



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS**

**CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

---

“Diseño de un prototipo de secador rotativo de retal para la optimización de sus procesos en la empresa Soguar S.A.”

---

Proyecto de Investigación presentado previo a la obtención del título de  
Ingeniero Industrial

**AUTOR:**

Cunalata Toapanta Luis Ernesto

**TUTOR:**

Jonathan Alexander Ruiz Carrillo

**LATACUNGA – ECUADOR**

**JULIO 2025**

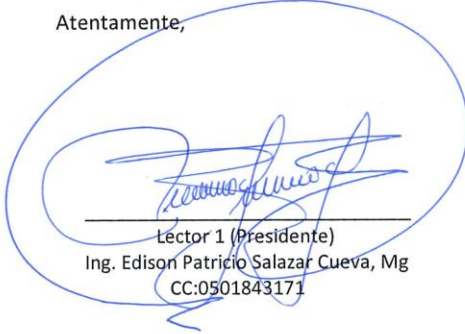
Latacunga, agosto 2025

#### AVAL DE APROBACIÓN DE LECTORES

Cumpliendo con el Reglamento de Titulación de la Universidad Técnica de Cotopaxi, en calidad de Lectores de Tribunal de Proyecto de Investigación con el Título "Diseño De Un Prototipo De Secador Rotativo De Retal Para La Optimización En La Empresa Soguar S.A", propuesto por el estudiante **Cunalata Toapanta Luis Ernesto** de la Carrera de **Ingeniería Industrial**, me permito indicar que el estudiante ha concluido todas las observaciones y realizado las correcciones señaladas por el Tribunal de Lectores, por lo cual presentamos el Aval de aprobación del Proyecto de Titulación correspondiente a la modalidad **Proyecto de Investigación** en virtud de lo cual el postulante puede presentarse a la Defensa de su Proyecto de Titulación.

Particular que pongo en su conocimiento para los fines legales pertinentes.

Atentamente,



Lector 1 (Presidente)  
Ing. Edison Patricio Salazar Cueva, Mg  
CC:0501843171



Lector 2  
Ing. Wilson Santiago Olovacha Toapanta, Mg.  
CC: 1804302238



Lector 3  
Ing. Jaime Hernán Acurio Masabanda, Mg.  
CC: 0502574247

Latacunga, agosto 2025

**AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

En calidad de Tutor del Trabajo de Investigación sobre el título: **“DISEÑO DE UN PROTOTIPO DE SECADOR ROTATIVO DE RETAL PARA LA OPTIMIZACIÓN DE SUS PROCESOS EN LA EMPRESA SOGUAR S.A”**, propuesto por el estudiante CUNALATA TOAPANTA LUIS ERNESTO de la Carrera de Ingeniería Industrial, considero que dicho proyecto de titulación cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnicos suficientes para ser sometidos al tribunal de lectores.

TUTOR



**DR. JONATHAN ALEXANDER RUIZ CARRILLO.**

C.C.: 070332382-4

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA

El postulante, **CUNALATA TOAPANTA LUIS ERNESTO** con **CI: 1804296828** declaro ser autor del presente Proyecto de Investigación: **“DISEÑO DE UN PROTOTIPO DE SECADO ROTATIVO DE RETAL PARA LA OPTIMIZACIÓN DE PROCESOS EN LA EMPRESA SOGUAR S.A.”**, se excluye expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a su representante legal de posibles reclamos o acciones legales.

Además, se certifica que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de su exclusiva autoría.

Latacunga, agosto de 2025.

**AUTOR**



**CUNALATA TOAPANTA LUIS ERNESTO**

**C.C.: 180429682**

## **AGRADECIMIENTO**

*En primer lugar, agradezco a Dios ya que me dio fuerza y fe para creer lo que me parecía imposible terminar. A mis padres, que con sus ejemplos me ha enseñado a no desfallecer ni rendirme ante nada y siempre perseverar a través de sus sabios consejos. A mi amigo Lenin Medina por demostrarme que podemos ser grandes amigos y haber apoyado en este gran objetivo.*

*Luis Cunalata.*

## DEDICATORIA

*Dedico este trabajo principalmente a Dios, por permitirme haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional. A mis padres quienes me apoyaron todo este tiempo. A mí amados hijos Débora y José por ser mi fuente de motivación e inspiración para poder superarme cada día más. A mis amigos quienes con sus palabras de aliento no me dejaban decaer y por ultimo y no menos importante a Verónica Ch. por su apoyo y ayuda en cada capítulo de mi vida.*

## ÍNDICE GENERAL

|  |    |
|--|----|
| 1.- INFORMACIÓN GENERAL.....                                     | 6  |
| 2.- INTRODUCCIÓN.....  | 7  |
| 2.1 PROBLEMA .....   | 9  |
| 2.2 JUSTIFICACIÓN.....   | 10 |
| 2.3 BENEFICIARIOS .....  | 11 |
| 2.3.1 Directos.....  | 11 |
| 2.4 OBJETIVOS .....  | 11 |
| 2.4.1 Objetivo general.....                                      | 11 |
| 2.4.2 Objetivo específico .....                                  | 12 |
| 2.5 SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN CON LOS OBJETIVOS PLANTEADOS.. | 12 |
| 3.- FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA .....                                 | 13 |
| 3.1 TRABAJOS ASOCIADOS A LA INVESTIGACIÓN.....                   | 13 |
| 3.1.1 Antecedentes internacionales.....                          | 13 |
| 3.1.2 Antecedentes nacionales.....                               | 14 |
| 3.1.3 Antecedentes locales.....                                  | 15 |
| 3.2 FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICA.....                               | 15 |
| 3.2.1 Carnaza su origen .....                                    | 15 |
| 3.2.2 Características Estructurales De La Carnaza .....          | 15 |
| 3.3 Composición.....   | 16 |
| 3.3.1 Parámetros De Espesor.....                                 | 16 |
| 3.4 EL SECADO DEL RETAL.....                                     | 17 |
| 3.4.1 Métodos de secado de carnaza.....                          | 17 |
| 3.4.2 Método Natural al Sol.....                                 | 17 |
| 3.4.3 Secado al Vacío.....                                       | 18 |
| 3.4.4 Secado en túnel /Togging.....                              | 19 |
| 3.5 FUNDAMENTOS TÉCNICOS DEL SECADO DE CARNAZA.....              | 19 |
| 3.5.1 Parámetros de secado.....                                  | 19 |
| 3.6 CALIDAD DE SECADO EN TUNEL .....                             | 20 |
| 3.7 CONTEXTURA DE SECADO .....                                   | 21 |
| 3.7.1 Valoración inicial.....                                    | 21 |
| 3.8 CONDICIONES DE SECADO DE RETAL.....                          | 22 |

|       |  |    |
|-------|--|----|
| 4     | MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS.....                                      | 23 |
| 4.1   | METODOLOGÍA.....   | 23 |
| 4.1.1 | Tipos de investigación.....  | 23 |
| 4.1.2 | Técnicas de investigación.....                                     | 24 |
| 4.2   | MÉTODO DE DISEÑO DE MÁQUINAS .....                                 | 25 |
| 4.2.1 | Flujo de trabajo.....  | 25 |
| 4.2.2 | Necesidades del usuario en torno a la máquina .....                | 26 |
| 4.2.3 | Planimetría y diseño a detalle .....                               | 26 |
| 4.2.4 | Diagrama de flujo en función del retal seco. ....                  | 27 |
| 4.2.5 | Situación actual y problemáticas .....                             | 28 |
| 5     | ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.....                        | 29 |
| 5.1   | CONSTRUCCIÓN DE LA MÁQUINA Y SISTEMA DE SECADO .....               | 29 |
| 5.1.1 | Materiales principales .....                                       | 29 |
| 5.1.2 | Construcción de la máquina y su estructura .....                   | 30 |
| 5.1.3 | Pruebas iniciales. ....  | 31 |
| 5.2   | PRUEBAS DE SECADO DE RETAL.....                                    | 32 |
| 5.2.1 | Primera prueba de secado .....                                     | 32 |
| 5.2.2 | Prueba final de secado de retal.....                               | 34 |
| 5.3   | CARACTERÍSTICAS FINALES DE LA MÁQUINA.....                         | 35 |
| 5.4   | REQUERIMIENTOS DEL MOTOR.....                                      | 37 |
| 5.4.1 | Datos del sistema para cálculo de requerimiento de motor. ....     | 37 |
| 5.4.2 | Cálculo de Velocidad Angular de salida ( $\omega_{salida}$ ) ..... | 37 |
| 5.4.3 | Cálculo de Torque Requerido ( $\tau$ ).....                        | 37 |
| 5.4.4 | Cálculo de la Potencia Requerida ( $P$ ) .....                     | 38 |
| 5.4.5 | Relación de reducción de la Caja Reductora. ....                   | 39 |
| 5.4.7 | Cálculo de costo de secado por ciclo: .....                        | 41 |
| 5.4.8 | Cálculo de capacidad máxima y mínima del secador.....              | 41 |
| 5.5   | COSTO Y PRESUPUESTO DE MANTENIMIENTO DE LA MAQUINA:.....           | 43 |
| 5.5.1 | Presupuesto de la máquina.....                                     | 43 |
| 5.5.2 | Vida útil de la Maquinaria .....                                   | 44 |
| 5.5.3 | Factores que afectan la durabilidad de la máquina secadora .....   | 45 |
| 6     | CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....                               | 51 |
| 7.    | REFERENCIAS.....   | 53 |

## ÍNDICE DE TABLAS

|   |    |
|---|----|
| <b>Tabla 1: Beneficiarios Directos</b> .....                            | 11 |
| <b>Tabla 2 Beneficiarios Indirectos</b> .....                           | 11 |
| <b>Tabla 3. Actividades Planteadas</b> .....                            | 12 |
| <b>Tabla 4 Calibre De Carnaza Utilizada Para Proceso Químico</b> .....  | 16 |
| <b>Tabla 5 Rasgos Específicos De Los Factores Ambientales</b> .....     | 20 |
| <b>Tabla 6 Tabla De Resultados</b> .....                                | 25 |
| <b>Tabla 7 Flujo De Trabajo</b> .....                                   | 25 |
| <b>Tabla 8 Materiales</b> .....   | 29 |
| <b>Tabla 9 Construcción De La Estructura</b> .....                      | 30 |
| <b>Tabla 10 Primera Prueba</b> .....                                    | 31 |
| <b>Tabla 11 Secado De Retal Primer Intento</b> .....                    | 32 |
| <b>Tabla 12 Total De Pruebas</b> .....                                  | 33 |
| <b>Tabla 13 Prueba Final</b> .....                                      | 34 |
| <b>Tabla 14 Humedad Determinada Por Agrocalidad</b> .....               | 35 |
| <b>Tabla 15 Comparación De Humedades Ciclo Actual Y Propuesto</b> ..... | 35 |
| <b>Tabla 16 Características Finales De La Máquina</b> .....             | 36 |
| <b>Tabla 17 Resultados De Capacidad De Carga Y De Su Volumen</b> .....  | 42 |
| <b>Tabla 18 Costo Anual Del Mantenimiento De La Máquina</b> .....       | 43 |
| <b>Tabla 19 Materiales Para El Mantenimiento De La Máquina</b> .....    | 43 |
| <b>Tabla 20 Presupuesto Anual Del Mantenimiento De La Máquina</b> ..... | 43 |
| <b>Tabla 21 Presupuesto De La Máquina (1)</b> .....                     | 44 |
| <b>Tabla 22 Presupuesto De La Máquina (2)</b> .....                     | 44 |
| <b>Tabla 23 Presupuesto De La Máquina (3)</b> .....                     | 44 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| <b>Figura 1. Secado natural [1]</b> .....                       | 18 |
| <b>Figura 2 Secado Al vacío [2]</b> .....                       | 18 |
| <b>Figura 3 Secado Al Aire [ 3 ]</b> .....                      | 19 |
| <b>Figura 4 Secado De Tunel</b> .....                           | 19 |
| <b>Figura 5 Flujo De Aire</b> .....                             | 22 |
| <b>Figura 6 Flujograma Del Proceso Actual</b> .....             | 23 |
| <b>Figura 7 Diseño Del Prototipo En 3D</b> .....                | 26 |
| <b>Figura 8 Flujograma Del Proceso Propuesto</b> .....          | 27 |
| <b>Figura 9 Cámara De Secado De La Empresa Soguar S.A</b> ..... | 28 |
| <b>Figura 10 Bolas De Retal Húmedas</b> .....                   | 33 |

## ÍNDICE DE ECUACIONES

|   |    |
|---|----|
| 1 Velocidad angular de salida.....        | 37 |
| 2 Momento de Inercia.....                 | 38 |
| 3 Aceleración angular.....                | 38 |
| 4 torque de aceleración .....             | 38 |
| 5 Torque Requerido .....                  | 38 |
| 6 Potencia Requerida .....                | 39 |
| 7 Relación de la caja reductora .....     | 39 |
| 8 Velocidad Angular.....                  | 39 |
| 9 Relación de reducción.....              | 40 |
| 10 CALCULO DE CONSUMO DEL SECADOR.....    | 40 |
| 11 consumo en kWh .....                   | 41 |
| 12 costo consumo .....                    | 41 |
| 13 Costo por ciclo de secado .....        | 41 |
| 14 costo mensual del secador.....         | 41 |
| 15 Volumen interno del tambor .....       | 42 |
| 16 Volumen máx. ....                      | 42 |
| 17 Volumen min. ....                      | 42 |
| 18 C apacidad de Carga max.....           | 42 |
| 19 Capacidad de carga min.....            | 42 |
| 20 consumo energético anual.....          | 47 |
| 21 COSTO DE OPERCAION ANUAL.....          | 47 |
| 22 PRODUCCION MENSUAL DE RETAL SECO ..... | 48 |
| 23PRODUCCION ANUAL DE RETAL SECO .....    | 48 |
| 24 Ganancia Neta Anual .....              | 48 |
| 25 ROI.....                               | 49 |

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**FACULTAD DE INGENIERÍAS Y APLICADAS**  
**FACULTY OF ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES**

**TEMA: “CONSTRUCCIÓN DE UN SECADOR ROTATIVO DE RETAL VACUNO  
PARA LA OPTIMIZACIÓN DE SUS PROCESOS”**

**Autor:**

Cunalata Toapanta Luis Ernesto

**RESUMEN**

La presente investigación tuvo como objetivo diseñar y construir un prototipo de secador rotativo para retales de piel vacuna (carnaza) en la empresa Soguar S.A., con el fin de optimizar el proceso de secado, reducir tiempos y mejorar la calidad del producto final. Actualmente, el secado se realiza en túneles por 72 horas, generando ineficiencias productivas, alto consumo energético y variabilidad en la humedad final. El prototipo propuesto se desarrolló considerando las propiedades físicas y térmicas de la carnaza, aplicando criterios de eficiencia térmica, ergonomía y facilidad de operación.

La metodología empleada fue de tipo aplicada y experimental, iniciando con el análisis del proceso actual y la identificación de cuellos de botella, para luego definir los requerimientos técnicos y diseñar la máquina mediante modelado CAD y cálculos de capacidad de carga. El prototipo fue fabricado con materiales disponibles en planta y probado en condiciones reales con lotes de hasta 40 kg de retal húmedo, a temperaturas de 76–84 °C, manteniendo un control uniforme del flujo de aire y la rotación del tambor.

Los resultados evidenciaron una reducción del tiempo de secado del 33,33 %, pasando de 72 a 48 horas, obteniendo un producto con humedad final del 6,63 % y actividad de agua de 0,57, cumpliendo con los estándares de inocuidad (<14 % de humedad). Se logró un secado homogéneo, menor manipulación manual, reducción de consumo energético y un costo operativo aproximado de USD 3,98 por ciclo.

Se concluye que el prototipo desarrollado constituye una solución viable, de bajo costo y adaptable a la escala de producción de la empresa, mejorando la eficiencia, calidad y sostenibilidad del proceso, con potencial de aplicación en otros sectores de aprovechamiento de subproductos cárnicos.

**Palabras clave:** secador rotativo, carnaza vacuna, secado industrial, optimización de procesos, Soguar S.A.

# TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI

## FACULTY OF ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES

**THEME: “Building a rental cattle rotary dryer for the optimization of processes.”**

**Author(s):**

Cunalata Toapanta Luis Ernesto

### ABSTRACT

Designing and building a rotary dryer prototype for bovine hide trimmings (carnaza) at Soguar S.A., was the objective, aimed at optimizing the drying process, reducing processing time, and improving the final product quality. Currently, drying is carried out in tunnels for 72 hours, resulting in production inefficiencies, high energy consumption, and variability in the final moisture content. The proposed prototype was developed considering the physical and thermal from carnaza properties, applying thermal efficiency criteria, ergonomics, and ease of operation. Applied and experimental nature was the methodology, starting with the analysis of the current process and the bottlenecks identification, followed by the technical requirements definition and the machine design through CAD modeling and load capacity calculations. The prototype was built using materials available in the plant and tested under real conditions with batches of up to 40 kg of wet trimmings, at temperatures ranging from 76 to 84 °C, ensuring uniform control of airflow and drum rotation. The results showed a drying time reduction in 33.33%, from 72 to 48 hours, obtaining a final product with 6.63% moisture content and a water activity of 0.57, meeting safety standards (<14% moisture). The process achieved homogeneous drying, reduced manual handling, decreased energy consumption, and an estimated operating cost of USD 3.98 per cycle. Developed prototype constitutes a viable, low-cost, and adaptable solution for the company's production scale, improving efficiency, quality, and process sustainability, with potential application in other sectors that utilize meat by-products.

**Keywords:** rotary dryer, bovine hide trimmings, industrial drying, process optimization, Soguar S.A.

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI FACULTAD DE CIENCIAS DE  
LA INGENIERIA Y APLICADAS**

**CARRERA: INDUSTRIAL**

**1.- INFORMACIÓN GENERAL**

**Título del Proyecto**

Diseño de un prototipo de secador rotativo de retal para la optimización de sus procesos en la empresa Soguar S.A.

**Fecha de inicio:** abril de 2024

**Fecha de finalización:** septiembre de 2025

**Lugar de ejecución:** SOGUAR S.A

**Facultad que auspicia:** Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas

**Carrera que auspicia:** Ingeniería Industrial

**Equipo de Trabajo**

**Tutor del proyecto de investigación: Nombre:** Jonathan alexander Ruiz Carrillo

**Celular:** 0998887640

**Cédula de Ciudadanía:** 070332382-4

**Correo electrónico:** [jonathan.ruiz3824@utc.edu.ec](mailto:jonathan.ruiz3824@utc.edu.ec)

**Coordinador uno del proyecto de investigación:**

**Nombre:** Luis Ernesto Cunalata Toapanta.

**Celular:** 0999410597

**Cédula de Ciudadanía:** 1804296828

**Correo electrónico:** [luis.cunalata8@utc.edu.ec](mailto:luis.cunalata8@utc.edu.ec)

**Dirección:** Ambato, Cunchibamba

**Área de conocimiento:**

- Ingeniería, Industria y Construcción. (07-UNESCO, Manual del usuario SNIESE)

**Subárea de conocimiento:**

- Fabricación y procesos. (072-UNESCO, Manual del usuario SNIESE)

**Subárea específica de conocimiento:**

- Ingeniería y profesiones afines: Dibujo técnico, mecánica, electricidad y electrónica

**Línea de investigación:** Procesos industriales.

Para la fabricación, reproducción de piezas mecánicas y el análisis de materiales

**Sublíneas de investigación de la carrera:**

- Diseño, construcción y mantenimiento de elementos, prototipos y sistemas electromecánicos.
- Automatización, control y protecciones de sistemas electromecánicos

## 2.- INTRODUCCIÓN

La Ingeniería Industrial es una carrera orientada a encontrar soluciones que mejoren el funcionamiento de los procesos dentro de una organización. Su esencia está en analizar cómo se hacen las cosas y proponer formas más eficientes, seguras y sostenibles de lograrlas. A lo largo de la carrera, aprendemos a observar los sistemas desde una perspectiva global, identificando puntos críticos, tiempos muertos, desperdicios o tareas que pueden optimizarse.

Uno de los aspectos que más le puse atención de esta profesión es su capacidad para transformar problemas cotidianos en oportunidades de mejora. Esa mirada práctica y enfocada en los procesos fue lo que despertó en mí el interés por investigar cómo aprovechar un subproducto de la industria cárnica, como es la carnaza vacuna, y convertirlo en un insumo útil para la fabricación de productos como juguetes o snacks para mascotas.

La industria cárnica ecuatoriana genera una variedad de subproductos durante el procesamiento del ganado, y uno de los más importantes en volumen es la piel vacuna, también conocida como carnaza. Aunque muchas veces esta piel ha sido tratada como un desecho o ha tenido un uso limitado, hoy en día se reconoce su alto potencial como materia prima en distintas industrias.

En particular la carnaza vacuna es utilizada para la elaboración de juguetes masticables y snacks naturales para perros, productos que tienen cada vez más demanda en el mercado de mascotas debido a su durabilidad, valor nutricional y origen natural.

La carnaza está compuesta principalmente por colágeno, un tipo de proteína que le da firmeza y elasticidad, lo que la hace ideal para fabricar productos que los perros puedan morder por largo tiempo. Para lograr transformar la carnaza vacuna en un producto útil y comercializable, es fundamental que pase por un proceso adecuado de secado. Este proceso permite reducir el contenido de humedad, evitando la proliferación de microorganismos, mejorando la textura y aumentando su vida útil. Sin embargo, en el contexto ecuatoriano, los métodos actuales de secado presentan limitaciones técnicas y económicas. Muchos procesos son ineficientes, requieren largos periodos de tiempo o consumen cantidades elevadas de energía, lo cual afecta directamente la viabilidad del emprendimiento y la calidad del producto final (Quishpe & Lema, 2021).

Actualmente en Ecuador los métodos de secado que se usan para la carnaza no están optimizados. Muchos son lentos, consumen demasiada energía o no logran secar de forma uniforme, lo que puede afectar la calidad del producto final. Además, los equipos comerciales disponibles no han sido diseñados específicamente para las características de la carnaza, lo que representa una desventaja para los pequeños y medianos productores que buscan aprovechar este subproducto de forma eficiente.

Además, los equipos de secado comerciales disponibles en el país no han sido diseñados específicamente para las propiedades físicas y térmicas de la carnaza vacuna. Esto dificulta obtener un secado uniforme, preservar las características del colágeno y garantizar la inocuidad del producto. A esto se suma la falta de investigación local orientada a desarrollar tecnologías apropiadas para este tipo de subproducto. Esta brecha tecnológica limita la capacidad de los pequeños y medianos productores para insertarse competitivamente en el creciente mercado de productos naturales para mascotas.

En este contexto, surge la necesidad de desarrollar un prototipo de secador rotativo que se adapte a las propiedades físicas y térmicas de la carnaza vacuna. La idea es contar con un sistema que permita secarla de manera eficiente, reduciendo el tiempo y el consumo energético, sin afectar la calidad del colágeno ni la seguridad del producto final. Esta investigación busca aportar una solución práctica y escalable para mejorar el aprovechamiento de la carnaza en el país, con miras a fortalecer la industria de productos naturales para mascotas.

Además, si se diseña bajo criterios de bajo costo y escalabilidad, puede facilitar su implementación en diferentes contextos industriales y artesanales del país.

Por lo tanto, la presente investigación se orienta a resolver la siguiente interrogante:

**¿Cómo transformar de manera eficiente la carnaza vacuna, de un subproducto húmedo a un material seco, garantizando la valorización para la producción sostenible de juguetes caninos en la empresa Soguar S.A.?**

## **2.1 PROBLEMA**

Dentro del proceso productivo de la industria cárnica ecuatoriana, uno de los subproductos con alto potencial de aprovechamiento es la piel vacuna, conocida como carnaza o retal. Este material, por su alto contenido de humedad, requiere ser secado para asegurar su conservación, facilitar su manipulación y permitir su transformación en productos de valor agregado como juguetes masticables o snacks naturales para mascotas. Sin embargo, el proceso de secado que actualmente se emplea en la planta presenta importantes deficiencias operativas.

El sistema tradicional de secado utilizado toma aproximadamente 72 horas para completar el proceso, lo cual representa un periodo prolongado que implica un uso excesivo de tiempo, energía y mano de obra. Durante este tiempo se generan múltiples tiempos muertos y se desperdician recursos, afectando negativamente la eficiencia del sistema productivo. Además, este tipo de secado no garantiza una humedad uniforme en toda la carnaza, lo que puede comprometer la calidad e inocuidad del producto final.

Ante esta situación, se evidencia la necesidad de optimizar dicho proceso mediante la implementación de un prototipo de secador rotativo que permita reducir el tiempo de secado a 48 horas, sin afectar las propiedades físicas ni sanitarias del material. Esta mejora no solo aumentaría la productividad del sistema, sino que también reduciría los costos operativos, asegurando un aprovechamiento más eficiente y sostenible de este subproducto.

### **2.1.1 Situación Problemática**

El proceso actual de secado de retal en la empresa SOGUAR S.A presenta una duración excesiva de hasta 72 horas, generando ineficiencias productivas. Se requiere diseñar un prototipo de secador rotativo que optimice este proceso, reduciendo significativamente el tiempo de secado a 48 horas.

### **2.1.2 Formulación del problema**

¿Cómo un secador rotativo puede ayudar a optimizar los procesos de secado en la empresa y a superar los desafíos del secado tradicional y mejorar su eficiencia en la producción?

## **2.2 JUSTIFICACIÓN.**

La presente investigación se justifica en varios niveles. A nivel personal y académico, representa una oportunidad de aplicar los conocimientos, adquiridos a lo extenso de la carrera de Ingeniería Industrial en el desarrollo, de un prototipo funcional abordando un problema real dentro del contexto productivo nacional.

El diseño y optimización de un proceso industrial, como el secado de retal, refuerza habilidades en gestión de procesos, diseño mecánico, y mejora continua, cumpliendo con los objetivos formativos del perfil profesional.

Desde el enfoque metodológico, el proyecto permitirá implementar herramientas de análisis y mejora de procesos industriales, lo que contribuirá al desarrollo de soluciones viables y eficientes en escenarios reales. A nivel práctico, se propone una mejora sustancial en el tiempo de secado del retal, pasando de 72 a 48 horas, lo cual incrementaría la productividad, reduciría los tiempos muertos y los costos operativos dentro de la empresa SOGUAR S.A.

En cuanto al impacto laboral y social, una optimización en este proceso beneficia directamente a los trabajadores al disminuir su carga operativa y mejorar el entorno laboral. Además, aporta al desarrollo tecnológico local mediante la implementación de soluciones propias, adaptadas al contexto de una empresa ecuatoriana que se dedica a la transformación de residuos de piel vacuna en productos de valor agregado para el sector de mascotas.

Los resultados de este proyecto es generar un mejor retal seco para que sea más fácil el siguiente proceso el cual es la molienda en el molino seco lo cual se usa de una mejor manera que la tradicional siendo así el mismo material con diferentes características.

## 2.3 BENEFICIARIOS

### 2.3.1 Directos

Los beneficiarios directos son todos los operadores del área de besteo y extruido de la empresa Soguar S.A dando un total de 8 beneficiarios directos tanto administrativos como operativos.

**Tabla 1: Beneficiarios Directos**

| <b>Beneficiarios directos</b> |                |                |              |
|-------------------------------|----------------|----------------|--------------|
|                               | <b>Mujeres</b> | <b>Hombres</b> | <b>Total</b> |
| <b>Administrativos</b>        | 2              |                | 2            |
| <b>Operativos</b>             | 2              | 4              | 6            |
| <b>Total</b>                  | 4              | 4              | 8            |

### 2.3.2 Indirectos

Los beneficiarios indirectos son clientes, además de los proveedores y clientes que forman parte de la empresa Soguar S.A.

**Tabla 2 Beneficiarios Indirectos**

| <b>Beneficiarios indirectos</b> |                |                |              |
|---------------------------------|----------------|----------------|--------------|
|                                 | <b>Mujeres</b> | <b>Hombres</b> | <b>Total</b> |
| <b>Proveedores</b>              | 1              | 7              | 8            |
| <b>Clientes</b>                 | 100            | 160            | 260          |
| <b>Total</b>                    | 101            | 167            | 268          |

## 2.4 OBJETIVOS

### 2.4.1 Objetivo general

Desarrollar un prototipo de secador rotativo capaz de transformar eficientemente la carnaza vacuna de un subproducto húmedo a un material seco, inocuo y de alta calidad, maximizando su valorización para la producción sostenible de juguetes caninos en la empresa Soguar S.A.

## 2.4.2 Objetivo específico

- Analizar el proceso actual de secado de retal en la empresa SOGUAR S.A, identificando sus condiciones en cuanto a tiempo de secado del producto final.
- Establecer los requerimientos técnicos y funcionales para el diseño del prototipo de secador rotativo, considerando aspectos de eficiencia térmica, capacidad de carga y materiales adecuados.
- Evaluar el desempeño del prototipo mediante pruebas experimentales, comparando los resultados obtenidos con el proceso actual en términos de tiempo de secado, calidad del producto y sostenibilidad del proceso.

## 2.5 SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN CON LOS OBJETIVOS PLANTEADOS

La tabla que se presenta a continuación se describen los objetivos específicos junto con actividades y resultados que se ejecutarán en secuencia lógica en el proyecto, como lo menciona la Tabla 1.

**Tabla 3. Actividades Planteadas**

| <b>OBJETIVOS</b>   | <b>ACTIVIDADES</b>   | <b>RESULTADOS DE LA ACTIVIDAD</b>                    | <b>MEDIOS DE VERIFICACIÓN</b>  |
|--|--|--|--|
| Analizar el proceso actual de secado de retal en la empresa SOGUAR S.A, identificando sus condiciones en cuanto a tiempo de secado del producto final.   | Realización de un diagrama de flujo para encontrar sus cuellos de botella.     | Diagramas de flujo, actual y propuesto.              | Diagramas de flujo.  |
| Establecer los requerimientos técnicos y funcionales para el diseño del prototipo de secador rotativo, considerando aspectos de eficiencia térmica, capacidad de carga y materiales adecuados. | Elaboración de la planimetría de la máquina, y cálculos de capacidad de carga. | Planos 3D y diagramas del secador y su construcción. | Archivos digitales con los cálculos matemáticos y el secador construido. |

|  |   |   |  |
|--|---|---|--|
| <p>Evaluar el desempeño del prototipo mediante pruebas experimentales, comparando los resultados obtenidos con el proceso actual en términos de tiempo de secado y sostenibilidad del proceso.</p> | <p>Realización de las pruebas de secado con 40Kg y definición de tiempo adecuado de secado.</p> | <p>Retal seco; informe de funcionamiento.</p> | <p>Registros de producción, informe, fotos y videos.</p> |
|--|---|---|--|

### 3.- FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

#### 3.1 TRABAJOS ASOCIADOS A LA INVESTIGACIÓN

Dentro del marco teórico, analizaremos los proyectos similares que nos permitan identificar las metodologías, las problemáticas y nuestros objetivos que nos hemos planteado anteriormente en otras investigaciones. Los proyectos que analizaremos se dividen en nacionales, internacionales y locales. Estos proyectos permiten analizar la metodología propuesta y sus resultados obtenidos.

##### 3.1.1 Antecedentes internacionales

En los últimos años, el desarrollo de tecnologías aplicadas al tratamiento de residuos de origen animal ha tomado relevancia tanto en la industria alimentaria como en la industria curtiente. El retal vacuno, considerado tradicionalmente como un residuo, puede ser aprovechado mediante procesos de secado para su posterior utilización en diversas aplicaciones.

Investigaciones como la de López et al. (2022) sobre el diseño de un secador rotativo para estiércol bovino en México, han demostrado que la aplicación de sistemas mecánicos de secado puede reducir significativamente el contenido de humedad y mejorar la estabilidad del subproducto.

Por otro lado, Pérez y Gómez (2020) realizaron una optimización del proceso de secado de cuero bovino en Colombia, logrando mejoras considerables en los tiempos de procesamiento mediante la implementación de un sistema híbrido. En China, Chen et al. (2018) utilizaron dinámica de fluidos computacional (CFD) para diseñar un tambor rotativo que permitió optimizar el flujo térmico en el interior del sistema, mejorando la eficiencia del proceso.

Estos antecedentes revelan un creciente interés por parte de la comunidad científica y técnica en desarrollar tecnologías que permitan aprovechar de mejor forma los residuos orgánicos generados en procesos industriales.

### 3.1.2 Antecedentes nacionales

En el contexto ecuatoriano, varias investigaciones han abordado el diseño y optimización de equipos industriales para mejorar procesos productivos, especialmente en sectores que transforman materias primas de origen animal. Un estudio realizado en la Universidad Técnica de Ambato (2020) desarrolló un prototipo de secador para cuero bovino con el objetivo de reducir el tiempo de secado mediante el uso de energía térmica controlada, logrando mejorar la calidad final del producto y disminuir el consumo energético. Este proyecto demostró la viabilidad de aplicar tecnología nacional adaptada a las condiciones locales.

Si bien la valorización de subproductos cárnicos ha ganado terreno en la agenda nacional, las investigaciones y aplicaciones tecnológicas específicas para la carnaza vacuna aún son limitadas en comparación con otros sectores. Sin embargo, existen esfuerzos notables. Por ejemplo, en la ciudad de Ambato, se han identificado iniciativas como la de AGROCUEROS S.A. (Ortiz del Pino & Ortiz Mera, 2017; Diario La Hora, 2007), una empresa que ya se dedica a la transformación de carnaza bovina y porcina en juguetes caninos. Estos antecedentes evidencian la existencia de un mercado y la viabilidad industrial de este tipo de producto en el país, incluso con un enfoque en la exportación, lo que subraya la importancia de optimizar los procesos iniciales de su cadena de valor. Reportes indican que estas empresas a menudo buscan aprovechar al máximo su materia prima y reducir los desperdicios, lo que se alinea directamente con la necesidad de un proceso de secado más eficiente y controlado.

No obstante, la literatura académica y la información pública sobre el diseño específico de prototipos de secadores rotativos adaptados a las propiedades particulares de la carnaza vacuna y optimizados para la calidad e inocuidad exigida por los juguetes caninos en el contexto ecuatoriano, es escasa. La mayoría de los estudios sobre secado de residuos orgánicos en el país (como los de residuos de banano o para compostaje) se centran en biomásas con características distintas o en aplicaciones diferentes (Escuela Superior Politécnica del Litoral, s.f.; EMGIRS-EP, s.f.). Esto resalta una brecha tecnológica y de investigación a nivel nacional que este proyecto busca abordar, proponiendo una solución ingenieril que no solo optimice un proceso clave, sino que también contribuya a la sostenibilidad ambiental y al desarrollo económico de la industria local de productos para mascotas.

### **3.1.3 Antecedentes locales**

German Pila y Edgar Tipán implementaron un deshidratador solar de chocho en el Campus CEASA de la Universidad Técnica de Cotopaxi. El prototipo de 2 m<sup>2</sup> de área captadora utilizó energía solar, alcanzando temperaturas de 30 °C en la cámara de secado y logrando reducir el contenido de humedad del chocho a 0.4 % en 28 horas, con una eficiencia de 24 % y un costo de USD 2 202.70

En la empresa Aglomerados Cotopaxi S.A., se ejecutaron dos proyectos:

En 2007, Domínguez y Ramírez modernizaron el sistema de secado de viruta implantando un PLC, variadores de frecuencia, tornillos sin fin para dosificación y una interfaz HMI

En 2012, Barbosa y Chancusig aplicaron metodología Six Sigma para reducir la variabilidad e incrementar la capacidad del proceso de secado, identificando factores críticos como temperatura y molienda, logrando mejoras en calidad y eficiencia.

## **3.2 FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICA.**

### **3.2.1 Carnaza su origen**

La "carnaza vacuna" se define como la capa interna (corium) de la piel de bovino, obtenida tras la división horizontal de la piel en bruto o procesada. Corresponde específicamente a la porción de la dermis que originalmente estaba en contacto directo con el músculo y la grasa subcutánea del animal.

Se diferencia claramente de la capa externa o "flor" (top grain), ya que carece de la superficie natural del grano, la epidermis y los folículos pilosos. La carnaza representa la capa reticular de la dermis.

Sus usos más frecuentes incluyen la producción de cuero agamuzado (suede), cuero "bicast" (recubierto con poliuretano), calzado y accesorios de menor costo, y guantes de seguridad o trabajo. También puede ser utilizada como subproducto en otras industrias como materia prima para la creación de juguetes caninos.

### **3.2.2 Características Estructurales De La Carnaza**

La estructura fibrosa de la carnaza es característicamente más abierta, menos densa y presenta una textura potencialmente más áspera y fibrosa en comparación con la capa de flor. Las fibras de colágeno en esta capa tienden a ser más gruesas y entrelazadas de manera menos compacta.

La orientación y el ángulo de entrelazado de estas fibras influyen directamente en la dureza y las propiedades de estiramiento del cuero final. Esta estructura deriva principalmente de la capa reticular de la dermis, que proporciona la mayor parte de la resistencia mecánica de la piel. A pesar de su menor densidad, la carnaza posee cierta suavidad inherente y es transpirable. Sin embargo, su durabilidad y resistencia al desgaste son generalmente inferiores a las del cuero de plena flor.

### **3.3 Composición.**

La composición fundamental de la carnaza, tras el curtido y los procesos húmedos, consiste en fibras de colágeno estabilizadas, agua residual, grasas y aceites (tanto naturales remanentes como los añadidos durante el engrase), y trazas de productos químicos del curtido y post-curtido. La composición inicial de la piel cruda (aproximadamente 65% agua, 33% proteína, 2-6% grasa, 0.5% minerales 19) se modifica sustancialmente, pero la matriz fibrosa de colágeno sigue siendo el componente estructural clave.

#### **3.3.1 Parámetros De Espesor.**

El espesor de la carnaza es variable y se determina durante la operación de dividido, ajustándose según el uso final previsto para el cuero. Las referencias indican rangos típicos como 1.4-1.6 mm para carnaza destinada a guantes 17 o 0.9 mm en otros contextos, pero puede variar considerablemente. La operación de dividido busca obtener un espesor lo más uniforme posible en toda la pieza, aunque lograr una perfecta uniformidad puede ser un desafío.

El espesor es un factor crítico que afecta directamente la duración y la uniformidad del proceso de secado. En el caso de nuestra empresa se maneja mediante un calibre diferente para cada hueso o cada proceso de armaje del hueso solicitado aquí en la tabla podemos apreciar sus calibres en mm.

**Tabla 4 Calibre De Carnaza Utilizada Para Proceso Químico**

| <b>Tipo de Hueso</b> | <b>Calibre para el hueso (mm)</b> |
|----------------------|-----------------------------------|
| 1-2                  | 1.8                               |
| 3-4                  | 2,1 a 2,2                         |
| 5-6                  | 2,2 a 2,4                         |

|         |     |
|---------|-----|
| 6-7     | 2,8 |
| 8-9     | 3   |
| 10-11   | 3   |
| Twist   | 2,4 |
| Galleta | 3,5 |

### **3.4 EL SECADO DEL RETAL.**

La estructura abierta y fibrosa de la carnaza tiene implicaciones directas en su comportamiento durante el secado. Facilita una liberación relativamente rápida del agua libre (no ligada), pero la retención y migración del agua ligada dentro de las fibras puede ser diferente a la de la capa de flor, más compacta.

La potencial variabilidad en densidad y espesor a lo largo de una misma pieza de carnaza incrementa el riesgo de un secado no uniforme. Zonas más gruesas o densas secarán más lentamente que las más finas o abiertas.

Esta heterogeneidad estructural, combinada con su naturaleza fibrosa, hace que la carnaza sea particularmente susceptible al endurecimiento superficial (conocido como "case hardening" o "efecto costra") si la tasa de evaporación en la superficie supera significativamente la velocidad de migración de la humedad desde el interior hacia la superficie. Este fenómeno puede generar tensiones internas y afectar negativamente la suavidad y flexibilidad final.

#### **3.4.1 Métodos de secado de carnaza.**

El aumento de la temperatura acelera la tasa de evaporación del agua desde la superficie del cuero, lo que generalmente reduce el tiempo total de secado. Sin embargo, la aplicación de temperaturas excesivas representa un riesgo significativo. El colágeno, principal componente proteico del cuero, es sensible al calor, y temperaturas demasiado altas pueden provocar daños irreversibles en su estructura, manifestándose como encogimiento hidrotérmico, endurecimiento excesivo, fragilidad, agrietamiento superficial y una disminución notable de las propiedades mecánicas como la resistencia a la tracción y al desgarro.

#### **3.4.2 Método Natural al Sol**

Se realiza a temperatura ambiente, pero se advierte que temperaturas superiores a 30°C al inicio del secado, si este es muy rápido, pueden inducir gelatinización de las fibras. Un secado lento a

20-23°C se menciona como beneficioso para minimizar la aglomeración de fibras.



**Figura 1. Secado natural [1]**

### **3.4.3 Secado al Vacío.**

Se caracteriza por operar a bajas temperaturas. Fuentes citan rangos comunes entre 36°C y 45°C, aunque estudios experimentales han utilizado hasta 60°C. Equipos de laboratorio pueden alcanzar 200°C, pero esto no es aplicable al secado de cuero.



**Figura 2 Secado Al vacío [2]**

- **Secado al aire.**

Se realiza a temperatura ambiente, pero se advierte que temperaturas superiores a 30°C al inicio del secado, si este es muy rápido, pueden inducir gelatinización de las fibras. Un secado lento a 20-23°C se menciona como beneficioso para minimizar la aglomeración de fibras.



**Figura 3 Secado Al Aire [ 3 ]**

#### **3.4.4 Secado en túnel /Toggling.**

Las temperaturas de operación más habituales se sitúan entre 45°C y 60°C.4 Un estudio específico encontró que 50°C era óptimo para la calidad en combinación con una HR del 15% y una velocidad de aire de 1.0 m/s. Algunos sistemas comerciales operan en un rango más amplio, de 20°C a 70°C. El secado LTD se realizó a 50°C en un estudio.

Tiempos típicos reportados de 8-10 horas, aunque experimentos específicos en toggling mencionan ciclos de 4-5 horas.



**Figura 4 Secado De Túnel**

### **3.5 FUNDAMENTOS TÉCNICOS DEL SECADO DE CARNAZA.**

#### **3.5.1 Parámetros de secado**

Para esto el resultado de la interacción del método elegido, las condiciones operativas (temperatura, HR, velocidad del aire), las características del cuero (tipo, espesor, contenido

inicial de humedad) y el contenido de humedad final deseado. Generalmente, tiempos de secado más cortos implican condiciones más agresivas (mayor temperatura, menor HR, mayor velocidad del aire) y/o un mayor consumo de energía. Estos factores ambientales se detallan en la Tabla 5.

**Tabla 5 Rasgos Específicos De Los Factores Ambientales.**

|                              |                   |  |  |
|------------------------------|-------------------|--|--|
| <b>Secado Túnel/Toggling</b> | Temperatura       | 45-60°C común 50°C óptimo en un estudio, Rango 20-70°C en algunos equipos. LTD a 50°C.                   | Controlar T° para evitar daño térmico/encogimiento. Tensión (toggling) aumenta rendimiento, pero puede causar rigidez. |
|                              | Humedad Rel. (HR) | 25-60%, 15% óptimo en un estudio con 50°C/1.0m/s, LTD a 4%. Control dinámico puede ser necesario.        | Controlar HR para equilibrar velocidad y evitar endurecimiento superficial (costra).                                   |
|                              | Velocidad Aire    | Variable; >3 m/s inicial, <0.75 m/s final, 1.0 m/s óptimo en un estudio. Distribución uniforme es clave. | Velocidad alta inicial acelera; reducir en fases finales para evitar enfriamiento superficial.                         |
|                              | Tiempo            | Moderado: ~4-10 horas dependiendo el sistema y condiciones.  | Tiempo depende de T°, HR, V_aire, espesor. Evitar sobre-secado.  |

### 3.6 CALIDAD DE SECADO EN TUNEL

- Eficiencia: Alto rendimiento (throughput). Consumo energético moderado a alto.1 Velocidad de secado moderada a rápida (horas).
- Costo: Costo de capital moderado a alto. Costos operativos significativos por energía.
- Calidad: Excelente rendimiento superficial (área) debido al estiramiento. Buena planitud y superficie lisa. Sin embargo, tiende a producir cuero más firme o rígido. Requiere un control preciso de parámetros para asegurar uniformidad y evitar defectos.
- Adecuación para Carnaza: Es una opción industrial muy común, especialmente cuando se prioriza el rendimiento superficial y la velocidad de producción. Requiere ablandamiento posterior para lograr suavidad.

### **3.7 CONTEXTURA DE SECADO**

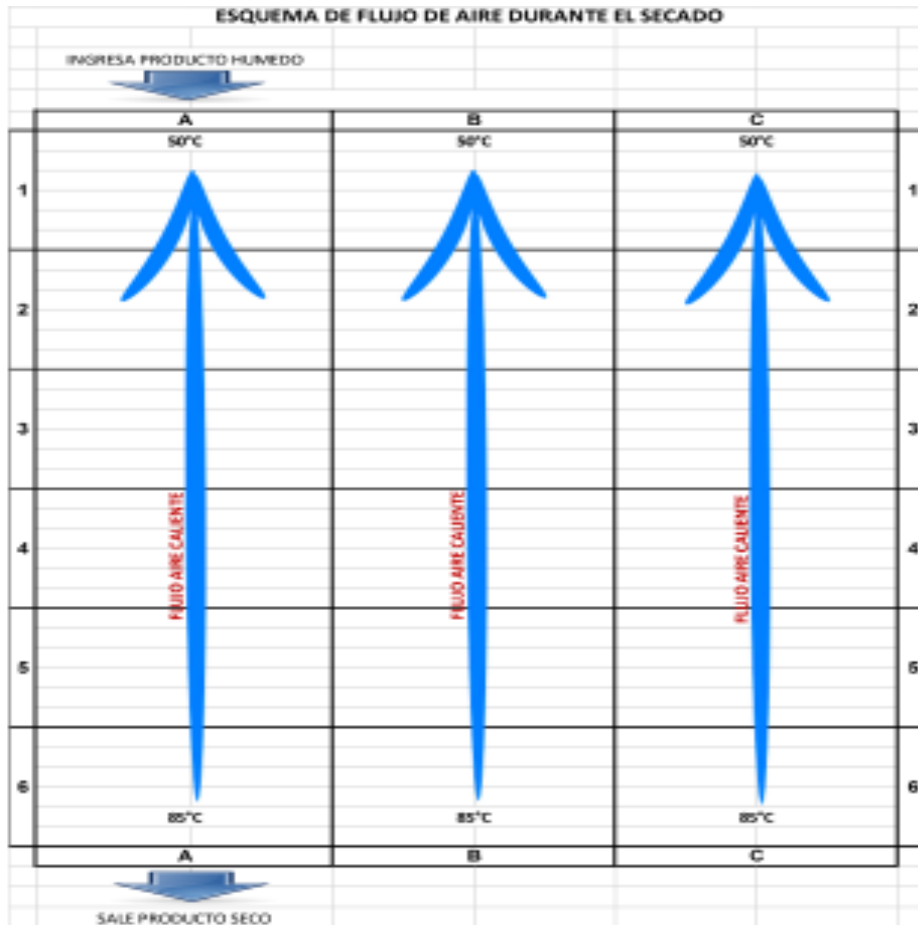
El proceso de secado de retales de piel vacuna (carnaza) es una etapa fundamental en la producción de materias primas destinadas a la elaboración de productos como juguetes y snacks caninos. Este proceso consiste en la eliminación controlada de humedad del material, permitiendo su conservación, manipulación y uso posterior sin que se presenten deterioros biológicos, como la proliferación de hongos o bacterias.

El secado influye directamente en las propiedades físico-mecánicas del producto final, tales como la flexibilidad, dureza, color y durabilidad. En el caso específico de la carnaza, una textura uniforme y firme es deseable para garantizar un producto de calidad. Sin embargo, el proceso de secado puede verse afectado por diversos factores como la temperatura, la humedad aproximada del ambiente, el espesor del material, la velocidad del aire y el tiempo de exposición.

Actualmente, muchas industrias pequeñas emplean métodos tradicionales de secado que pueden tardar hasta 72 horas, generando cuellos de botella en la producción, elevados costos energéticos y pérdida de eficiencia. Por ello, el diseño de un secador rotativo que permita reducir los tiempos a 48 horas representa una mejora sustancial, tanto en la calidad del producto como en la optimización del proceso productivo.

#### **3.7.1 Valoración inicial**

La valoración de referencia de la temperatura del túnel es de 50°C y después sigue avanzando hasta alcanzar una temperatura de 85°C.

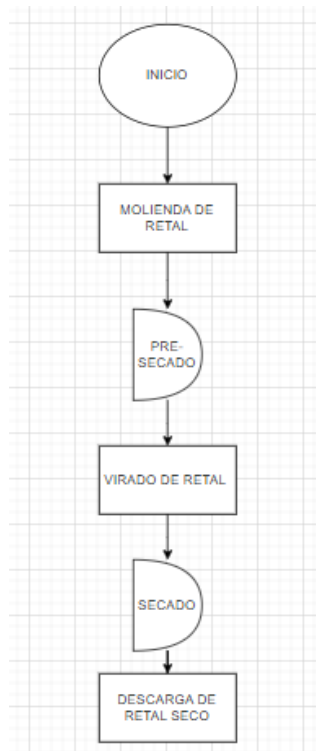


**Figura 5 Flujo De Aire**

### 3.8 CONDICIONES DE SECADO DE RETAL.

El proceso actual de secado de retal consiste en un secado a través de mallas las cuales se les llena sin ningún control su peso puede variar entre cada una ya que no se estandariza su distribución, el cual se coloca en un coche donde luego se traslada a la cámara de secado (Túnel) después de este proceso se tiene a esperar unas 16 horas para realizar una actividad llamada virado de retal con el cual se busca no tener una costra de secado en la parte superior en este proceso se lo hace de manera manual y esto conlleva a tener un grado bajo de contaminación cruzada, luego de este proceso vuelve a ingresar al túnel para pasar ahí 56 horas hasta que sea retirado del túnel y se procede a su respectiva descarga y se entrega a su respectiva bodega para su siguiente proceso.

Para mejorar este proceso se realizó el respectivo diagrama de flujo el cual se muestra a continuación.



**Figura 6 Flujograma Del Proceso Actual**

## **4 MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS.**

### **4.1 METODOLOGÍA**

La presente investigación se enmarca dentro de un enfoque cuantitativo, de tipo aplicado, con un diseño experimental, ya que se busca implementar un prototipo de secador rotativo que permita optimizar el proceso de secado de retales de piel vacuna en la empresa SOGUAR S.A. Este tipo de investigación se orienta hacia la solución práctica de un problema real, lo cual es característico del enfoque aplicado [4].

#### **4.1.1 Tipos de investigación**

##### **4.1.1.1 Investigación bibliográfica**

La investigación bibliográfica se enfoca en estudiar la literatura que permita el diseño y la construcción del secado de retal de carnaza vacuna, en los artículos científicos y libros de esta particularidad dota al investigador con datos ya estudiados de las dos variables que vamos a investigar, tanto para el manejo y secado de carnaza vacuna; como la metodología que debemos implementar en nuestro diseño del prototipo.

#### 4.1.1.2 Investigación de campo

El autor se ha comunicado con el gerente para establecer las necesidades básicas que debe llenar el prototipo, además de saber la situación actual del secado del retal y el proceso que este maneja. Esto permite recolectar información como archivos fotográficos, y que nos permita observar los problemas de primera mano.

#### 4.1.2 Técnicas de investigación

##### 4.1.2.1 La observación directa

Por medio de esta técnica se establece el proceso de secado de retal y se toma como punto de partida la etapa de secado para su posterior almacenamiento.

##### 4.1.2.2 Cálculos de secado de retal.

###### Datos Generales del Proceso

Masa total de retales húmedos: 40 kg

Humedad inicial: 75%

Humedad final deseada: 10%

Temperatura del aire caliente: 76 °C

Temperatura ambiente estimada: 25 °C

Tiempo de secado con prototipo: 48 horas

Tiempo de secado tradicional: 72 horas

Fuente térmica utilizada: Aire caliente

###### Cálculos del Proceso de Secado

Masa seca (constante durante el proceso):

$$\text{Masa seca} = 40\text{kg} \times (1 - 0.75) = 10\text{kg}$$

Masa final con 10% de humedad:

$$\text{Masa final} = 10 / (1 - 0.10) = 11.11 \text{ kg}$$

Agua evaporada:

$$\text{Agua evaporada} = 40 - 11.11 = 28.89 \text{ kg}$$

###### Balance de Energía

✓ **Calor sensible:**  $Q_s = 28.89 \times 4.18 \times (76 - 25) = 6154.7 \text{ kJ}$

✓ **Calor latente de vaporización:**  $Q_l = 28.89 \times 2260 = 65331.4 \text{ kJ}$

✓ **Calor total requerido:**  $Q_t = 6154.7 + 65331.4 = 71486.1 \text{ kJ}$

### Mejora del Tiempo de Secado

Reducción del tiempo de secado:

$$\text{Reducción} = (1 - 48 / 72) \times 100 = 33.33\%$$

### Resumen de Resultados

**Tabla 6 Tabla De Resultados**

| Parámetro                      | Resultado   |
|--------------------------------|-------------|
| Masa seca del material         | 10 kg       |
| Masa final después del secado  | 11.11 kg    |
| Agua evaporada                 | 28.89 kg    |
| Calor sensible requerido       | 6,154.7 kJ  |
| Calor latente requerido        | 65,331.4 kJ |
| Calor total requerido          | 71,486.1 kJ |
| Reducción del tiempo de secado | 33.33 %     |

#### 4.1.2.3 Registros fotográficos

Las fotografías cumplirán la función de evidencias de la construcción del prototipo, así como su realización y aplicación, además de usar otro recurso como el video.

## 4.2 MÉTODO DE DISEÑO DE MÁQUINAS

### 4.2.1 Flujo de trabajo

Para entender el flujo de trabajo es necesario explicar las funciones que debe tener la maquinaria, por lo cual se especifica los siguientes criterios y alternativas de soluciones.

**Tabla 7 Flujo De Trabajo**

| CRITERIO                   | ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN  |
|----------------------------|--|
| <b>Materiales y Costos</b> | Usar materiales de calidad a bajos costos  |
| <b>Secado homogéneo</b>    | Se debe obtener un secado del retal homogéneo y que no presente trozos o partes con humedad. |

|                        |  |
|------------------------|--|
| <b>Fácil de Operar</b> | La intención de este prototipo es hacer el trabajo más fácil y fácil de entender como es el funcionamiento tanto para el obrero y a su vez que sea seguro y que no presente problemas a futuro para la empresa |
| <b>Ergonomía</b>       | No debe dañar al obrero, el obrero no debe pasar demasiado tiempo supervisando la maquinaria.  |

#### 4.2.2 Necesidades del usuario en torno a la máquina

Las necesidades de la empresa deben permitir reconocer los requerimientos y las necesidades que se debe tener en cuenta en este caso para que el investigador pueda solucionarlos.

- Que se fácil de manejar.
- Que su mantenimiento sea fácil.
- Que su capacidad de secado sea optima.
- Mejorar el tiempo de secado.
- Que su costo sea accesible.
- Que la calidad del secado del retal sea optima.
- Que la ergonomía del obrero sea optima.

#### 4.2.3 Planimetría y diseño parte por parte

Con la ayuda del software, se diseñó geoméricamente los planos, así como el diseño en 3D se planteó la construcción del prototipo, así como cada parte que se detalla en el plano que permitirá al ingeniero realizar su construcción y así identificar cada componente.



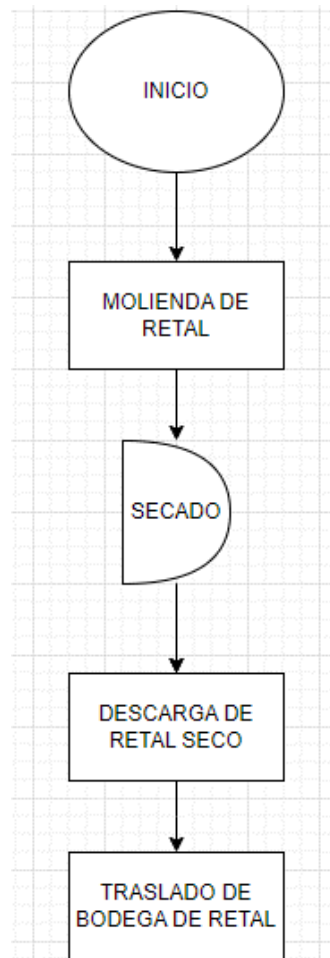
**Figura 7 Diseño Del Prototipo En 3D**

#### 4.2.4 Diagrama de flujo en función del retal seco.

Para la creación de este diagrama se toma en cuenta estos módulos que representan un diagrama de flujo:

- **Módulo 1:** Se concreta cual es la entrada de la materia prima, a un molino húmedo con el fin de moler la carnaza para crear el retal en este módulo se pensó en el segundo inconveniente el cual es la colocación de mallas y en coches en esta vez se procede a que la molienda o retal recién molido ingresé directo al secador con el cual se asegura su puerta y se procede al ingreso del túnel.

Se ingresa al molino la cantidad de 40kg de retal y se establece que se muele 3 días a la semana siendo los días autorizados lunes, miércoles y viernes



**Figura 8 Flujograma Del Proceso Propuesto**

- **Módulo 2:** Una vez que ingrese a la cámara de secado o túnel se procede a colocar en el puesto b2, y se asegura su posición para poner en marcha el proceso de secado con una temperatura de 76°C
- **Módulo 3:** Se ve la pérdida de la humedad debido a la constancia de la temperatura ya que debe ser la misma durante sus 48 horas de secado.
- **Modulo 4:** Se saca del túnel y se vacía el retal del tambor, para después realizar la limpieza del secador y se coloca en sacos de polipropileno con la cantidad de 11 a 12 kg de retal seco y se procese a enviar a la bodega para su respectivo almacenamiento.

#### 4.2.5 Situación actual y problemática.

En este apartado se detalla el proceso actual del secado de retal, y las condiciones que la empresa posee y se conoce cuál es la problemática para el caso.

##### Proceso de secado de retal

- **Secado en cámara de calor o túnel.**

En la actualidad, el proceso de secado se realiza a través de mallas finas, las cuales son colocadas en un coche para luego ser llevadas al túnel de secado por 16 horas, pasado este tiempo un trabajador asignado por la jefa de producción, sacará el coche para proceder a dar la vuelta al retal con la finalidad de realizar un mejor secado, dado la vuelta todo el producto de las mallas, ingresará nuevamente el coche para un secado definitivo durante 56 horas en el túnel de secado.



**Figura 9 Cámara De Secado De La Empresa Soguar S.A**





## 5 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.

### 5.1 CONSTRUCCIÓN DE LA MÁQUINA Y SISTEMA DE SECADO

#### 5.1.1 Materiales principales

Los materiales para la creación del secador son: un tanque que se perforara, una catalina dentada, una cadena metálica, el motor y el motorreductor. Estos elementos se detallan en la siguiente tabla. Tabla 8. Materiales.

**Tabla 8 Materiales**

| PARTES  | CONCEPTO  | IMAGEN  |
|---|---|---|
| <b>Cilindro perforado con agujeros</b>        | El tanque se perfora para permitir el ingreso del aire caliente para que no se cocine la carnaza molida, sino se seque. |   |
| <b>Chumaceras y manzana con eje de acero.</b> | La chumacera conjuntamente con el eje proporciona el movimiento al cilindro.  |  |
| <b>Motor y motorreductor</b>                  | Proporciona el movimiento de todo el cilindro conjuntamente con la cadena   |  |
| <b>Bisagras</b>                               | Su función es unir la tapa del secador al centro del tambor para que se ingrese y salga el retal.                       |  |

### 5.1.2 Construcción de la máquina y su estructura

La estructura del secador se realizó reutilizando una base de un coche que la empresa tiene para que su gasto no sea muy alto y así optimizar sus recursos usando lo que se tiene a la mano.

**Tabla 9 Construcción De La Estructura**



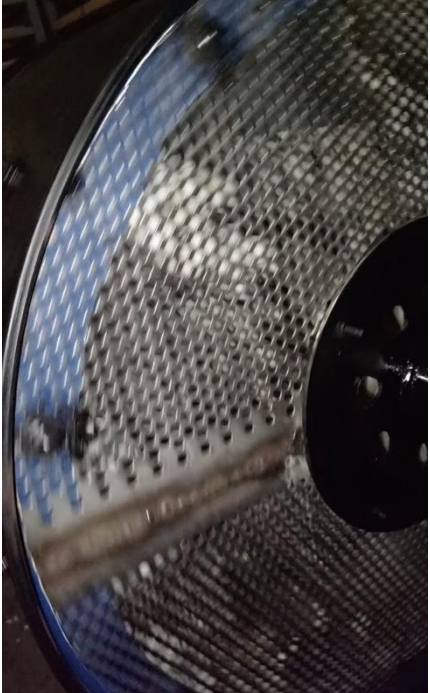
| PASOS  | IMÁGENES  |
|--|---|
| <p>Adecuación del cilindro de acero para la creación del secador se procede a cortar las tapas superior e inferior para colocar plancha perforada de acero inox y creando la puerta para el ingreso de la materia prima.</p> |    |
| <p>Colocación de aletas y chumaceras conjuntamente con el eje para que le dote de movimiento para su rotación</p>  |   |
| <p>La perforación en el tanque se realiza para permitir el ingreso de aire, y optimizar el secado del retal.</p>   |  |
| <p>Colocación del motor y reductor en la parte del túnel para que dote el movimiento y la velocidad deseada.</p>   |  |

Luego se coloca el eje que conecta el moto-reductor y con secador rotativo.

### 5.1.3 Pruebas iniciales.

Se inicio con una capacidad máxima de 40 kg de carga y un 50% de la capacidad del tanque, como se muestra en la tabla 10.

**Tabla 10 Primera Prueba**







| PRUEBAS DE CARGA   | IMAGEN   |
|--|--|
| Entra el retal molido en el tambor   |    |
| Se riega a todo el ancho del tambor para proceder a cerrar su tapa.  |   |
| Se conecta el tambor con el motor ya en su posición establecida dentro del túnel ya sería su posición la b1 a una temperatura de + - de 73°C |  |

## 5.2 PRUEBAS DEL SECADOR DE RETAL

### 5.2.1 Prueba uno del secador

En esta prueba se observa lo que se realizó, el secado del retal con 21 horas dando una nueva forma del producto ya no como trozos grandes sino teniendo forma de bolas pequeñas donde la parte de afuera está seca, pero la de adentro aún sigue húmeda esto se detalla en la tabla 11.

**Tabla 11 Secado De Retal Primer Intento**

| MODULO 1 AL 3   |   | MODULO 4 AL 6  |   |
|---|---|--|---|
|   | 1.-Pesamos los 40kg de retal ya sea del área de armado o de rivera. |   | 4.- Se coloca en el puesto asignado siendo así la posición b1                           |
|  | 2.- Se desinfecta, se limpia y se coloca en el molino el tambor.    |  | 5.- Después de 21 horas se observa esta nueva forma del producto y a su vez se descarga |
|  | 3.- Se coloca 40kg molidos de carnaza (retal).                      |  | 6.- Se pesa dando así la cantidad de 13.1kg.  |

Por la presencia de bolas aun húmedas se disuelven y se colocan en mallas para su secado y luego unirse a su demás lote.



**Figura 10 Bolas De Retal Húmedas**

A continuación, se detalla el total de las pruebas que se realizó en nuestro secador rotativo con los inconvenientes que se presentó y que se solucionó.



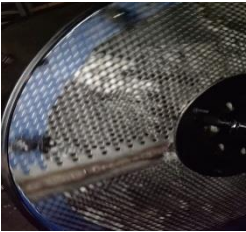


**Tabla 12 Total De Pruebas**

| Pruebas de secado de retal |                  |                 |               |              |                                    |  |
|----------------------------|------------------|-----------------|---------------|--------------|------------------------------------|--|
| N° pruebas                 | tiempo de secado | cantidad molida | cantidad seca | T° de secado | velocidad de giro                  | Observaciones  |
| 1                          | 24 horas         | 40 kg           | 13,1 kg       | 84°C         | 24 rpm                             | Se Presenta El Inconveniente De La Creación De Bolas Grandes En Donde Se Ve Seco Por Fuera, Pero Esta Húmedo Por Dentro. |
| 2                          | 24 horas         | 40 kg           | 12,3 kg       | 91°C         |                                    |  |
| 3                          | 24 horas         | 40 kg           | 12,2 kg       | 91°C         |                                    |  |
| 4                          | 24 horas         | 40 kg           | 13,4 kg       | 88°C         |                                    |  |
| 5                          | 24 horas         | 35 kg           | 11,2 kg       | 84°C         |                                    |  |
| 6                          | 24 horas         | 30 kg           | 9,4 kg        | 79°C         | 16 rpm                             | Se Tuvo Problemas De Colocación  |
| 7                          | 24 horas         | 30 kg           | 9 kg          | 80°C         |                                    | Se Procede A Realizar Huecos En El Tambor Para Que Salga La Humedad  |
| 8                          | 24 horas         | 25 kg           | 8,7 kg        | 90°C         |                                    | Se Ve Una Mejoría De Secado Y Aparece Una Nueva Manera Del Producto Seco Carnaza En Forma De Granola                     |
| 9                          | 36               | 40 kg           | 13,7 kg       | 77°C         |                                    | Se Presenta Bolas Pequeñas   |
| 10                         | 36 horas         | 40 kg           | 12,7 kg       | 75°C         |                                    | Producto Un Poco Húmedo  |
| 11                         | 40 horas         | 40 kg           | 11,8 kg       | 79°C         |                                    | Se Ve Un Mayor Secado  |
| 12                         | 42 horas         | 40 kg           | 12,2 kg       | 80°C         |                                    | Se Presenta Un 90% Seco  |
| 13                         | 44 horas         | 40 kg           | 12,4 kg       | 82°C         |                                    | No Presenta Bolas De Retal Húmedas   |
| 14                         | 48               | 40 kg           | 12,3 kg       | 81°C         | No Presenta Bolas De Retal Húmedas |  |

### 5.2.2 Prueba final de secado de retal.

Después de realizar 13 pruebas donde se determinó el peso ideal ya que en algunas se realizó en un mínimo de 25kg de retal húmedo y con un mismo número de horas siendo las pruebas finales como la prueba 12-13 y 14 dando las 48 horas y reflejando los resultados deseados.

**Tabla 13 Prueba Final**

|  |  |
|--|--|
| <p>Pesaje de retal húmedo siendo 40kg de retal del lote</p>  |    |
| <p>Se procede a moler el retal ya no se ocupa dos personas sino solo una la cual ahora hará todo el proceso</p>                            |   |
| <p>Pasa a cumplir sus 48 horas respectivas de secado en túnel en la posición b2 a una temperatura de 76°C.</p>                             |  |
| <p>Luego de sus 48 horas se procede a descargar el retal y se coloca en lona de polipropileno</p>  |  |
| <p>Se pesa y se traslada a la bodega de retal seco para su próximo procedimiento el cual es la molienda o creación de harina de retal.</p> |  |

Después de la prueba se envía a hacer los análisis en el laboratorio Multianálityca S.A que nos ayuda a realizar las pruebas de calidad para ver la humedad, su actividad de agua así mismo como el análisis de microbiología. Teniendo en cuenta que las normas de BPM dicen que debe ser menor o igual al 14% de humedad, esto se detalla en la siguiente tabla: [5, p. 262]

**Tabla 14 Humedad Determinada Por Agrocalidad.**

|                         |
|-------------------------|
| Composición garantizada |
| Humedad máxima 14%      |

Ahora compararemos las humedades de nuestro prototipo con las humedades del proceso actual lo cual se detalla a continuación:

**Tabla 15 Comparación De Humedades Ciclo Actual Y Propuesto.**

| Composición garantizada | Proceso Actual       | Proceso Propuesto |
|-------------------------|----------------------|-------------------|
| Humedad                 | <b>10,91%</b>        | <b>6,63%</b>      |
| Actividad de agua       | <b>No se realiza</b> | <b>0,57%</b>      |

Estos resultados del laboratorio se anexarán en parte final teniendo en cuenta que estas pruebas se realizan anualmente para tener un mejor manejo de calidad de nuestros productos.

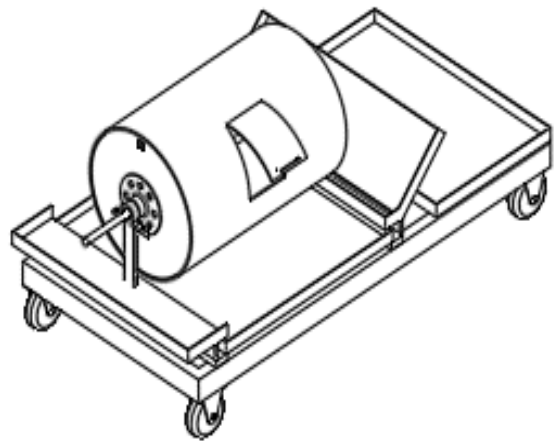
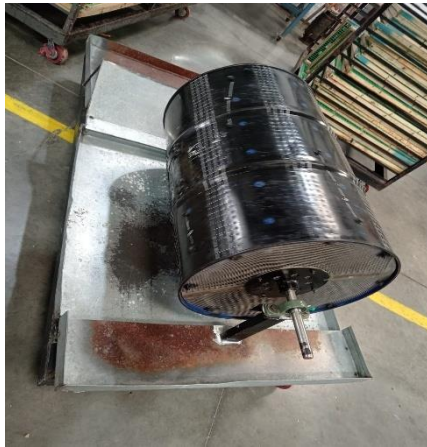
### **5.3 CARACTERÍSTICAS FINALES DEL SECADOR**

A continuación, se detalla los elementos básicos del secador y la información de su funcionamiento en la tabla 16.

Teniendo en cuenta los aspectos técnicos que rigen mediante Agrocalidad en su resolución 0066 [6] donde detalla cada elemento apto para la creación de nuestro secador rotativo lo cual se detalla a continuación

**Tabla 16 Características Finales Del Secador**

| PROTOTIPO | DISEÑO |
|-----------|--------|
|-----------|--------|



|                                |                               |
|--------------------------------|-------------------------------|
| <b>Características:</b>        | Motor 3.6 HP                  |
|                                | Fuente de alimentación 220V   |
|                                | <b>Parámetros</b>             |
| • <b>Capacidad de secado</b>   | 40 kg                         |
| • <b>Tiempo de secado</b>      | 48 horas según análisis.      |
| • <b>Temperatura de secado</b> | De 76 a 84°C                  |
| • <b>Velocidad de trabajo</b>  | 16 rpm                        |
| • <b>Material del tanque</b>   | Acero                         |
| • <b>Reductor de velocidad</b> | Recibe 32 rpm y entrega 16rpm |

Instrucciones para el uso del secador.

Para usar el secador se debe usar los siguientes equipos: equipos de protección para mantener las necesarias precauciones, por lo cual se da estos pasos a seguir:

- Abrir el secador y desinfectar.
- Poner el retal húmedo en el tambor y expandirlo.
- Cerrar la tapa con su respectiva llave de 7/16.
- Llevar al túnel colocar en el puesto asignado.
- Conectar al motor y a su fuente de poder.
- Esperar el tiempo determinado para el secado.
- Desconectar de la fuente de poder y del motor.

- Sacar del túnel y dirigirse al punto de descarga.
- Descargar y pesar.
- Traslado del producto a su bodega.

## 5.4 REQUERIMIENTOS PARA EI MOTOR

### 5.4.1 Datos para calcular el requerimiento del motor.

Peso que moverá (masa,  $m$ ) = 40 kg

Radio del tanque ( $r$ ) = 29 cm = 0.29 m

Velocidad del reductor: 16 rpm

La aceleración angular ( $\alpha$ ) = Con ella sabremos cuando el tambor pasa del estado de reposo a alcanzar su velocidad final la cual es de 5 seg.

### 5.4.2 Cálculo de Velocidad Angular de salida ( $\omega_{salida}$ )

La caja reductora reduce la velocidad del motor a 1 vuelta por cada 45 seg. Esto lo convertimos radianes por segundo ( $\frac{rad}{s}$ )

$$\omega_{salida} = \frac{2\pi}{T}$$

*1 Velocidad angular de salida*

Entonces:

$T = 45$  segundos (*periodo de una vuelta*)

$$\omega_{salida} = \frac{2\pi}{45} = 0.1396 \text{ rad/s}$$

### 5.4.3 Cálculo de Torque Necesario ( $\tau$ )

El torque para mover el tambor con **40kg**, con su radio de **0.29 m**. Esto nos permite calcular cual sería la fuerza óptima para la inercia y su aceleración angular.

#### Momento de Inercia (I)

El momento de inercia para el tanque es:

$$I = \frac{1}{2}mr^2$$

*2 Momento de Inercia*

Sustituyendo:

$$r=0.29m$$

$$m=40kg$$

$$I = \frac{1}{2} * 30 * (0.29)^2 = 1,68$$

### **Aceleración Angular ( $\alpha$ )**

Tiempo que el secador alcanza su velocidad final es 5 segundos:

$$\frac{\omega_{salida}}{t} = \frac{0,9998}{5} = 0,1999 \text{ rad/s}^2$$

*3 Aceleración angular*

### **Torque de Aceleración del Secador:**

$$\tau_a = 1,682 \times 0,1999 = 0,3362$$

*4 torque de aceleración*

### **Torque Requerido ( $\tau$ )**

El torque necesario para la aceleración de nuestro tambor, en el cual debemos considerar el torque necesario para ganarle a la fricción y a la carga estática. Por lo cual suponemos un torque de 1 *N.m* para cubrir pérdidas.

$$\tau = 0,1999 + 1 = 1,1999$$

*5 Torque Requerido*

#### **5.4.4 Cálculo de la Potencia para el secador (*P*)**

Sabiendo que la potencia se calcula:

$$P = \tau \times \omega$$

*6 Potencia Requerida*

Donde:

$$\tau = 1.1999$$

$$\omega = 0.1999 \text{ rad/s}$$

$$P = 1.1999 \times 0.1999 = 0.239W$$

Este valor es muy bajo, para el motor que tenemos ya que 1710 rpm para nuestro prototipo basta ya que estamos ocupando los recursos que tiene la empresa.

#### 5.4.5 Relación de reducción de la Caja Reductora.

La velocidad de nuestro motor es de 1710RPM y lo convertimos a *rad/s* para poder trabajar con unidades consistentes.

La fórmula para convertir RPM a *rad/s* es:

$$\omega_{\text{motor}} = \frac{RPM \times 2\pi}{60}$$

*7 Relación de la caja reductora*

Entonces:

$$rpm = 1710 \text{ (velocidad de motor)}$$

$$2\pi = \text{factor de conversión de revoluciones a radianes (1 rev} = 2\pi \text{ rad)}$$

$$60 \text{ factor de conversión de minutos a segundos}$$

Sustituyendo los factores:

$$\omega_{\text{salida}} = \frac{1710 \times 2\pi}{60} = 179.070 \text{ rad/s}$$

Convertimos la velocidad a radianes por segundo *rad/s*. La velocidad de salida del tambor es 1 vuelta cada 45seg. La fórmula para calcular la velocidad angular es:

$$\alpha_{\text{salida}} = \frac{2\pi}{T}$$

*8 Velocidad Angular*

Donde:

$$T = 45 \text{seg}$$

$2\pi =$  Es el factor de conversión de revoluciones a rad

Sustituyendo los valores:

$$\alpha_{salida} = \frac{2\pi}{45} = 0.1396 \text{rad/s}$$

Para calcular la relación de reducción (i)

Se refiere a la proporción entre la velocidad angular de nuestro motor y la velocidad angular que se debe alcanzar.

$$i = \frac{\omega_{MOTOR}}{\omega_{SALIDA}}$$

*9 Relación de reducción*

Sustituyendo los valores:

$$i = \frac{179.070}{0.1396} = 1282.7$$

Ya conociendo la relación de reducción de 1282.7 se da a entender que por cada 1282.7 vueltas del motor el tambor da 1 vuelta.

Esto es calculo es necesario ya que el motor gira a una velocidad de 1710 rpm, pero la velocidad de nuestro secador debe ser lenta.

#### **5.4.6 Cálculo de consumo del secador:**

La potencia se calcula con la fórmula:

$$P = \frac{V \times I \times FP}{1000}$$

*10 CALCULO DE CONSUMO DEL SECADOR*

$V =$  Voltaje (220 v)

$I =$  Corriente 5.5A

$FP =$  Factor de Potencia 0,83

$$P = \frac{220v \times 5.5A \times 0.83}{1000} = 1.0043kW$$

### Calcular el consumo en kWh:

$$\text{Consumo} = P \times \text{Tiempo}$$

*11 consumo en kWh*

$$\text{Consumo} = 1.0043 \text{ kW} \times 48 \text{ horas} = 48,20 \text{ kWh}$$

### Calcular el Costo de Consumo:

Sabiendo el costo por kWh es de 0.1164 UDS/kWh

$$\text{Costo} = 48,20 \times 0.1164 = 5,61 \text{ USD}$$

*12 costo consumo*

El costo de la operación del secado durante su ciclo es de 5,61 dólares

#### 5.4.7 Cálculo de costo de secado por ciclo:

El consumo de la máquina consiste en 48,20 kWh por día.

El consumo mensual si trabaja los 12 ciclos de secados programados siendo estos los días lunes, miércoles y viernes días del mes Darina por resultado 24 días:

$$\text{consumo mensual} = 48,20 \times 24 = 1.156,8 \text{ kWh}$$

*13 Costo por ciclo de secado*

El valor mensual en 24 días trabajados sería de:

Costo de energía calculado 0.1164 USD/kWh

$$\text{costo mensual} = 1.156,8 \times 0.1164 = 134,65 \text{ USD}$$

*14 costo mensual del secador*

El costo mensual por operar el secador en 48 horas por proceso de secado de retal durante 24 días es aproximadamente de

134,65 dólares.

#### 5.4.8 Cálculo de capacidad máxima y mínima del secador.

El presente cálculo ayudara a determina la capacidad máxima y mínima de carga del secador rotativo diseñado para el secado de carnaza/piel vacuna húmeda.

#### Datos:

- • Diámetro interior del tambor (D) = 0,58 m
- • Longitud útil del tambor (L) = 0,885 m

- • Densidad aparente carnaza húmeda ( $\rho$ )  $\approx 600 \text{ kg/m}^3$  (valor típico de literatura) [7]
- • Factor de llenado máximo = 50 %
- • Factor de llenado mínimo = 25 %

Calculamos el volumen interno del tambor con la siguiente formula:

$$V = \pi \left(\frac{D}{2}\right)^2$$

*15 Volumen interno del tambor*

Sustituyendo:

$$V = 3.14 \left(\frac{0,58}{2}\right)^2 = 0.233 \text{m}^3$$

➤ **Volumen útil según factor de llenado.**

- Máximo 50%.

$$V_{max} = 0.233 \times 0.50 = 0.1165 \text{m}^3$$

*16 Volumen máx.*

- Mínimo 25%.

$$V_{min} = 0.233 \times 0.25 = 0.05825 \text{m}^3$$

*17 Volumen min.*

➤ **Capacidad de carga (masa).**

- Máxima:

$$M_{max} = 0.1165 \text{m}^3 \times 600 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \approx 69.9 \text{ kg} = \mathbf{70Kg}$$

*18 Capacidad de Carga max.*

- Mínima:

$$M_{min} = 0.05825 \text{m}^3 \times 600 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \approx 35.95 \text{ kg} = \mathbf{36Kg}$$

*19 Capacidad de carga min*

**Tabla 17 Resultados De Capacidad De Carga Y De Su Volumen.**

| <b>FACTOR DE LLENADO</b> | <b>VOLUMEN UTIL (m<sup>3</sup>)</b> | <b>CAPACIDAD (Kg)</b> |
|--------------------------|-------------------------------------|-----------------------|
| <b>Máximo 50%</b>        | 0.1165                              | 70                    |
| <b>Mínimo 25%</b>        | 0.05825                             | 36                    |

Con estos cálculos podemos entender que la capacidad mínima para el funcionamiento del secador es de 36Kg para tener un material seco aproximadamente de 11.2Kg de retal seco, lo cual reduce la eficiencia térmica del secado, mientras que si se pone 70Kg puede afectar la uniformidad del secado y el paso del aire.

## 5.5 COSTO Y PRESUPUESTO DE MANTENIMIENTO DE LA MAQUINA:

Las tablas Tabla 18, Tabla 19, Tabla 20, se analiza materiales, costo de mantenimiento.

**Tabla 18 Costo Anual Del Mantenimiento Para El Secador**

|                                    |                        |        |
|------------------------------------|------------------------|--------|
| AMSOIL Severe Gear 75W-90 (Aceite) | para la caja reductora | \$22   |
| Okami Grasa Azul                   | 1 bote                 | \$6.10 |
| Elementos eléctricos               | posibles fallas        | \$35   |

**Tabla 19 Materiales Para El Mantenimiento Del Secador**

|                                       |                    |        |
|---------------------------------------|--------------------|--------|
| AMSOIL Severe Gear 75W-90             | 2 cambios          | \$44   |
| Okami Grasa Azul                      | 1 bote             | \$6,10 |
| Componentes eléctricos y electrónicos | 1 posibles cambios | \$35   |

**Presupuesto anual:**

**Tabla 20 Presupuesto Anual Del Mantenimiento De La Máquina**

| Producto                              | Costo unitario \$ | Frecuencia     | Costo anual \$ |
|---------------------------------------|-------------------|----------------|----------------|
| AMSOIL Severe Gear 75W-90             | 22                | 2 veces al año | 44             |
| Okami Grasa Azul                      | 6,10              | 2 veces al año | 6.10           |
| Componentes eléctricos y electrónicos | 35                | 1 veces al año | 35             |
| <b>Total</b>                          |                   |                | 85.10 \$       |

### 5.5.1 Presupuesto del secador

El secador tiene diferentes elementos para su elaboración, los cuales se detallados en la siguiente Tabla 21, Tabla 22, Tabla 23.

**Tabla 21 Presupuesto De La Máquina (1)**

|   | ELEMENTOS                            | P. UNIT | TOTAL |
|---|--------------------------------------|---------|-------|
| 2 | CHUMASERAS                           | 22,61   | 45,22 |
| 1 | CANAL EN C                           | 30      | 30    |
| 2 | BISAGRAS 3X3 CRT60-30                | 1,51    | 3,00  |
| 1 | PINTURA SPRAY ALTA TEMPERATURA NEGRO | 5,38    | 5,38  |
| 1 | ELECTRODO AGA 6011 1/8" 1 KG         | 5,43    | 5,43  |
| 1 | BROCA IRWIN ACERO 1/4 "              | 3,37    | 3,37  |
| 1 | BROCA IRWIN ACERO 5/16"              | 3,60    | 3,60  |
| 1 | BROCA IRWIN ACERO 3/16"              | 1,73    | 1,73  |
| 1 | GUANTE DE CUERO                      | 1,73    | 1,73  |
| 3 | FUNDA DE GUAUPE                      | 1       | 3     |
| 2 | GARRUCHAS CON FRENO                  | 6,15    | 12,30 |
| 2 | GARRUCHAS                            | 5,03    | 10,06 |
| 1 | GAFA TRANSPARENTE PARA ESMERILAR     | 0,98    | 0,98  |

**Tabla 22 Presupuesto De La Máquina (2)**

|   |                                 |      |      |
|---|---------------------------------|------|------|
| 1 | EXTENSIÓN 2X16                  | 2,80 | 2,80 |
| 1 | PLANCHAS AC. INOX               | 30   | 30   |
| 4 | DISCO CORTE NORTON 4-1/2 X 1/16 | 1,30 | 5,20 |
| 1 | CABLE SUCRE ANDES 3x14 (3m)     | 1,55 | 4,65 |
| 1 | TAIPE 3M NEGRO                  | 0,96 | 3,78 |
| 1 | SPRAY WD-40                     | 7,50 | 7,50 |

**Tabla 23 Presupuesto De La Máquina (3)**

|   | ELEMENTOS                         | P. UNIT | TOTAL          |
|---|-----------------------------------|---------|----------------|
| 1 | ELECTRODO 308L 3/32               | 16,09   | 16,90          |
| 2 | ENCHUFE BLINDADO 3P               | 1       | 2,00           |
| 2 | FILTRO DE PARTICULAS 3M 2097 P100 | 6,52    | 13,04          |
| 1 | LUZ PILOTO 16mm ROJA 24VDC        | 4       | 4              |
| 1 | LUZ PILOTO 16mm VERDE 120VDC      | 4       | 4              |
|   | <b>TOTAL, SIN IVA</b>             |         | <b>212,96</b>  |
|   |                                   |         | 15%            |
|   | <b>IVA DEL 15%</b>                |         | <b>31,944</b>  |
|   | <b>TOTAL, CON IVA</b>             |         | <b>244,904</b> |

### 5.5.2 Vida útil de la Maquinaria

**¿Cuánto tiempo debe durar la secadora?:** La secadora se utiliza para secar el retal después de su molienda, haciendo que las tareas de secado sean más fáciles y cómodas. Teniendo en cuenta la importancia de cuánto tiempo debe durar para aprovechar al máximo su valor se analiza la vida útil y una estimación de cuándo es el momento de reemplazarla.

### 5.5.3 Factores que afectan la durabilidad de la máquina secadora

Tomando en cuenta los parámetros de mantenimiento descritos estos factores son.

#### 1. Materiales de Construcción

1. Estructura principal: Canal en c de 125X50X3mm (acero al carbono)
2. Estructura de tanque: Acero inoxidable 304 de 2 mm de espesor.

#### 2. Condiciones de Operación

- **Uso de secado:** 48 horas continuas.
- **Exposición a vapor:** El vapor que se desprende durante el proceso de secado es un vapor de agua que puede afectar si no es un acero adecuado.
- **Temperatura:** La secadora opera a temperaturas elevadas, lo que acelera los procesos de corrosión y desgaste.

#### 3. Factores que afectan la vida útil

##### a) Corrosión del Acero al Carbono

El tubo estructural de acero al carbono está protegido por el forro interno de acero inoxidable 304, que es resistente a la corrosión. Sin embargo, si hay grietas o daños en el forro, el vapor ácido puede corroer el acero al carbono.

Vida útil estimada del acero al carbono: Con un mantenimiento adecuado y protección contra la corrosión, el acero al carbono puede durar 10-15 años.

##### b) Desgaste del Acero Inoxidable 304

El acero inoxidable 304 es resistente a la corrosión, pero el vapor ácido y las altas temperaturas pueden causar picaduras o corrosión por estrés.

Vida útil estimada del acero inoxidable: Con un mantenimiento adecuado, el acero inoxidable 304 puede durar 15-20 años.

### c) **Mantenimiento**

El plan de mantenimiento descrito anteriormente (limpieza, cambio de aceite, lubricación, revisión de componentes eléctricos y mecánicos) es crucial para extender la vida útil de la máquina. El mantenimiento preventivo adecuado puede aumentar la vida útil en un 20-30%.

## 4. **Estimación de la Vida Útil**

Considerando los factores anteriores, la vida útil de la máquina secadora de retal se estima de la siguiente manera:

- Vida útil mínima: 10 años (si no se realiza un mantenimiento adecuado y hay exposición severa a la corrosión).
- Vida útil máxima: 20 años (con un mantenimiento preventivo riguroso y protección contra la corrosión).

## 5. **Recomendaciones para Extender la Vida Útil**

- a) Protección contra la corrosión:** Aplicar recubrimientos protectores en el acero al carbono resistente a altas temperaturas esta es esencial para proteger la secadora de cacao de los efectos del calor y la corrosión, especialmente en un ambiente donde se genera vapor. Su uso no solo aumenta la durabilidad de la máquina también garantiza un funcionamiento óptimo y una vida útil prolongada.  
Inspeccionar regularmente el forro interno de acero inoxidable para detectar grietas o daños.
- b) Mantenimiento preventivo:** Realizar lubricación y cambio de aceite según el plan de mantenimiento.
- c) Limpieza regular:** Limpiar la máquina después de cada uso para eliminar residuos de carnaza seca.
- d) Monitoreo de componentes críticos:** Revisar periódicamente el motor, la caja reductora y los componentes eléctricos.

Para ello la vida útil de la máquina secadora de retal, construida con los materiales y condiciones descritas, se estima en 10-20 años, dependiendo del mantenimiento y las condiciones de operación. Con un plan de mantenimiento preventivo riguroso, es posible alcanzar la vida útil máxima de 20 años.

## 5.5.4 Costo beneficio de la maquina

### 5.5.4.1 Calcular la inversión inicial

- Costo de construcción 244,904\$
- Total, de inversión 244,904 \$

### Costos de operación anual

- Mantenimiento anual: 85,10\$

Sabemos que el consumo de la maquina es de 134.65\$ en electricidad por cada 24 días de trabajo. Como la máquina opera todos los meses del año, calculamos el costo de energía anual.

- **Consumo de energía:**

Cada 24 días de trabajo: 134,65 \$

En el costo de energía anual es de:

$$134,65 \times 12 = 1615,8 \text{ USD}$$

*20 consumo energético anual*

- **Costo total de operación anual**

Ahora sumamos los costos de mantenimiento anual y energía:

$$85,10 + 1615,8 = 1700,9 \text{ USD}$$

*21 COSTO DE OPERACION ANUAL*

El costo total anual es necesario para mantener la maquina en funcionamiento correcto y así garantizar la producción continua.

- **Cálculo de producción snacks caninos:** Este apartado nos permite determinar cuánta producción genera la máquina en un año, tomando en cuenta la reducción de peso por la pérdida de humedad durante el secado.
- **Producción diaria de secado de retal** Sabemos que la maquina trabaja con 40 kg de retal húmedo en el proceso de secado, el retal pierde cierta cantidad de humedad y su peso se reduce. Se estima que el retal seco resultante es de 13kg por proceso de secado.

- **Producción Mensual de retal seco:** La máquina trabaja 31 días al mes, por lo que la producción mensual es de:

$$40 \frac{Kg}{dia} \times 31 \text{ dias} = 1240 \frac{kg}{mes}$$

*22 PRODUCCION MENSUAL DE RETAL SECO*

- **Producción anual de retal seco:** Multiplicamos la producción mensual por los 12 meses del año

$$1240 \frac{Kg}{mes} \times 12 \text{ meses} = 14.880 \frac{kg}{año}$$

*23 PRODUCCION ANUAL DE RETAL SECO*

- **Cálculo de ingreso anuales:** En este apartado determinaremos cuánto dinero se genera al vender los snacks caninos producido por la empresa al año.
- **Precio de venta actual de snacks caninos:** Sabemos que:

1 caja de snacks caninos se vende por 49 USD

1 caja lleva 42 fundas

$$\frac{49}{42} = 1.66 \frac{USD}{Funda}$$

- **Cálculo de los ingresos anuales:** Multiplicamos la cantidad de fundas producidas al año por el precio por funda:

$$83184 \times 1.66 = 138.085,44 \text{ USD}$$

- **Cálculo de la ganancia neta anual:** Este cálculo es el dinero que queda después de restar los costos operativos anuales a los ingresos generados por la maquina en un año.

**Fórmula:** *Ganancia neta anual = Ingresos anuales – Costos operativos anuales*

**Ingreso anual = 138.085,44**

**Gastos Operativos anuales = 1700,9**

$$138.085,44 - 1700,9 = 136.386,54 \text{ USD}$$

*24 Ganancia Neta Anual*

Este es el beneficio anual obtenido después de descontar los costos de mantenimiento y energía sin contar el precio de la materia prima y sus demás egresos de la planta para este proceso.

Cálculo del retorno de inversión (ROI): El retorno de inversión (ROI) mide cuantas veces se recupera la inversión inicial con las ganancias obtenidas.

$$\text{Fórmula: } \mathbf{ROI} = \frac{\mathbf{GANANCIA\ NETA\ ANUAL}}{\mathbf{INVERSION\ INICIAL}} \times \mathbf{100\%}$$

25 ROI

**Ganancia neta anual:** 136.386,54

**Inversión anual:** 244,904

$$\frac{136.386,54}{244,904} \times 100\% = 55,69\%$$

Con la inversión inicial de USD 244.904 se logró obtener una ganancia neta de USD 136.386,54, lo que representa un Retorno sobre la Inversión (ROI) del 55,69 %. En otras palabras, por cada USD 100 invertidos se recuperó el capital y se obtuvo USD 55,69 adicionales como utilidad neta. Este resultado refleja que el proyecto ha sido altamente rentable, evidenciando un uso eficiente de los recursos y una notable capacidad para generar beneficios en relación con el capital invertido.

#### 5.5.4.2 Precio de venta al público de la máquina:

➤ **Precio basado en la inversión inicial:** 244,904 USD

Si queremos vender el secador con una ganancia razonable es decir con un margen de ganancia del 30% o 50% podemos calcular lo siguiente:

$$\mathbf{Con\ el\ 30\%\ de\ ganancia:} \ 244,904 \times 1.30 = 318,37 \ \mathbf{USD}$$

El precio final de venta puede rondar entre los 320\$ y 350\$ USD

$$\mathbf{Con\ el\ 50\%\ de\ ganancia:} \ 244,904 \times 1.50 = 367,36 \ \mathbf{USD}$$

El precio final de venta con el 50% de ganancia es entre los 370 y \$ USD.

➤ **Precio basado en el valor secuencial (rentabilidad esperada):** Sabemos que la máquina genera ingresos anuales de: 136.386,54 USD/año.

Un inversionista normalmente desea recuperar su inversión en un tiempo razonable, entonces si el comprador quiere recuperar su inversión en 3 meses, precio debe ser equivalente a 3 meses de ganancia.

$$\frac{136.386,54}{4} = 34.094,64 \text{ USD}$$

Por lo cual si la máquina se vende basado en la rentabilidad se podría vender en la estimación de 34.094,64 USD, el comprador recuperará su inversión en 3 meses con su producción de snacks caninos.

## **5.6 EVALUACIÓN TÉCNICA, AMBIENTAL, SOCIAL Y ECONÓMICO**

### **5.7 IMPACTO TÉCNICO**

Los requerimientos de la máquina de secado en forma de tambor se realizaron bajo criterios de construcción planimétricos; donde se aplicó soldadura, corte de metal y unas aletas que ayuden a alzar el retal para provocar el efecto lluvia dentro del tambor y se usó los materiales que se tenía en la empresa, tratando de abaratar costos, los planos del modelo se colocaron en la sección de anexos para como referencia para nuevas investigaciones.

### **5.8 IMPACTO AMBIENTAL**

Se optó por usar materiales reutilizables que se tenía en bodega de la planta donde se vio los mejores elementos para la creación del secador así evitamos una contaminación global donde se evitó la oxidación de los mismos.

### **5.9 IMPACTO ECONÓMICO**

Un snack canino de buena calidad es económicamente rentable, el mejorar el secado de su materia prima que es el retal seco, permite tener mayor producción de harina de retal, además al reducir el tiempo de secado se puede ocupar a una sola persona para su manejo y su colocación dentro de la cámara de secado dando así la posibilidad de tener más obreros disponibles para el área de extruido y a su vez se evita el proceso de virado de retal. Además, los costos de la máquina son accesibles, la máquina tiene un costo de 315,86\$.

### **5.10 IMPACTO SOCIAL**

La implementación del prototipo de secador rotativo en la empresa SOGUAR S.A representa un avance tecnológico con un impacto social significativo, ya que contribuye a mejorar las condiciones laborales al reducir el tiempo de secado de 72 a 48 horas, disminuyendo la carga de trabajo físico. Esta mejora en la eficiencia productiva puede

generar nuevas oportunidades para que la empresa incremente su capacidad operativa. Además, la incorporación de esta tecnología exige la capacitación del personal, lo que impulsa el desarrollo de habilidades técnicas y fortalece el capital humano local.

A su vez, al optimizar los procesos internos, se promueve el crecimiento interno ya que no se cuenta con lineamientos específicos sobre este proceso. Finalmente, este proyecto contribuye a la modernización del sector al sustituir prácticas tradicionales poco eficientes, sirviendo como modelo para otras empresas que deseen mejorar su productividad y sostenibilidad.

## **6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **6.1 CONCLUSIONES**

- El secador de retal se diseñó por el software AutoCAD esto permitió crear los planos y diseñar las piezas necesarias para la construcción de la máquina, sin embargo, al tener las pruebas de secado de retal se observaron falencias que se modificaron para obtener una mejor eficiencia en el proceso de secado viendo la cantidad de 40 kg a 25 kg de retal húmedo.
- Para el proceso de secado se optó por la reducción del peso de la materia prima ya que se observaba la formación de bolas que dan la apariencia de estar secas y no lo están ya que en su centro siguen húmedas y no se omite el proceso de virar el retal al contrario se volvía al mismo proceso actual y no al propuesto, conjuntamente la velocidad en ese momento de 24rpm se la evaluó y se vio que no era tan efectiva por lo cual se optó por bajar a 16rpm y a su vez decidimos perforar el tambor para que tenga una mejor forma de sacar la humedad del tambor lo cual generaba la creación de las bolas lo cual no se deseaba.
- En la evaluación del desempeño después de las mejoras se vio con la presencia de la nueva forma que tomó el producto seco la cual es una forma tipo granola y bolas pequeñas que adoptó, pero ya seca en su totalidad y se procede a enviar al laboratorio para que se realice sus respectivos análisis y ver si cumplimos con los parámetros de las BPM.

## 6.2 RECOMENDACIONES

- Elaborar el diagrama y modelado de las piezas a escala real con el fin de organizar de una manera ergonómica el panel de control, la boca del tambor y las dimensiones del secador. Esto permitirá prevenir inconvenientes durante el corte, ensamble, soldadura y armado de las piezas, garantizando un ajuste preciso y un montaje eficiente.
- La forma del tambor de secado debería ser en su totalidad perforado en material de acero inox para que toda la humedad salga y así tener un secado eficiente.
- Formar a los operarios en el uso correcto y manejo eficiente del secador, asegurando así un desempeño óptimo de la maquinaria, prolongando su vida útil y protegiendo la integridad del personal mediante prácticas adecuadas de mantenimiento.

## 7. REFERENCIAS

- [1] Copyright, «Cueronet,» [En línea]. Available: <https://cueronet.com/flujiograma/secado.htm>. [Último acceso: 7 7 2025].
- [2] «Mec Man,» [En línea]. Available: <https://www.mecman.net/es/mecgiant-8-6-metros/>. [Último acceso: 7 7 2025].
- [3] «FlipFlops,» HERPARK STUDIO, 2025. [En línea]. Available: <https://livinginflipflops.com/wp-content/uploads/2018/02/Curtiderias-fez-Living-in-Flipflops-7.jpg>. [Último acceso: 7 7 2025].
- [4] C. F. y. P. B. H. Hernández Sampieri, Metodología de la investigación, México: McGraw-Hill: 6.<sup>a</sup> ed., 2014.
- [5] M. D. A. Y. GANADERIA, «PROCESO: REGISTRO DE INSUMOS AGROPECUARIOS,» 8, Quito-Ecuador, Fecha de Aprobación: 5/07/2024.
- [6] g. y. ministerio de agricultura, «Informe para las auditorias de certificacion para las BPMs,» 0, quito, 2017.
- [7] M. b.-p. FAO, «Food and Agriculture Organization of the United Nations,» FAO Animal Production and Health Paper No. 91, Rome, Italy, 1992. [En línea]. Available: <http://www.fao.org/3/t0562e/T0562E00.htm>. [Último acceso: 29 7 2025].