad del producto final y el tamaño de la empresa. (Raffino, 2020, párr. 1)

##### **1.1.4.1.1. Factores atribuibles a la organización del trabajo**

“Aquellos que atañen a la estructura y el funcionamiento de la organización, tales como la disposición y empleo del espacio de trabajo, el método específico de trabajo, la planificación de los insumos, del entorno, o los tiempos de trabajo” (Raffino, 2020, párr. 8).

#### **1.1.4.1.2. Factores atribuibles a los trabajadores**

“Aquellos que tienen que ver con la fuerza de trabajo o el capital humano, tales como la formación educativa de los trabajadores, su estado físico durante las horas de trabajo, su motivación hacia el trabajo y su puntualidad” (Raffino, 2020, párr. 9).

#### **1.1.4.1.3. Factores atribuibles a condiciones externas**

“Aquellos que no tienen que ver con el interior de la empresa *per se*, sino con elementos foráneos. Tales como la mercadotecnia y las necesidades del mercado de consumo, las variables del entorno económico, o la internacionalización del producto final” (Raffino, 2020, párr. 10).

Como lo menciona Raffino (2020):

Algunas de las diferencias que existen entre los conceptos de eficacia, eficiencia y productividad son:

La eficacia no considera el ahorro de recursos ni de su cuidado, como sí lo hace la eficiencia.

La eficiencia implica alcanzar metas lo más rápido posible y gastando la menor cantidad de recursos necesarios. En la eficacia, el tiempo y el uso de recursos se dejan de lado. (Raffino, 2020, párr. 11)

#### 1.1.4.1.4. Indicadores

Para calcular los indicadores de eficacia, eficiencia y productividad se deben utilizar las siguientes fórmulas.

Eficacia: para evaluar la eficacia se utiliza una tabla de percentiles, con una puntuación del 1 al 5 en la que 1 es muy ineficaz y 5 muy eficaz. La fórmula es la siguiente:

$$\text{Eficacia} = (\text{resultado alcanzado} * 100) / \text{resultado previsto}$$

Como lo menciona Raffino (2020):

La fórmula es: Efectividad = (resultado alcanzado / costo real) \* tiempo invertido / (resultado esperado / coste estimado) \* tiempo previsto. Si el resultado obtenido es menor a 1 se lo considera ineficiente, si equivale a 1 se considera eficiente y si supera 1 será muy eficiente. (párr. 16)

Productividad. La productividad se encarga de establecer la eficiencia en el uso de los recursos. Para hacer esta evaluación, la fórmula es la siguiente:

$$\text{Productividad} = \text{salidas} / \text{entradas}$$

Como lo menciona Raffino (2020): “Con estas mediciones, se puede evaluar el desempeño del personal de la compañía, mejorar la competitividad y establecer metas de forma correcta. Además, son una herramienta clave para ajustar costos y tiempos” (párr. 17).

## 1.2. Proceso

El proceso de elaboración de alimentos balanceados para animales tiene una serie de tareas complejas lo cual puede resultar en un entendimiento pobre de la actividad para personas no experimentadas. El conocimiento de la transformación de muchos diferentes ingredientes con características físicas y químicas tan variadas, son necesarias para garantizar el buen desempeño del alimento a nivel de granjas animales. Esto requiere de un conocimiento y disciplina en el proceso para asegurar y mantener el producto en un estado balanceado y homogéneo. (Engormix, 2019, párr. 1)

Dado que cada proceso en la elaboración de alimentos balanceados para animales es la unificación o mezclado de muchos ingredientes. La formulación de costo mínimo es lo que cada nutricionista está realizando, para lograr la mejor rentabilidad de la productividad animal, pero esto no significa que el proceso y la maquinaria presente en una fábrica produzcan un adecuado alimento balanceado. Muchas veces la noción de costo mínimo no es la adecuada en el proceso, pues las diferencias en calidades de materias primas y tecnología de cada fábrica son difíciles de programar en una matriz de un modelo de programación lineal. (Engormix, 2019, párr. 3)

Mantener una buena comunicación es el primer paso para el entendimiento de los fundamentos del proceso de fabricación de alimentos balanceados y esto se logra cuando se utiliza la terminología adecuada entre todos los participantes de la industria de alimentos balanceados para animales.

La industria de fabricación de alimentos balanceados seguirá evolucionando pues habrá más énfasis en los procesos posteriores de un

ingrediente o alimento balanceado para optimizar las eficiencias y el resultado económico de los programas de alimentación animal a nivel de granjas. Va a seguir en la línea de productos con calidad asegurada y poseedor de registros de control y trazabilidad.

Debemos comprender que no hay otro factor que esté relacionado directa e indirectamente con la adecuada nutrición y rendimiento productivo de los animales, como lo es el adecuado proceso de fabricación de alimentos balanceados y su uso en granjas. (Engormix, 2019, párr. 6)

### **1.2.1. Aspectos de fabricación**

El procesado de ingredientes y alimentos terminados es una práctica común de la industria de fabricación de alimentos balanceados por sus efectos beneficiosos sobre la productividad. Los procesos tecnológicos más utilizados son la molienda, el granulado y el procesamiento térmico a altas temperaturas (>90 °C). La aplicación de estas técnicas afecta la fisiología digestiva y la composición de la microflora intestinal y por tanto a la productividad. La influencia de las condiciones del proceso (tamaño y uniformidad de las partículas tras la molienda, temperatura de acondicionamiento y tamaño y calidad del gránulo producido, y temperatura, tiempo, humedad, presión y fricción aplicados a ingredientes y alimentos balanceados durante el procesamiento térmico) sobre la rentabilidad de las explotaciones no está clara. (Engormix, 2019, párr. 8)

“Parte del problema radica en que los efectos de estos factores tecnológicos están interrelacionados y dependen de la composición del alimento terminado y de la edad y el estatus sanitario de los animales” (Engormix, 2019, párr. 9).

### **1.2.1.1. Molienda**

La molienda para el *pellet* es un factor importante y es responsable de cómo se producen los animales y la forma de extraer el máximo potencial genético. Debido a ello, las mejoras genéticas están poniendo una constante presión sobre los fabricantes de *pellet*, con el objetivo de que produzcan alimentos de calidad que cumplan con los requisitos de cada raza sin crear un estrés adicional o alteraciones fisiológicas.

Se han experimentado avances significativos en la tecnología de formulación de alimentos, pero la tecnología de molienda de los alimentos balanceados aún está por experimentar algunas mejoras. (Anand, 2020, párr. 2)

Junto con el mezclado y el peletizado, la molienda es uno de los procesos más importantes al producir alimento balanceado. Tradicionalmente, se utilizan molinos de martillo en la industria del balanceado para moler materiales crudos, mayormente porque son fáciles de construir y dan una variedad de reducción de partículas comparado con otras técnicas usadas en los molinos de rodillos y trituradores. (Vaas, 2020, párr. 2)

### **1.2.1.2. Mezclado**

Es la operación en donde todos los ingredientes se incorporan con el objetivo principal de que la mezcla sea homogénea. Por lo tanto, es una de las operaciones más importantes en la fabricación de alimentos balanceados para peces y crustáceos, pero con frecuencia no se le da la importancia que se merece. (Bortone, 2020, párr. 1)

### **1.2.1.3. Preacondicionamiento**

Es el primer y clásico tratamiento térmico que sufren las harinas de un alimento balanceado que se va a peletizado. El equipo está situado entre el alimentador de la peletizadora. Es un mezclador de turbulencia en continuo, que gira a unos 300 rpm aproximadamente. Su función es la mezcla homogénea del vapor de agua con las harinas. Cuanto mayor sea la longitud del equipo, mayor tiempo de retención y por tanto mejor homogeneización. Este tiempo suele ser variable dependiendo de los equipos y de la dureza y sanitización del pelet deseada. (Engormix, 2019, párr. 10)

### **1.2.1.4. Peletizadora**

Por lo general la Peletizadora se compone del alimentador, la cámara de acondicionamiento o preacondicionamiento, y la misma Peletizadora con sus otros componentes los rodillos, el dado, motor y carcasa. El trabajo real se produce en la cámara de peletización, que está compuesta por los rodillos 2-3, y el dado o matriz de peletización. La producción efectiva de pellets para camarón va a depender de las partes mecánicas (los rodillos) y su ajuste para generar la presión necesaria para extrudir la mezcla a través del dado o molde. (Bortone, 2020, párr. 12)

### **1.2.1.5. El enfriado-secado**

Este proceso se lleva a cabo en los equipos llamados enfriadores cuya misión es reducir la humedad y la temperatura del *pellet* para su mejor conservación. Existen tres tipos de enfriadores: vertical, horizontal y en contracorriente con diferentes modelos en cada caso. No se puede afirmar

que un tipo sea mejor que otro, aunque en la actualidad, el vertical es el menos utilizado. Cada fábrica decidirá según su experiencia.

El enfriador horizontal se emplea sobre todo en casos de productos de difícil fluidez y con adiciones elevadas de líquido. El enfriador en contracorriente tiene buena utilidad para enfriar productos de fácil fluidez. (Engormix, 2019, párr. 14)

El principio de contracorriente consiste en que el aire más frío entra en contacto con el *pelet* más fríos y los más calientes con el aire calentado a través de la capa.

En el enfriador vertical los gránulos fluyen por gravedad y el aire es aspirado a través de las dos columnas de *pelet* por medio de un ventilador. El mejor vehículo para sacar la humedad es el aire seco.

La velocidad del aire en el enfriador será lo más baja posible, para que enfríe y seque interior y exteriormente del *pelet*, pero se evite su arrastre por la corriente de aire. La cantidad de aire necesaria dependerá del tiempo de permanencia del producto en el enfriador, así como de la calidad del aire, del espesor de la capa del *pelet*. (Engormix, 2019, párr. 17)

#### **1.2.1.6. Aspectos de aseguramiento de calidad**

El aseguramiento de la calidad es un aspecto importante de las operaciones de fabricación de alimentos balanceados. El aseguramiento de la calidad se puede definir como el esfuerzo total para plantear, organizar, dirigir y controlar la calidad en un sistema de producción con el objetivo de dar al

animal productos con la calidad adecuada. Es simplemente asegurar que la calidad sea lo que debe ser. (Engormix, 2019, párr. 18)

#### **1.2.1.7. Calidad de los ingredientes**

Dado que la composición de los alimentos para animales son materias primas provenientes de procesos agrícolas, granos o cereales y de procesos industriales pastas de oleaginosas, harina de subproductos de origen animal, entre otros, es importante el conocer y clasificar cada una de estas de acuerdo con su perfil nutricional, aminoácidos, energía, vitaminas, minerales y a sus características físicas, de origen o proveedor.

Los ingredientes de un alimento terminado representan de un 70 % a un 90 % del costo de la dieta. Es más, a medida que una planta se vuelve más grande y eficiente en sus procesos, el porcentaje del costo total de los ingredientes tiende a subir. (Engormix, 2019, párr. 20)

Es necesario el priorizar el conocimiento sobre las materias primas empleadas en la elaboración de alimentos balanceados. No solo el conocimiento relacionado a los aspectos de composición química perfil nutricional y física densidad, tamaño de partícula, fluidez, características de color y sensoriales, entre otros, sino una definición de la calidad de ese ingrediente y los límites de aceptación o rechazo.

La descripción física y sensorial ya no basta para la determinación de los aspectos de calidad de ingredientes. Es necesario el uso de técnicas de laboratorio, que no den los parámetros necesarios en un tiempo corto. Este es un dilema en muchas empresas, dado que se usan datos de laboratorios externos, para la determinación de un análisis químico bromatológico, de

aminoácidos, vitaminas o minerales, u otras variables como bacteriología o toxicología. (Engormix, 2019, párr. 22)

Es necesario el uso de técnicas más rápidas como la Reflectancia en el Infrarrojo cercano (NIRS) que puede estimar parámetros químicos o nutricionales de las materias primas empleadas. Pero en un sentido real, la calidad de un ingrediente que es recibida por una planta de alimentos terminados debe de empezar en la mente de un proveedor. Dicho de otra forma, la calidad de los ingredientes es el reflejo de los que los proveedores creen que se requiere en términos de calidad. (Engormix, 2019, párr. 23)

#### **1.2.1.8. Trazabilidad**

La trazabilidad aplicada a una planta de alimentos balanceados es la generación de toda la documentación implicada en el proceso de elaboración de un lote de alimento. El lote de alimento se considera la producción de un determinado alimento en un día determinado. Todo debe estar documentado e identificado, para dar seguimiento hacia adelante o hacia atrás. (Avícola, 2020, párr. 1)

Trazabilidad interna, es obtener la traza que va dejando un producto por todos los procesos internos de una compañía, con sus manipulaciones, su composición, la maquinaria utilizada, su turno, su temperatura, su lote, entre otros, es decir, todos los indicios que hacen o pueden hacer variar el producto para el consumidor final.

Trazabilidad externa, es externalizar los datos de la traza interna y añadirle algunos indicios más si fuera necesario, como una rotura del

embalaje, un cambio en la cadena de temperatura, entre otros. (Sofos, 2020, párr. 2)

### **1.3. Semiautomatización industrial**

La semiautomatización industrial se apoya en controles manejados por el personal operativo y personal operativo del área de mantenimiento para controlar y supervisar los procesos que llevan a cabo las peletizadoras. Realizar dichas tareas, representa el principal objetivo de la semiautomatización industrial. Sin embargo, generar la mayor cantidad de productos terminado en el menor tiempo posible también representa un propósito fundamental en la semiautomatización industrial.

Esta cualidad ayudar a realizar seguimientos y un alcance más minucioso de los mecanismos de producción que se llevan a cabo en una industria.

#### **1.3.1. Importancia de la semiautomatización industrial**

Se reducen costos y mantienen un mismo nivel de calidad, incorporando a sus principios laborales la concepción de que una máquina puede trabajar en menor tiempo y con mayor precisión con la supervisión del personal que opera el equipo.

#### **1.3.2. Funcionamiento de la semiautomatización industrial**

En la mayoría de las plantas agroindustriales, saber cómo funciona la semiautomatización industrial es aplicar controles y la supervisión del flujo de los equipos, las herramientas que, en gran mayoría de los casos, cumplen las funciones que se duplican, y así logrando alcanzar que se opere

semiautomáticamente y se logre reducir el involucramiento del operador en los controles de los equipos.

Garantizar la calidad del producto y la reducción de costes.

La semiautomatización de las empresas es posible debido a aunar diversas tecnologías, como la instrumentación, que nos permite la medición de la materia en muchos estados: gases, líquidos y sólidos. En el caso de los líquidos quiere decir que se llegan a medir cosas como la presión, el volumen o el peso.

Los motores, los servos y la neumática, entre otros sistemas, nos ayudan a realizar algunos movimientos (desplazar un objeto o producto, mover una bomba...); mientras que existen sensores que nos indican qué es lo que sucede en tiempo real y en todo el proceso, dónde estamos y la señal para los siguientes pasos. Por un lado, existen sistemas de comunicación que llegan a enlazar todas las partes; y, por otro, controladores para que todo siga una secuencia lógica, tomando las decisiones en función de una programación que se establece con anterioridad. (Torres, 2019, párr. 6)

### **1.3.3. ¿Dónde se puede llegar a visualizar la semiautomatización en las agroindustrias?**

“Va más allá de la industria y se aplica en la gestión de servicios y procesos, información o mejora del desempeño de la eficiencia: desde la instalación, el mantenimiento, la contratación o el diseño de un producto o servicio” (MCR, 2019, párr. 3).

#### **1.3.4. Principales características**

Siempre se debe tener claro cómo funciona esta semiautomatización, pero también debes considerar sus principales características. Entre ellas:

- La mejora de la calidad de los productos.
- Minimizar esfuerzos y tiempos de producción.
- Mejorar la productividad, con una reducción de costes industriales.
- Mejorar la calidad mediante un proceso constante y repetitivo.
- Reducir el daño en las piezas y aumentar la seguridad en el personal de las empresas.
- Arreglo de máquinas a un menor coste, invirtiendo en mantenimiento preventivo.
- Ahorrar para lograr más eficiencia en la producción de la organización, sin costes ocultos.
- Gracias a ella, las organizaciones pueden ahorrar tiempo y dinero mediante la reducción de costes y personal. (Torres, 2019, párr. 6)

## 2. DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

El desarrollo de la investigación se presenta la forma en que se llevó a cabo la investigación de campo, tomando en cuenta los problemas detectados hasta el momento de la implementación del panel de control de parámetros de proceso.

Las fases que se desarrollaron en la investigación son las siguientes:

- En la primera fase se revisó y utilizo bibliografía, documentos y datos históricos obtenidos por medio de la observación durante el proceso de peletizado, para sustentar los planteamientos que se realizaron en el trabajo de investigación, previo a la implementación del panel de control semiautomatizado de parámetros de operación y rendimientos de los equipos. Se utilizó estadística descriptiva para el análisis de información.

Se realizaron aforaciones de muestras manuales para tener el rendimiento con el que trabajaban las máquinas previo a la implementación de los paneles de control semiautomatizados para poder compararlo con el rendimiento obtenido después de la implementación.

- En la segunda fase se desarrolló el plan de semiautomatización que consistió en analizar los componentes que tiene contacto directo con la influencia en el rendimiento de las máquinas y las medidas de los parámetros de control que se utilizan en el proceso de peletizado del alimento balanceado para animales, como por ejemplo válvula de regulación de vapor, medidores de temperatura, presión.

Para llevar a cabalidad la segunda fase se realizó un cronograma de trabajo para cada una de las peletizadoras e ir evaluando el avance del proceso para supervisar que se cumpla con la calidad y tiempo propuesto.

Se realizaron pruebas con los equipos y los tableros semiautomatizados en los cuales se buscó el buen funcionamiento de las máquinas peletizadoras de igual forma el panel de control, se tomaron muestras del alimento balanceado peletizado y se fueron registrando los datos, como rendimiento, vapor, temperatura, código del producto a trabajar, tamaño de partícula, que son los datos que se podrán estandarizar conforme a las fórmulas a trabajar durante 15 días.

- Fase 3 se analizaron los datos obtenidos después de la implementación del panel de controles semiautomatizado de control de parámetros para el incremento del rendimiento con respecto a cómo se operaban antes de la semiautomatización de los controles, con estadística descriptiva utilizando los rendimientos de las muestras obtenidas después de la implementación contra los rendimientos manuales que se obtuvieron antes de realizar los cambios en los paneles de control de las peletizadoras.

Se logró observar la deficiencia que se tenía al momento de estandarizar los parámetros de proceso e identificar de una forma eficiente el rendimiento al que trabajaban las máquinas peletizadoras para proyectar un tonelaje acertado y conocer la capacidad instada de producción. Para tener fundamentos se investigó sobre el proceso de peletizado y los parámetros de control los cuales se sustentaron en el marco teórico.

Teniendo claro el problema a investigar se plantearon las preguntas de investigación las cuales fueron de ayuda para sustentar los objetivos del

presente trabajo de investigación. Al momento de realizar la toma de las muestras que se utilizaron para realizar el análisis antes y después se observó que fue asertivo el punto de mejora. Se obtuvo un incremento en los rendimientos de los equipos en las tres presentaciones de partícula que se peletiza (1.2 milímetros, 1.8 milímetros y 2.00 milímetros).

Obteniendo un incremento en los rendimientos de 9.2 % variación en la partícula de 1.2 milímetros, 3.4 % de variación en la partícula de 1.8 milímetros, 6.8 % variación en la partícula de 2.00 milímetros, logrando incrementar la capacidad de producción instalada en un 19 % y facilitando al operador el control de los parámetros de proceso de paletizado del alimento balanceado para animales acuícolas.



### **3. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS**

Se presentan los resultados obtenidos en la elaboración del trabajo de investigación, se utilizó como instrumento de recolección de datos, los registros de parámetros de proceso, observación física del producto en proceso. Se realizaron muestras durante 15 días durante las pruebas de estabilización de todos los productos realizados, y se cuenta con datos de parámetros de procesos de tres meses consecutivos.

La información obtenida y analizada fue tabulada en Microsoft Excel, en donde se realizaron los gráficos para apoyar en el análisis de resultados. Los datos presentados para el análisis de resultados son con base a los objetivos que se plantearon para el trabajo de investigación.

#### **3.1. Objetivo 1**

Describir cómo se monitorean los rendimientos de los equipos antes que se realicen los cambios en las máquinas, para encontrar deficiencias en el método utilizado.

Los rendimientos de las máquinas peletizadoras se monitorean por medio de aforos manuales, en dicho proceso se inicia estableciendo cuanto tiempo se tomará la muestra del producto terminado para luego ser pesado y por medio de una formula tener conocimiento el rendimiento a la que el equipo está trabajando. El rendimiento es variable conforme al tamaño de la partícula del alimento balanceado.

Una vez establecido los minutos en que se toma la muestra, se inicia el proceso de aforo, máquina por máquina hasta obtener el aforo manual de las cuatro máquinas.

Por cada muestra que se toma se redirecciona producto a una bandeja con un saco listo para recolectar el alimento balanceado.

Figura 1. **Toma de producto para establecer rendimiento**



Fuente: [fotografía de Gisela Gaitan]. (Calzada Aguilar Batres, Guatemala). Colección particular.  
Guatemala.

Obtenido el producto para la muestra se procede a su pesaje, colocando la muestra en la báscula para poder determinar el peso de la muestra analizada.

Figura 2. **Obtención de peso de muestra**



Fuente: [fotografía de Gisela Gaitan]. (Calzada Aguilar Batres, Guatemala). Colección particular.  
Guatemala

Una vez se cuenta con el tiempo del aforo (en segundos) y el peso de la muestra (kilos) se procede a realizar la operación para saber el rendimiento con el que la máquina peletizadora está trabajando el alimento balanceado en proceso.

La operación matemática que se realiza para obtener el rendimiento que la máquina peletizadora es la siguiente:

- Rendimiento= peso de muestra \*3600 / tiempo de muestra \*1000
- Obteniendo el rendimiento en toneladas horas.
- Se tiene establecido que el tiempo es de 5 segundos.

Tabla VI. **Registro de aforos manuales**

Turno	Operador	Máquina	Alimento	Hora	Tiempo (segundos)	Peso (kg)	Ton/hora aforo	Observaciones
2	Operador 1	Alfa	xxxxx041	21:45	5.66	2.30	1.46	---
2	Operador 1	Beta	xxxxx041	21:45	5.38	1.98	1.32	---
2	Operador 2	Gamma	xxxxx041	21:45	5.63	2.20	1.41	Estabilizado
2	Operador 2	Delta	xxxxx041	21:45	5.38	2.10	1.41	Estabilizado

Fuente: elaboración propia.

Tabla VII. **Rendimientos antes de implementación**

Tamaño partícula	tonelada / hora
1.2 mm	8.21 tonelada / hora
1.8 mm	11.77 tonelada / hora
2.00 mm	11.45 tonelada / hora

Fuente: elaboración propia.

Rendimientos con los que las máquinas peletizadoras trabajaban antes de realizar la implementación de los paneles de control de proceso semiautomatizados.

Con el método descrito de toma de rendimientos de forma manual, se determinó inconsistencias en los parámetros de operación en los equipos previos a la implementación de los paneles de control semiautomatizados siendo estos: presión de vapor, temperatura de vapor, amperaje de motor, carga, y rendimiento de la máquina peletizadora. Se contaba con un potenciómetro que regulaba la carga, con el cual no se lograba cuantificar la carga con la que trabajaban las máquinas peletizadoras. Debido a esa deficiencia se procedía a realizar la toma de rendimiento de la máquina con aforación manual.

Otras de las deficiencias detectadas previo a la implementación del panel de control semiautomatizado, es la regulación de ingreso de vapor al termo acondicionador, ya que se realizaba por medio de una válvula de mariposa la cual se regulaba con base al *expertis* del operador de turno, para que se alcanzara la temperatura de vapor buscada.

### 3.2. Objetivo 2

Elaborar pruebas de estabilidad de equipos de la línea de peletizado con el proceso de semiautomatización diseñado.

Se inició pruebas con el arranque de los equipos, termoacondicionadores, prensa, verificación de cuchillas, válvulas presión, sin dosificación de harina, se verificó el alimentador.

Figura 3. **Termoacondicionadores**



Fuente: [fotografía de Gisela Gaitan]. (Calzada Aguilar Batres, Guatemala). Colección particular. Guatemala.

Figura 4. **Prensa**



Fuente: [fotografía de Gisela Gaitan]. [Calzada Aguilar Batres, Guatemala]. Colección particular.  
Guatemala

Cambio de matriz o prensa para que cumpla con el diámetro de la partícula a peletizar.

Figura 5. **Cuchillas**



Fuente: [fotografía de Gisela Gaitan]. (Calzada Aguilar Batres, Guatemala). Colección particular.  
Guatemala

Calibración de las cuchillas antes de realizar el arranque de la máquina para peletizar la harina, esta tarea se realiza para que cumpla con el largo de la partícula a trabajar.

Figura 6. **Válvula de presión**



Fuente: [fotografía de Gisela Gaitan]. (Calzada Aguilar Batres, Guatemala). Colección particular.  
Guatemala

Como segundo paso se dosificó 1500 kilos de harina a la tolva de alimentación, se arrancaron los equipos, iniciando con una carga aproximada de 0.6 toneladas horas en la pantalla de alimentación automático (potenciómetro), con el fin de verificar que la harina llegara a la prensa y que funcionara a una carga baja.

Figura 7. **Tolva de alimentación**



Fuente: [fotografía de Gisela Gaitan]. (Calzada Aguilar Batres, Guatemala). Colección particular.  
Guatemala

Tolva de alimentación, se aloja la harina homogenizada previo a ser peletizado e iniciar el proceso de monitoreo de los parámetros de control en el proceso de transformación a producto terminado.

Figura 8. **Panel de control semiautomático**



Fuente: [fotografía de Gisela Gaitan]. (Calzada Aguilar Batres, Guatemala). Colección particular.  
Guatemala

Posterior a la dosificación de harina hacia el alimentador se procedió a habilitar el vapor del termocondicionador, dicho proceso es proporcional a la carga con la que trabaja la máquina peletizadora, con una abertura de un 20 %, la válvula de vapor, esta abertura se realizó desde el panel de control semiautomático instalado para corroborar el correcto funcionamiento de la válvula de vapor, localizada en panel de control da parámetros de proceso implementado.

Seguido se aumentó la carga del alimentador hasta 1.5 tonelada / hora y se apertura la válvula de vapor de acuerdo con la carga adicionada (40 %).

Figura 9. **Aumento de carga del alimentador**



Fuente: [fotografía de Gisela Gaitan]. (Calzada Aguilar Batres, Guatemala). Colección particular. Guatemala

Con los cambios realizados en el panel de control se verificaron los parámetros de calidad de pellet (largo, diámetro, hidroestabilidad), para corroborar que se mantienen la calidad del producto.

Se estabilizó un incremento en la carga de la máquina a 2.1 tonelada / hora, se buscó estabilizar la máquina con una apertura de la válvula de vapor a 50 %, (obteniendo una temperatura adecuada en los termocondicionadores), con esto se logró alcanzar los parámetros de estabilización de las máquinas previo a los cambios realizados con el panel de control semiautomatizados.

Figura 10. **Aumento de carga 2.1 tonelada hora**



Fuente: [fotografía de Gisela Gaitan]. (Calzada Aguilar Batres, Guatemala). Colección particular.  
Guatemala

Se verificó el amperaje alcanzado, se pudo determinar que los equipos permitían aumentarse la carga para alcanzar el amperaje máximo de operación.

Cada vez que se alcanza la estabilización de 1.5 toneladas horas en la pantalla del panel semiautomatizado, se realizó un aforo manual para validar que la carga que reflejaba la pantalla es obtenida manualmente.

Se aumentó la carga a 3 tonelada / hora, aumentado la válvula de vapor a un 60 % logrando estabilización de los equipos.

Figura 11. **Incremento de carga a 3 toneladas hora**



Fuente: [fotografía de Gisela Gaitan]. (Calzada Aguilar Batres, Guatemala). Colección particular.  
Guatemala

Se incrementó la carga de la máquina a 3.5 toneladas/hora, logrando una abertura de la válvula de un 65 %, al lograr la carga 3.5 se determinó que el amperaje alcanzo su límite máximo permitido, así logrando determinar su carga máxima.

Se añadió harina con colorante para determina el tiempo de retención en los termocondicionadores, y así poder verificar que cumpla con el tiempo mínimo para lograr la cocción adecuada de la harina que son aproximadamente 3min. Y replicando este procedimiento para las cuatro máquinas, para estandarizar los parámetros de control de proceso.

Figura 12. **Harina con colorante**



Fuente: [fotografía de Gisela Gaitan]. (Calzada Aguilar Batres, Guatemala). Colección particular.  
Guatemala

Las pruebas de estabilización de equipos se base en tres fases: fase 1, arranque de los equipos sin alimentación de harina para evaluar las condiciones de trabajo sin carga; fase dos, incremento gradual de alimentación de harina y vapor para determinar la carga máxima soportada por los equipos posterior a la implementación del panel de control semiautomatizado y fase 3 determinación de tiempo de retención de la harina en el proceso de termocondicionado para asegurar que los nuevos parámetros de proceso garanticen la cocción del alimento balanceado para animales acuícolas.

### 3.3. Objetivo 3

Evaluar los beneficios obtenidos con la implementación del panel de controles semiautomatizados y modificaciones de los equipos, evaluando si existe incremento del rendimiento en la línea de peletizado.

Al realizar el trabajo de investigación se busca obtener beneficios para la empresa tanto en incrementar el rendimiento de las máquinas peletizadoras con los paneles de controles de parámetros del proceso semiautomatizados para tener una estandarización de parámetros de proceso y así obtener un mayor tonelaje producido para poder suplir las necesidades del área comercial y tener una mayor rentabilidad.

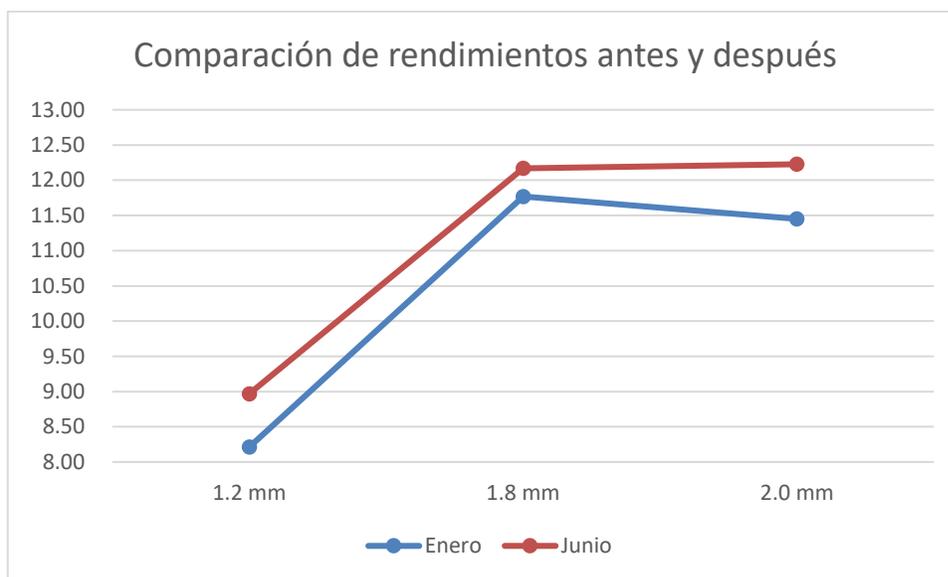
A continuación, se muestra tabla de rendimientos, los datos se extrajeron del registro de control por producciones programadas, con los que las máquinas peletizadoras están trabajando después la estabilización del equipo con el sistema semiautomatizado implementado.

Tabla VIII. **Nuevo rendimiento de máquinas**

<b>Tamaño partícula</b>	<b>tonelada / hora</b>
1.2 mm	8.97 tonelada / hora
1.8 mm	12.17 tonelada / hora
2.00 mm	12.23 tonelada / hora

Fuente: elaboración propia.

Figura 13. Rendimientos antes y después de implementación



Fuente: elaboración propia.

Se puede observar que con los cambios realizados en la línea de producción de alimento balanceado acuícola se logró obtener incremento en el rendimiento en las máquinas, y en las tres presentaciones de partículas que se trabaja.

Al momento que se obtiene un buen funcionamiento de las máquinas durante el proceso, se logró obtener una estandarización en los parámetros de control debido a que se estableció temperatura, vapor, carga, amperaje, a cada una de las presentaciones de particular con las que se cuenta.

Al estandarizar los parámetros de control en el proceso se disminuyó la cantidad de alimento que se reprocesaba por el desconocimiento de los datos durante el proceso de producción.

Incremento en tonelaje disponible para producir, debido a que se mejoraron los tiempos de producción al momento de incrementar los rendimientos de las máquinas peletizadoras.

### **3.4. Objetivo general**

Implementar controles semiautomatizados de los parámetros de control en el proceso de peletizado para incrementar los rendimientos de las máquinas en una empresa de procesamiento de alimentos balanceados para animales acuícolas.

#### **3.4.1. Antecedentes de la implementación de paneles de control semiautomatizados**

Con la estrategia corporativa se tiene presupuestado un incremento en ventas para 2021, esto es directamente proporcional a tonelaje a producir se describe las estrategias de crecimiento en tonelaje, con objetivos indicadores y metas.

Se establecieron las siguientes estrategias: clientes, proceso de producción, aprendizaje.

#### **3.4.2. Introducción de implementación de paneles de control semiautomatizados**

La Corporación busca mejorar la capacidad instalada de producción de las máquinas peletizadoras, se necesitó de la colaboración del equipo de trabajo de mantenimiento para desarrollar las actividades de desmonte, instalación de

piezas, cierre de las peletizadoras, con el compromiso de realizar el mejor trabajo para la sostenibilidad y rentabilidad de la corporación.

### **3.4.3. Plan de implementación de paneles de control semiautomatizados**

El objetivo de implementar los paneles de control de operación semiautomatizados es buscar estandarizar los parámetros de operación del alimento balanceado de animales acuícolas e incrementar el rendimiento de las máquinas peletizadoras, los paneles semiautomatizados será nuestra herramienta para medir y establecer los valores numéricos para cada parámetro de operación, lo cual ayudará a realizar seguimientos y lograr estandarizar el proceso de operación.

### **3.4.4. Actividades realizadas**

La implementación de los paneles de controles semiautomatizados fue de beneficio para la empresa, personal operativo, ya que se estandarizó los parámetros de operación y la calidad de producto es uniforme, la obtención de los datos de parámetros de control durante el proceso se volvió accesible y eficiente, el tonelaje de producción de alimento balanceado aumento, el área comercial tiene la disponibilidad de producto para cubrir la demanda de los clientes y poder incrementar la presencia del producto en el mercado, en tiempo, calidad que caracteriza a la marca.

Se diseñó un plan de actividades donde se gestionó con el área involucrada cuando se iniciará la implementación y documentación del avance con base al cronograma de actividades del proyecto.

Al momento de finalizar las tareas establecidas, se evaluaba contra el cronograma de actividades para verificar si se había cumplido en tiempo y si no, se realizaban las observaciones pertinentes para tener respaldo para futuras actividades tanto en la misma máquina peletizadora o en las que hacía falta para realizar las modificaciones.

#### **3.4.5. Identificación de los requisitos de los equipos**

Se determinó que los requisitos necesarios de rendimiento en los equipos debían alcanzar un mínimo de 8.5 toneladas hora para presentaciones de 1.2 mm y 12 toneladas horas en presentaciones de 1.8 y 2.00 mm, adicional se debía cumplir con una temperatura de acondicionado de 85 grados centígrados y se debe contar con una interfaz de usuario que permita la visualización del tonelaje hora seleccionado, temperatura, presión de vapor y amperaje de motor.

#### **3.4.6. Resultados obtenidos de la implementación**

Al finalizar el proceso de implementación del panel de control semiautomatizado se logró una mejor regulación de vapor al equipo al contar con una válvula de vapor semiautomática que sustituye a la válvula de mariposa manual previa. Adicional se logró tener una pantalla que muestra la carga en toneladas hora que está procesando el equipo, lo que permite un proceso más uniforme y mejor control de este lo cual derivó en un aumento en el tonelaje producido en un 19 % mensual, permitiendo tener un incremento en capacidad de producción para el cumplimiento de solicitud de pedido.

## 4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

A continuación, se presentan los resultados obtenidos de rendimientos previo y posterior a la implementación de los paneles de control semiautomatizados en el proceso de peletizado.

### 4.1. Análisis interno de la investigación

Se realizó el diagnóstico del proceso de obtención de los rendimientos de las máquinas peletizadoras para realizar las gestiones necesarias para el aumento de los rendimientos y productividad en el proceso de peletizado de alimento balanceado para animales acuícolas, con los resultados se logró tener la visibilidad de la metodología y herramientas para la medición de los procesos de peletizado para alcanzar los objetivos planteados y logrando estandarizar los parámetros de control por medio de indicadores desarrollados con la estrategia corporativa.

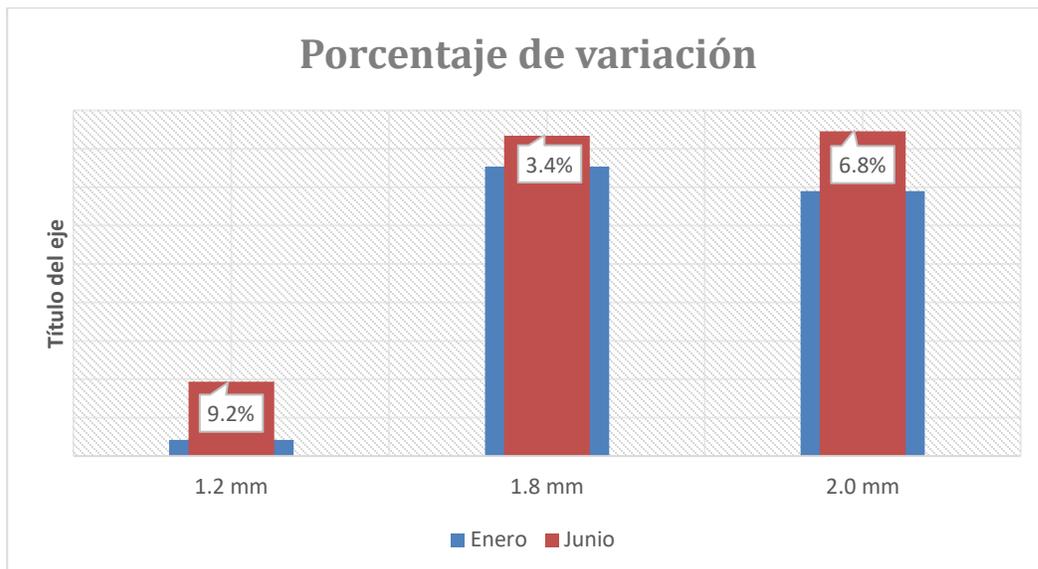
Tabla IX. **Comparativo de rendimientos de alimento balanceado por presentación**

	<b>Enero</b>	<b>Junio</b>	<b>% de variación</b>
1.2 mm	8.21 tm/hr	8.97 tm/hr	9.2 %
1.8 mm	11.77 tm/hr	12.17 tm/hr	3.4 %
2.0 mm	11.45 tm/hr	12.23 tm/hr	6.8 %

Fuente: elaboración propia.

Como se puede observar en la tabla IX se obtuvo un incremento en los rendimientos de las tres presentaciones de alimento balanceado para animales acuícolas, siendo la partícula de 1.2 milímetros en la que se obtuvo mayor beneficio respecto al rendimiento máximo previo al cambio, alcanzando 9.2% de variación por sobre el rendimiento previo a la implementación del panel de control semiautomatizado.

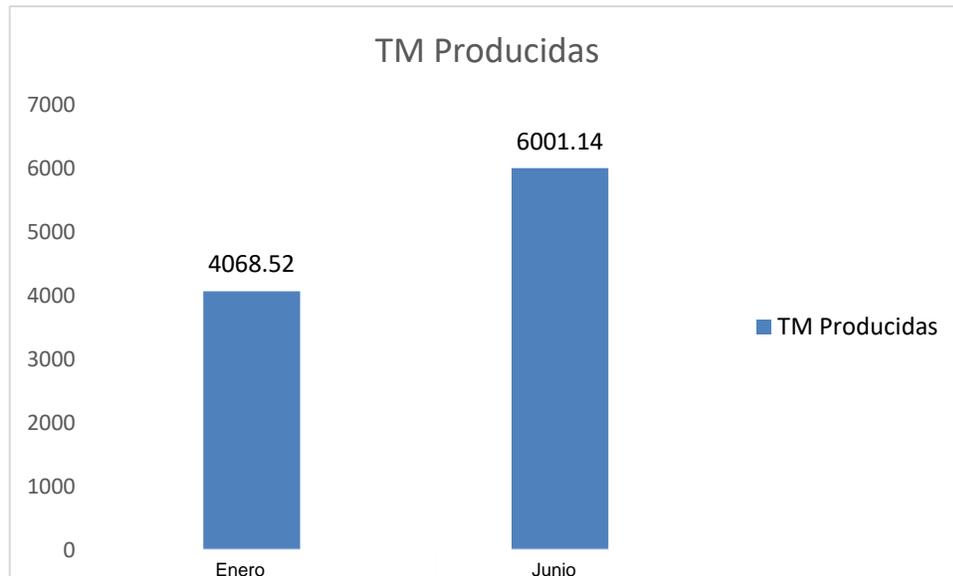
Figura 14. **Porcentaje de variación antes y después de implementación**



Fuente: elaboración propia.

Como se evidencia en la figura 14, se obtuvo un rendimiento sobre la capacidad instalada de producción previo a la implementación del panel de control semiautomatizado obteniendo como mínimo un 3.4 % de incremento en el rendimiento de la partícula 1.8 milímetros, aumentando el porcentaje en la partícula 2.00 milímetros a un 6.8 %, y alcanzando un máximo aumento de 9.2 % en la partícula 1.2 milímetros.

Figura 15. **Toneladas métricas mensuales producidas (antes y después de la implementación)**



Fuente: elaboración propia.

Como se puede visualizar la gráfica en el eje X se tiene la línea de tiempo en que se tomaron las muestras y en el eje Y se tiene las toneladas producidas en la unidad de tiempo a analizar.

Con base en la figura 15, como consecuencia en los rendimientos por presentación se obtuvo un incremento en la capacidad instalada del 19 % alcanzando un tonelaje máximo de 6001.14 toneladas métricas mensuales, lo que implica una mayor capacidad de abastecimiento de producto terminado a los clientes ampliando la cobertura en el almacén de despacho permitiendo satisfacer la demanda de mercado.

Logrando el aumento en tonelaje y rendimiento se obtiene una disminución en el costo de maquila del alimento balanceado mejorando la rentabilidad en el proceso y ampliando el margen de beneficios.

#### **4.2. Análisis externo de la investigación**

Con los resultados obtenidos en el estudio se realiza la relación con resultados de estudios previos realizados por otros investigadores.

Se pudo observar que mediante las pruebas estadísticas aplicadas a las variables se determinó que si existe diferencia entre la forma de tomar los datos de una variable a otra como lo menciona Bolaños (2018), se debe tener cuidado en la obtención de los datos, ya que al tomar mal una referencia la información o dato obtenido puede ser el no esperado o puede hacer que se tome mal una decisión, esto ocurría al momento de realizar las aforaciones de forma manual que se obtenían datos los cuales al momento de analizar no se lograba obtener una estandarización en los parámetros de control en el proceso, alcanzado la estandarización de parámetros con la implementación de los paneles de control semiautomatizados a las máquinas peletizadoras.

El objetivo principal de la semiautomatización se centra en activar los controles en el panel semiautomatizado como lo indica, Lorenzo (2015) en su tesis de doctorado, *Automatización de una planta Industrial*, con lo cual se logró incrementar los rendimientos de las máquinas paletizado en conjunto con la estandarización de los parámetros de control en el proceso de paletizado y homogenización en las características de producto terminado

Los controles que se colocaron en el panel semiautomatizado son de mucho beneficio debido a que se logra estandarizar los parámetros de control en el

proceso de peletizado , se distribuyen por toda la línea de productiva para tener control sobre los datos de producción y los cuales se modifique con base a al parámetro que se tenga de la formula a trabajar como lo menciona Escudero, (2012) en su tesis de maestría, *Control y Optimización de la producción de un proceso industrial de la fabricación de piezas*, ya que ellos ayudan a obtener un producto más homogenizado porque se logra estandarizar los parámetros del producto terminado.



## CONCLUSIONES

1. Se describió el proceso de toma de rendimientos antes de la implementación de los paneles de control de parámetros semiautomatizados, para gestionar el proyecto de mejora a los equipos para incrementar la eficiencia de las máquinas peletizadoras para la estandarización en el proceso, se observa que realizando los cambios necesarios se puede incrementar el tonelaje producido por máquina peletizadora.
2. Se realizaron pruebas de estabilización de: equipos, vapor, amperaje, temperatura, rendimientos, presión y después de la implementación de paneles de control de parámetros semiautomatizados que se diseñó e implemento para lograr incrementar el rendimiento de las máquinas y verificar el buen funcionamiento de todos los equipos en la línea de peletizado del alimento balanceado para animales acuícolas, se logró obtener los rendimientos teóricos planteados.
3. Se determinaron los beneficios obtenidos con la implementación del panel de controles semiautomatizados y modificaciones de los equipos, rendimientos, homogeneidad de productor terminado, bajo costo en el proceso de maquila, disminución en los reprocesos, con lo cual se incrementa el tonelaje producir el cual puede ser tomado en cuenta en el presupuesto anual.
4. Se logró aumentar los rendimientos en paletizado posterior a la implementación del panel de control semiautomatizado incrementado un

19 % mensual el tonelaje producido alcanzando a mejorar el rendimiento en paletizado en un 9.2 % en la partícula 1.2, 3.4 % en la partícula 1.8, 6.8 % en la partícula 2.00 milímetros y se logró un mejor cumplimiento en el programa de producción.

## RECOMENDACIONES

1. Dar seguimiento al registro de control de rendimiento para lograr una mejor estandarización en los parámetros en el proceso con la implementación de los paneles de control semiautomatizados a las máquinas peletizadoras, semanalmente con base en los registros que se llevan en los turnos de 12 horas.
2. Continuar el proceso de estabilización de carga como se realizó en las pruebas para garantizar el rendimiento, estandarización de parámetros y calidad de producto terminado, al momento de cambios productos, diariamente.
3. Brindar capacitación mensualmente al personal operativo del área de producción sobre el funcionamiento del panel de control semiautomatizado para obtener mayor eficiencia en el proceso con el nuevo recurso brindado, continuar con la mejora continua analizando puntos de mejora para las mismas áreas o trasladar la mejora continua con semiautomatización u otras herramientas.



## REFERENCIAS

1. Anand, D. (20 de julio, 2020). Molienda de alimentos balanceados en la India. [Mensaje de un blog]. Recuperado de <https://millingandgrain.co/entrada/molienda-de-alimentos-balanceados-en-la-india-470/>.
2. Andaluz, L. (16 de junio, 2012). Control y optimización de la producción de un proceso industrial de fabricación de piezas. [Mensaje de un blog]. Recuperado de <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/60821/TFM%20-%20Escudero%20Andaluz%2C%20L..pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
3. Avicola, E. (21 de julio, 2020). *El Sitio Avicola*. [Mensaje de un blog]. Recuperado de <https://www.elsitioavicola.com/articles/2918/fabrica-de-alimentos-balanceados-rastreabilidad-en-un-sistema-de-gestion-de-calidad-e-inocuidad/>.
4. Bermeo, E. (2019). *Automatización de la línea de ensamble de congeladores e ingreso de producto terminado, en la empresa INDUGLOB S.A.* (Tesis de maestría). Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador. Recuperado de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/7851/1/UPS-CT004688.pdf>.
5. Bolaños, L. (2018). *Análisis estadístico del rendimiento académico en los cursos profesionales de los estudiantes de ingeniería mecánica de la universidad de San Carlos de Guatemala, durante los años 2010 a 2015.* (Tesis de maestría). Universidad de San Carlos de

guatemala, Guatemala. Recuperado de <http://www.repositorio.usac.edu.gt/9109/1/Luis%20Carlos%20Leonardo%20Bola%20C3%B1os%20M%20C3%A9ndez.pdf>.

6. Bortone, E. (20 de julio, 2020). Interacción de Ingredientes y procesos en la producción de alimentos hidroestables para camarones. [Mensaje de un blog]. Recuperado de [https://www.uanl.mx/utillerias/nutricion\\_acuicola/VI/archivos/A25.pdf](https://www.uanl.mx/utillerias/nutricion_acuicola/VI/archivos/A25.pdf).
7. Botero, F. (Octubre de 2002). Análisis de rendimientos y consumos de mano de obra en actividades de construcción. *Revista Universitaria EAFIT*, 148(1), 9-21.
8. Canaza, V. (28 de octubre, 2019). Factores que influyen en el rendimiento de equipos. [Mensaje de un blog]. Recuperado de <https://es.slideshare.net/eortega00/03-uapexposicionfactoresde rendimientoenmaquinarias>.
9. CPI. (23 de noviembre, 2019). Eficiencia general de los equipos. Disponibilidad, rendimiento y calidad. [Mensaje de un blog]. Recuperado de <https://cpi.com.ar/notas/eficiencia-productiva-de-la-maquinaria-industrial/>.
10. Crespo, W. (9 de febrero, 2011). ¿Que es la automatización industrial? [Mensaje de un blog]. Recuperado de <https://automatizacionindustrial.wordpress.com/2011/02/09/queeslaautomatizacionindustrial/>.

11. Engormix. (4 de noviembre, 2019). El alimento balanceado: de fabricación en planta de alimentos al consumo en granjas. [Mensaje de un blog]. Recuperado de <https://www.engormix.com/avicultura/articulos/fabricacion-de-alimento-balanceado-t28616.htm>.
12. Escudero, L. (2012). *Control y optimización de la producción de un proceso industrial de la fabricación de piezas*. (Tesis de maestría). Universidad Politécnica de Valencia, España. Recuperado de <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/60821/TFM%20-%20Escudero%20Andaluz,%20L..pdf;sequence=1>.
13. Grupo Paf. (13 de octubre, 2019). Quienes somos. [Mensaje de un blog]. Recuperado de <https://www.grupo-paf.com/quienes-somos>.
14. Lorenzo, G. (2015). *Automatización de una planta industrial*. (Tesis de doctorado). Universidad de Alicante, España. Recuperado de <https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/10056/1/Suficiencia%20Gonzalo.pdf>.
15. May, L. (2020). *Rendimiento de maquinaria*. (Tesis de maestría). Universidad Peruana de Los Andes, Perú. Recuperado de [https://www.academia.edu/17654110/Rendimiento\\_de\\_maquinaria](https://www.academia.edu/17654110/Rendimiento_de_maquinaria)
16. MCR, G. (26 de junio, 2018). Como funciona la automatización industrial. [Mensaje de un blog]. Recuperado de <https://www.mcr.es/automatizacion-industrial-como-funciona/>

17. MCR, G. (15 de julio, 2019). La automatización industrial y su funcionamiento. [Mensaje de un blog]. Recuperado de <https://www.mcr.es/automatizacion-industrial-como-funciona/>.
18. Méndez, L. (2018). *Análisis estadístico del rendimiento académico en los cursos profesionales de los estudiantes de ingeniería mecánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, durante los años 2010 a 2015*. (Tesis de maestría). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala. <http://www.repositorio.usac.edu.gt/9109/1/Luis%20Carlos%20Leonardo%20Bola%C3%B1os%20M%C3%A9ndez.pdf>.
19. Raffino, M. (8 de febrero, 2020). Conceptos. [Mensaje de un blog]. Recuperado de <https://concepto.de/productividad/>.
20. Rosales, C. H. (2018). *Desarrollo de la metodología 5's para el área de colonias como pilar del manejo productivo total (TPM) y mejora de la productividad, en una empresa cosmética*. (Tesis de maestría). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala. Recuperado de <http://www.repositorio.usac.edu.gt/10311/1/Carolina%20Herrera%20Rosales.pdf>.
21. Rosales, T. (2012). *Ingeniería de métodos*. Huancayo, Perú: U. Continental.
22. Sofos. (21 de julio, 2020). El Valor de la Trazabilidad Alimentaria. [Mensaje de un blog]. Recuperado de <http://www.sofoscorp.com/el-valor-de-la-trazabilidad-alimentaria/>.

23. Tecnologiavao. (22 de octubre, 2019). *Tecnología para la industria*. [Mensaje de un blog]. Recuperado de <https://tecnologiaparalaindustria.com/como-calculer-la-eficiencia-productiva-de-la-maquinaria-industrial-una-guia-practica/>.
24. Torres, L. (16 de enero, 2019). El funcionamiento de la automatización industrial. [Mensaje de un blog]. Recuperado de <https://www.sissein.com/el-funcionamiento-de-la-automatizacion-industrial/>.
25. Vaan, W. d. (20 de julio, 2020). Proceso de molienda, alimentos balanceados. [Mensaje de un blog]. Recuperado de <https://aquafeed.co/entrada/proceso-de-molienda--alimentos-balanceados-20474/>.
26. Valladarez, C. A. (2019, 10 19). *Academia.edu*. Retrieved from Academia.edu:  
[https://www.academia.edu/27914446/LIBRO\\_UCCI\\_INGENIERIA\\_DE\\_METODOS](https://www.academia.edu/27914446/LIBRO_UCCI_INGENIERIA_DE_METODOS)



## APÉNDICE

### Apéndices 1. Registro de muestras de producción



PARAMETROS DE CONTROL							
Muestra	Código	Partícula	Fórmula	núm. De Lote	Máquina	Tolva de descarga PT	Temperatura Vapor
1	xxxxx	1.5	xxxxxxxxx	160	L1	Ø10	90

Continuación apéndice 1.

DURANTE EL PROCESO DE PELETIZADO							
Temperatura Termo 1	Temperatura Termo 2	Temperatura Termo 3	Presión de Vapor	Carga de Máquina	Amperaje	Aforo	Cantidad de agua
90	90	90		2.5		2.7	90

Fuente: elaboración propia.