



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE CUENCA
CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA**

**DISEÑO DE UNA MÁQUINA PARA LA ETAPA DE ESCALDADO DE
POLLOS EN LA AVÍCOLA “SAN FRANCISCO”**

Trabajo de titulación previo a la obtención del
título de Ingeniero Mecatrónico

AUTORES: FREDDY XAVIER GUARTAMBEL PUNIN
CRISTHIAN JAIRO TORRES GUTAMA
TUTOR: ING. CHRISTIAN MAURICIO COBOS MALDONADO MSc.

Cuenca - Ecuador

2022

**CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN**

Nosotros, Freddy Xavier Guartambel Punin con documento de identificación N° 0105871198 y Cristhian Jairo Torres Gutama con documento de identificación N° 0107189573; manifestamos que:

Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Cuenca, 23 de marzo del 2022

Atentamente,

Freddy Xavier Guartambel Punin
0105871198

Cristhian Jairo Torres Gutama
0107189573

**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Nosotros, Freddy Xavier Guartambel Punin con documento de identificación No. 0105871198 y Cristhian Jairo Torres Gutama con documento de identificación No. 0107189573, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del Proyecto Técnico: “Diseño de una máquina para la etapa de escaldado de pollos en la avícola “San Francisco”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Mecatrónico, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 23 de marzo del 2022

Atentamente,

Freddy Xavier Guartambel Punin

0105871198

Cristhian Jairo Torres Gutama

0107189573

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Christian Mauricio Cobos Maldonado con documento de identificación N° 0104015933 docente de la Universidad Politécnica Salesiana declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: DISEÑO DE UNA MÁQUINA PARA LA ETAPA DE ESCALDADO DE POLLOS EN LA AVÍCOLA “SAN FRANCISCO”, realizado por Freddy Xavier Guartambel Punin con documento de identificación N° 0105871198 y por Cristhian Jairo Torres Gutama con documento de identificación N° 0107189573, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Proyecto Técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 23 de marzo del 2022

Atentamente,

Ing. Christian Mauricio Cobos Maldonado Msc.
0104015933

Dedicatoria

Freddy Xavier

Quiero escribir esta dedicatoria de manera muy especial a mi mami Elvia que dio todo por ver cumplido esta meta. También quiero dedicar a mis dos pequeños de casa Fátima y Mathias que pintan mi rostro de felicidad, espero algún día ser la inspiración para ellos, también se lo dedico a mí amada Karina que llegó al final pero que puso todo su afán en apoyarme en esta etapa.

Ahora puedo decir con sutileza, "las victorias son el resultado de mucho tiempo de sacrificio". A veces se gana y también se pierde, con mucho afecto lo dedico a mi hermana Noemi que quizás perdiste las esperanzas pero aquí estoy como tú mismo dices, siempre llegando lejos. También dedico a todos mis seres queridos.

Es por eso que culmino dedicando este logro a mi Dios y a mi madre santísima que ellos fueron los protagonistas de este proceso.

Oh salve Maria este trabajo te lo dedico porque eres mi fuerza eres mi calma, ampárame siempre, ilumine y guíame mi camino profesional, no permitas que nada ni nadie me haga daño amen.

Cristhian Jairo

Es para mí una gran satisfacción dedicar este este proyecto a mis seres queridos, que con mucho esfuerzo, trabajo y perseverancia lo he logrado.

A mis padres, Medardo Torres y María Gutama por ser el motor de mi vida y mi orgullo de lograr este y más triunfos. A mis hermanos, Lissette, Stiven, Mike y Javier, por ser mi inspiración en cada uno de esos pasos para llegar a este momento. A mis primos, tíos por siempre brindarme apoyo, por la amabilidad y nunca negármelo.

Agradecimientos

Freddy Guartambel

El sueño de un pequeño de algún día convertirse en ingeniero hoy llega a su fin. Los aciertos y desaciertos, fueron los que se disfrutaron y se aprendieron. Una voz que siempre te dijo que se podía, que los mejores soldados son escogidos para las grandes batallas y que se necesitaba dar todo de mi en todo momento. Gracias Padre celestial por permitir que mi meta se cumpla y gracias por jamas abandonarme en la lucha. Me enseñaste a ser perseverante y tener confianza en mí mismo. También agradezco a mi madre santísima que me cobijaba cada noche de desvelo.

Gracias a mi tutor, co-tutor, y demás profesores que estaban prestos para ayudarme a solventar dudas. También agradezco a las personas que me recibieron de la mejor manera dentro del campo laboral para ganar experiencia. Para finalizar agradezco a mi familia, pero enfatizo a mi madre, y quiero decirle mami este logro es tuyo, tu me formaste con buenas bases y fundamentos, y mira hoy da resultado, el merito es tuyo enorgullesete porque ya tienes un super hijo que logro solo porque tiene a una super mama.

Gracias.....

Cristhian Torres

Quiero empezar agradeciendo a mi Dios, por la salud, la fortaleza y la vida. A mi padre Medardo, por apoyarme hasta el último momento que estuvo aquí, y sé que desde el cielo regocija de alegría por este logro.

A mi querida madre, María, que después de la partida de mi padre se convirtió en dos pilares fundamentales de mi vida, estoy más que agradecido por tu amor, tu valentía y tu deseo de verme triunfar, estuviste conmigo en todo momento de este largo camino de conocimiento y sabiduría, gracias.

A mis hermanos, Lissete, Stiven, Mike mis inspiraciones y por ser ese modelo y ejemplo para ustedes, esto logro se los dedico. A mi hermano mayor Javier, por siempre estar presto a ayudarme, gracias. A mis primos, tíos y familiares en general, gracias por darme esa acogida tanto moral, como humana brindándome un techo donde descansar, estudiar, hacer trabajos y pasar las mala noches y por nunca negarme esa ayuda. A los docentes por impartir sus experiencias, conocimientos y motivarnos a alcanzar este y más logros.

Y, por último, a mis amigos y compañeros, por la insistencia de no rendirme y seguir siempre con la cara en alto. Gracias.....

Este documento fue realizado enteramente en L^AT_EX

Índice

Certificado de responsabilidad y autoría del trabajo de titulación	I
Certificado de cesión de derechos de autor del trabajo de titulación a la Universidad Politécnica Salesiana	II
Certificado de dirección del trabajo de titulación	III
Dedicatoria	IV
Agradecimientos	V
Resumen	XIV
Abstract	XV
1. Introducción	1
2. Problema	2
2.1. Antecedentes	2
2.2. Descripción del problema	2
2.3. Importancia y alcances	3
2.4. Delimitación	4
2.5. Problema General	4
2.6. Problemas Específicos	4
3. Objetivos	4
3.1. Objetivo General	4
3.2. Objetivos Específicos	4
4. Marco Teórico	5
4.1. Proceso de faenado	5
4.2. Etapa de escaldado	6
4.3. Tipos de escaldadores de pollos	7
4.3.1. Escaldado manual de pollos	7
4.3.2. Escaldado automatizados de pollos	8
4.4. Problemas que causan un mal proceso de escaldado	11

4.5.	Parámetros para un buen escaldado	12
4.6.	Automatización en faenadoras avícolas	13
4.6.1.	Materiales de uso industrial alimentario	14
4.7.	Principios y criterios de apoyo en solución del problema	15
4.7.1.	Modelado de sistemas de control	15
4.7.2.	Motores eléctricos y variadores de velocidad	17
4.7.3.	Transferencia de calor en procesos industriales.	20
5.	Marco metodológico	22
5.1.	Determinar los parámetros y variables involucrados en la etapa de escaldado	22
5.2.	Propuesta del diseño mecánico y electrónico para la etapa de escaldado.	23
5.2.1.	Diseño mecánico	26
5.2.2.	Selección de actuadores y sensores	46
5.2.3.	Modelo matemático del sistema de control de la tina de escaldado	52
5.2.4.	Diseño de control	62
5.2.5.	Diseño del sistema eléctrico y de potencia	66
5.3.	Simulación de la propuesta del diseño mecánico y electrónico para la etapa del escaldado.	69
5.4.	Análisis de los costos para una implementación del proyecto	74
6.	Resultados	81
6.1.	Objetivo específico 1: Determinar los parámetros y variables involucrados en la etapa de escaldado	81
6.2.	Objetivo específico 2: Propuesta del diseño mecánico y electrónico para la etapa de escaldado.	82
6.3.	Objetivo específico 3: Análisis de los costos para una implementación del proyecto	85
7.	Conclusiones	86
7.1.	Determinación de los parámetros y variables involucrados en la etapa de escaldado	86
7.2.	Planteamiento de la propuesta del diseño mecánico y electrónico para la etapa de escaldado.	86
7.3.	Simulaciones de la propuesta del diseño mecánico y de control para la etapa de escaldado.	87
7.4.	Análisis de los costos para una implementación del proyecto	88
8.	Recomendaciones	88

Referencias	89
ANEXOS	91
Anexo 1: Modelo de encuesta y ponderación	92
Anexo 2: Especificaciones generales y propiedades mecánicas del acero inoxidable	94
Anexo 3: Características del tubo galvanizado	95
Anexo 4: Tabla de longitudes corporal, frontal, lateral de los pollos	96
Anexo 5: Especificaciones técnicas de los rodamientos.	97
Anexo 6: Características de cadena galvanizado	98
Anexo 7: Características del calentador	99
Anexo 8: Características del agua en la transferencia del calor	100
Anexo 9: Tabla de calibre de cable comercial	101
Anexo 9: Cotización de construcción e implementación de la máquina	102

Lista de Tablas

1.	Ventajas y desventajas del la escaldadora por inmersión.	9
2.	Ventajas y desventajas del escaldador a vapor.	11
3.	Tabla de valores tomados en planta	13
4.	Aplicaciones de los aceros inoxidables	15
5.	Diferencias de velocidad entre el motor síncrono y el asíncrono	19
6.	Condiciones para selección de variador de velocidad	20
7.	Condiciones iniciales del lugar de implementación	23
8.	Aplicaciones de los aceros inoxidable	26
9.	Tabla de valores tomados en planta	28
10.	Especificaciones técnicas de la horquilla	36
11.	Especificaciones técnicas	46
12.	Valores del motor	48
13.	Especificaciones técnicas del variador de velocidad	49
14.	Valores de la bomba de agua	50
15.	Valores medidos del sensor de temperatura	51
16.	Componentes eléctricos	66
17.	Elementos mecánicos	67
18.	Costos	75
19.	Elementos mecánicos	76
20.	Elementos electrónicos	78
21.	Gastos de implementación en planta	80
22.	Mano de obra del diseño	81
23.	Condiciones iniciales del lugar de implementación	82
24.	Componentes mecánicos de la máquina	84
25.	Costo total de la máquina	86

Lista de Figuras

1.	Olla de escaldado.	3
2.	Diagrama de proceso de faenamiento de pollos.	6
3.	Escaldado de pollos	7
4.	Olla de escaldado.	8
5.	Escaldado por inmersión.	9
6.	Escaldado a vapor	10
7.	Mal escaldado: a) sobre-escaldado, b) dificultad de retirar las plumas.	12
8.	Clasificación de los aceros inoxidables.	14
9.	Elementos del diagrama de bloques	16
10.	Puntos de suma y ramificación	16
11.	Diagrama de bloques de lazo cerrado	17
12.	Partes principales de un motor	18
13.	Tipos de transferencia de calor: a) conducción, b) convección, c) radiación.	20
14.	Tipos de calentadores eléctricos	21
15.	Dimensión de máquinas existentes en el mercado.	22
16.	Diagrama de Young de la resistencia de los materiales.	24
17.	Diagrama de Young de la conductividad térmica.	24
18.	Dimensiones de la tina de escaldado.	27
19.	Dimensiones de los pollos	27
20.	Altura de la tina de escaldado	28
21.	Base de la tina de escaldado.	29
22.	Dimensiones de los pollos	30
23.	Esquema de fuerzas de tina de escaldado.	31
24.	Carga distribuida en la pared.	32
25.	Reacciones y fuerzas aplicadas.	32
26.	DCL aplicado la fuerza cortante V.	33
27.	Horquillas para transporte de pollos	35
28.	Diseño de horquilla	36
29.	Características de un rodamiento	37
30.	Tipos de gancho: a) Sacrificio, b) evisceración, c) Desprese	37
31.	Dimensionamiento de gancho	38
32.	Circuito que cumple el monorriel	39
33.	Enmallado del monorriel	39

34.	Esquema del sistema de movimiento	40
35.	Volante de arrastre	41
36.	Volante de apoyo	41
37.	Estructura rígida de la máquina	45
38.	PLC LOGO	47
39.	Calentador resistivo de inmersión	47
40.	Motor asíncrono WEG	48
41.	Variador CHINT	49
42.	Bomba centrífuga	50
43.	Sensor de temperatura	51
44.	Sensor de nivel	52
45.	Sistema de control de temperatura	53
46.	Configuración del circuito eléctrico	53
47.	Diagrama del circuito eléctrico del sistema	56
48.	Diagrama de bloques del sistema	58
49.	Diagrama de bloques	59
50.	Diagrama de bloque con el controlador	60
51.	Lugar geométrico de las raíces	60
52.	Respuesta del controlador	61
53.	Estructura de máquina de escaldado	62
54.	Programación del plc	63
55.	Interfaz de datos de controlador en TIA portal	64
56.	programacion del PID	64
57.	Diagrama de conexión eléctrica	65
58.	Panel de control	68
59.	Diagrama de potencia	69
60.	Análisis de Von Mises en el monorriel	70
61.	Análisis de deformación total	70
62.	Análisis de Von Mises de la estructura	71
63.	Análisis de deformación total	71
64.	Análisis térmico de la tina de escaldado	72
65.	Calentamiento total de la tina	72
66.	Tiempo total de calentamiento	73
67.	Simulación de controlador	73
68.	Comparación de las señales	74

69.	Boceto de la máquina	81
70.	Diseño propuesto de la máquina	83
71.	Diagrama PID del proceso de escalado	85

Resumen

El presente proyecto tiene como finalidad dar a conocer el diseño que se realizó para automatizar la etapa de escaldado en el proceso de faenado de pollos. En busca de dar una solución a las pequeñas empresas que se dedican a este proceso, se planteó un equipo que sustituya al escaldado tradicional por uno que brinde seguridad a los operarios, permitiendo la disminución de los tiempos de procesamiento, teniendo mayor rentabilidad en la producción.

Inicialmente se realiza un levantamiento de las necesidades captadas dentro del proceso de faenado, además se realiza un estudio previo del estado del arte de equipos, o máquinas existentes en la industria que cumplan con el trabajo requerido.

Después de identificar el problema que se suscita en el área del proceso de faenado, se realiza el diseño de la máquina, tomando en cuenta que debe cumplir ciertas condiciones impuestas, y variables que se debería considerar para el diseño, además que cuente con la seguridad para el funcionamiento.

El diseño se lleva a cabo con las herramientas CAD, y CAE, las cuales nos permiten realizar los diseños que comprende la máquina y poder así ensamblar todas sus partes. También nos favorece para realizar simulaciones, las cuales nos ayudan a tomar decisiones en cuanto a la selección del material y dimensiones de los elementos.

También se realiza un estudio del modelamiento de la tina de escaldado, ya que se necesita el control de la temperatura del agua. El trabajo comprende en realizar un controlador que nos permita tener el control de la temperatura para el proceso.

Por último, se realiza el análisis de costos de la construcción y la implementación de la máquina, este estudio se lleva a cabo con el fin de conocer si es factible su construcción para implementar en la planta de faenamiento de pollos.

Palabras clave: Faenamiento, Escaldado, Modelamiento matemático, Máquina de escaldado, Control de temperatura.

Abstract

This project aims to make known the equipment's design to automate the scalding stage in the chicken slaughter process. In search of giving a solution to small companies that are dedicated to this process a machine is proposed that replaces the traditional scalding with one that provides safety to the operators, allowing the reduction of processing times.

Initially, a survey of the needs captured within the slaughtering process is carried out, A preliminary study is carried out on the state of the art of equipment and existing machinery in the industry that meets the required work is carried out.

after identifying the problem that occurs around the slaughtering process, considering that it must meet certain imposed conditions and variables that are considered for the design, in addition, it has the security for the operation.

the design is carried out with the CAD and CAE tools, which allows us to make the designs that the machine includes and be able to assemble all its parts. It also favors us to perform simulations which helps us make decisions regarding the selection of the material and dimensions of the element.

The study of the modeling of the scalding tub is also carried out since water temperature control is needed for scalding. The work includes a controller design that allows control of the process temperature.

Finally, the cost analysis of construction and the implementation of the machine is carried out, this study is carried out to know if its construction is feasible to implement in the chicken slaughter plant.

Keywords: slaughter, Scalding, mathematical modeling's, scalding machine, Temperature control.

1. Introducción

El presente proyecto se desarrolla en el campo alimentario, específicamente en el proceso de faenamiento de pollos de engorde, donde se ve la necesidad de mejorar la etapa del escaldado debido a los problemas que se presentan en este. Es por ello que se identifico las variables involucradas dentro de la etapa como son: temperatura, nivel de agua y tiempo de escaldado.

Dentro de las pequeñas industrias dedicadas al faenamiento de pollos, todo el proceso se sigue realizando de forma manual, es por eso que presentan problemas con los trabajadores de carácter riesgoso y pérdidas económicas a causa de un mal procesamiento, y tiempos muertos, teniendo como factor desfavorable la cantidad de pollos faenados al día. En el austro ecuatoriano se estima que existen varios centros de faenamiento de pollos, que aplican la misma técnica artesanal impidiendo tener un óptimo desarrollo en el proceso.

Actualmente es posible pensar en automatizar las líneas del proceso de faenamiento, gracias a los avances tecnológicos en la industria, las cuales serían de gran ayuda, evitando trabajos riesgosos del personal y alcanzando una cantidad considerable de pollos por día. Teniendo así, resultados óptimos, mejorando la calidad del producto y cumpliendo con la demanda requerida.

Como parte del estudio previo a la obtención del título universitario, se trabaja en una propuesta de diseño de un equipo para la automatización de la etapa de escaldado. El proyecto tiene como finalidad dimensionar la máquina, de acuerdo a las condiciones identificadas en la planta de faenamiento de pollos y, conocer la factibilidad de implementar la máquina.

Si bien se sabe que existen estas máquinas, no se puede considerar viable para su implementación, ya que en el país no hay empresas dedicadas a la construcción de las mismas es por ello, que las máquinas tienen un precio elevado debido a la importación y gastos adicionales como por ejemplo mano de obra.

2. Problema

2.1. Antecedentes

La avícola San Francisco es una micro-empresa ubicada en la parroquia Cumbe perteneciente a la ciudad de Cuenca, provincia del Azuay. Desde hace dos años obtuvo la certificación por agrocalidad para el faenado de pollos, cumpliendo su inocuidad e higiene que obliga la institución.

El proceso consta de un centro de faenado artesanal, que inicia por la recepción de los pollos, para su posterior sacrificio, seguido por el escaldado que permite el ablandamiento de las plumas, luego de esto se realiza el desplume respectivo, para pasar a la etapa de eviscerado, posterior el lavado del interior y exterior del pollo y, por último pasa a la zona de enfriamiento para ser empacado para su venta.

La producción avícola actualmente ha tenido un incremento de la demanda de su producto teniendo que acelerar así, su producción para satisfacer al mercado. Según el dueño del avícola san Francisco, los pollos que se procesan a diario son de aproximadamente de 80 a 100 pollos por día. Para el cumplimiento del proceso, se necesita al menos tres personas para realicen el labor en aproximadamente 4 horas. Dentro del proceso de faenado de pollos artesanal se detecto problemas con los trabajadores en la etapa del escaldado, ya que ellos están expuestos a altos riegos laborales.

2.2. Descripción del problema

La avícola “SAN FRANCISCO ”, se dedica al faenamamiento de pollos de engorde de forma artesanal, su producción es de 1000 a 1500 por semana. El proceso cuenta con varias etapas, con la finalidad de obtener un producto de calidad para los consumidores.

Las etapas del proceso de faenado son:

- Primera etapa: sacrificio de aves
- Segunda etapa: escaldado
- Tercera etapa: pelado de aves
- Cuarta etapa: eviscerado y lavado

- Quinta etapa: enfriado y empaquetado

Actualmente en la avícola SAN FRANCISCO, el escaldo lo realizan por medio de una olla que contiene agua a una temperatura de $72\text{ }^{\circ}\text{C}$, en la cual se introducen las aves de forma manual con la finalidad de ablandar las plumas y proceder con la etapa de pelado.

El problema de estudio se enfoca en la etapa de escaldado, la cual no cuenta con la seguridad adecuada para los trabajadores al momento de tener contacto directo con la olla, corriendo riesgos de sufrir quemaduras de primer y tercer grado y además, solo se puede introducir dos pollos en la olla del escaldado. en la figura 3, se muestra el escaldado de un pollo.

Figura 1: Olla de escaldado.



Fuente: Autor

2.3. Importancia y alcances

En el siguiente documento se detalla y se describe el diseño de una máquina escaldadora de pollos, que consta de una tina con agua a elevadas temperaturas para lograr el ablandamiento de las plumas del pollo y poder retirar con más facilidad sin causar ningún daño a la piel. De esta forma se busca dar solución al problema propuesto, por lo tanto, se necesita de un estudio y análisis adecuado del funcionamiento tanto de la etapa de escaldado como de todo el proceso. Al implementar este diseño en el faenado; se mejorará los tiempos de producción, organización de etapas, la seguridad de los empleados y una producción más limpia y certificada. Para este proyecto se realizaron varias propuestas de diseños mediante bocetos, hasta llegar al diseño final, siempre acorde a la necesidad del problema.

2.4. Delimitación

Este proyecto de titulación está dirigido para el sector avícola, dentro de la región del austro, debido a un estudio minucioso realizado por encuestas que se encuentra en el anexo 1. De los resultados de la encuesta se identificó que el proyecto representa un porcentaje alto de factibilidad para los dueños de centros de faenados de pollos. La avícola san Francisco, proporcionó los datos y parámetros que son de mucha ayuda para identificar qué proceso es necesario industrializar y cuales serian las ventajas en caso que se pudiera implementar.

2.5. Problema General

- ¿Es posible proponer un diseño de una máquina escaldadora que permita mejorar el proceso de faenamamiento, evitando riesgos laborales por altas temperaturas en la etapa del escaldado?

2.6. Problemas Específicos

- ¿Se podrá plantear las condiciones de funcionamiento de la máquina escaldadora de acuerdo con los parámetros involucrados dentro del proceso de faenamamiento de pollos?
- ¿Es factible presentar la propuesta del diseño mecánico y de control para la máquina escaldadora de pollos?
- ¿Es posible determinar el costo del diseño y construcción de la máquina escaldadora de pollos, para su respectiva implementación dentro de la avícola SAN FRANCISCO?

3. Objetivos

3.1. Objetivo General

- Diseño de una máquina para la etapa de escaldado de pollos en la avícola “SAN FRANCISCO”.

3.2. Objetivos Específicos

- Determinar los parámetros y variables involucrados en la etapa de escaldado.
- Diseñar el sistema mecánico y electrónico para la etapa de escaldado.

- Analizar los costos para una implementación del proyecto.

4. Marco Teórico

La producción avícola en el Ecuador es una de las actividades económicas con mucho movimiento dentro del mercado local, teniendo una gran demanda por parte de los consumidores. Debemos manifestar que la carne de pollo es un producto de consumo masivo que forma parte de la alimentación diaria cuyo contenido es rico en fósforo, proteínas y con menor intensidad en hierro, zinc, vitaminas B6 Y B12, además de contener grasas en forma moderada, constituyendo un alimento deseable para una buena nutrición de la población en general (Ulloa, Arteaga, Avilés, y Moscoso, 2020).

En Ecuador se producen entre 230 y 250 millones de pollos de engorde al año, el consumo se habría triplicado en 20 años. En este proceso de Faenado de pollos, hay aproximadamente 1819 granjas avícolas, una gran parte de la producción del país está en el Guayas (22%), Pichincha un (16%), Santo Domingo de los Tsáchilas un (14%) y un (5%) en el Azuay. (Gutiérrez, 2017) .

4.1. Proceso de faenado

Es el proceso ordenado sanitariamente para el sacrificio de un animal o ave, con el objetivo de obtener su carne en condiciones óptimas para el consumo humano. El faenado se debe llevar a cabo siguiendo las normas técnicas y sanitarias (Monleón, de Aviagen, y Asiática, 2012).

Figura 2: Diagrama de proceso de faenamiento de pollos.

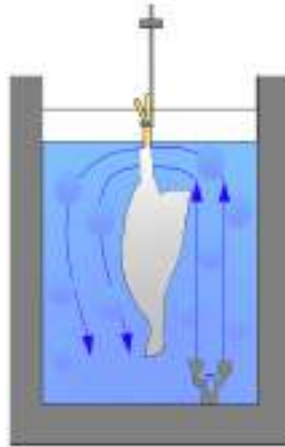


Fuente: Autor

4.2. Etapa de escaldado

El proceso de escaldado consiste en una tina de agua a temperaturas cercanas a las de cocción, esto sirve para ablandar las plumas de sus folículos facilitando el retiro de las plumas. Dentro del proceso del faenamiento de pollos de engorde artesanal utilizan ollas que son calentadas con calentadores a base de gas el cual provoca una contaminación dentro de las instalaciones, también la manipulación continua de introducir y sacar los pollos de la olla durante 30 segundos pone en riesgo la salud humana (Chinchilla Gallardo y cols., 2016).

Figura 3: Escaldado de pollos



Fuente: Autor

Los pequeños avicultores que han dedicado gran parte de su vida a esta labor han manifestado inconformidad con este proceso (Villamil Ávila, 2018).

4.3. Tipos de escaldadores de pollos

Existen dos tipos de métodos para el escaldado de pollos, los cuales son: escaldado manual y escaldado automatizado. A continuación, se describirán cada método de escaldado, su forma de procesar y la eficiencia que presenta dentro del faenado.

4.3.1. Escaldado manual de pollos

El escaldado manual o artesanal se realiza de la siguiente forma: el trabajador o persona encargada del escaldado debe determinar si la temperatura del agua es la deseada para dar inicio al escaldado, si la temperatura es alta se introduce una cierta cantidad de agua fría para que disminuya la temperatura, caso contrario si el agua no alcanza la temperatura idónea se espera que se caliente, la fuente de energía que se utiliza normalmente para el calentamiento de agua es el GLP, al momento que el agua está lista los pollos son sumergidos en el recipiente, un pedazo de madera cumple el rol de agitar el agua para que exista mayor remojo en los pollos, teniendo un mejor ablandamiento de las plumas. El proceso es netamente empírico por ello, se tiene un problema al momento de cambiar el personal, debido que no todos tienen la capacidad para saber si el pollo está listo para ser sacado del recipiente. En la figura 2 se puede apreciar la olla de escaldado artesanal.

Figura 4: Olla de escaldado.



Fuente: Autor

4.3.2. Escaldado automatizados de pollos

Los avances tecnológicos han hecho posible que en el campo avícola se pueda automatizar el proceso de faenado, teniendo un buen rendimiento dentro del mismo. Dentro del escaldado automatizado se encuentran dos tipos: escaldado por inmersión y escaldado a vapor. A continuación se detalla estos procesos.

Escaldado por inmersión

Tiene el mismo principio del proceso de escaldado artesanal, debido a que los pollos deben sumergirse dentro de un recipiente para su ablandamiento de las plumas, a diferencia del artesanal, los pollos son transportados mediante un monorriel como se indica en la figura 3. Este método de escaldado es conocido también como producción en línea por inmersión donde todos sus parámetros son controlados por computadoras que realizan el proceso de carácter óptimo teniendo un mejor resultado en el momento del escaldado.

Figura 5: Escaldado por inmersión.



Fuente: *sitio avicola* (s.f.)

El sistema se compone de 3 partes principales:

- Transporte por monorraíl.
- Tina de escaldado.
- Ganchos de sujeción del animal.

Este proceso automatizado reduce los accidentes de los trabajadores por quemaduras, al sumergir sus manos dentro de la tina de escaldado, a continuación, en la tabla 1 , se detalla las ventajas y desventajas de este proceso.

Tabla 1: Ventajas y desventajas del la escaldadora por inmersión.

Ventajas	Desventajas
reducción de accidentes laborales por quemaduras	costos de implementación elevados.
ahorro de agua y energía	cambios de infraestructura dentro de la planta.
optimización de tiempo en el proceso	.

Fuente: Autores.

Escaldado a vapor

El escaldado a vapor o Hatbox (caja caliente), es un proceso de escaldado innovador, se encuentra en fase de funcionamiento, tiene como origen en Gran Bretaña en una granja avícola ecológica. Consiste en una cámara metálica que produce vapor de agua mediante calderas, en el arranque, el vapor de agua que se inyecta de abajo hacia arriba precalentando el ambiente hasta alcanzar una temperatura determinada. Una vez que las aves son introducidas a la caja, el vapor de agua se aspira y se mezcla con el aire caliente en un proceso cíclico, para después ser soplado en las canales. El chorro de aire-vapor levanta las plumas y ocasiona que el aire cálido y húmedo caliente los folículos. Se puede ajustar la temperatura del proceso de acuerdo con el tipo de cualquier ave que se esté procesando mediante un simple ajuste de la cantidad de vapor que se inyecte a la caja. Como los chorros de aire-vapor son dirigidos a áreas específicas de las canales, cada parte del cuerpo recibe la cantidad exacta de calor que requiere. Esta característica da lugar a un escaldado óptimo, eliminando así los daños a las canales y a la carne de la pechuga, además de mejorar el rendimiento porque se conserva la capa de grasa subcutánea (Nunes, 2016).

Figura 6: Escaldado a vapor



Fuente: *TEKPRO* (2022)

las partes principales que la componen son:

- cámara metálica de vapor.
- monorriel para el transporte.

En la siguiente tabla 2 se fijarán las ventajas y desventajas posibles del escaldador a vapor.

Tabla 2: Ventajas y desventajas del escaldador a vapor.

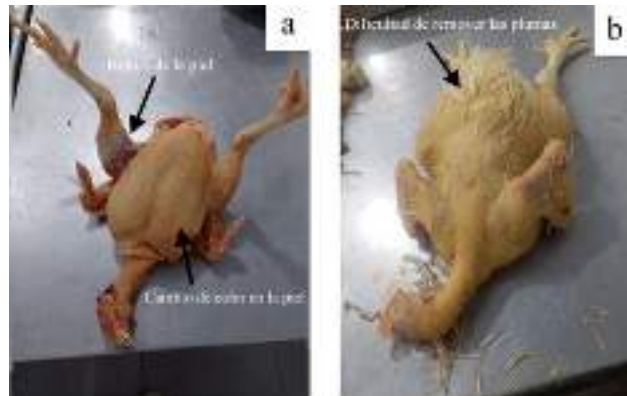
Ventajas	Desventajas
reducción de accidentes laborales por quemaduras	costos de implementación elevados.
ahorro de agua y energía	adquisición de una caldera.
optimización de tiempo en el proceso	
disminución de contaminación	

Fuente: Autor.

4.4. Problemas que causan un mal proceso de escaldado

- Si la temperatura supera los 73 °C, se produce una cocción del pollo en la parte de la epidermis causando roturas de la piel en el momento del desplume, figura (a).
- Cuando la temperatura del agua es muy baja también presenta la decoloración en la piel de los pollos y la dificultad de remover las plumas, figura(b).
- Si el pollo no tiene un tiempo de desangrado apropiado, al introducirse en la tina de escaldado su carne presenta un color rojizo que no es habitual.
- Los pollos mal sacrificados también pueden ser un riesgo debido a que pueden entrar en la tina de escaldado y salpicar el agua provocando quemaduras a los que están a su alrededor.

Figura 7: Mal escaldado: a) sobre-escaldado, b) dificultad de retirar las plumas.



Fuente: Autor

4.5. Parámetros para un buen escaldado

La temperatura de escaldado depende directamente de la velocidad a la cual se esté procesando el pollo. El porcentaje de pluma al final de las desplumadoras, es de 5 a 11%, ya que a temperaturas de escaldado por debajo de 54°C, hace que la apertura de los folículos en las aves sea menor y en consecuencia la pluma sea mas difícil de retirar (Muñoz, Diaz, y Cabrera, 2011). En la tabla 3, se observa los valores obtenidos del tiempo con su respectivo valor temperatura dentro de la etapa de escaldado.

Tabla 3: Tabla de valores tomados en planta

No	Tiempo [s]	cantidad pollos	temp. [°C]
1	117	2	70
2	109	2	70
3	115	2	66,5
4	111	2	69,7
5	56	3	69,7
6	105	3	69,3
7	110	2	70,3
8	118	3	72,5
9	115	3	65,8
10	108	3	70,4
11	114	3	69,8
12	104	3	70,1
13	102	3	67,4
14	110	3	62,8
15	114	3	64,6
16	137	4	64,8
17	207	5	62,5
Valor prom.	118		70

Fuente: Autores.

4.6. Automatización en faenadoras avícolas

La automatización que se ha implementado en el campo de la industria avícola ha aportado de manera muy satisfactoria debido que las tecnologías actuales se puede controlar varios parámetros que produzcan mejoras en el proceso. Muchas compañías a nivel mundial ofrecen los servicios de automatizar las plantas faenadoras avícolas. TECKPRO, es una de las empresas que se encarga de brindar estos servicios con los estándares mas altos de calidad e higiene para el proceso, mediante la oferta de maquinaria hecha a la medida, tecnología aplicada y excelencia en el diseño. Diferentes opciones de aturdidores, escaldadoras, desplumaduras y demás equipos complementarios en esta fase del proceso garantizan el alto rendimiento y la

calidad del producto final. (Paredes Andrango y Rivera Liger, s.f.)

4.6.1. Materiales de uso industrial alimentario

“Todos los materiales en contacto con los alimentos deben ser no tóxicos, mecánicamente estables, no absorbentes, inertes y resistentes a los productos alimentarios y a todos los agentes de limpieza y desinfección, a las diferentes concentraciones y a las diferentes presiones y temperaturas de utilización. Además, las superficies en contacto con los alimentos serán lisas, duras, continuas y carentes de oquedades, fisuras y grietas” (León Castañeda y Villar Sandoval, 2019). Las condiciones para considerar son:

- Norma ISO 22000, que garantiza la inocuidad en los alimentos.
- Resistencia mecánica .
- Dureza.
- Resistencia a la corrosión.
- Conductividad térmica.

El material que cumple con estas características es el acero inoxidable, los cuales se clasifican de la siguiente manera:

Figura 8: Clasificación de los aceros inoxidables.



Fuente: Altamar (s.f.)

También para la construcción hay que analizar las propiedades adicionales que son, la soldabilidad, dilataciones térmicas y, que tengan bajo magnetismo para que no interfiera en las señales eléctricas. En la tabla 4 se muestran las aplicaciones del acero inoxidable.

Tabla 4: Aplicaciones de los aceros inoxidables

Nombre	Den. internacionales		Aplicaciones
	<i>AISI</i>	<i>Nºacero</i>	
Aust.	201	14003	Industria alimentaria, menaje, aplicaciones criogenas e industriales
	403	14301	Industria alimentaria, menaje, aplicaciones criogenas e industriales
	304L	14307	Construcciones soldadas, caldera, tubos de costura
	310	14845	Hornos, aplicaciones a altas temperaturas.
	316	14401	Industrias químicas, ideal para ambientes agresivos
	316L	14404	Construcciones soldadas, caldera, tubos con costura, ideal para ambientes agresivos.
	Ferrita.	430	14016

Fuente: autor

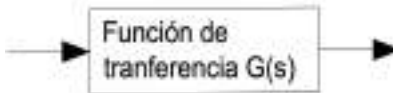
4.7. Principios y criterios de apoyo en solución del problema

4.7.1. Modelado de sistemas de control

El estudio de un comportamiento de un fenómeno físico se puede representar de forma matemática mediante un modelado, donde se puede tener un control de los componentes involucrados. Se utiliza una representación mediante esquemas llamados diagramas de bloques, donde se indica las funciones de cada componente y el flujo de las señales. Las ventajas que tiene representar mediante diagramas de bloques, es tener una facilidad de conectar los bloques de los componentes de acuerdo con el flujo de las señales y la posibilidad de evaluar la contribución de cada componente de acuerdo al rendimiento del sistema en general. La

figura 9 indica un elemento del diagrama de bloques, la punta de flecha indica la entrada y también la salida, por lo que a las flechas se las conoce como señales. (Ogata, 2003)

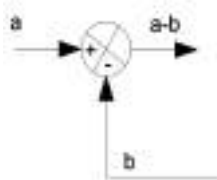
Figura 9: Elementos del diagrama de bloques



Fuente: Ogata (2003)

Se debe señalar que la fuente de energía es implícita en el diagrama de bloques, También existe un elemento llamando punto de suma, es un símbolo con una cruz, el cual indica la operación del diagrama, esto depende si la señal que entra a este símbolo se encuentre sumando o restando. Existe otro que se denomina como punto de ramificación, el cual indica si la señal va de modo concurrente a otro bloque o algún punto de suma.(Ogata, 2003)

Figura 10: Puntos de suma y ramificación

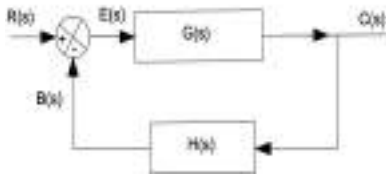


Fuente: Ogata (2003)

Diagramas de bloques de un sistema en lazo cerrado.

Se muestra un ejemplo en la figura 11 de un diagrama de bloques de lazo cerrado. La salida $C(s)$ se realimenta al punto, donde es comparada con la entrada de referencia $R(s)$. La salida del bloque $C(s)$ en este caso, se obtiene multiplicando la función de transferencia $G(s)$ por la entrada del bloque, $E(s)$. Cualquier sistema de control lineal puede representarse mediante un diagrama de bloques formado por un punto de suma, bloques y puntos de ramificación.

Figura 11: Diagrama de bloques de lazo cerrado



Fuente: Ogata (2003)

Función de transferencia de lazo cerrado

En la relación del sistema mostrada en la figura 7; la salida $C(s)$ y la entrada $R(s)$ se relaciona así:

$$C(s) = G(s)E(s)$$

$$E(s) = R(s) - B(s)$$

$$E(s) = R(s) - H(s)C(s)$$

Si se elimina $E(s)$ de estas ecuaciones, se obtiene:

$$C(s) = G(s)[R(s) - H(s)C(s)]$$

o también :

$$\frac{C(s)}{R(s)} = \frac{G(s)}{1 + G(s)H(s)}$$

La función de transferencia de lazo cerrado es aquella función que relaciona $C(s)$ con $R(s)$. Donde relaciona la dinámica del sistema de acuerdo a sus elementos de las trayectorias directas y de realimentación, teniendo en cuenta que siempre dependerá de la naturaleza de la entrada.

4.7.2. Motores eléctricos y variadores de velocidad

Motores eléctricos

Los motores asíncronos son elementos que convierten la energía eléctrica en energía mecánica, su principal funcionamiento es generar un campo magnético giratorio, se obtiene a partir de tres devanados desfasados 120° y acoplados en forma de estrella o en triángulo (Ureña Martín y cols., 2017).

Los motores asíncronos se clasifican de acuerdo a la forma constructiva del elemento

llamado rotor. A continuación se presenta su clasificación:

- *Jaula de ardilla*: El rotor está compuesto por un conjunto de barras conductoras de cobre unidas en sus extremos por anillos.
- *Rotor bobinado o de escobillas*: El rotor está compuesto por un arrollamiento (devanado) introducido en ranuras similares a las del estátor. Los extremos de cada fase se conectan a unos anillos colectores montados sobre el eje aislado eléctricamente de él. Una vez finalizado el periodo de arranque se cortocircuitan los anillos y se levantan las escobillas.

El motor asíncrono suministra cualquier potencia hasta los límites de su capacidad de sobrecarga. (DE SEGUROS, 2002)

Figura 12: Partes principales de un motor



Fuente: Ureña Martín y cols. (2017)

Variadores de velocidad

Es aquel dispositivo encargado de controlar la velocidad de giro de un motor eléctrico, existen varios tipos de variadores de velocidad todo depende en qué campo será implementado este elemento. Encontramos los mecánicos, hidráulicos y los eléctricos-electrónicos.

Dentro de los variadores eléctricos-electrónicos, existen 4 tipos de dispositivos que son:

- Variadores para motores de CC
- Variadores de velocidad por corrientes de Eddy
- Variadores de deslizamiento.
- Variadores para motores de CA o variadores de frecuencia.

Como parte del estudio se profundiza en los variadores para motores de CA o variadores de frecuencia. que es de interés de este proyecto.

Variadores para motores de CA

El variador de frecuencia conocido comúnmente en la industria permite el control de motores de inducción regulando y ajustando la frecuencia de alimentación del motor (Ureña Martín y cols., 2017). Para la consideración de la velocidad tanto en motores eléctricos síncronos y asíncronos se hace uso de las siguientes expresiones mostradas en la tabla 5.

Tabla 5: Diferencias de velocidad entre el motor síncrono y el asíncrono

Velocidad de motor asíncrono	Velocidad de motor síncrono
$N_m = \frac{120f(1-s)}{P}$	$N_s = \frac{120f}{P}$
$N_m = \text{velocidad mecánica}(rpm)$	$N_s = \text{velocidad síncrona}(rpm)$

Fuente: Autor

Donde:

- f=frecuencia
- s longitud de desplazamiento
- P= número de polos

Criterios para la selección de un variador.

Al momento de elegir un dispositivo de regulación de velocidad se debe considerar varios aspectos de acuerdo al campo en el que se va a implementar.

A continuación se presenta una tabla 6 de algunos criterios que se debe tomar en cuenta.

Tabla 6: Condiciones para selección de variador de velocidad

Tipo de motor	Se debe considerar el voltaje , potencia y la corriente del motor explicado en la placa de información del mismo.
Tipo de carga	Depende de comportamiento de la carga en función de la velocidad
Condiciones ambientales	Se debe considerar las condiciones en las que va a trabajar el dispositivo.
tipo de conexión	fijar la conexión ya sea monofásica o trifásica, ya que su instalación es diferente

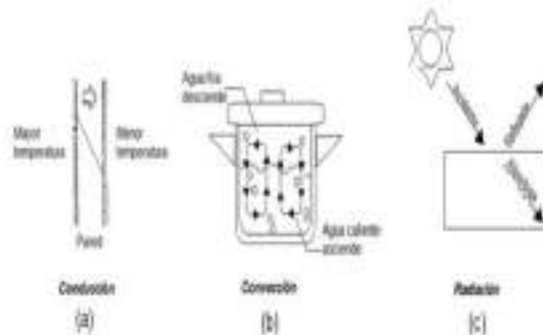
Fuente: Ureña Martín y cols. (2017).

4.7.3. Transferencia de calor en procesos industriales.

Esta relacionado con el intercambio del calor entre los cuerpos, el calor se transfiere desde el punto de mayor temperatura hacia el de menor, hasta alcanzar el equilibrio térmico igualando sus temperaturas. Existen tres tipos de transferencia de calor: conducción, convección y radiación, donde el calor pasa de la fuente al receptor. Dentro de los campos donde se aplican los tratamientos térmicos son combinaciones de las mismas (Kern, 1999).

En la siguiente figura 13 se indica algunos ejemplos de transferencia de calor.

Figura 13: Tipos de transferencia de calor: a) conducción, b) convección, c) radiación.

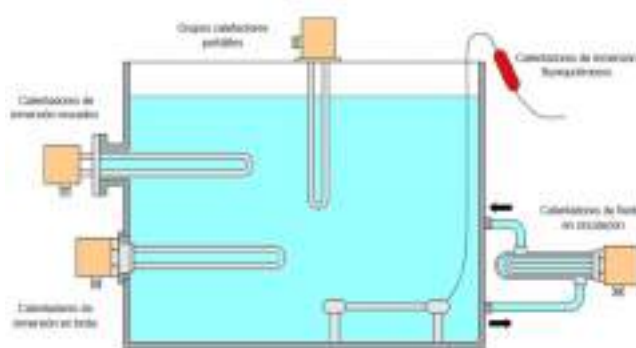


Fuente: Kern (1999)

Uso de calentadores eléctricos en líquidos.

En la industria existen varios métodos de calentamiento de líquidos, se utiliza calentadores a gas metano y también de combustión de combustibles fósiles. Actualmente si bien representa un costo adicional pero los calentadores eléctricos se han ido adentrando en la industria y fijándose como una alternativa para su utilización, estos dispositivos a diferencia de los otros, brindan mas seguridad y, también reducen la contaminación. La facilidad de conexión también hacen que en mantenimiento se reduzca el tiempo y tenga más facilidad en intercambiar algún componente. Existe dos tipos de calentadores: los de contacto directo y los indirectos. Para nuestro caso hablaremos de los calentadores de contacto directo, su funcionamiento es sumergirse dentro del liquido y transferir calor desde su dispositivo hacia el liquido. Según la tienda VULCANIC que reside en España, nos presenta una alta gama de calentadores eléctricos ya sea directos e indirectos. A continuación se muestra la figura 14 que nos indica algunos calentadores.

Figura 14: Tipos de calentadores eléctricos



Fuente: *Vulcanic* (s.f.)

Los calentadores de inmersión roscados son diseñados para calentar fluidos (agua, aceite, combustible pesado, glicol, ácidos, sosa, asfalto, etc.) o gases (aire, nitrógeno, CO₂, etc.) por convección natural o forzada hasta 75 kW, 750 V trifásico, 400°C, 25 bar, su montaje es de forma horizontal. Los calentadores pueden equiparse con dispositivos de control y de seguridad (termostatos, sensor Pt100, termopares, etc.), para la medición de la temperatura en el fluido o de los elementos de calentamiento.

Una unidad de control y alimentación eléctrica con clasificación de protección de IP44 a IP66, en poliamida, aluminio, acero al carbono pintado o acero inoxidable, protege las

conexiones de los elementos calefactores a la fuente de alimentación y de los dispositivos de control y seguridad al armario de alimentación.(*Vulcanic*, s.f.).

5. Marco metodológico

La máquina de escaldado es una propuesta en base a fundamentos mecatrónicos, se en principios y leyes estudiadas dentro de la misma, la utilización de diferentes equipos electrónicos, sensores y actuadores, acompañado con software, haciendo del campo del faenado un área aplicativa de la mecatrónica en la automatización, cuidando y preservando siempre la calidad de su producto.(Solórzano, 2016)

5.1. Determinar los parámetros y variables involucrados en la etapa de escaldado

La determinación de los parámetros y las variables para el diseño de la máquina de escaldado, se inicia desde el conocimiento a detalle del proceso basado en un estudio del previo del arte, para proponer un diseño de una máquina que resuelva los problemas suscitados dentro del proceso. En la actualidad el campo de la avicultura ha tenido necesidad de automatizar la gran mayoría de sus procesos, con la finalidad de mejorar sus productos y ayudar a sus operadores en trabajos que sean de carácter riesgoso.

Figura 15: Dimensión de máquinas existentes en el mercado.



Fuente: *C.G. BAYLE* (s.f.)

- Características.

Estructuralmente la máquina de escaldado consta de tres partes principales: tina de escaldado, sistema de movimiento de la cadena conjuntamente con las horquillas y la estructura de

soporte de la máquina, cada uno de ellos trabaja en forma dependiente. En cambio, la parte de control consta de un sistema que se caracteriza por tener dos partes; software y hardware, quienes son los encargados del funcionamiento de la máquina de escaldado.

La parte principal de la máquina es mantener un control de temperatura en el agua necesario para el escaldado de los pollos.

Se determinaron varios parámetros a considerar mostrados en la siguiente tabla 7.

Tabla 7: Condiciones iniciales del lugar de implementación

DENOMINACIÓN	LARGO	ANCHO	ALTURA
Lugar de implementación	12 m	5 m	4 m
Automatizaciones previas	No presenta ninguna		
Máquina mecánicas	Ningún elemento		
Fuentes de energía	Gas metano y energía eléctrica		
Líneas eléctricas	línea 220 V		
Riesgos	Existen riesgos por quemaduras en la etapa de escaldado		

Fuente: Autor

De acuerdo a los parámetros indicados se busca presentar un diseño resolviendo el problema del proceso del escaldado dentro del faenamiento de aves de engorde.

5.2. Propuesta del diseño mecánico y electrónico para la etapa de escaldado.

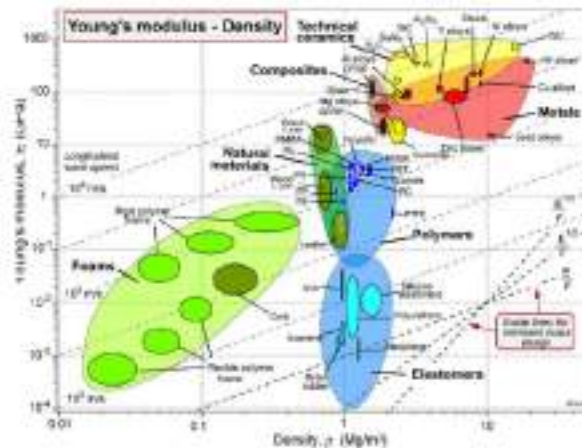
La validación para la parte mecánica de la etapa de escaldado automatizado, será analizada y verificada mediante software, teniendo en cuenta que cumpla con todos los requerimientos para su implementación. Partimos de las condiciones solicitadas por el dueño de la avícola, el cual requiere una capacidad de escaldado de 5 pollos, con la masa de 3 kg cada uno.

Materiales que conformaran la máquina de escaldado

Los materiales que compone la máquina, estará clasificada en dos partes, las que están en contacto directo con el producto y los que no están en contacto, por tal motivo se deberá

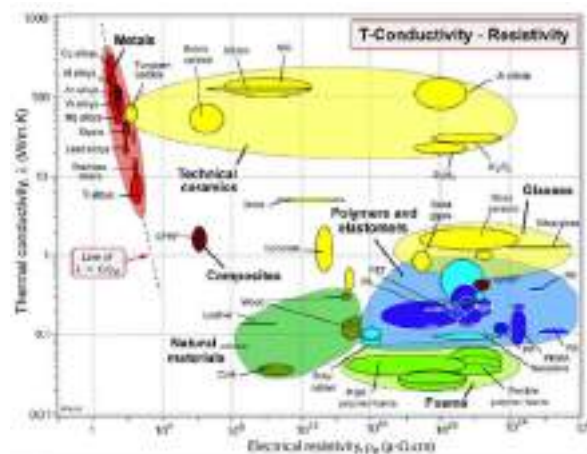
seleccionar los materiales de acuerdo con sus características como es la resistencia mecánica, conductividad térmica, mostradas en la figura 16 y 17.

Figura 16: Diagrama de Young de la resistencia de los materiales.



Fuente: EDUPACK (2009)

Figura 17: Diagrama de Young de la conductividad térmica.



Fuente: EDUPACK (2009)

Para la selección del material adecuado (que cumplan con los estándares de salubridad) se utilizará la norma de implementación de máquinas, que se utilizan dentro de la industria alimentaria. Los elementos que se encuentran en contacto con el producto durante el faenado son:

- Tina de escaldado.

- Ganchos.
- Calentador

De acuerdo con la tabla 4, el acero inoxidable AISI 304, corresponde a la industria alimentaria, cumpliendo con las características requeridas, del cual las propiedades mecánicas se especifican en el anexo 2. Los materiales que no están en contacto directo con el producto no deben presentar daños ante la corrosión por la humedad, dentro del proceso.

Los componentes que no estan en contacto directo son:

- Monorriel.
- Garruchas.
- Cadena .
- Volante de arrastre.
- Volante Guía.
- Elementos de movimiento
- Estructura de soporte de la máquina

También se podría utilizar el material acero inoxidable pero, debido a su alto costo no seria lo más óptimo, por tal motivo otras alternativas son los aceros recubiertos por otros materiales con cobre, zinc, titanio y aluminio. En la tabla 8 se presenta las propiedades de los materiales que se pretende utilizar.

Tabla 8: Aplicaciones de los aceros inoxidable

Material	Propiedades		Aplicaciones
	R. a co- rrosión	R. me- cánica	
Acero recubierto de cobre	media	alta	Abundante en cables de telefonía y tv
Acero recubierto de zinc	alta	alta	Tuberías y cadenas
Acero recubrimien- to de titanio	alta	alta	Brocas y fresas, herramientas
Acero recubrimien- to de aluminio	alta	alta	Abundante en cables para tendido eléctrico

Fuente: Sánchez Tambi (2016)

En la tabla 8 se selecciona el acero revestido con zinc, conocido en el mercado local como el acero galvanizado, este será el material para el monorriel y la cadena de arrastre. Para el volante de arrastre se va a utilizar el acero estructural A36 debido a su alta resistencia mecánica. El volante guía se construirá de aluminio, porque el material es más liviano. Las características mecánicas podemos encontrar en el anexo 3.

5.2.1. Diseño mecánico

La propuesta del diseño debe tener un enfoque de carácter integrador, donde se reflejen varias áreas de la ingeniería en el proceso del diseño de la máquina escaladora de pollos. Otorgar al proyecto una inteligencia incorporada que resulte de una combinación de precisión en ingeniería mecánica eléctrica, electrónica y programación. (Shetty y Kolk, 2010)

Diseño y dimensionamiento de la tina de escaldado

Para el dimensionamiento se ocupa la siguiente nomenclatura mostrada en la figura 18.

H = altura total de la tina

B= base total de la tina

A= ancho de la tina

e = espesor

Lc =longitud corporal del ave

Lf =longitud frontal del ave

Figura 18: Dimensiones de la tina de escaldado.



Fuente: Autor

La tina se calculó de acuerdo con las dimensiones promedio tomadas de una muestra de 20 pollos que se presenta en la tabla 9.

Figura 19: Dimensiones de los pollos



Fuente: Autor

Tabla 9: Tabla de valores tomados en planta

	Longitud corporal	Longitud frontal	Longitud lateral
Muestra superior	55	28	13
Muestra media	48.65	22.35	11.7
muestra inferior	42	18	10

Fuente: Autores.

■ **Altura de la tina.**

Para determinar la altura de la tina se necesita tres valores, como se muestra en la figura 20, tenemos tres zonas: altura de seguridad, tolerancia escaldado y la del calentador.

Donde:

L_p = altura de seguridad

L_c = longitud corporal.

L_{ni} = longitud de calentadores.

Figura 20: Altura de la tina de escaldado .



Fuente: Autor

$$H = L_p + L_c + L_{ni}$$

$$H = 100 + 480 + 100 = 630mm$$

- **Base de la tina.**

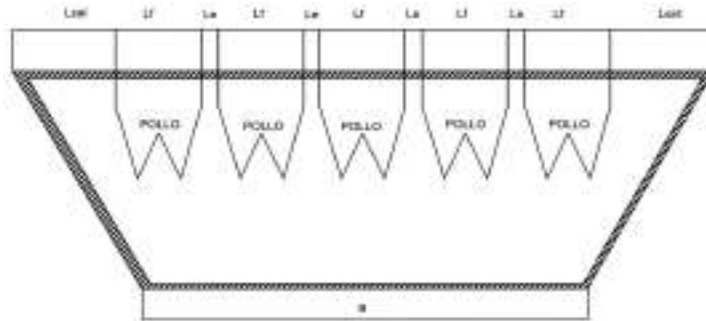
La determinación del largo de la tina se calcula en base a la cantidad de pollos que se escaldan dejando un espacio entre cada pollo.

Donde:

Lf= longitud frontal

Le=longitud espacio

Figura 21: Base de la tina de escaldado.



Fuente: Autor

$$B = (5 \cdot Lf) + (4 \cdot 108)$$

$$B = (5 \cdot 280) + 432 = 1832mm$$

Con la dimensión de la base también podemos calcular la velocidad del monorriel que debe tener para entrar a la tina de escaldado utilizando la ecuación de la velocidad

$$v = \frac{e}{t} \quad (1)$$

Se necesita saber el tiempo que se requiere para el escaldado, para ello recurrimos a la tabla 3, donde se detalla el tiempo promedio medido:

V=velocidad de escaldado

B= base de la tina

t= tiempo de escaldado

$$v = 0,0155 \text{ m/s}$$

- **Ancho de la tina.**

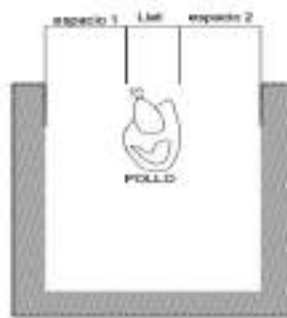
Para el dimensionamiento del ancho de la tina se va a considerar el ancho del ave más una sobre medidas de 100mm.

Espacio1 = espacio donde se instalará el sensor

L_{lat} = longitud lateral del pollo (ancho)

Espacio2 = espacio delantero

Figura 22: Dimensiones de los pollos



Fuente: Autor

$$A = \text{espacio}_1 + L_{lat} + \text{espacio}_2$$

$$A = 120 + 130 + 100$$

$$A = 350\text{mm}$$

- **Espesor de la tina.**

A continuación, se calcula el espesor del material de la tina de escaldado, teniendo en consideración los siguientes parámetros:

H_{agua} = Altura total del agua en la tina

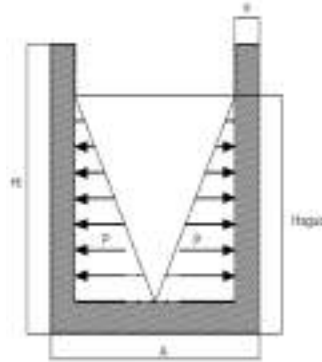
A = Ancho total de la tina

e = Espesor

P= Presión hidrostática

H= Altura de la tina

Figura 23: Esquema de fuerzas de tina de escaldado.



Fuente: Autor

Se determina el volumen total de la tina, con la ecuación 2.

$$V_{Total} = H \cdot A \cdot B \quad (2)$$

$$V_{Total} = 630mm \cdot 1832mm \cdot 350mm = 403956000mm^3 = 0.404m^3$$

$$V_{Lderrame} = L_p \cdot A \cdot B$$

$$V_{Lderrame} = 100mm \cdot 350mm \cdot 1832mm = 64120000mm^3 = 0.064m^3$$

$$V_{calentador} = \pi \cdot r^2 \cdot L_i$$

$$V_{calentador} = 1266768mm^3 = 0.0136m^3 = 1266768mm^3 = 0.0136m^3$$

$$V_{pollos} = 5 \cdot 550mm \cdot 280mm \cdot 130mm = 1001000mm^3 = 0.010m^3$$

Volumen total de la tina

$$V_{tina} = 5 \cdot 550mm \cdot 280mm \cdot 130mm = 1001000mm^3 = 0.010m^3 = 0.316m^3$$

Se determina la fuerza que ejerce el agua dentro de la tina, de acuerdo con la ecuación 3

$$F_{cd} = \varphi \cdot V_{tina} \quad (3)$$

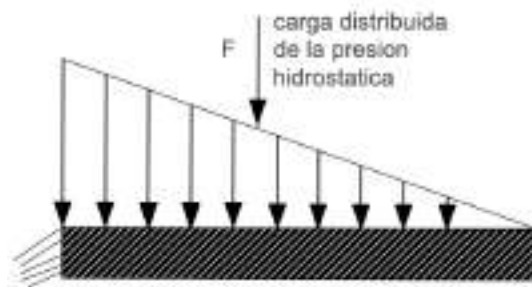
Donde:

φ =Densidad del agua

V_{tina} = Volumen de la tina

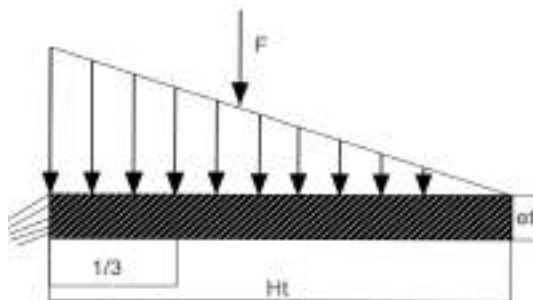
$$F_{cd} = 10000N/m^3 \cdot 0.316m^3 = 3,16kN$$

Figura 24: Carga distribuida en la pared.



Fuente: Autor

Figura 25: Reacciones y fuerzas aplicadas.

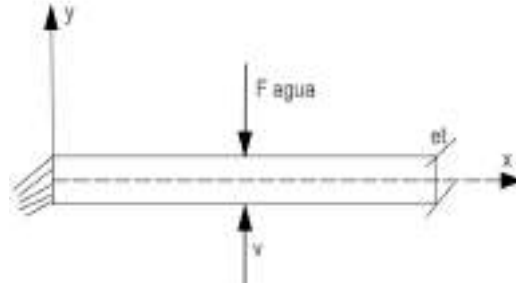


Fuente: Autor

Se determina las reacciones en Po, a partir de un sistema de ecuaciones estáticas, correspondiente a la Suma de fuerzas en el eje x, indicada en la figura 26.

$$\sum F_x = 0 \quad (4)$$

Figura 26: DCL aplicado la fuerza cortante V.



Fuente: Autor

Sumatoria de fuerzas en el eje y

$$V \cdot F_{H2O} = 0$$

Cálculo de la fuerza del agua, donde su carga puntual esta a 1/3 de la altura de la tina, de acuerdo con la ecuación 5 tenemos el valor de la fuerza.

$$F_{H2O} = \frac{1}{3} \cdot \frac{(H \cdot F_{cd})}{2} \quad (5)$$

$$F_{H2O} = \frac{1}{3} \cdot \frac{(0,63 \cdot 3160)}{2} = 331,8N$$

Donde se puede decir que la fuerza cortante V es:

$$V \cdot F_{H2O} = 0$$

$$V = F_{H2O}$$

para el calculo del espesor utilizamos la ecuación 6

$$T = \frac{V \cdot M_O}{I \cdot e_t} \quad (6)$$

Donde:

- T = Esfuerzo cortante máximo.

- $V =$ fuerza cortante
- $M_o =$ Momento con respecto a la línea neutra.
- $A_{H2O} =$ Área donde aplica la fuerza del agua.

$$\frac{e_t}{2} \cdot b_t$$

- $y =$ Distancia del punto de origen hasta la fuerza aplicada

$$y = \frac{e_t}{4}$$

- $I =$ inercia.

Cálculo del momento

$$M_o = A_{H2O} \cdot y \tag{7}$$

$$M_o = \frac{e_t}{2} \cdot B \cdot \frac{e_t}{4} = 229(mm) \cdot e_t^2$$

Cálculo de inercia

$$I = \frac{1}{12} \cdot B \cdot e_t^3$$

$$I = \frac{1}{12} \cdot 1832(mm) \cdot e_t^3 = 152,66(mm) \cdot e_t^3$$

Reemplazo todas las variables calculadas.

$$\tau = \frac{(F_{H2O} \cdot M_o)}{(I \cdot e_t)}$$

$$\tau = \frac{(331,8(N) \cdot 229(mm) \cdot e_t^2)}{(152,66(mm) \cdot e_t^3 \cdot e_t)} = \frac{497,7(N)}{e_t^2}$$

El valor de τ corresponde a la fuerza de resistencia y al factor de seguridad del acero 304, donde el τ del acero es:

$$\tau = \frac{Sy_{acero304}}{F_s}$$

Donde , (los valores se toman del anexo 2, de las características del acero inoxidable):

$$s_{y_{acero304}} = 600 N/mm^2$$

$$F_s = 3$$

Sustituimos en la ecuación τ .

$$\frac{s_{y_{acero304}}}{F_s} = \frac{497,7(N)}{e_t^2}$$

En esta ecuación se despeja la variable e_t , que corresponde al espesor de la tina, teniendo como resultado un espesor igual a:

$$e_t = 1,57(mm)$$

Partiendo del espesor calculado que es 1,57 (mm), se selecciona un material de 2 (mm) de espesor, debido a que es un espesor comercial.

Diseño de sistema de transporte

■ Diseño de la horquilla.

Se toman los datos de acuerdo con la casa fabricante BAYLE, empresa francesa que se dedica a las construcción e implementación de máquinas faenadoras automatizadas. La masa de la horquilla es 0.3 kg

Figura 27: Horquillas para transporte de pollos



Fuente: Autor

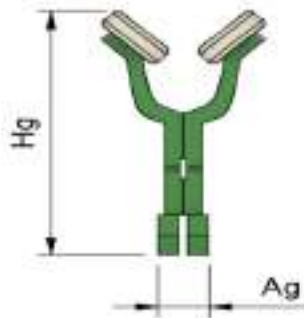
Las partes que componen este dispositivo se indica en la figura 27.

Ruedas de deslizamiento

Platinas del cuerpo de la garrucha con el respectivo agujero para el acople de la cadena.

agujero de sujeción para los pollos.

Figura 28: Diseño de horquilla



Fuente: Autor

Las medidas de la horquilla son las siguientes

Tabla 10: Especificaciones técnicas de la horquilla

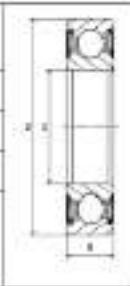
Ancho (Ag)	Alto (Hg)
135	469
124	519
61	271

Fuente: *TEKPRO* (2022)

Las ruedas de deslizamiento llevan dos rodamientos y son seleccionados de acuerdo con las condiciones de trabajo sometidos, debe mantener una buena resistencia a la corrosión, mantener una buena conservación en la limpieza dentro del proceso y, una buena protección ante una polución externa. La casa fabricante NTN recomienda el uso de rodamientos de acero inoxidable con barrera contra la corrosión, es la gama que corresponde al sector de las maquinarias de procesamiento de cárnicos, contiene sellantes y lubricantes de calidad alimentaria. En el anexo 4, se encuentra los detalles del rodamiento S60012RSD136 de la marca NTN. A continuación se detalla las características en la presente figura 29.

Figura 29: Características de un rodamiento

DIMENSIONES (mm)			CARGAS BASES (kN)		PESO (Kg)
d	D	B	Cr	Co	
12	28	8	5,1	2,39	0,02
Velocidad rpm			18000		



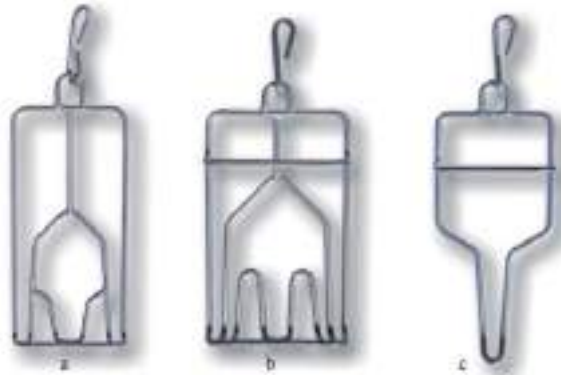
Fuente: Autor

Para sujetar las horquillas y hacer un tren con las mismas, se utilizara cadena galvanizada de 3/16 con una masa de 1 kg por metros. La cadena sirve como unión para cada horquilla que estará moviéndose, sera necesario instalar cada horquilla dejado un espacio para que el gancho donde se sujetará el pollo no choque con el que esta a lado.

■ **Gancho de sujeción de pollos.**

La selección del tipo de gancho se realiza de acuerdo con su funcionalidad, ya que en el mercado existe varios tipos de ganchos dependiendo de la etapa del faenado, a continuación, se ilustra algunos tipos de ganchos:

Figura 30: Tipos de gancho: a) Sacrificio, b) evisceración, c) Despese

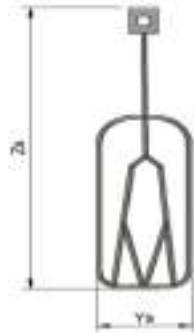


Fuente: C.G. BAYLE (s.f.)

Los ganchos de sacrificio que utilizaremos son los mostrados en la figura 31 a, de acuerdo con la descripción de la casa comercial BAYLE, indica que este gancho cumple con el diseño

para el transporte de los pollos dentro del proceso de faenado, con el material adecuado garantizando las mejores condiciones sanitarias. La masa de gancho es 0.6 kg

Figura 31: Dimensionamiento de gancho



Fuente: Autor

■ Diseño del monorriel.

El monorriel es el eje o guía por donde se va a transportar los pollos, la capacidad de transporte es de 40 pollos, la pista de escaldado es de 5 pollos como máximo, la capacidad de soporte de fuerza debe ser la adecuada. Se analiza las masas involucradas dentro del sistema:

Masa total ganchos = 23 kg

Masa total horquillas = 12 kg

Masa de los pollos húmedos = 120 kg

Masa de la cadena = 14,5 kg

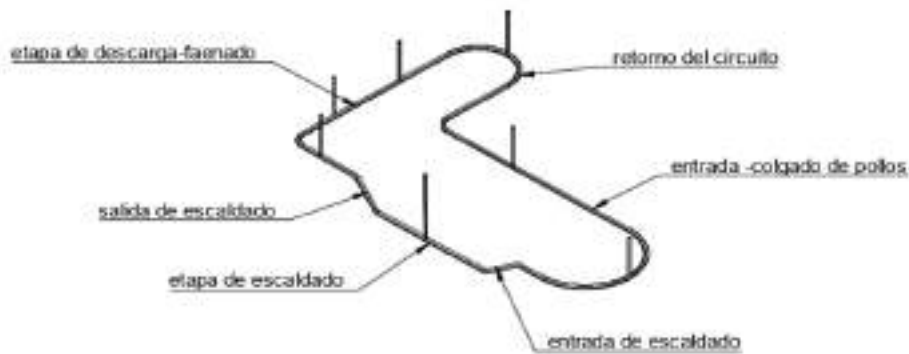
La masa total es la suma de las masas que están involucradas dentro del proceso igual a 193,4 kg. Se debe tener un rango de tolerancia exagerado ya que se puede ocasionar algún problema, en caso que una persona se sujete del monorriel. Se va a agregar una masa adicional de 90 kg peso promedio de una persona. Con esto se calcula el peso total que soporta el monorriel.

Para cálculos posteriores de resistencias del material se obtiene el peso distribuido donde se divide el peso total respecto al número de elementos.

$$P_{dis} = \frac{3319,71}{40} = 82,89(N)$$

La trayectoria que tiene el monorriel inicia con la entrada de los pollos (colgado), continua en sentido horario hacia el escaldado, luego llega a la zona de descarga (faenado), siendo esta la última etapa que los compone a la máquina, termina con una sección de retorno. En la siguiente figura 32 se indica todo el circuito que cumple el proceso.

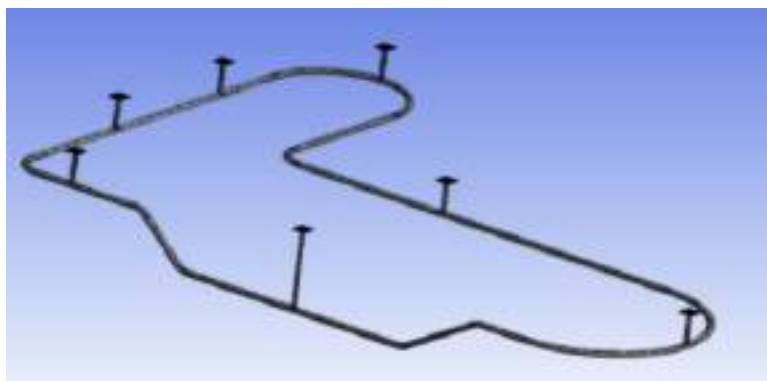
Figura 32: Circuito que cumple el monorriel



Fuente: Autor

El monorriel para el transporte de pollos consta de dos inclinaciones, para la entrada y salida de la tina de escaldado, la trayectoria de la etapa de escaldado se basa con las dimensiones de la tina, garantizando que todos los pollos se puedan sumergir dentro del recipiente. Para el análisis estructural del monorriel se utilizó el software ANSYS, para determinar la deformación total, y factor de seguridad por medio del teorema de Von Mises

Figura 33: Enmallado del monorriel

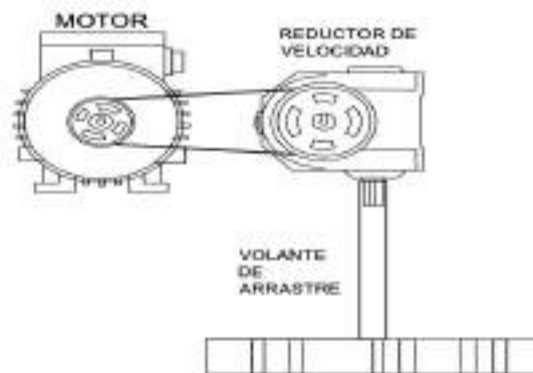


Fuente: Autor

Diseño del sistema de movimiento para las horquillas

Consta de tres partes principales: potencia del motor, caja reductora de velocidad y el volante de arrastre, en la figura 34, se indica de forma esquemática el funcionamiento.

Figura 34: Esquema del sistema de movimiento



Fuente: Autor

Para determinar la potencia del motor, se inicia calculando el volante de arrastre del cual se calcula la velocidad necesaria para el funcionamiento del sistema, para poder determinar la potencia de motor necesaria para dicho fin.

- **Diseño de volante de arrastre.**

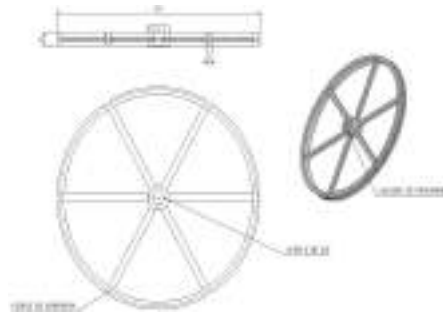
El diámetro del volante está directamente relacionado a la trayectoria del monorraíl, debido a que es la encargada de empujar las horquillas que se encuentran suspendidas en la monorraíl. La selección del volante de arrastre está de acuerdo al diseño de montura con membrana, ya que este permite reducir la inercia del volante. En la figura 35 se indica las características que tiene:

Acople para la garrucha

Acople de eje de transmisión

Diámetro de volante 1,5 m (considerado que quede ajustado a la vuelta del monorraíl)

Figura 35: Volante de arrastre



Fuente: Autor

- **Volante de apoyo.**

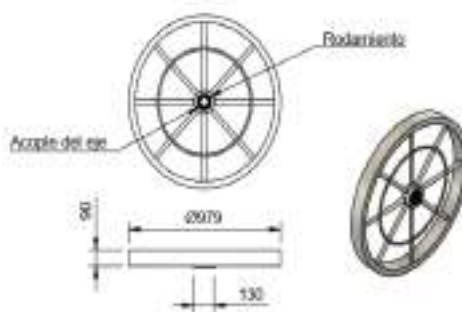
Tiene el mismo diseño que el volante de arrastre, solamente varia en el material de construcción debido a que el trabajo del volante de apoyo es solo tensar la cadena. En la figura 36 se indica las características que tiene el volante:

Estructura solida de aluminio

Acople para el eje

Agujero para el rodamiento

Figura 36: Volante de apoyo



Fuente: Autor

- **Selección de la caja de velocidad.**

Se seleccionó un reductor tipo tornillo sin fin de engranaje helicoidal, ya que se necesita tener una velocidad baja, sin perder el torque, la relación de transmisión será de 40:1.

▪ **Selección de poleas.**

Para el diseño y selección de las poleas se analiza a partir de la velocidad que tenemos a la entrada de la caja reductora, ahora se impone un diámetro de una polea que exista en el mercado, para posterior obtener el diámetro de la otra polea. Se realiza el calculo de acuerdo al criterio de diseño.

$$i = \frac{r}{R} \quad (8)$$

Donde:

i = relación= 0.67

r= diámetro menor

R = radio mayor impuesto (0.075 m)

$$0.67 = \frac{r}{0.075}$$

se calcula r que corresponde a la polea menor

$$r = 0.67 \cdot 0.075 = 0.05m$$

▪ **Selección del motor.**

Para determinar la potencia necesaria del motor para vencer la inercia en la maquina, se analizan las inercias involucradas las cuales son: inercia en las garruchas, inercia de los pollos, inercia volante de arrastre, inercia del volante guía. Para el análisis del sistema se procede ha hacer la suma de torques:

$$\sum T = \sum I \cdot a \quad (9)$$

Donde:

T = Torque

I = Inercia total de la máquina

a = aceleración angular

La inercia total es la sumatoria de cada elemento involucrado dentro del sistema representado por la siguiente ecuación.

$$\sum I = I_{garruchas} + I_{volanteguía} + I_{volantearrastre} + I_{pollos}$$

Inercia del volante de arrastre

$$I_{volantedearrastre} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot (r_1^2 + r_2^2)$$

$$I_{volantedearrastre} = \frac{1}{2} \cdot 61,86 \cdot (0,7235^2 + 0,7235^2) = 32,24kg \cdot m^2$$

Inercia del volante guía

$$I_{volguía} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot (r_1^2 + r_2^2)$$

$$I_{volguía} = \frac{1}{2} \cdot 19,3 \cdot (0,4895^2 + 0,4895^2) = 4,59kg \cdot m^2$$

Inercia de las horquillas

$$I_{horquillas} = m \cdot r^2$$

teorema de Steiner

$$I_r = K \cdot m \cdot r^2 + m \cdot a^2$$

Donde:

$$r = 0.03m$$

$$m = 0.14 \text{ kg}$$

$$a = \text{Distancia del centro de inercia al punto de origen} = 3193.7$$

$$I_{horquillas} = 40 \cdot 0.6 \cdot 0.14 \cdot 0.03^2 + 40 \cdot 0.14 \cdot 5.6^2$$

$$I_{horquillas} = 17885.01kg \cdot m^2$$

Inercia de los pollos

$$I_{pollos} = \frac{m_p}{12} \cdot (l_f^2 + l_c^2) + m_p \cdot (a_1^2 + a_2^2 + a_3^2 \dots a_{40}^2)$$

Donde:

$$a_n = 3193.7$$

$$L_f = 0.26 \text{ m longitud frontal}$$

$$L_c = 0.55 \text{ m longitud corporal}$$

$$I_{pollos} = 40 \frac{m_p}{12} \cdot (L_f^2 + L_c^2) + m_p \cdot 3193.7$$

$$I_{pollos} = 447122.01 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

La suma de los momentos de inercia es:

$$\sum I = 4.59 + 32.24 + 447122.01 + 17885.01 = 465044.15 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

A continuación se calcula la aceleración angular del volante de arrastre partiendo desde el espacio recorrido que corresponde a una vuelta.

$$S = \emptyset \cdot r$$

Donde:

$$S = \text{longitud de arco}$$

$$\emptyset = 2\pi$$

$$r = \text{radio del volante}$$

$$S = 2\pi \cdot 0.030 = 4.71 \text{ m}$$

Numero de revoluciones

$$\frac{1.8 \text{ m}}{4.71} = 0.382 \text{ rpm}$$

velocidad angular es igual a:

$$w = \frac{0.382}{90s} = 0.027 \frac{rad}{s}$$

La aceleración angular de nuestro sistema es igual

$$a = \frac{0.027}{90} = 0.0003 \frac{rad}{s^2}$$

Torque

$$T = 139.5Nm$$

La selección del motor se basa en la potencia requerida para el correcto funcionamiento del sistema, la potencia obtenemos a partir de la siguiente formula.

$$P = \frac{T \cdot w_{motor}}{9.550}$$

$$P = \frac{139.5 \cdot 95}{9.550}$$

$$P = 1.86HP$$

Con el valor calculado de la potencia se puede elegir un motor asíncrono de inducción que rodee entre los 2 y 3 HP.

- **Diseño de estructura del soporte del monorriel.**

La estructura se diseña para suspender el monorriel, como carga considerada máxima a soportar es de 4600N distribuidos por toda la máquina, se utiliza perfiles de 0.1x0.1m, en la figura 37, se muestra la estructura rígida diseñada.

Figura 37: Estructura rígida de la máquina



Fuente: Autor

5.2.2. Selección de actuadores y sensores

Determinación de actuadores

■ Controlador lógico programable

El controlador lógico programable o más conocido por sus siglas PLC. Es la parte central de nuestra automatización, se selecciona este dispositivo de acuerdo a las entradas y salidas que se necesite en nuestra máquina. A continuación se presenta una tabla de sus especificaciones y una figura indicando el dispositivo.

Tabla 11: Especificaciones técnicas

Denominación	
Marca	ILOGO C
potencia	3 HP
Voltaje de alimentación	12/24 VD
Voltaje de salida	220/440
Corriente permanente	max 10 x rele
Corriente permanente	max 30
Entradas analógicas	4
Entradas digitales	8
salidas Digitales	4
Temperatura ambiente	0 a 55 °C

Fuente: *SIMATIC Controllers* (s.f.)

Figura 38: PLC LOGO



Fuente: *SIMATIC Controllers* (s.f.)

- **Calentador de agua**

Para la selección del calentador de agua se eligió un dispositivo eléctrico. En comparación con otras fuentes resulta ser costosa, pero este tipo de calentadores ofrecen ventajas considerables; cero emisiones de dióxido de carbono hace de este dispositivo sea amigable con el ambiente, también los calentadores eléctricos presentan una seguridad alta en caso de fallas por su funcionamiento, su montaje es muy sencillo. El modelo a utilizar es la resistencia blindada por un tubo de cobre niquelado o acero inoxidable, con tapón roscado, de acoplamiento en forma de U. La información fue brindada por la casa comercial ELECTROTERMICAS. Las dimensiones del calentador podemos encontrar en el anexo 10, donde se especifica la longitud largo y ancho del dispositivo.

Figura 39: Calentador resistivo de inmersión



Fuente: *Vulcanic* (s.f.)

- **Motor asíncrono**

Con él calculo de la potencia del motor requerida por parte de la máquina, se ha seleccionado el motor de marca WEG, a continuación se presenta en la tabla 12 las características principales del dispositivo.

Tabla 12: Valores del motor

Denominación	
Marca	WEG
potencia	3 HP
Voltaje de alimentación	220/440
Voltaje de salida	220/440
Corriente nominal	8.76-7.92
Frecuencia	60
Polos	4
Grado de protección	IP66

Fuente: *Weg.net* (s.f.)

Figura 40: Motor asíncrono WEG



Fuente: *Weg.net* (s.f.)

■ Variador de frecuencia

De acuerdo a la potencia del motor se seleccionó un variador de velocidad, en este caso se elige una entrada bifásica y salida trifásica. Dependiendo de los criterios de diseño sé sobre

dimensiona en un 25 % al 50 % con relación a la corriente nominal del motor. A continuación en la siguiente tabla 13 se muestra las características.

Tabla 13: Especificaciones técnicas del variador de velocidad

Denominación	
Marca	CHNT
potencia	3 HP
Voltaje de alimentación	120/220
Voltaje de salida	220/440
Caballaje	2.2 kW
Corriente nominal	2.5
Frecuencia	60
fases	3

Fuente: *Electrocontrol* (s.f.)

Figura 41: Variador CHINT



Fuente: *Electrocontrol* (s.f.)

■ **Bomba de agua**

Para el movimiento del agua se seleccionó una bomba tipo JET de un 1/2 HP de potencia con protección IP55. En la siguiente tabla 14 muestra las condiciones específicas de la bomba.

Tabla 14: Valores de la bomba de agua

Denominación	
Marca	LEO
potencia	1 HP
Voltaje de alimentación	120/220
Corriente nominal	10.4
Frecuencia	60

Fuente: *Pump-leo.com* (s.f.)

Figura 42: Bomba centrífuga



Fuente: *Pump-leo.com* (s.f.)

Determinación de sensores

■ Sensor de temperatura

Se seleccionó un sensor termocupla tipo K, presenta protección IP66, su medición es generado mediante un rango de milivoltios. Para el análisis del sensor de temperatura, se tomo un trabajo previo realizado donde se relaciona los grados Celsius para los milivoltios de la señal que genera la termocupla es decir, se divide los grados Celsius para los milivoltios, mostrado en la tercera columna de la tabla 15. Se calcula la media aritmética (M) con su respectiva desviación ΔM (Atariguana Guartatanga y Mosquera Castro, 2002).

Tabla 15: Valores medidos del sensor de temperatura

$^{\circ}C$	mV	$^{\circ}C/mV$
10	0.4	25
20	0.8	25
30	1.2	25
40	1.61	24.84
50	2.02	24.75
60	2.43	24.69
70	2.85	24.56
80	3.26	24,53
90	3.68	24.45
100	4.1	24.39
110	4.51	24.39
M		24.69
ΔM		$2.42E^{-5}$

Fuente: Atariguana Guartatanga y Mosquera Castro (2002).

Se realizó la sumatoria del valor de la media aritmética con su respectiva desviación, el cual servirá para plantear su función de transferencia.

$$M \cdot \Delta M = 24,69$$

En la siguiente figura 43 se muestra el sensor seleccionado para el diseño.

Figura 43: Sensor de temperatura

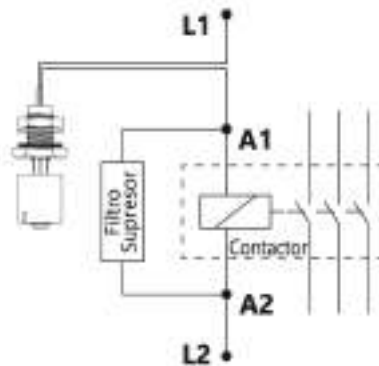


Fuente: termocupla tipo k-3M. (2022)

- **Sensor de nivel**

El sensor de nivel prueba el nivel del agua al inicio del llenado de la tina de escaldado y arranque de la máquina. Para nuestro proyecto se selecciona un sensor de carácter electro-mecánico, conectado en paralelo con otro sensor mecánico. Consta con una protección alta, es resistente a la humedad y sus elementos son de materiales anticorrosivos. En la siguiente figura 44 presentamos los sensores

Figura 44: Sensor de nivel



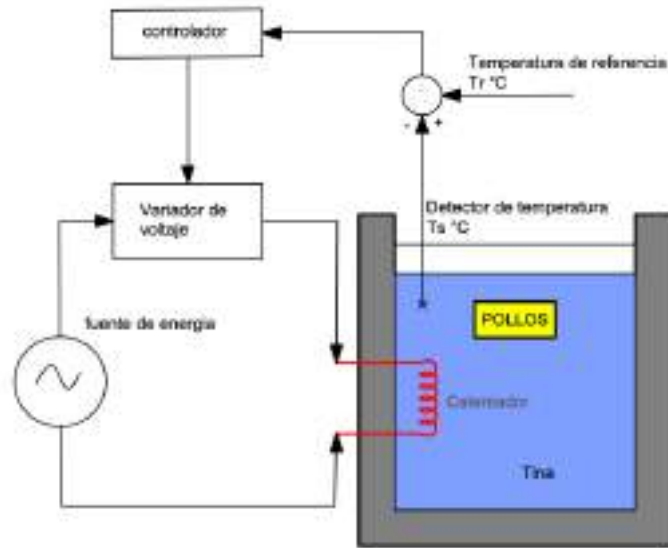
Fuente: pico technology. (2022)

Se realizó la conexión de dos sensores en paralelos porqué cada uno cumple con una función diferente, el sensor electromecánico nos indicara cuando se llene el tanque y dará paso para que la máquina arranque, mientras que el otro sensor solamente mantendrá el nivel del agua en todo el proceso.

5.2.3. Modelo matemático del sistema de control de la tina de escaldado

En la figura 45 se muestra la configuración del control de temperatura del sistema físico de la tina de escaldado. La resistencia térmica calienta el agua de la tina por convección. El detector de temperatura mide la temperatura T_s y envía la señal para ser comparada con la temperatura de referencia T_r . La señal del controlador genera una señal eléctrica, la misma que regula el paso del voltaje hacia el calentador o la resistencia térmica (Atariguana Guartatanga y Mosquera Castro, 2002).

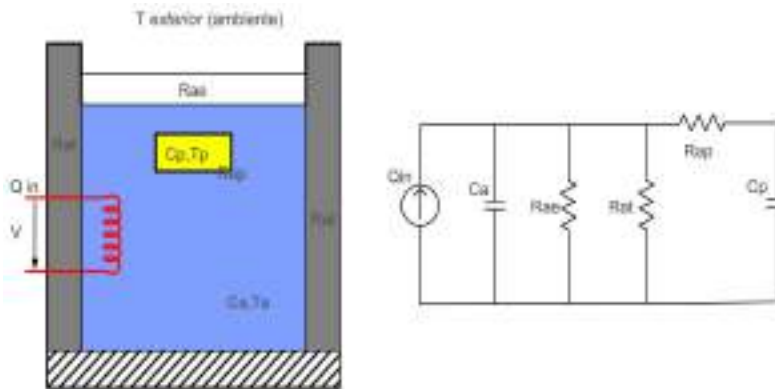
Figura 45: Sistema de control de temperatura



Fuente: Autor

La temperatura ideal para el escaldado de los pollos es de 72 grados °C, de tal manera que se requiere mantener el agua a la misma temperatura en todo el proceso. EL modelado matemático se fundamenta en base a la analogía eléctrica- térmica, obteniendo un circuito que represente el sistema, para después obtener su respectiva función de transferencia. En la figura 46 se muestra la determinación del circuito eléctrico con la tina de escaldado y el elemento de calentamiento.

Figura 46: Configuración del circuito eléctrico



Fuente: Autor

Donde:

Q_{in} : Flujo de calor entregado por la resistencia térmica.

Ca: Capacidad calorífica del agua.

Cp: Capacidad calorífica de los pollos.

Rae: Resistencia térmica del ambiente respecto al agua.

Rat : Resistencia térmica de la tina respecto al agua.

Rap: Resistencia de pérdidas de los pollos.

Obtención de valores de las variables involucradas en el sistema

- Capacidad calorífica de agua

El agua se carga de calor entregada por la fuente de energía produciendo en sí un aumento de temperatura para posteriormente ser liberado.

$$Ca = m \cdot c_p$$

m= masa del agua

Cp= Capacidad calorífica del agua.

$$Ca = 363,89kg \cdot 1 \frac{kcal}{kg^{\circ}C} = 363,89 \frac{kcal}{^{\circ}C}$$

- Capacidad calorífica de los pollos.

El pollo almacena energía calorífica que proviene directamente del agua aumentando la temperatura del mismo.

$$Cp = m \cdot c_p$$

m= masa del pollo 3,5 kg

Cp = Capacidad calorífica del pollo igual a 0,77 kcal/Ckg

$$C_p = 3,5 \text{ kg} \cdot 0,77 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}^\circ\text{C}} = 2,31 \frac{\text{kcal}}{^\circ\text{C}}$$

- Resistencia térmica del ambiente respecto al agua.

Es aquella resistencia que se opone al flujo de calor entre el agua y el ambiente o exterior.

Para la obtención de esta variable se analiza mediante convección natural.

$$h_{conv} = \frac{k \cdot Nu}{Lu}$$

Donde:

h_{conv} = coeficiente de calor

K = conductividad térmica

Nu = numero Nussel

Lc = altura de la tina de escaldado

$$h_{conv} = \frac{0,02378 \cdot 25,39}{0,63} = 1,1 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}}$$

$$R_{ae} = \frac{1}{h_{conv} \cdot A} = \frac{1}{1,1 \cdot 4,055} = 0,22 \frac{\text{K}}{\text{W}}$$

- Resistencia térmica de la tina respecto al agua.

Son aquellas perdidas de calor en las paredes de la tina debido a la transferencia de calor que ocurre desde el interior de la tina hacia el ambiente.

$$R_{at} = \frac{1}{\sum R_{T\acute{e}rnicas}}$$

$$R_{at} = \frac{1}{h_{agua} \cdot A} + \frac{1}{h_{tina} \cdot A} + \frac{1}{h_{amb} \cdot A}$$

$$R_{at} = \frac{1}{0,5 \cdot 0,056} + \frac{1}{14,02 \cdot 4,055} + \frac{1}{0,0203 \cdot 0,056} = 718,89 \frac{\text{K}}{\text{W}}$$

- Resistencia de perdidas de los pollos.

El pollo presenta una resistencia al flujo de calor emitida por el agua

m_p = masa del pollo

C_p = calor específico del pollo

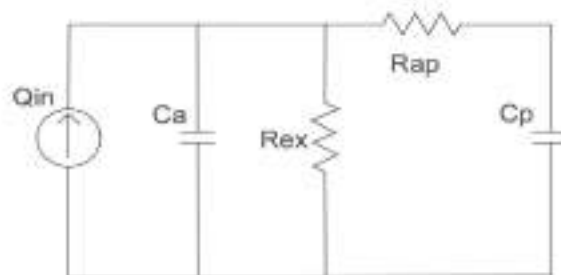
T_f = temperatura final del pollo

T_i = temperatura inicial del pollo

$$k_{pollos} = Q \frac{L}{A(T_f - T_i)}$$
$$R_{ap} = \frac{1}{K_{pollos}} = 3.5 \frac{0.13}{0.154(72 - 15)} = 19.29 \frac{K}{W}$$

En la siguiente figura 47 se presenta el modelo del circuito eléctrico simplificado para su resolución, se crea una resistencia equivalente llamada resistencia del exterior (R_{ex}) la cual representa a la suma en paralelo de las dos resistencias de pérdidas que son: (R_{ae}), resistencia térmica del ambiente respecto al agua, y (R_{at}) es la resistencia térmica de la tina respecto al agua. Se resuelve aplicando la ley de Kirchhoff, partimos del análisis de nodos en el circuito.

Figura 47: Diagrama del circuito eléctrico del sistema



Fuente: Autor

Planteamiento del nodo 1

$$I_{in} = I_2 + I_3 + I_4$$
$$Q_{in} = C_a \cdot \frac{dV_1}{dt} + \frac{V_1}{R_{ex}} + \frac{V_2 - V_1}{R_{ap}}$$
$$Q_{in} = C_a \cdot \frac{dV_1}{dt} + \frac{V_1}{R_{ex}} + \frac{V_2}{R_{ap}} - \frac{V_2}{R_{ap}}$$

$$C_T \cdot \frac{dV_1}{dt} + V_1 \cdot \left(\frac{1}{R_{ex}} - \frac{1}{R_{ap}} \right) + \frac{V_2}{R_{ap}} = Q_{in}$$

Planteamiento del nodo 2

$$\frac{V_2 - V_1}{R_{ap}} + 5 \cdot C_p \cdot \frac{dV_2}{dt} = 0$$

Se despeja y posterior se sustituye la variable de V_1 , quedando solamente una ecuación en función de V_2 . Para posterior obtener la ecuación de estado referente al sistema.

$$5 \cdot C_p \cdot C_a \cdot R_{ap} \frac{d^2V_2}{dt^2} + \frac{dV_2}{dt} \cdot (5 \cdot C_p \cdot C_a \cdot R_{ap} \cdot \left(\frac{1}{R_{ex}} - \frac{1}{R_{ap}} \right)) + \frac{V_2}{R_{ex}} = Q_{in}$$

Ecuación de Estado

$$5 \cdot C_p \cdot C_a \cdot R_{ap} \frac{d^2V_2(t)}{dt^2} + \frac{dV_2(t)}{dt} \cdot (5 \cdot C_p \cdot C_a \cdot R_{ap} \cdot \left(\frac{1}{R_{ex}} - \frac{1}{R_{ap}} \right)) + \frac{V_2(t)}{R_{ex}} = Q_{in}$$

Se aplica la transformada de laplace, y reemplazamos todos los valores de las variables calculadas.

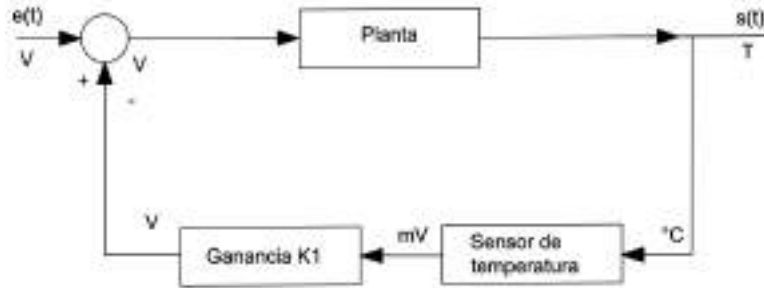
$$C(s) = \frac{V_2(s)}{I(s)} = \frac{1}{(5C_p C_a R_{ap})s^2 + (5C_p C_a R_{ap} \left(\frac{1}{R_{ex}} - \frac{1}{R_{ap}} \right))s + \frac{1}{R_{ex}}}$$

Reemplazando valores de C_a , C_p , R_{ex} , R_{ap} se tiene:

$$C(s) = \frac{V_2(s)}{I(s)} = \frac{1}{707773.33s^2 + 151454.28s + 4.54}$$

En la figura 48 se muestra el diagrama de bloques del sistema de lazo cerrado del control de temperatura del la máquina escaldadora de pollos.

Figura 48: Diagrama de bloques del sistema



Fuente: Autor

A cada bloque corresponde una función de transferencia, las cuales se explica a continuación:

- *Función de transferencia de la planta:* Es la función que se obtuvo en el modelado del circuito eléctrico, es decir corresponde a al comportamiento de la tina de calentamiento para el escaldado de los pollos.

$$C(s) = \frac{V_2(s)}{I(s)} = \frac{1}{707773.33s^2 + 151454.28s + 4.54}$$

- *Función de transferencia del sensor de temperatura:* Es aquella que representa el comportamiento del sensor de temperatura, para la obtención de la función de transferencia del sensor es calculada por la media aritmética y su desviación calculado anteriormente en la sección 5.2.2.

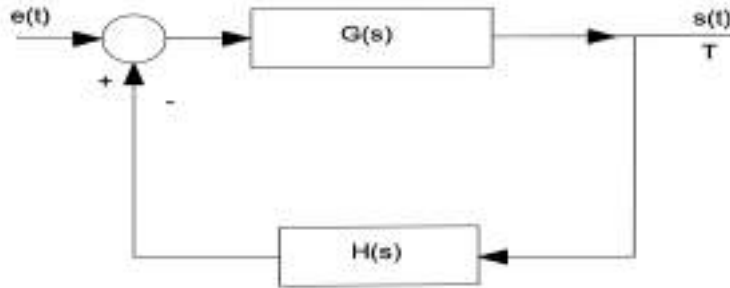
$$T(s) = \frac{1}{24.48}$$

- *Ganancia k1:* Corresponde a la función de la ganancia para realizar la transformación de la señal recibida en milivoltios a voltios.

$$k1 = 1000$$

Para el análisis de control se deberá expresar el sistema de forma simplificada. Para poder analizar un controlador primero se obtiene el diagrama de bloque simplificado del sistema de control, en la figura 49 se indica.

Figura 49: Diagrama de bloques



Fuente: Autor

Se obtiene la función de transferencia de lazo cerrado del sistema,

$$M(s) = \frac{G(s)}{1 + G(s)H(s)}$$

Donde:

$$G(s) = \frac{1}{707773.33s^2 + 151454.28s + 4.54}$$

$$H(s) = 40.85$$

$$G(s) = \frac{1}{7.078 \cdot 10^5 s^2 + 1.364 \cdot 10^4 s + 45.39}$$

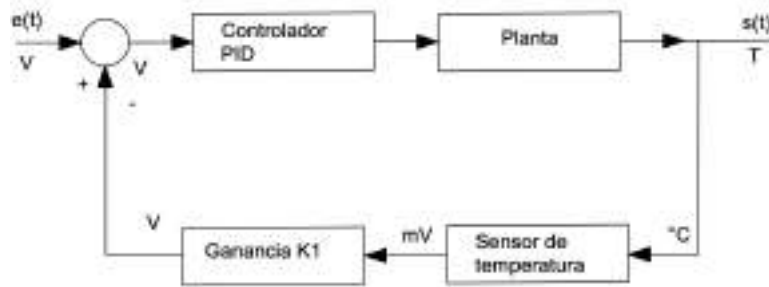
Diseño del controlador PID usando la herramienta SISOTOOL

Según el libro de Ogata, respecto a la acción de control proporcional integral derivativa, nos indica que, la combinación de las tres acciones se las conoce como controlador PID. Permitiendo tener un controlador muy efectivo, la función de transferencia es la siguiente.

$$\frac{U(s)}{E(s)} = k_p \left(1 + \frac{1}{T_i s} + T_d s \right) \quad (10)$$

Donde k_p es la ganancia proporcional, T_i es el tiempo integral, T_d es el tiempo derivativo. En nuestro caso necesitamos encontrar los valores respectivos a la función de transferencia de la planta, nos ayudamos con la herramienta de matlab autotunig la cual se puede calcular los valores de las variables. A continuación en la siguiente figura 51 se muestra el diagrama de bloques implementado el controlador.

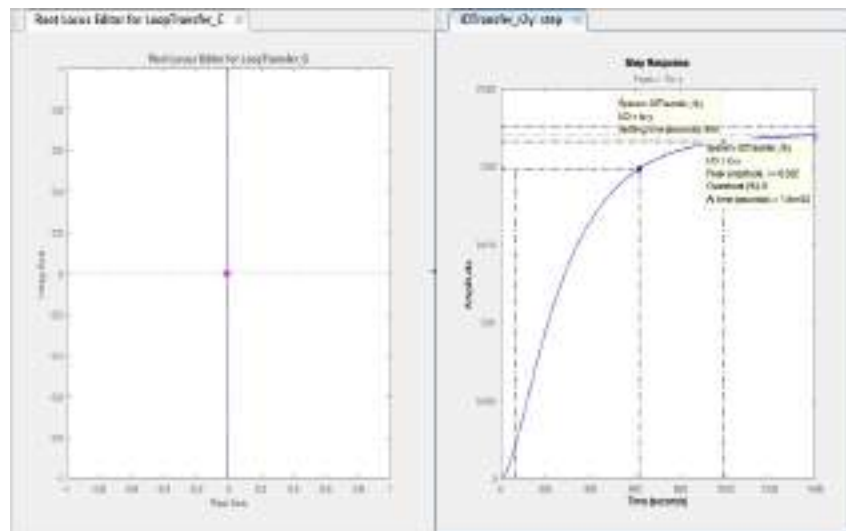
Figura 50: Diagrama de bloque con el controlador



Fuente: Autor

Con la herramienta sisotool nos brinda varias opciones para añadir polos y cero a un controlador PID. En la siguiente figura 51 se puede visualizar el lugar geométrico de las raíces, y la respuesta al impulso de la planta sin controlar.

Figura 51: Lugar geométrico de las raíces



Fuente: Autor

se aplicó un autotuning para aproximar las variable del PID. Donde los valores de las constantes son:

$$k_p = 86.63$$

$$k_i = 0.13$$

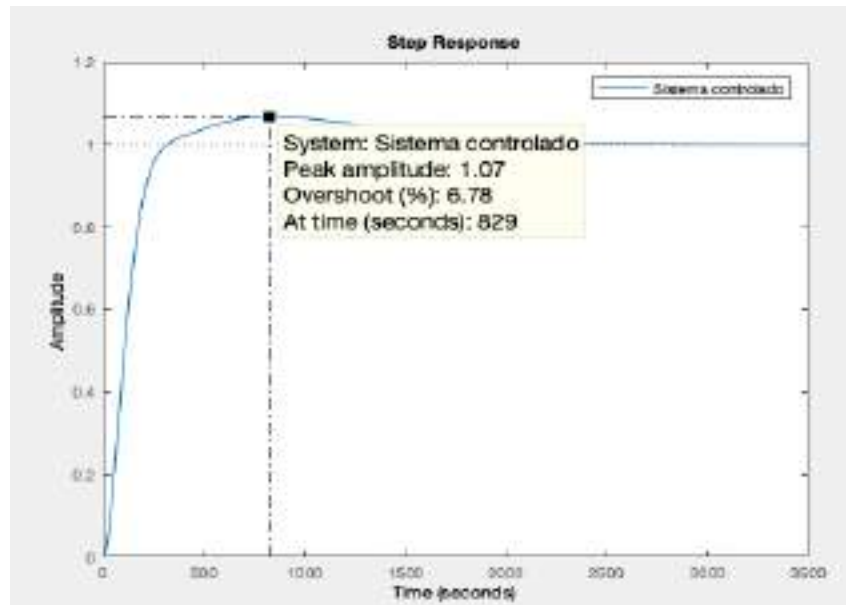
$$k_d = 7240$$

$$n = 0.007$$

Con estos valores se planteó la función de transferencia del controlador diseñado aplicando la ecuación 10.

$$G(c) = \frac{22.893(s + 0.001468)(s + 0.02186)}{s(s + 0.031)}$$

Figura 52: Respuesta del controlador



Fuente: Autor

En la figura 52, nos indica el comportamiento de la gráfica de la planta incluyendo el controlador. Tenemos como respuesta el tiempo de asentamiento de 829 segundos y un sobrepaso de nivel porcentual de 6.78%. El valor de sobrepaso corresponde a una variación de temperatura de aproximados de 3 a 4 grados centígrados. Con el controlador calculado se obtiene la nueva función de la planta .

$$M(s) = \frac{3.2344 \cdot 10^5 (s + 0.02186)(s + 0.001468)}{(s + 0.02239)(s + 0.001502)(s^2 + 0.02639s + 0.001261)}$$

Una vez escogido el controlador e incluido en la planta, se simuló en simulink para ver si este corresponde a la función de transferencia obtenida.

5.2.4. Diseño de control

Para el sistema de automatización constara de dos partes, el de potencia y de control, de acuerdo con el diseño se seleccionará los sensores y actuadores que se utilizaran dentro del sistema, en la figura 53 se indica el proceso de arranque de la máquina.

Figura 53: Estructura de máquina de escaldado



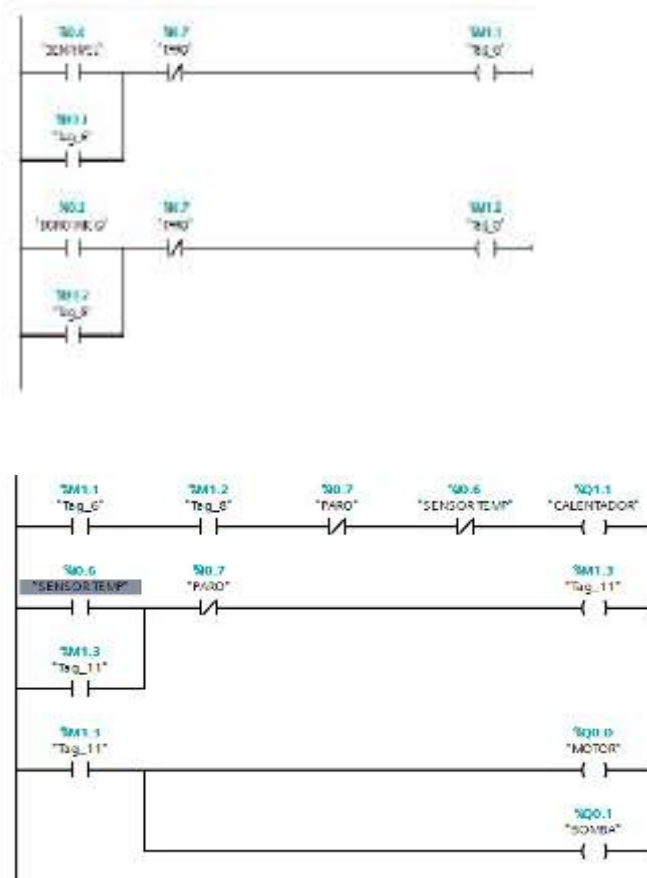
Fuente: Autor

Para el control fue necesario plantearnos dos partes que conformarían la maquina. La parte de la arquitectura de los controladores y los accionamientos o mandos para el control de la máquina. Se inicia del análisis del modelado de la tina de escaldado, la cual ya se realizo el estudio previo en el apartado 5.2.3. Iniciamos con la parte intangible o software de la máquina, y posterior se aplicara a los mandos o el hardware que controlarán la máquina.

■ Diseño de software del sistema

En la parte del software se indicó el programa que va a cumplir el PLC, donde implica controlar la temperatura del agua en la tina del escaldado, también será la encargada de la activación y desactivación de los actuadores involucrados en el movimiento del monorriel. Este diseño se basa en recibir la señales pasando por el control y posterior salida para la ejecución del funcionamiento de la máquina. A continuación se muestra un la programación del funcionamiento del controlador.

Figura 54: Programación del plc

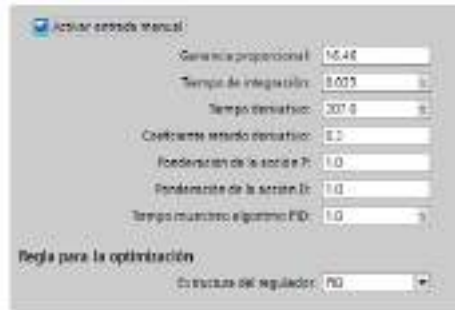


Fuente: Autor

Programación de PID en PLC

Se definió una programación adicional para la entrada de datos del sensor de temperatura, y se agrega el bloque para el funcionamiento de nuestro controlador PID, dentro del árbol del proyecto se agrega un objeto tecnológico, donde se selecciona el PID. Se configura los parámetros iniciales del objeto, donde es necesario cargar los valores de las constantes, k_p , k_i , k_d , encontradas anteriormente, en la figura 55 se muestra el interfaz donde se cargan los datos.

Figura 55: Interfaz de datos de controlador en TIA portal



Fuente: Autor

Ya cargado los valores nos dirigimos al programa de bloques principal y realizamos la programación de la entrada para la adquisición de datos del sensor de temperatura, también se agrega el bloque correspondiente al PID para el control. En la figura ?? se muestra la configuración realizada.

Figura 56: programación del PID



Fuente: Autor

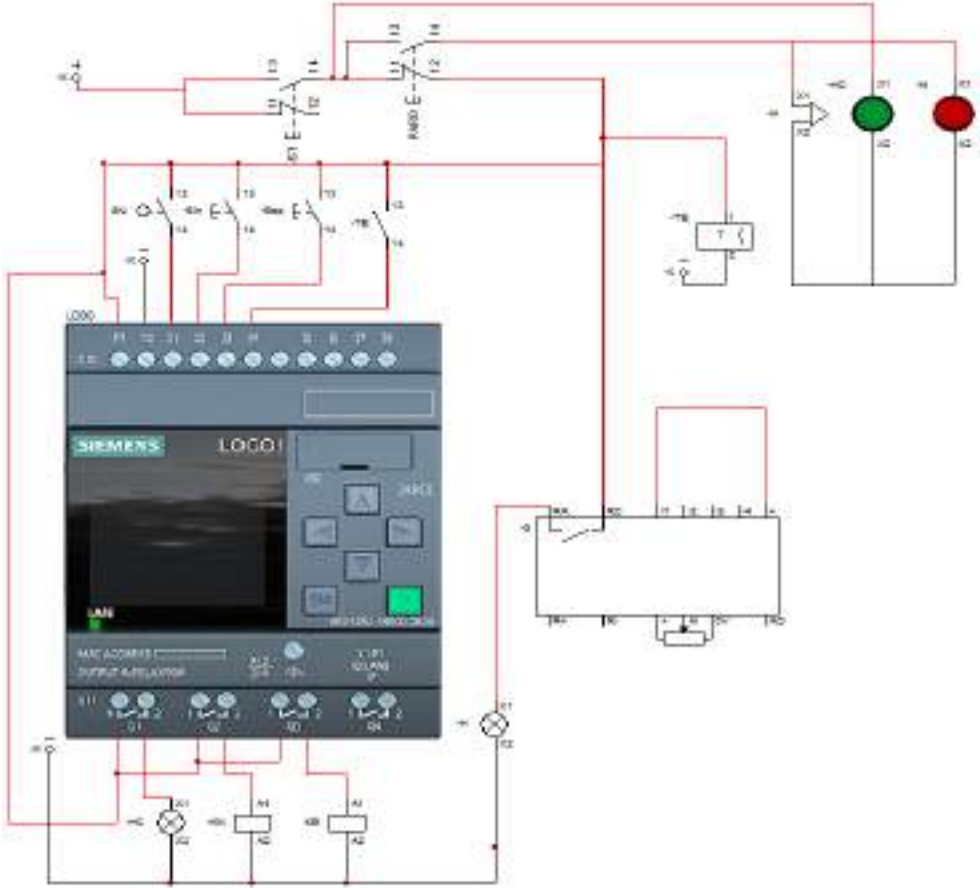
Dentro del programa también se pudo sintonizar de forma automática las variables del PID, teniendo un ajuste mas óptimo del controlador.

■ **Diseño de hardware del sistema**

Esta máquina se basó en los parámetros iniciales donde se indica que será manipulada por el usuario, por lo tanto es necesario crear un ambiente interactivo fácil de manipular y arrancar la máquina, por ello se diseñó un panel de control para la máquina. Cabe destacar que todos

los dispositivos que conforma el hardware tienen que mantener una protección contra el polvo y la humedad, porque estarán expuestos a estas condiciones.

Figura 57: Diagrama de conexión eléctrica



Fuente: Autor

En la tabla 16 se detalla cada componente del diagrama eléctrico.

Tabla 16: Componentes eléctricos

FUNCIÓN	ELEMENTO	FUNCIÓN	ELEMENTO	FUNCIÓN	ELEMENTO
Disyuntor 220 V	Q1	Entrada digital al PLC	I1	Relé de encendido del calentador	K1
Disyuntor 24 V	Q1	Entrada digital al PLC	I2	Relé encendido del motor	K2
Botón de arranque	S1	Entrada analógica al PLC	I7	Relé encendido bomba	K3
contactor motor	K2	Entrada analógica al PLC	I8	luz de activación	H1
Guarda motor	F1	Sirena	-HC	luz de paro	H2
Fusibles	F	Variador de frecuencia			
S. temperatura	-TE				

Fuente: autor

Para este proyecto no se presentó ningún sistema de monitoreo con alguna pantalla HMI, ya que no es necesario porque no se maneja ninguna variable que sea necesario de indicarle al operador.

5.2.5. Diseño del sistema eléctrico y de potencia

Para desarrollar el análisis eléctrico y de potencia tomamos los datos del motor y de los demás componentes correspondientes, para seleccionar los conductores.

Selección de conductores eléctrico

Conector para el motor. Se basa en la corriente y el voltaje de trabajo, a continuación se realizó el calculo, y se elije un tipo de cable que soporte la cantidad de amperaje que pasa para alimentar al motor.

$$I = 1.25 * \frac{15}{0.80}$$

$$I = 23.4A$$

Se seleccionó mediante una tabla que relaciona el calibre del conductor con el amperaje de paso, que se encuentra en el anexo 9. Para los demás componente se calcula de la misma forma, para efectos de simplificación se detalla en la tabla 17, los conectores que se van a utilizar indicando los elementos que utilizarán.

Tabla 17: Elementos mecánicos

CALIBRE	CORRIETE MAX	USO
Cable AWG N10	30	motores, disyuntores, calentadores
Cable AWG N12	20	bomba de agua
Cable AWG N16	15	otros dispositivos eléctricos

Fuente: autor

Diagrama de conexión eléctrica. Para la manipulación externa por parte del operador se diseñó la caja de control o panel de control, este elemento debe ser lo más manejable posible con la persona que va a trabajar. En la siguiente figura 58 se detalla la conexión eléctrica del panel.

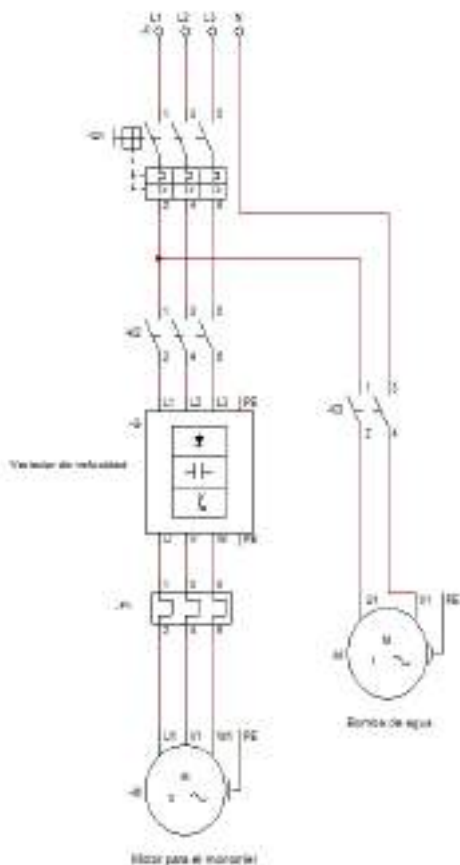
Figura 58: Panel de control



Fuente: Autor

El sistema de potencia consta del motor para el transporte de las horquillas, y también la bomba de agua. Se desarrollo un diagrama eléctrico mostrado en la figura 59.

Figura 59: Diagrama de potencia



Fuente: Autor

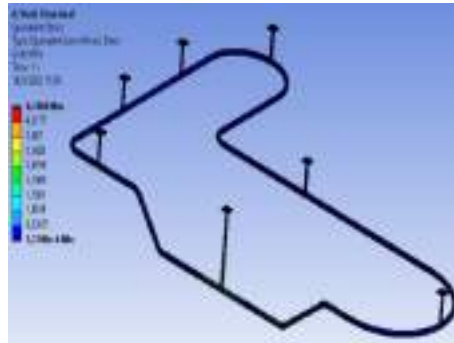
5.3. Simulación de la propuesta del diseño mecánico y electrónico para la etapa del escaldado.

En la parte de las simulaciones se propuso dos simulaciones utilizando elementos finitos, el análisis estático de algunos elementos de la máquina y el análisis térmico de la tina de escaldado.

Análisis estructural del monorriel

El análisis estructural aplicando el esfuerzo de Von Mises nos permite indicar el fallo en el elemento, se verifica si el material en el que se esta diseñando es apta para soportar dicha carga.

Figura 60: Análisis de Von Mises en el monorriel



Fuente: Autor

La tensión equivalente de Von Mises en la simulación es de 4.74 Mpa, es decir que se encuentra dentro del rango permitido y seguro del material.

La deformación máxima determinada mediante la simulación mostrada en la figura 61 es de 0.276 mm ubicado en el punto donde mayor concentración de carga se presente en el sistema de transporte. Se considera que el diseño es adecuado para soportar las cargas suspendidas en el monorriel.

Figura 61: Análisis de deformación total

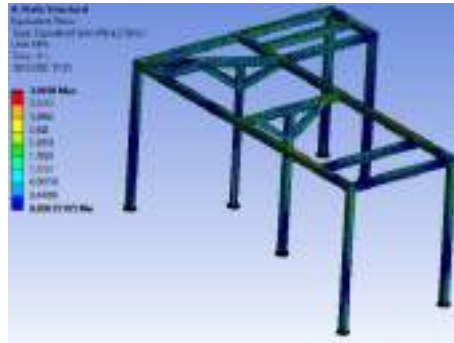


Fuente: Autor

Análisis de la estructura de soporte

También se determinó la deformación total, y el esfuerzo de Von Mises para la estructura de la máquina.

Figura 62: Análisis de Von Mises de la estructura

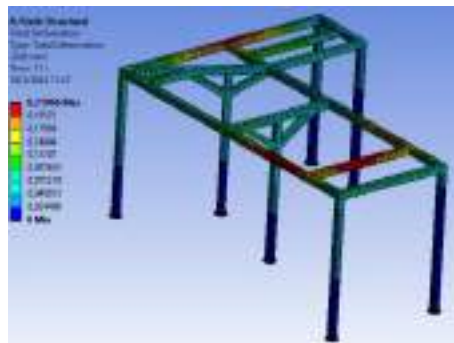


Fuente: Autor

La tensión equivalente en la simulación es de 3.96 Mpa, lo que nos da la seguridad de que el diseño de la estructura es la apropiada ya que esta por debajo del rango admitido por el material.

Como parte de la deflexión máxima que se obtuvo en este estudio es de 0.219mm, mostrada en la figura 63, el cual nos indica que no hay posibilidad de fallo de la estructura.

Figura 63: Análisis de deformación total

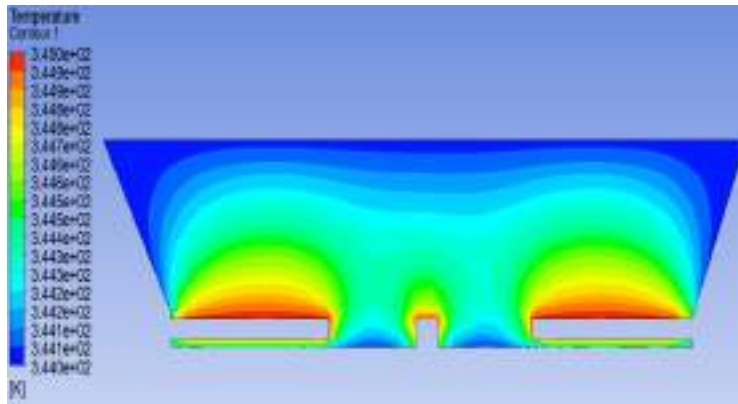


Fuente: Autor

Análisis dinámico del calentamiento de la tina de escaldado

Como parte del estudio, se realizó un análisis térmico, referente al calentamiento del agua dentro de la tina de escaldado. Con esto se quiere conseguir el tiempo de calentamiento ideal del agua.

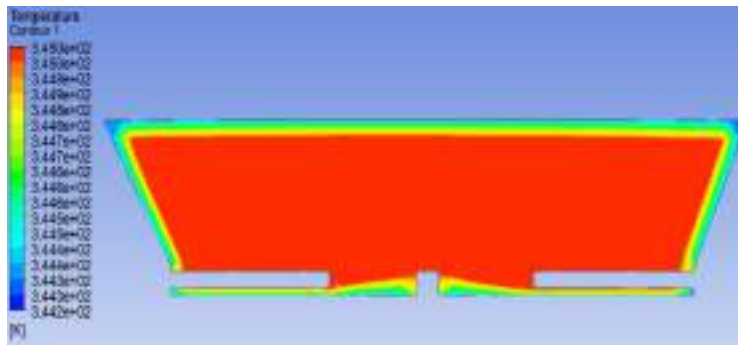
Figura 64: Análisis térmico de la tina de escaldado



Fuente: Autor

En la figura 64 se puede apreciar el comportamiento de la temperatura en el agua. El tiempo total de calentamiento de la tina a 72°C es de 25 minutos, como se puede apreciar en la figura 66.

Figura 65: Calentamiento total de la tina



Fuente: Autor

Figura 66: Tiempo total de calentamiento

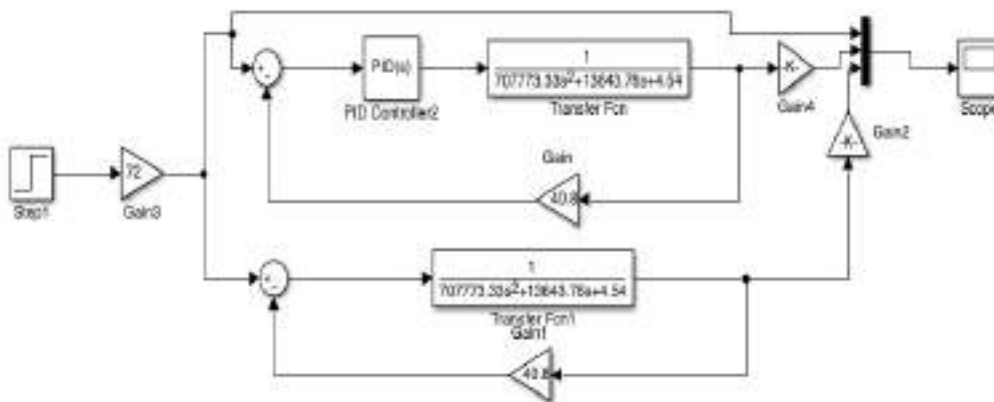


Fuente: Autor

Simulación de controlador.

Se planteó una simulación del diagrama de bloques que corresponde al sistema de modelado de la tina de escaldado, para poder comparar con la señal obtenida del controlador

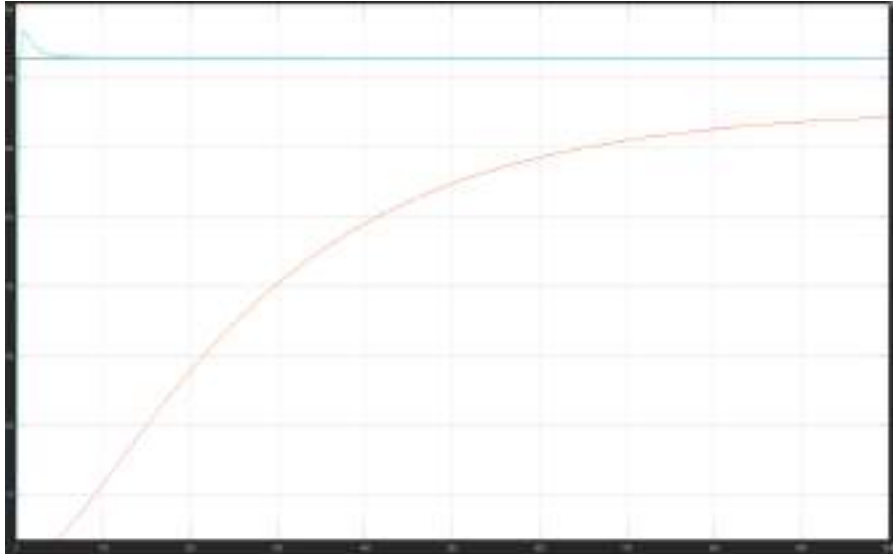
Figura 67: Simulación de controlador



Fuente: Autor

Se analizó con el valor de temperatura requerida para el escaldado, para ver como se comporta las gráficas de la señal no controlado respecto a la señal controlada. En la siguiente gráfica 68, se indica la comparación de las señales.

Figura 68: Comparación de las señales



Fuente: Autor

En la figura 68 se puede apreciar la variación de la respuesta del sistema, teniendo un sobrepaso, correspondiente al sistema con controlado.

5.4. Análisis de los costos para una implementación del proyecto

La determinación de los costos de construcción e implementación de una máquina escaladora de pollos, sirve para el conocimiento del propietario interesado en automatizar su línea de producción. El análisis tiene como finalidad, contar con los precios detallados de los materiales necesarios para la máquina. En las tablas 18, 19, 20, 21, y 22 se realiza el análisis de cada rubro indicado en cada tabla.

Tabla 18: Costos

ANÁLISIS DE COSTOS			
PROYECTO: ESCALDADORA DE POLLOS			
N ^o	Descripción	P. Unitario	P. Total
1	Diseño de máquina	\$2500.00	\$2500.00
2	Estructura de la máquina	\$4311.16	\$4311.16
3	Sistema de control y automatización	\$5603.64	\$5603.64
4	Gastos de implementación en planta	\$2236.84	\$2236.84
TOTAL			\$15100.00

Fuente: autor

El costo total de la máquina escaldadora de pollos es de: QUINCE MIL CIEN dolares.

Tabla 19: Elementos mecánicos

Estructura de la maquina			
NOMBRE DEL OFERENTE: Tecnero S.A.			
MATERIALES			
Descripción	Cant.	P. Unitario	P. Total
Planchas de acero inox. AISI 304	4	\$ 307	\$ 1228.00
platina de 3/16 x 1" galvanizada	1	\$5.75	\$5.75
planchas de 1/4 x 150mx150m	7	\$6.00	\$42.00
platinas de 2" x 1/4 galvanizado	3	\$2.80	\$2.80
plancha 1" x300 mm diámetro	1	\$6.00	\$ 6.00
Tubos cuadrados 100 x 100 2 mm galvanizado	3	\$ 57,12	\$171
Eje de transmisión 1 1/4"	1	\$ 8.00	\$ 8.00
Ángulo de 2"	1	\$2.50	\$2.50
Varilla lisa 5/8	1	\$1.80	\$1.80
Tubos de 2" galvanizado	3	\$ 15.68	\$ 78.40
Cadena galvanizada	14.5	3.00	\$43.50
Garruchas	40	\$ 5.50	\$ 220.00
Ganchos	40	\$ 3.00	\$120.00
Manguera PVC	4 m	\$ 0.70	\$ 2.80
Motoreductor ortogonal	1	\$ 1200	\$ 1200
Bushing 1 1/2" a 1" inoxidable	1	\$4.50	\$4.50
Bushing 2" hembra	1	\$4.50	\$4.50
Discos de pulir	5	\$6.00	\$30.00
Discos felt	5	\$5.00	\$25.00
Chumaseras de pared 1 1/8"	2	\$4.00	\$8.00
Polea 2" y polea 10"	2	\$6.50	\$13.00
Bandas tipo a	2	\$2.00	\$4.00
Kilo de suelda 6011	3kg	\$4.00	\$12.00
Pernos varios	1	\$28.00	\$28.00
Otros elementos	6	\$15.00	\$90.00
PARCIAL A			\$3351.55

EQUIPO Y HERRAMIENTAS			
Descripción	Cant.	P. Unitario	P. Total
Doblado	4	\$ 2.50	\$ 10.00
Rolado	4	\$ 2.50	\$ 10.00
Soldadora	5	\$ 5.00	\$ 25.00
Corte	8	\$ 2.00	\$ 16.00
Taladro	4	\$ 2.00	\$ 8.00
Traslado	2	\$ 20	\$ 40
PARCIAL B			\$109.00
MANO DE OBRA			
Descripción	P.N.H.	H.T	P. Total
Soldador	\$ 3.25	100	\$ 325.00
Mecánico	\$ 4.00	150	\$ 600.00
Ayudante	\$ 2.75	150	\$ 412.50
PARCIAL C			\$1337.5
TOTAL COSTOS DIRECTOS A*B*C			\$4798.05
INDIRECTOS Y UTILIDAD			\$959.61
VALOR TOTAL PROPUESTO			\$4311.16

Fuente: autor

Tabla 20: Elementos electrónicos

Sistema de control y automatización			
NOMBRE DEL OFERENTE: Tecnero S.A.			
MATERIALES			
Descripción	Cant.	P. Unitario	P. Total
PLC	1	\$225.00	\$225.00
Calentador eléctrico	1	\$750.00	\$750.00
Sensor de temperatura tipo k	1	\$20.00	\$20.00
Sensor de nivel	1	\$25.00	\$25.00
Variador de velocidad	1	\$570.00	\$570.00
Motor	1	\$250.00	\$250.00
Bomba de agua	1	\$94.78	\$94.78
Gabinete metálico	1	\$55.00	\$55.00
Luces de aviso	3	\$2.50	\$7.50
Botón de emergencia	1	\$ 14.00	\$14.00
botones	3	\$4.50	\$13.50
Disyuntor	4	\$30.00	\$120.00
fuelle de 24VDC 2.5A	1	\$44.80	\$44.80
Contactador	4	\$32.00	\$128.00
Cable ADW N10	1	\$50.90	\$50.90
Cable ADW N12	1	\$33.62	\$ 33.62
Cable ADW N16	1	\$15.88	\$15.88
PARCIAL A			\$2511.1
EQUIPO Y HERRAMIENTAS			
Descripción	Cant.	P. Unitario	P. Total
pc para programar	1	\$ 1500.00	\$ 1500.00
Taladro	4	\$ 2.60	\$ 10.60
PARCIAL B			\$1560.60

MANO DE OBRA			
Descripción	P.N.H.	H.T	P. Total
Eléctrico	\$ 8	25	\$ 200
Electrónico	\$ 8	40	\$ 320
Ayudante	\$ 2.60	30	\$ 78
PARCIAL C			\$ 598.00
TOTAL COSTOS DIRECTOS A*B*C			\$4669.70
INDIRECTOS Y UTILIDAD			\$ 933.94
VALOR TOTAL PROPUESTO			\$ 5603.64

Fuente: Autor

Tabla 21: Gastos de implementación en planta

Gastos de implementación en planta			
NOMBRE DEL OFERENTE: Tecnero S.A.			
MATERIALES			
Descripción	Cant.	P. Unitario	P. Total
materiales para embalaje	20	\$ 15.84	\$ 316.84
PARCIAL A			\$316.84
EQUIPO Y HERRAMIENTAS			
Descripción	Cant.	P. Unitario	P. Total
Transporte	5	\$ 80	\$ 400.00
Taladro	22	\$6	\$ 110.00
Soldadora	1	\$ 350.00	\$ 350.00
PARCIAL B			\$860.00
MANO DE OBRA			
Descripción	P.N.H.	H.T	P. Total
Mecánico	\$ 6	80	\$ 480.00
Soldador	\$4.50	80	\$ 360.00
Ayudante	\$2.75	80	\$ 220.00
PARCIAL C			\$1060.00
TOTAL COSTOS DIRECTOS A*B*C			\$2236.84
INDIRECTOS Y UTILIDAD			\$ 447.49
VALOR TOTAL PROPUESTO			\$ 2236.84

Fuente: Autor

Para la mano de obra correspondiente al diseño, se debe conocer el costo promedio que se paga al profesional por un diseño, el costo ronda entre los \$500 a \$600 dólares, por lo que se estima un calculo aproximado por horas para saber el costo del trabajo. El precio hora es de \$2.50, se incluye el conocimiento del manejo del software de diseño, se multiplica por la cantidad de horas requeridas para el diseño. en la siguiente tabla 22, se muestran los valores que se calcularon.

Tabla 22: Mano de obra del diseño

Descripción	P.N.H.	H.T	P. Total
Diseñador 1	\$10,40	120	\$1250.00
Diseñador 2	\$10.40	120	\$1250.00
TOTAL			\$2500.00

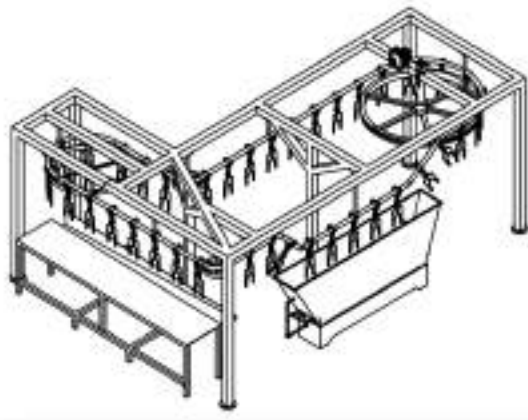
Fuente: Autor

6. Resultados

6.1. Objetivo específico 1: Determinar los parámetros y variables involucrados en la etapa de escaldado

La determinación de los parámetros y las variables para el diseño de la máquina de escaldado, se parte inicialmente del conocimiento a detalle del proceso basado en un estudio del arte previo, es posible obtener las condiciones iniciales para proponer un diseño de una máquina que resuelva los problemas suscitados dentro del proceso. En la actualidad el campo de la avicultura Ha tenido la necesidad de automatizar la gran mayoría de sus procesos, con la finalidad de mejorar sus productos y reducir riesgos laborales. A continuación, se presenta el dimensionamiento de la máquina de acuerdo a las condiciones y parámetros iniciales, indicados en la bibliografía presentada.

Figura 69: Boceto de la máquina



Fuente: Autor

Tabla 23: Condiciones iniciales del lugar de implementación

denominación	largo	ancho	altura
Lugar de implementación	12 m	5 m	4 m
Automatizaciones previas	No presenta ninguna		
Máquinas mecánicas	Ningún elemento		
Fuentes de energía	Gas metano y energía eléctrica		
Líneas eléctricas	línea 220 V		
Riesgos	Existen riesgos por quemaduras en la etapa de escaldado		

Fuente: Autor

Se plantea un modelo de diseño que cumpla con los parámetros indicados en la tabla 23, se busca presentar un mecanismo que cumpla con todos los objetivos planteados, ya que de esta manera se pueda resolver los problemas que se tienen dentro del proceso de faenamiento de pollos. También el diseño presenta condiciones técnicas, porque dentro del campo alimentario se maneja por normas que imponen ciertas restricciones para utilizar ciertos materiales o dispositivos. Todas sus partes electrónicas tendrán protección contra el polvo y la humedad.

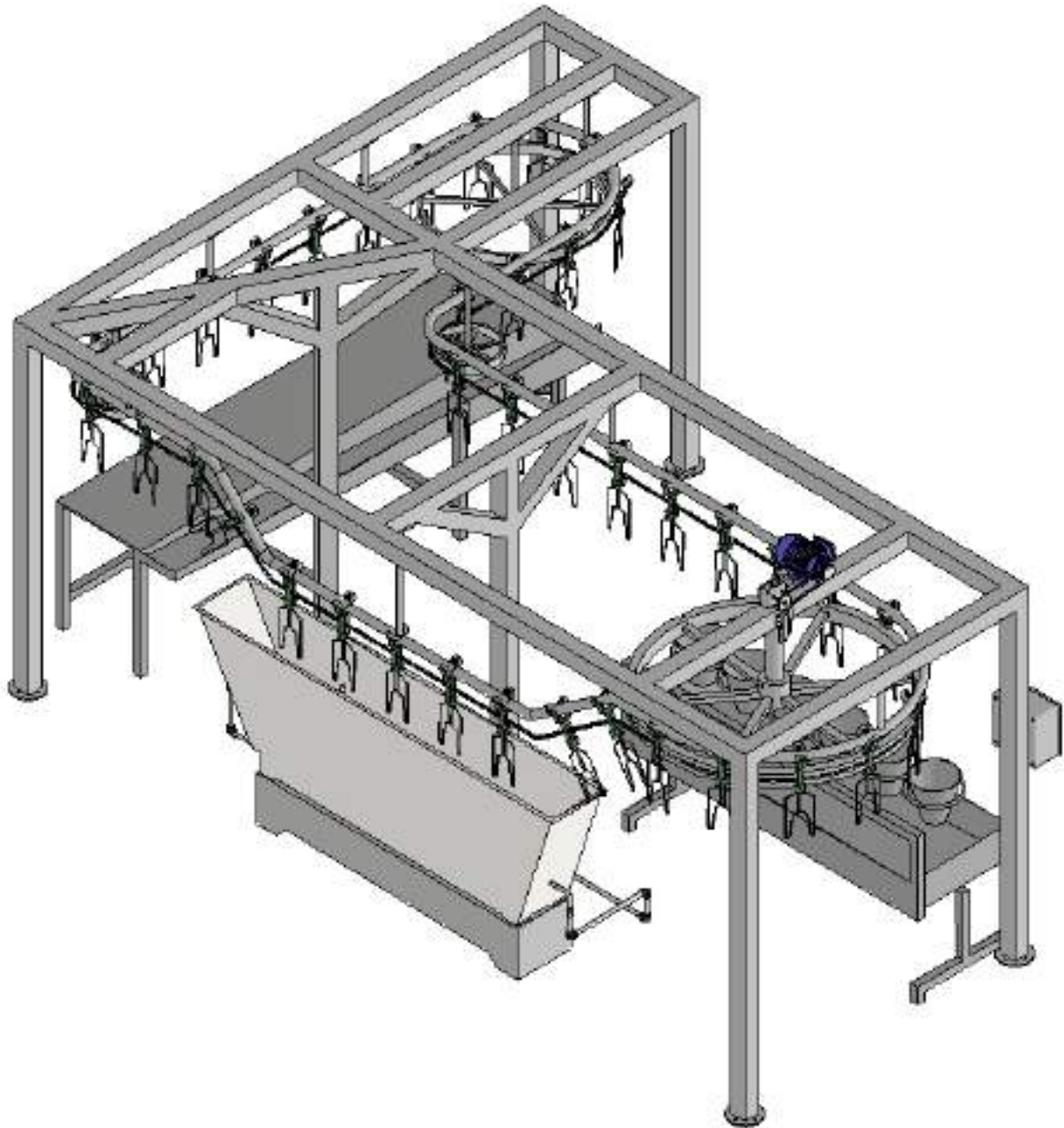
6.2. Objetivo específico 2: Propuesta del diseño mecánico y electrónico para la etapa de escaldado.

Después de poner en práctica todos los conocimientos adquiridos, se pudo llegar a presentar un diseño final de la máquina de escaldado. Inicia desde el diseño mecánico, que conociendo las condiciones presentadas, se dio paso a tener el diseño y armar la máquina en la herramienta CAD. Posterior a esto se arma un control para la máquina cual se encargaría del funcionamiento y manejo autónomo del mecanismo.

Diseño mecánico.

La propuesta del diseño mecánico es el que se llevo a cabo en la herramienta CAD, se desarrollo los planos particulares y el conjunto de la máquina, anexo al documento, en la figura 70 se muestra el diseño de la máquina.

Figura 70: Diseño propuesto de la máquina



Fuente: Autor

En la siguiente tabla se detallan los elementos mecánicos que conforman la máquina, sus características y la cantidad de los mismos.

Tabla 24: Componentes mecánicos de la máquina

DISEÑO MECÁNICO		
Dimensiones	10 m x2.5 m x 2.15 m	
Forma	Tipo L	

ELEMENTOS DE LA MAQUINA		
NOMBRE	MATERIAL	CANTIDAD
Monorriel	Acero galvanizado	1
Horquillas	Polímero	40
Tina de escaldado	Acero inoxidable AISI304	1
Ganchos	Acero inoxidable AISI304	40
Volante de arrastre	Aluminio-Acero de transmisión	1
Volante de apoyo	Aluminio	1
Estructura de soporte	Acero estructural	1
Cadena	Acero galvanizado	14.5 m

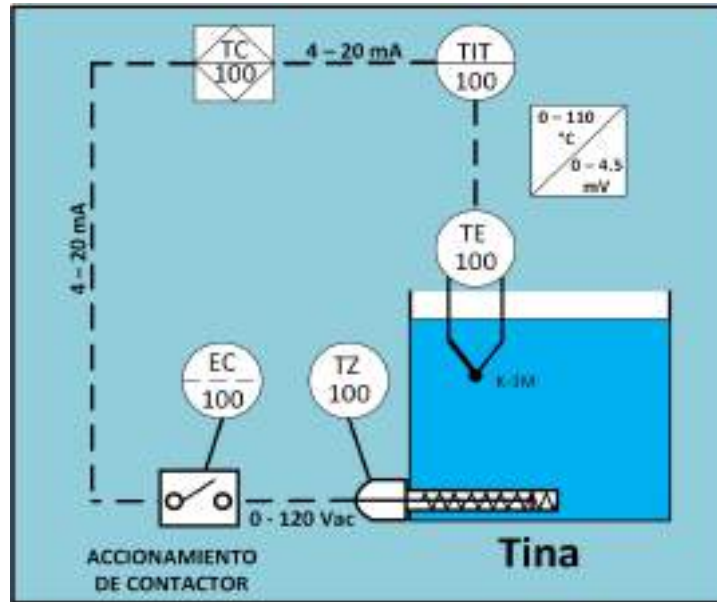
Fuente: Autor

Los ganchos y las horquillas no se diseñaron porque son normalizados, así como los tornillos, tuercas, rodamientos y la cadena. Pero si se los tomo en cuenta para presentar el conjunto de la máquina.

Diseño de control.

Para la parte del control se trabajo en el diseño basado en el modelo matemático correspondiente al control de temperatura de la tina de escaldado. La parte del control de la máquina se desarrollo en dos frentes, el hardware que abarca a toda la parte física del mecanismo incluyendo el panel de control, y la parte interna o software, necesaria para acoplar la parte informática con los componentes correspondientes. Se presenta también la parte eléctrica y de potencia la cual comprenden los motores, para el movimiento de la cadena con las horquillas, y la que permitirá el funcionamiento de la bomba.

Figura 71: Diagrama PID del proceso de escalado



Fuente: Autor

Simulaciones del diseño mecánico y control.

Como parte del diseño se vio la necesidad de simular algunos componentes de la máquina, para la factibilidad de su construcción e implementación dentro del campo alimentario. La determinación de las deformaciones en la estructura calculada en los puntos críticos, son importantes ya que nos indican la funcionalidad adecuada del elemento analizado.

Cómo se menciona, la máquina tiene un sobre-dimensionamiento en su diseño, por lo que su factor de seguridad representa un máximo, con esto se puede afirmar que la maquina se construyo en condiciones normales, de acuerdo a nuestro criterio.

6.3. Objetivo específico 3: Análisis de los costos para una implementación del proyecto

El costo de inversión de la máquina escaldadora de pollos, es analizado con todos los costos reales que se pudo encontrar dentro de la provincia, pero hay algunos elementos que se tuvo que cotizar a varias empresa de la ciudad de Quito. Al igual que otros elementos serán comprados en el extranjero debido a que no existe dentro de nuestra localidad.

Tabla 25: Costo total de la máquina

INVERSIÓN	
Diseño de máquina	\$2500.00
Estructura de la máquina	\$4311.16
Sistema de control y automatización	\$5603.64
Gastos de implementación en planta	\$2236.84
TOTAL	\$15100

Fuente: Autor

Para la cotización nos ayudamos de la empresa ZADA, que se dedica a la construcción y venta de maquinaria industrial ubicado en el parque industrial. El monto estimado de construcción, incluyendo la mano de obra y los materiales, es de aproximado \$16912.00 dolares americanos incluido IVA.

7. Conclusiones

7.1. Determinación de los parámetros y variables involucrados en la etapa de escaldado

- Las condiciones para el diseño de la máquina de escaldado de pollos, se basan en los datos indicados e identificados en la planta de faenamiento de pollos. Todos los datos son tomados en cuenta ya que se busca resolver el problema que se suscita en la etapa de escaldado. Fue necesario plantear un modelamiento matemático de nuestro sistema, ya que el control de la temperatura esta basado en el modelo. Todo el análisis realizado previamente hizo que pudiéramos desarrollar este diseño.

7.2. Planteamiento de la propuesta del diseño mecánico y electrónico para la etapa de escaldado.

- La propuesta de diseño mecánico establece un modelo de una máquina, en base a las condiciones iniciales. La misma que se propone un conjunto de elementos necesarios para su funcionamiento comprendida en tres partes; tina de escaldado, el transporte de las horquillas y su estructura de soporte de toda la máquina. Se determinaron los materiales de cada parte, tomando en cuenta las dimensiones necesarias, las formas

y condiciones adecuadas de los elementos que forman la máquina. A la par, algunos elementos se sometieron a un análisis estructural, por lo que se realizaron simulaciones para determinar la aceptación del diseño, indicando los puntos más críticos que podrían fallar. Ya con los elementos analizados y aceptados, se logró diseñar los demás componentes de la máquina escaldadora de pollos.

- El planteamiento del sistema de control, parte del estudio del modelado de la tina de escaldado, ya que a partir del mismo se va a controlar el movimiento de las horquillas que cargan a los pollos y posteriormente avanzarán hasta la tina del escaldado. La velocidad es controlada de acuerdo a la temperatura requerida para el escaldado de los pollos. Por lo tanto para el funcionamiento de la máquina se diseñó los controles de mando. Para el manejo de la máquina se implementó un panel de control fácil e intuitivo para que el usuario no tenga problemas al operarlo.

7.3. Simulaciones de la propuesta del diseño mecánico y de control para la etapa de escaldado.

- El comportamiento de la máquina se rige a la cantidad de carga que va a transportar más que a la velocidad que se va a manejar. Por eso se genera el análisis estático, calculando la máxima deformación total y factor de seguridad. Para cada componente sometido a este análisis se tuvo una respuesta adecuada respecto a la esperada, dentro del factor de seguridad calculado en los puntos más críticos su respuesta fue favorable, indicando que no existe una probabilidad que se deforme o se rompa. Los elementos que fueron sometidos a este análisis son la estructura de la máquina, y el monorraíl permitiendo saber si es factible el diseño. A partir de la aceptación de estos dos elementos se procedió a seguir con el diseño de los demás componentes mecánicos que conforma la máquina,
- El análisis térmico fue necesario llevarlo a cabo, ya que nos permite observar el comportamiento de la temperatura y el tiempo que se va a calentar el agua en la tina.
- Se procedió a simular el comportamiento y la respuesta de nuestro modelo matemático para observar el comportamiento de la función de transferencia del sistema, con respecto a los datos esperados. Se logró comparar los datos de la entrada respecto de la salida, primero sin el controlador y luego aplicando el controlador al sistema. Como parte intuitiva también se realizó la simulación de forma virtual del funcionamiento de los actuadores y sensores de la máquina encargados del manejo de la misma.

7.4. Análisis de los costos para una implementación del proyecto

- Para el análisis de costos de la propuesta de la máquina se considera los valores de los elementos y la mano de obra. Se solicitó una cotización de la construcción de la máquina a la empresa ZADA, la cual indica un resultado de \$16912.00 incluyendo el IVA. Dentro de la cotización consta el material requerido, la mano de obra utilizado en la construcción e implementación en la planta donde se vaya a colocar. Este valor sería sin el costo del trabajo en cuanto al diseño realizado de la máquina.

El costo definitivo es de \$16912.00 dolares americanos, incluyendo el costo de la mano de obra del diseño. Si comparamos con equipos similares existentes en el mercado, los costos son superiores, adicionalmente se necesitaría un equipo para implementar la máquina, también se debe considerar el moto adicional por la importación a nuestra localidad. Se puede concluir que el análisis de costos para la máquina escaldadora de pollos, demuestra la rentabilidad y fiabilidad de construcción dentro del país.

8. Recomendaciones

- se recomienda estudiar el modelo del tunel a vapor para el escaldado como alternativa de la tina de escaldado..
- se recomienda realizar un análisis térmico del proceso de calentamiento del agua con otras fuentes calorificas, que permita indicarnos que fuente es la mas adecuada para esta aplicacion.
- Finalmente, se recomienda realizar una propuesta de un mecanismo de aturdimiento y pelado para los pollos complementado a la trayectoria del monorriel de la máquina propuesta, para un proceso totalmente automatizado en toda la línea de faenamiento.

Referencias

- Altamar, F. A. (s.f.). Ciencia de los materiales.
- Atariguana Guartatanga, C. R., y Mosquera Castro, W. A. (2002). *Diseño de un sistema de control automático para optimizar el rendimiento de un horno túnel* (B.S. thesis).
- C.G. BAYLE. (s.f.). <https://www.baylesa.com/es/>. (Accessed: 2022-2-17)
- Chinchilla Gallardo, J. G., y cols. (2016). Implementación de prácticas de bienestar animal en aves en la planta de beneficio de pimiento sas. *Bucaramanga, Colombia*.
- DE SEGUROS, S. (2002). *Motores eléctricos*. Obtenido de INSTITUTO DE ENERGÍA Y TERMODINÁMICA-UPB: [http://www.ingeborda . . .](http://www.ingeborda...)
- EDUPACK, C. (2009). *Material and process selection charts*. Granta.
- Electrocontrol*. (s.f.).
- Gutiérrez, M. d. (2017). Ecuador: Avicultura provee la mayor fuente de proteína animal. *Revista Global de Avicultura*.
- Kern, D. (1999). Procesos de transferencia de calor (pp. 76-212). *México DF: Compañía Editorial Continental*.
- León Castañeda, B. O., y Villar Sandoval, B. K. (2019). Efecto de la composición del gas de protección en el proceso gmaw sobre los parámetros geométricos en la soldadura de un acero inoxidable austenítico.
- Monleón, R., de Aviagen, V., y Asiática, R. (2012). Manejo pre-faena en pollos.
- Muñoz, D. M., Diaz, N. C., y Cabrera, G. (2011). Efecto de la temperatura y velocidad de la línea de colgado, en el porcentaje de pluma y despigmentación de aves blanca y campesina, durante el proceso de escaldado. *Biotecnología en el sector agropecuario y agroindustrial*, 9(1), 69–76.
- Nunes, F. G. (2016). La automatización total o parcial de una planta de procesamiento tiene un importante costo de capital y puede exigir obras civiles previas para permitir acomodar los equipos.
- Ogata, K. (2003). *Ingeniería de control moderna*. Pearson Educación.
- Paredes Andrango, J. E., y Rivera Liger, C. G. (s.f.). *Diseño, instalación y automatización de un sistema aturdidor y pelado de pollos para la empresa pdj*.
- Pump-leo.com*. (s.f.).
- Sánchez Tambi, M. R. (2016). *Diseño de una máquina escaldadora para el procesamiento de pollos en la industria artesanal* (B.S. thesis).
- Shetty, D., y Kolk, R. A. (2010). *Mechatronics system design*. Cengage Learning.
- SIMATIC Controllers*. (s.f.). Descargado de <https://new.siemens.com/mx/es/productos/>

- automatizacion/systems/industrial/plc.html
sitio avicola. (s.f.).
- Solórzano, L. A. C. (2016). *Diseño y construcción de una máquina peladora para el proceso de faenamiento de pollo en la ciudad de Manta Ecuador* (B.S. thesis).
- TEKPRO. (2022). Descargado de <https://tekpro.com.co/>
- Ulloa, J. O., Arteaga, E. M. C., Avilés, A. M. O., y Moscoso, S. P. D. (2020). Revisión sistemática de estudios sobre inocuidad alimentaria en Cuenca, Ecuador, periodo 1981-2017. *Segurança Alimentar e Nutricional*, 27, e020024–e020024.
- Ureña Martín, M., y cols. (2017). Diseño de un variador de velocidad ca.
- Villamil Ávila, A. F. (2018). *Estudio de pre factibilidad para la fabricación de una máquina desplumadora de pollos para el uso de pequeños avicultores* (B.S. thesis). Fundación Universidad de América.
- Vulcanic. (s.f.). Descargado de <https://www.vulcanic.com/es/calentamiento-liquidos/>
(Accessed: 2022-2-17)
- Weg.net. (s.f.). <https://static.weg.net/medias/downloadcenter/h60/h24/WEG-w22-motor-trifasico-50044029-brochure-spanish-web.pdf>. (Accessed: 2022-2-17)

ANEXOS

Anexo 1: Modelo de encuesta y ponderación

MÁQUINA DE ESCALDADO DE POLLOS

Nombre de la faenadora.....
Ubicación: Fecha:

Los estudiantes de la universidad politécnica salesiana han realizado un diseño de un mecanismo tecnológico para el área de la avicultura, que tiene como finalidad ayudar en el proceso de faenamiento de pollos su principal funcionamiento consiste en escaldar los pollos de una forma autónoma con la ayuda de un monorriel que sirve de transporte.

Marque con una X la casilla de acuerdo con su respuesta

1. ¿Te gustaría tener una ayuda tecnológica para tus procesos de faenamiento de pollos?

- Desacuerdo.
 Ni desacuerdo ni acuerdo.
 Totalmente de acuerdo.

2. ¿Estarías de acuerdo en utilizar implementos tecnológicos para el faenamiento de pollos?

- Desacuerdo.
 Ni desacuerdo ni acuerdo.
 Totalmente de acuerdo.

3. ¿Conocías de algún proceso automatizado para el faenamiento de pollos en la actualidad?

- Desacuerdo.
 Ni desacuerdo ni acuerdo.
 Totalmente de acuerdo.

4. ¿Si existiera, comprarías esta maquina, que tiene como finalidad simplificar trabajos realizados de forma artesanal?

- Si.
 No.
 No me interesa.

5. ¿Optarías por invertir en una maquina para el escaldado de pollos de un alto costo?

- Desacuerdo.
 Ni desacuerdo ni acuerdo.
 Totalmente de acuerdo.

PONDERACION DE LOS DATOS DE LAS ENCUESTAS

Fórmula:

$$n = \frac{N \cdot Z^2 \cdot p \cdot q}{e^2(n-1) + Z^2 \cdot p \cdot q}$$

Donde:

n: Tamaño de la muestra

N: Población o universo

Z: Nivel de confianza

p: Probabilidad a favor

q: Probabilidad en contra

e: Error muestral

Cálculo del tamaño de la muestra

Datos:

N: 10 centros de faenamieto

Z: 1.645 (90%)

p: 50%

q: 50%

e: 20%

Tabla 1: Nivel de confianza

Nivel de confianza	Z
99,70%	3
99%	2,58
98%	2,33
96%	2,05
95%	1,96
90%	1,645
80%	1,28
50%	0,674

Reemplazando datos:

$$n = \frac{100 \cdot (1.645)^2 \cdot 0.5 \cdot 0.5}{(0.2)^2(100-1) + (1.645)^2 \cdot 0.5 \cdot 0.5}$$

n= 4.62 ≈

Anexo 2: Especificaciones generales y propiedades mecánicas del acero inoxidable

TABLA DE CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL ACERO INOXIDABLE			SERIE 300		
			Acero al Cromo - Níquel	Acero al Cromo - Níquel - Molibdeno	
DESIGNACIÓN	TIPO AISI		304	316	
	COMPOSICIÓN QUÍMICA		C ≤ 0.08%* Si ≤ 1.00% Mn ≤ 2.00% Cr 18% - 20%* Ni 8% - 10,5%*	C ≤ 0.08%* Si ≤ 1.00% Mn ≤ 2.00% Cr 16% - 18%* Ni 10% - 14%* Mo 2% - 2.5%*	
PROPIEDADES FÍSICAS	PESO ESPECÍFICO A 20C (DENSIDAD)	(g/cm ³)	7.9	7.95 - 7.98	
	MÓDULO DE ELASTICIDAD	(N/mm ²)	193,000	193,000	
	ESTRUCTURA		AUSTENÍTICO	AUSTENÍTICO	
	CALOR ESPECÍFICO A 20C	(J/Kg K)	500	500	
	CONDUCTIVIDAD TÉRMICA A 20C/100C	(W/m K)	15 / 16	15 / 16	
	COEFICIENTE DE DILATACIÓN A 100C	(x 10 ⁶ C ⁻¹)	16.0 - 17.30	16.02 - 16.5	
	INTERVALO DE FUSIÓN	(C)	1398/1454	1371/1398	
PROPIEDADES ELÉCTRICAS	PERMEABILIDAD ELÉCTRICA EN ESTADO SOLUBLE RECOCIDO		AMAGNÉTICO 1.008	AMAGNÉTICO 1.008	
	CAPACIDAD DE RESISTENCIA ELÉCTRICA A 20C	(μΩm)	0.72 - 0.73	0.73 - 0.74	
PROPIEDADES MECÁNICAS A 20C	DUREZA BRINELL RECOCIDO HRB/CON DEFORMACIÓN EN FRÍO		130150 / 180330	130185 / -	
	DUREZA ROCKWELL RECOCIDO HRB/CON DEFORMACIÓN EN FRÍO		7088 / 1035	7085 / -	
	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN RECOCIDO / DEFORMACIÓN EN FRÍO	Rm (N/mm ²)	520 - 720 / 540 - 750	540690 / -	
	ELASTICIDAD RECOCIDO / CON DEFORMACIÓN EN FRÍO	Rp (N/mm ²)	210 / 230	205410 / -	
	ELONGACIÓN (A ₅) MIN	(%)	≥ 45		
	RESILIENCIA KCUL / KVL	(J/cm ²)	160 / 180	160 / 180	
PROPIEDADES MECÁNICAS EN CALIENTE	ELASTICIDAD	RP(0.2) A 300C/400C/500C	(N/mm ²)	125 / 97 / 93	140 / 125 / 105
		RP(1) A 300C/400C/500C	(N/mm ²)	147 / 127 / 107	166 / 147 / 127
	LÍMITE DE FLUENCIA A 500C/600C/700C/800C	σ _{1/10⁵/t} (N/mm ²)	68 / 42 / 14.5 / 4.9	82 / 62 / 20 / 6.5	
TRATAMIENT. TÉRMICOS	RECOCIDO COMPLETO		ENFR. RÁPIDO	ENFR. RÁPIDO	
	RECOCIDO INDUSTRIAL	(OC)	1008/1120	1008/1120	
	TEMPLADO		NO ES POSIBLE	NO ES POSIBLE	
	INTERVALO DE FORJA INICIAL / FINAL	(C)	1200 / 925	1200 / 925	
OTRAS PROPIEDADES	FORMACIÓN DE CASCARILLA, SERVICIO CONTINUO / SERVICIO INTERMITENTE		925 / 840	925 / 840	
	SOLDABILIDAD		MUY BUENA	MUY BUENA	
OTRAS PROPIEDADES	MAQUINABILIDAD COMPARADO CON UN ACERO BESSEMER PARA a. B1112		45%	45%	
	EMBUTICIÓN		MUY BUENA	BUENA	

* Son aceptables tolerancias de un 1%

Anexo 3: Características del tubo galvanizado

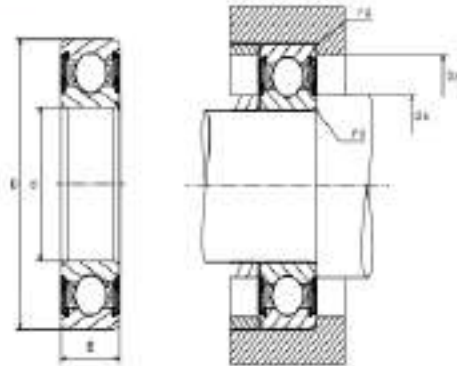
DIMENSIONES				PROPIEDADES			
DIAMETRO EXTERIOR		ESPESOR	PESO	AREA			
D		e	P	A	I	W	I
Pulg.	mm	mm	Kg/m	cm ²	cm ³	cm ³	cm
1"	25.40	1.80	1.09	1.34	0.93	0.73	0.63
1"	25.40	2.00	1.21	1.47	1.01	0.79	0.63
1 1/4"	31.75	1.80	1.37	1.69	1.90	1.20	1.06
1 1/4"	31.75	2.00	1.52	1.87	2.07	1.30	1.05
1 1/2"	38.10	1.80	1.65	2.05	3.38	1.78	1.28
1 1/2"	38.10	2.00	1.84	2.27	3.70	1.94	1.28
1 3/4"	44.45	1.80	1.98	2.41	5.48	2.47	1.51
1 3/4"	44.45	2.00	2.20	2.67	6.01	2.70	1.50
1 7/8"	47.63	1.80	2.11	2.59	6.80	2.86	1.62
1 7/8"	47.63	2.00	2.34	2.87	7.46	3.13	1.61
2"	50.80	1.80	2.22	2.77	8.32	3.27	1.73
2"	50.80	2.00	2.48	3.07	9.13	3.59	1.73
2 3/8"	60.33	2.00	2.92	3.67	15.58	5.17	2.06
2 1/2"	63.50	2.00	3.09	3.86	18.27	5.75	2.17
2 7/8"	73.03	2.00	3.56	4.46	28.14	7.71	2.51
3"	88.90	2.00	4.35	5.48	51.54	11.60	3.07
4"	114.30	2.00	5.67	7.06	111.23	19.46	3.97

Anexo 4: Tabla de longitudes corporal, frontal, lateral de los pollos

muestra	Longitud corporal	Longitud frontal	Longitud lateral
1	50	20	12
2	42	18	12
3	45	20	11
4	48	23	12
5	50	21	11
6	47	22	11
7	46	21	12
8	49	20	10
9	48	20	11
10	50	20	11
11	49	20	11
12	48	20	10
13	48	20	11
14	49	28	13
15	50	25	13
16	50	23	14
17	46	21	11
18	51	26	12
19	52	26	13
20	55	28	13

Anexo 5: Especificaciones técnicas de los rodamientos.

RODAMIENTOS DE BOLAS EN ACERO INOXIDABLE



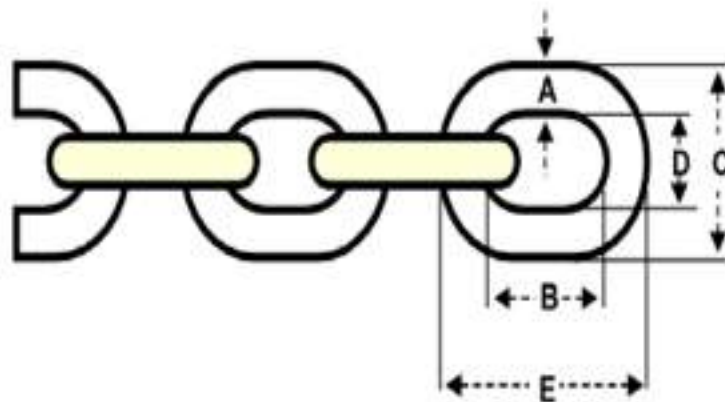
VERSIÓN ESTANCA

Ref	Dimensiones (mm)			Cargas de base (kN)		Velocidad (r.p.m.) Velocidad límite mecánica	Respaldo y agujeros (mm)				Peso (kg)
	d	D	B	Cr	Co		r1 máx	r2 máx	d1 máx	d2 máx	
60002RSD136	10	28	8	4,5	1,97	22000	0,3	34,0	12,0	12,8	0,03
60012RSD136	12	28	8	5,7	2,39	18000	0,3	36,0	14,0	16,3	0,03
60022RSD136	15	32	9	6,8	2,85	15000	0,3	30,0	17,0	19,3	0,03
60032RSD136	17	35	10	8,8	3,38	13000	0,3	33,0	19,0	21,3	0,04
60042RSD136	20	42	12	9,2	3,91	11000	0,6	38,0	24,0	26,0	0,07
60052RSD136	25	47	12	9,8	3,96	9500	0,6	43,0	29,0	30,0	0,08
60062RSD136	30	55	13	12,1	4,38	7800	1,8	50,0	35,0	36,4	0,12
60072RSD136	35	62	14	15,7	6,28	6800	1,8	57,0	40,0	41,9	0,16
60082RSD136	40	68	15	16,5	6,96	6100	1,8	63,0	45,0	46,8	0,19
60202RSD136	10	28	9	5,7	2,39	18000	0,6	25,0	14,0	16,6	0,03
60212RSD136	12	30	10	6,7	2,88	16000	0,6	28,0	16,0	17,6	0,04
60222RSD136	15	35	11	7,8	3,79	13000	0,6	31,0	19,0	19,7	0,05
60232RSD136	17	40	12	8,5	4,88	12000	0,6	35,0	21,0	22,7	0,07
60242RSD136	20	47	14	12,7	6,79	10000	1,8	42,0	25,0	27,5	0,11
60252RSD136	25	52	15	13,8	7,99	8800	1,8	47,0	30,0	31,8	0,13
60262RSD136	30	62	16	19,3	11,28	7400	1,8	57,0	35,0	36,8	0,20
60307RSD136	35	70	17	25,5	15,40	6400	1,8	65,5	41,5	44,8	0,28
60308RSD136	40	80	18	33,8	17,98	5700	1,8	73,5	48,5	50,8	0,37
60301RSD136	10	35	11	8,1	3,45	16000	0,6	31,0	14,0	18,0	0,05
603012RSD136	12	37	12	9,7	4,28	16000	1,8	32,0	17,0	17,8	0,06
60302RSD136	15	43	13	11,4	5,48	13000	1,8	37,0	20,0	22,5	0,08
60303RSD136	17	47	14	13,6	6,68	11000	1,8	42,0	22,0	25,0	0,11
60304RSD136	20	53	15	15,9	7,98	10000	1,8	45,5	26,5	27,8	0,14
60305RSD136	25	63	17	20,4	11,3	8400	1,8	55,5	31,5	34,0	0,21



Anexo 6: Características de cadena galvanizado

Referencia	72312	72313	72314	72315	72316	72317	72318
Tipo	ISO 4565 / DIN 766		DIN 766	ISO 4565		ISO4565 / DIN 766	
A (mm)	6	8	10	10	12	14	16
B (mm)	18,5	24	28	30	36	41,5	45
C (mm)	20	27,5	34	34,5	39,6	47,4	54,6
D (mm)	8	11,5	14	14,5	15,6	19,4	22,6
E (mm)	30,5	40	48	50	60	69,5	77
Peso / m (kg)	0,8	1,42	2,2	2,28	3,23	4,37	5,72
Carga de rotura(kg)	2400	4300	6750	6750	9700	13230	17280



Anexo 7: Características del calentador

Calefactor con tapón de acoplamiento en latón, forma "U"

Código	L en mm	Rosca tapón pulgadas Gas	Wattios	W/cm ²	Material tubo	Peso en Kg	Clase térmica constructiva	Gama caja de conexiones	
								Electricfor	IP-40 (1)
NA001	180	3/4"	500	8,3	Inox	0,21	T-300-E	C-FE-3/4"	—
NA001C	180	3/4"	500	8,3	Cu	0,21	T-175-E	C-FE-3/4"	—
NA002	180	1 1/4"	500	8,3	Inox	0,28	T-300-E	C-MENZ	Gama P3
NA002C	180	1 1/4"	500	8,3	Cu	0,28	T-175-E	C-MENZ	Gama P3
NA101	180	1"	500	8,3	Inox	0,21	T-300-E	C-MENZ	—
NA101C	180	1"	500	8,3	Cu	0,21	T-175-E	C-MENZ	—
NA003	260	3/4"	750	7,5	Inox	0,24	T-300-E	C-FE-3/4"	—
NA003C	260	3/4"	750	7,5	Cu	0,24	T-175-E	C-FE-3/4"	—
NA004	260	1 1/4"	750	7,5	Inox	0,32	T-300-E	C-MENZ	Gama P3
NA004C	260	1 1/4"	750	7,5	Cu	0,32	T-175-E	C-MENZ	Gama P3
NA103	260	1"	750	7,5	Inox	0,25	T-300-E	C-MENZ	—
NA103C	260	1"	750	7,5	Cu	0,25	T-175-E	C-MENZ	—
NA104C	260	1 1/2"	750	7,5	Cu	0,30	T-175-E	C-MENZ	—
NA005	350	3/4"	1000	7	Inox	0,28	T-300-E	C-FE-3/4"	—
NA005C	350	3/4"	1000	7	Cu	0,28	T-175-E	C-FE-3/4"	—
NA006	350	1 1/4"	1000	7	Inox	0,35	T-300-E	C-MENZ	Gama P3
NA006C	350	1 1/4"	1000	7	Cu	0,35	T-175-E	C-MENZ	Gama P3
NA105	350	1"	1000	7	Inox	0,29	T-300-E	C-MENZ	—
NA105C	350	1"	1000	7	Cu	0,29	T-175-E	C-MENZ	—
NA008	520	1 1/4"	1500	6,6	Inox	0,44	T-300-E	C-MENZ	Gama P3
NA008C	520	1 1/4"	1500	6,6	Cu	0,44	T-175-E	C-MENZ	Gama P3
NA108	520	1"	1500	6,6	Inox	0,36	T-300-E	C-MENZ	—
NA108C	520	1"	1500	6,6	Cu	0,36	T-175-E	C-MENZ	—
NA010	680	1 1/4"	2000	6,5	Inox	0,50	T-300-E	C-MENZ	Gama P3
NA010C	680	1 1/4"	2000	6,5	Cu	0,50	T-175-E	C-MENZ	Gama P3

Anexo 8: Características del agua en la transferencia del calor

TABLA A-91

Propiedades del agua saturada

Temp., T, °F	Presión de saturación, P _{sat} , psia	Densidad, ρ, lbm/ft ³		Entalpía de vaporización, h _{fg} , Btu/lbm	Calor específico, c _p , Btu/lbm · °F		Conductividad térmica, k, Btu/h · ft · °F		Viscosidad dinámica, μ, lbm/ft · h		Número de Prandtl, Pr		Coeficiente de expansión volumétrica, β, 1/R
		Líquido	Vapor		Líquido	Vapor	Líquido	Vapor	Líquido	Vapor	Líquido	Vapor	
32.02	0.0887	62.41	0.00030	1 075	1.010	0.446	0.324	0.0099	1.204 × 10 ⁻⁴	6.194 × 10 ⁻⁶	13.8	1.00	-0.038 × 10 ⁻³
40	0.1217	62.42	0.00034	1 071	1.004	0.447	0.329	0.0100	1.308 × 10 ⁻⁴	6.278 × 10 ⁻⁶	11.4	1.01	0.003 × 10 ⁻³
50	0.1780	62.41	0.00069	1 065	1.000	0.448	0.338	0.0102	8.781 × 10 ⁻⁵	6.361 × 10 ⁻⁶	9.44	1.01	0.047 × 10 ⁻³
60	0.2563	62.36	0.00083	1 050	0.999	0.449	0.341	0.0104	7.536 × 10 ⁻⁵	6.444 × 10 ⁻⁶	7.95	1.00	0.080 × 10 ⁻³
70	0.3632	62.30	0.00119	1 054	0.999	0.450	0.347	0.0106	6.596 × 10 ⁻⁵	6.556 × 10 ⁻⁶	6.79	1.00	0.115 × 10 ⁻³
80	0.5073	62.22	0.00158	1 048	0.999	0.451	0.352	0.0108	5.764 × 10 ⁻⁵	6.667 × 10 ⁻⁶	5.89	1.00	0.145 × 10 ⁻³
90	0.6988	62.12	0.00214	1 043	0.999	0.453	0.358	0.0110	0.117 × 10 ⁻⁴	6.778 × 10 ⁻⁶	5.14	1.00	0.174 × 10 ⁻³
100	0.9503	62.00	0.00286	1 037	0.999	0.454	0.363	0.0112	4.578 × 10 ⁻⁵	6.889 × 10 ⁻⁶	4.54	1.01	0.200 × 10 ⁻³
110	1.2763	61.86	0.00377	1 031	0.999	0.456	0.367	0.0115	4.128 × 10 ⁻⁵	7.000 × 10 ⁻⁶	4.05	1.00	0.224 × 10 ⁻³
120	1.6945	61.71	0.00493	1 026	0.999	0.458	0.371	0.0117	3.744 × 10 ⁻⁵	7.111 × 10 ⁻⁶	3.63	1.00	0.246 × 10 ⁻³
130	2.229	61.55	0.00636	1 020	0.999	0.460	0.375	0.0120	3.417 × 10 ⁻⁵	7.222 × 10 ⁻⁶	3.28	1.00	0.267 × 10 ⁻³
140	2.892	61.38	0.00814	1 014	0.999	0.463	0.378	0.0122	3.136 × 10 ⁻⁵	7.333 × 10 ⁻⁶	2.98	1.00	0.287 × 10 ⁻³
150	3.722	61.19	0.0103	1 008	1.000	0.465	0.381	0.0125	2.895 × 10 ⁻⁵	7.472 × 10 ⁻⁶	2.73	1.00	0.306 × 10 ⁻³
160	4.745	60.99	0.0129	1 002	1.000	0.468	0.384	0.0128	2.675 × 10 ⁻⁵	7.583 × 10 ⁻⁶	2.51	1.00	0.325 × 10 ⁻³
170	5.996	60.79	0.0161	996	1.001	0.472	0.386	0.0131	2.483 × 10 ⁻⁵	7.722 × 10 ⁻⁶	2.30	1.00	0.346 × 10 ⁻³
180	7.515	60.57	0.0199	990	1.002	0.475	0.388	0.0134	2.317 × 10 ⁻⁵	7.833 × 10 ⁻⁶	2.15	1.00	0.357 × 10 ⁻³
190	9.343	60.35	0.0244	984	1.004	0.479	0.390	0.0137	2.169 × 10 ⁻⁵	7.972 × 10 ⁻⁶	2.01	1.00	0.382 × 10 ⁻³
200	11.53	60.12	0.0297	978	1.005	0.483	0.391	0.0141	2.036 × 10 ⁻⁵	8.083 × 10 ⁻⁶	1.88	1.00	0.395 × 10 ⁻³
210	14.129	59.87	0.0359	972	1.007	0.487	0.392	0.0144	1.917 × 10 ⁻⁵	8.222 × 10 ⁻⁶	1.77	1.00	0.412 × 10 ⁻³
212	14.698	59.82	0.0373	970	1.007	0.488	0.392	0.0145	1.894 × 10 ⁻⁵	8.250 × 10 ⁻⁶	1.75	1.00	0.417 × 10 ⁻³
220	17.19	59.62	0.0432	965	1.009	0.492	0.393	0.0148	1.808 × 10 ⁻⁵	8.333 × 10 ⁻⁶	1.67	1.00	0.429 × 10 ⁻³
230	20.78	59.36	0.0516	959	1.011	0.497	0.394	0.0152	1.711 × 10 ⁻⁵	8.472 × 10 ⁻⁶	1.58	1.00	0.443 × 10 ⁻³
240	24.97	59.09	0.0612	952	1.013	0.503	0.394	0.0156	1.625 × 10 ⁻⁵	8.611 × 10 ⁻⁶	1.50	1.00	0.462 × 10 ⁻³
250	29.82	58.82	0.0723	946	1.015	0.509	0.395	0.0160	1.544 × 10 ⁻⁵	8.611 × 10 ⁻⁶	1.43	1.00	0.480 × 10 ⁻³
260	35.42	58.53	0.0850	939	1.018	0.516	0.395	0.0164	1.472 × 10 ⁻⁵	8.861 × 10 ⁻⁶	1.37	1.00	0.497 × 10 ⁻³
270	41.85	58.24	0.0993	932	1.020	0.523	0.395	0.0168	1.406 × 10 ⁻⁵	9.000 × 10 ⁻⁶	1.31	1.01	0.514 × 10 ⁻³
280	49.18	57.94	0.1156	925	1.023	0.530	0.395	0.0172	1.344 × 10 ⁻⁵	9.111 × 10 ⁻⁶	1.25	1.01	0.532 × 10 ⁻³
290	57.53	57.63	0.3390	918	1.026	0.538	0.395	0.0177	1.289 × 10 ⁻⁵	9.250 × 10 ⁻⁶	1.21	1.01	0.549 × 10 ⁻³
300	66.98	57.31	0.1545	910	1.029	0.547	0.394	0.0182	1.236 × 10 ⁻⁵	9.389 × 10 ⁻⁶	1.16	1.02	0.566 × 10 ⁻³
320	89.60	56.65	0.2033	895	1.036	0.567	0.393	0.0191	1.144 × 10 ⁻⁵	9.639 × 10 ⁻⁶	1.09	1.03	0.636 × 10 ⁻³
340	117.93	55.95	0.2637	880	1.044	0.590	0.391	0.0202	1.063 × 10 ⁻⁵	9.889 × 10 ⁻⁶	1.02	1.04	0.656 × 10 ⁻³
360	152.92	55.22	0.3377	863	1.054	0.617	0.389	0.0213	9.972 × 10 ⁻⁶	1.013 × 10 ⁻⁵	0.973	1.06	0.681 × 10 ⁻³
380	196.60	54.46	0.4275	845	1.065	0.647	0.385	0.0224	9.361 × 10 ⁻⁶	1.041 × 10 ⁻⁵	0.932	1.08	0.720 × 10 ⁻³
400	241.1	53.65	0.5359	827	1.078	0.683	0.382	0.0237	8.833 × 10 ⁻⁶	1.066 × 10 ⁻⁵	0.893	1.11	0.771 × 10 ⁻³
450	422.1	51.46	0.5082	775	1.121	0.799	0.370	0.0271	7.722 × 10 ⁻⁶	1.130 × 10 ⁻⁵	0.842	1.20	0.932 × 10 ⁻³
500	680.0	48.95	1.479	715	1.188	0.972	0.352	0.0312	6.833 × 10 ⁻⁶	1.200 × 10 ⁻⁵	0.830	1.35	1.111 × 10 ⁻³
550	1 046.7	45.96	4.268	641	1.298	1.247	0.329	0.0368	6.083 × 10 ⁻⁶	1.280 × 10 ⁻⁵	0.864	1.56	1.445 × 10 ⁻³
600	1 541	42.32	3.736	550	1.509	1.759	0.299	0.0461	5.389 × 10 ⁻⁶	1.380 × 10 ⁻⁵	0.979	1.90	1.883 × 10 ⁻³
650	2 210	37.31	6.152	422	2.086	3.103	0.267	0.0677	4.639 × 10 ⁻⁶	1.542 × 10 ⁻⁵	1.30	2.64	—
700	3 090	27.28	13.44	168	13.80	25.90	0.254	0.1964	3.417 × 10 ⁻⁶	2.044 × 10 ⁻⁵	6.68	9.71	—
705.44	3 204	19.79	19.79	0	—	—	—	—	2.897 × 10 ⁻⁶	2.897 × 10 ⁻⁵	—	—	—

Nota 1: La viscosidad cinemática ν y la difusividad térmica α se pueden calcular a partir de sus definiciones, $\nu = \mu/\rho$ y $\alpha = k/\rho c_p = \nu/Pr$. Las temperaturas de 32.02°F, 212°F y 705.44°F son las temperaturas de los puntos triple, de ebullición y crítico del agua, respectivamente. Todas las propiedades que se aprecian en la lista (excepto la densidad del vapor) se pueden usar a cualquier presión con error despreciable, excepto a temperaturas cercanas al valor del punto crítico.

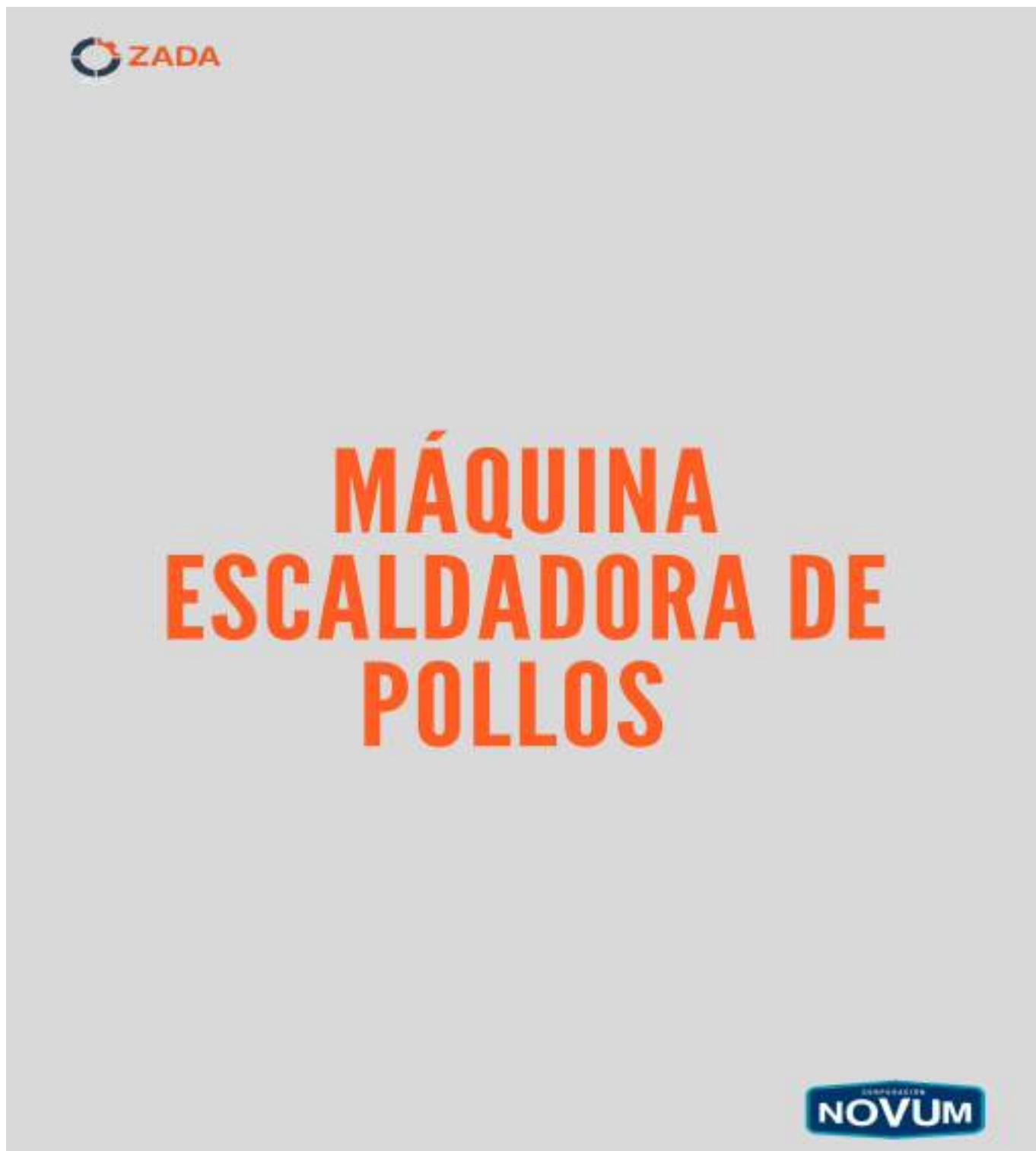
Nota 2: La unidad Btu/lbm · °F, para el calor específico, es equivalente a Btu/lbm · R y la unidad Btu/h · ft · °F, para la conductividad térmica, es equivalente a Btu/h · ft · R.

Fuente: Los datos de la viscosidad y la conductividad térmica se tomaron de J. V. Sengers y J. T. R. Watson, *Journal of Physical and Chemical Reference Data* 15 (1986), pp. 1291-1322. Los otros datos se obtuvieron de diversas fuentes o se calcularon.

Anexo 9: Tabla de calibre de cable comercial

AMPERAJE - CABLE DE COBRE			
Tipo de aislante	TW	RHW, THW, THWN	THHN, XHHW-2 THWN-2
Nivel de temperatura	60°C	75°C	90°C
Calibre de cable	Amperaje soportado		
14 AWG	15 A	15 A	15 A
12 AWG	20 A	20 A	20 A
10 AWG	30 A	30 A	30 A
8 AWG	40 A	50 A	55 A
6 AWG	55 A	65 A	75 A
4 AWG	70 A	85 A	95 A
3 AWG	85 A	100 A	115 A
2 AWG	95 A	115 A	130 A
1 AWG	110 A	130 A	145 A
1/0 AWG	125 A	150 A	170 A
2/0 AWG	145 A	175 A	195 A
3/0 AWG	165 A	200 A	225 A
4/0 AWG	195 A	230 A	260 A

Anexo 9: Cotización de construcción e implementación de la maquina

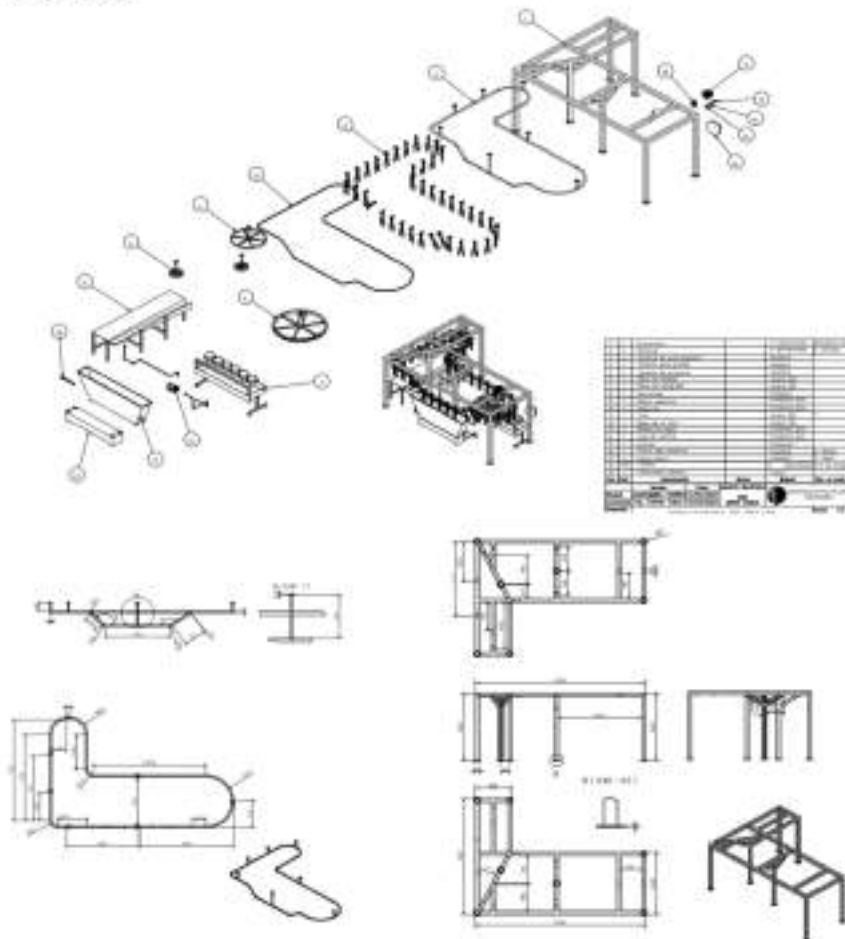


COTIZACIÓN

1 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

- **Capacidad del equipo**
 - 200 pollos escaldados por hora.
- **Potencia instalada**
 - 5 hp de potencia de todo el conjunto de motores.
- **Materiales**
 - Acero inoxidable.
 - Acero galvanizado.
- **Insumos requeridos**
 - Energía de fuente de voltaje monofásica y trifásica

2 DISEÑO



COTIZACIÓN

3 PRECIO

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1	ESCALDADORA DE POLLOS	\$ 15,100.00	\$ 15,100.00
		SUB TOTAL	\$ 15,100.00
		IVA	\$ 1,812.00
		TOTAL	\$ 16,912.00

4 CONDICIONES DE LA COTIZACIÓN

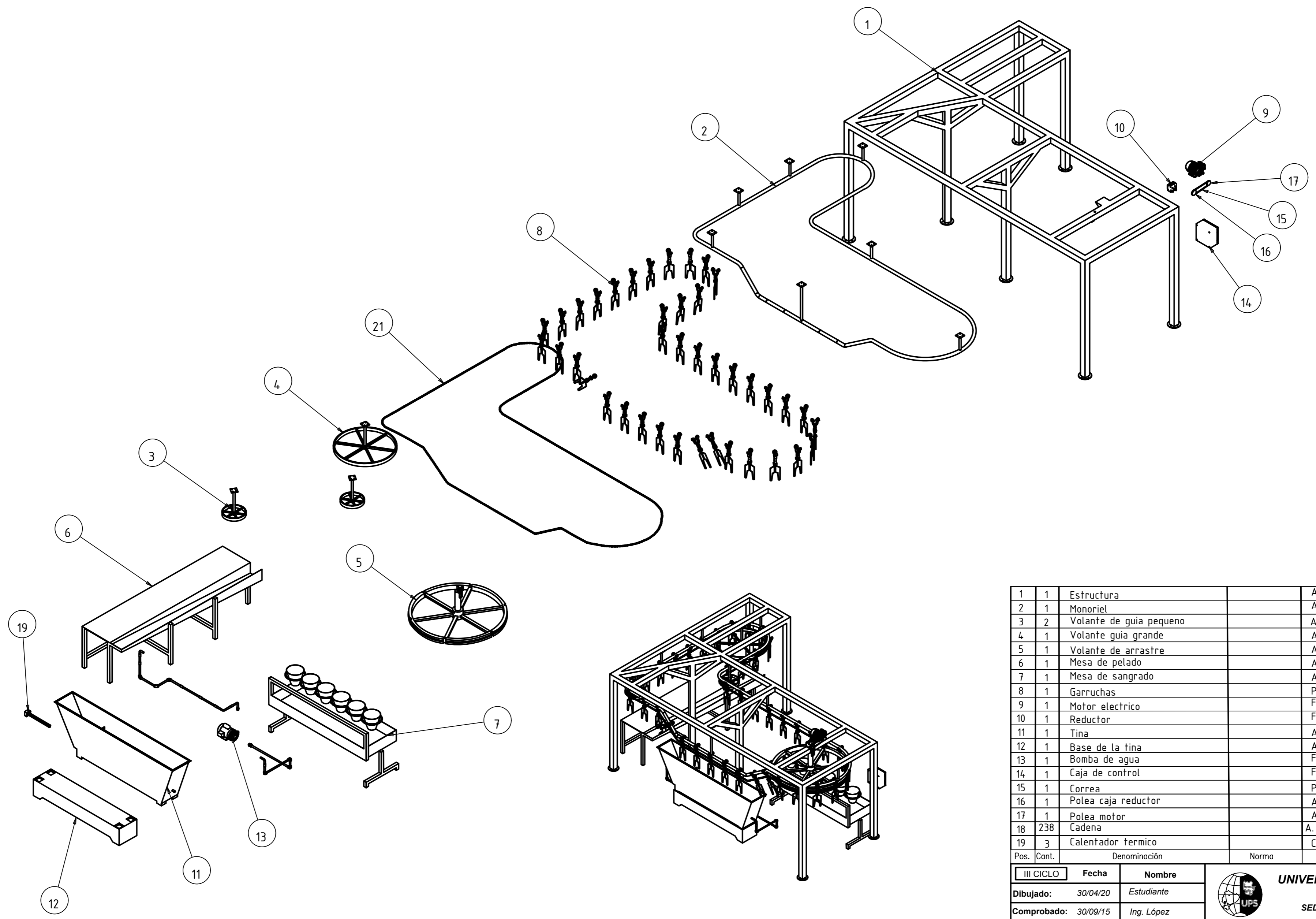
- **Precio:**
Establecidos para la oferta son en dólares americanos; estos precios han sido calculados en base a las diferentes condiciones del mercado.
- **Forma de pago:**
50 % de anticipo y 50% contra entrega.
- **Tiempo de entrega:**
5 semanas después de aprobada la presente cotización.
- **Validez:**
El tiempo de validez de la presente oferta es 8 días. De exceder el mismo se revisarán los valores ofertados debido a la disponibilidad de materiales.



Dirección: Juan Eljuri Chica y Cornelio Vintimilla
Cuenca - Ecuador

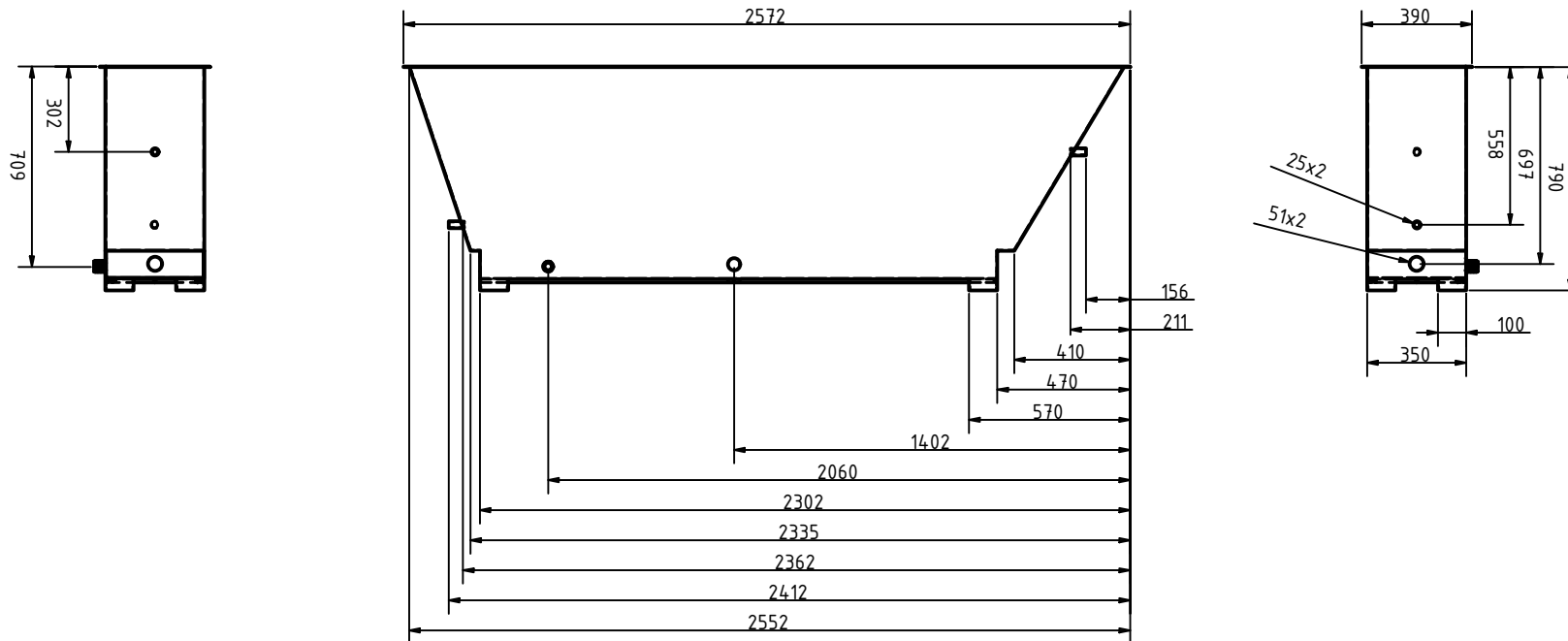
Persona de contacto: Ing. Josué Palacios


Teléfono: 2808033-0987086545

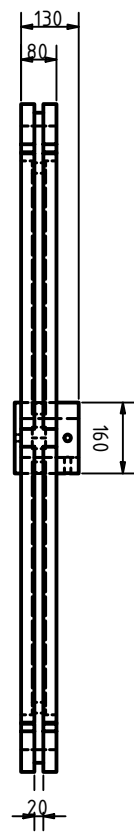
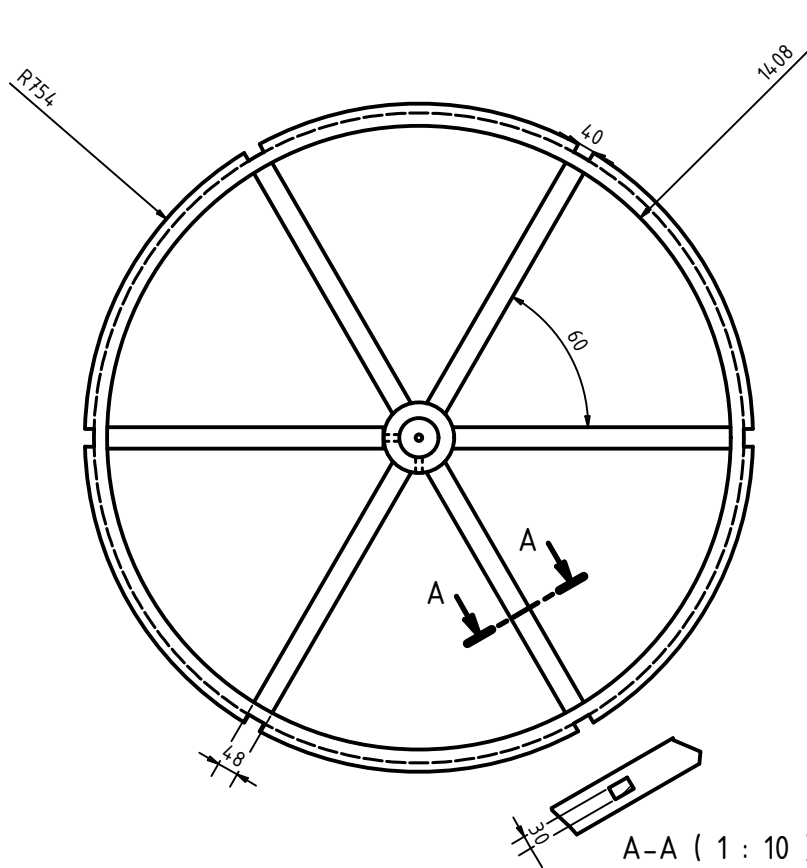


Pos.	Cant.	Denominación	Norma	Material	Dim. en bruto
1	1	Estructura		A. galvanizado	100x100x2 (mm)
2	1	Monoriel		A galvanizado	D. 25,4mm
3	2	Volante de guia pequeno		Aluminio	
4	1	Volante guia grande		Aluminio	
5	1	Volante de arrastre		Aluminio	
6	1	Mesa de pelado		Acero 304	
7	1	Mesa de sangrado		Acero 304	
8	1	Garruchas		Polimero	
9	1	Motor electrico		Fundicion gris	
10	1	Reductor		Fundicion gris	
11	1	Tina		Acero 304	1
12	1	Base de la tina		Acero 304	
13	1	Bomba de agua		Fundicion gris	
14	1	Caja de control		Fundicion gris	
15	1	Correa		Poliester	
16	1	Polea caja reductor		Aluminio	D. 150mm
17	1	Polea motor		Aluminio	D. 70mm
18	238	Cadena		A. galvanizado	3/4' in
19	3	Calentador termico		Cobre	

III CICLO	Fecha	Nombre	UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE MATRIZ CUENCA INGENIERÍAS Carrera de Ingeniería
Dibujado:	30/04/20	Estudiante	
Comprobado:	30/09/15	Ing. López	
Dibujo Industrial			
Escala:	Tol. gen.:		
1:1	ISO		
Lámina:	1	MAQUINA DE ESCALDADO DE POLLOS	



5	Tina	A, inox 304	1		60 HRC
5	Busher hembra	A Galvanizado	1		60 HRC
POSICIÓN	DENOMINACIÓN	MATERIAL	CANTIDAD	NORMA	OBSERVACIONES
<input checked="" type="checkbox"/> CICLO	Fecha	Nombre	 UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE MATRIZ CUENCA INGENIERÍAS Carrera de Ingeniería		
Dibujado:	30/06/21	F. GUARTAMBEL C. TORRES			
Comprobado:	26/11/21	Ing. Cobos			
Dibujo Industrial					
Escala: 1:1	Tol. gen.: ISO	Conjunto: Maquina de escaldado			
Lámina: 1	TINA DE ESCALDADO				



5	Volante	Aluminio	1		60 HRC
5	Rodamiento	Acero XW5	1		60 HRC
POSICIÓN	DENOMINACIÓN	MATERIAL	CANTIDAD	NORMA	OBSERVACIONES

X CICLO	Fecha	Nombre
Dibujado:	30/06/21	F. GUARTAMBEL C. TORRES
Comprobado:	26/11/21	Ing. Cobos



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA
SALESIANA**

SEDE MATRIZ CUENCA

Dibujo Industrial

INGENIERÍAS
Carrera de Ingeniería

Escala: 1:1	Tol. gen.: ISO	Conjunto: Eje de revolución
----------------	-------------------	-----------------------------

Lámina: 3

VOLANTE DE ARRASTRE