

“DISEÑO DE UNA MÁQUINA ESCALDADORA PARA EL PROCESAMIENTO DE POLLOS EN LA INDUSTRIA ARTESANAL”

Carlos Villarreal, Mauricio Sánchez

Resumen.-El presente trabajo tiene como objetivo el Diseño y construcción del sistema que permita el escaldado de pollos de una manera similar a la que se está procesando, se mejorará la calidad del pollo con la ayuda de un control de la temperatura del agua y el tiempo de escaldado.

Se realizó un estudio de las diferentes formas y métodos para el escaldado de donde se tomaron características de cada una para acoplar a un nuevo diseño, que permita mejorar la calidad y ahorrar recursos como el agua y combustible, así permitirá bajar los costos de producción del pollo.

Para determinar los rangos de temperatura del agua y el tiempo de escaldado se realizó la toma de datos en una faenadora teniendo como resultado, para el proceso de pollos a mano se necesita un rango de temperatura de 65 °C a 70 °C y para el proceso a máquina 52°C a 56 °C, esto en un tiempo de 60 s y 90 s respectivamente.

1. Introducción

En este trabajo se ve la necesidad de mejorar la calidad e higiene en el proceso de faenado de pollos por medio de un adecuado escaldado. El escaldado es una de las etapas más esenciales, en esta se debe controlar variables como la temperatura y el tiempo de permanencia del pollo en la tina ya que afectan directamente a la calidad del desplume de los pollos, si este proceso se realiza de una forma inadecuada conlleva a pérdidas de tiempo y dinero.

Actualmente el proceso de escaldado se realiza de una forma manual y empírica, no se controla ningún parámetro como la temperatura del agua y el tiempo

de escaldar. Durante este proceso los pollos ingresan a ser escaldados a una temperatura del agua elevada o baja, de igual forma con el tiempo de escaldado, así afectando directamente a la calidad del pollo procesado.

2. La producción avícola en el Ecuador

La avicultura en el Ecuador se constituye como una de las actividades más relevantes en el contexto alimentario, en virtud de su gran aporte a lo largo de toda la cadena agroalimentaria, desde la producción de materias primas, tales como, el morochillo y soya, para la elaboración de alimentos balanceados hasta que finalmente son fuente de alimento avícola para la producción de huevos y carne.

En la Figura 1 se puede observar que el consumo de carne de pollo ha tenido un notable crecimiento en el país, en el año noventa se estimó en 7 kg/persona/año y en el 2012 en 32 Kg/persona/año, debiéndose a la gran demanda de este producto y a los precios convenientes en relación a los sustitutos (Jarrin, 2014)

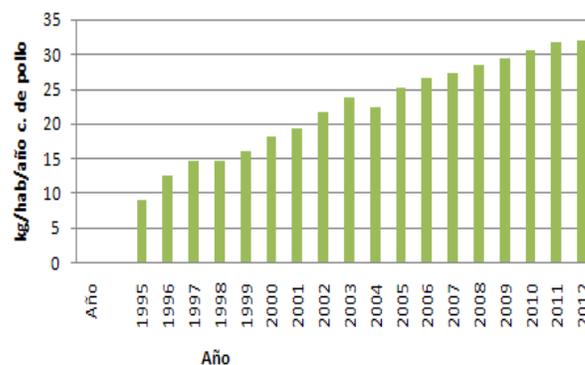


Figura 1.- Consumo de pollo por habitante del Ecuador en los años 1995-2012.

Fuente: (Conave, 2014)

2.1. El proceso de faenado

En la Figura 2 se indica el proceso de sacrificio de las aves, que comienza con la recepción de las aves que van a ser sacrificadas; se retiran de las jaulas para colocarlas en el sistema de transporte, seguidamente se procede a sacrificarlas, dejándolas desangrar, posteriormente ingresan al área de escaldado, desplume, y remoción de viseras para ser almacenados y transportados al mercado.

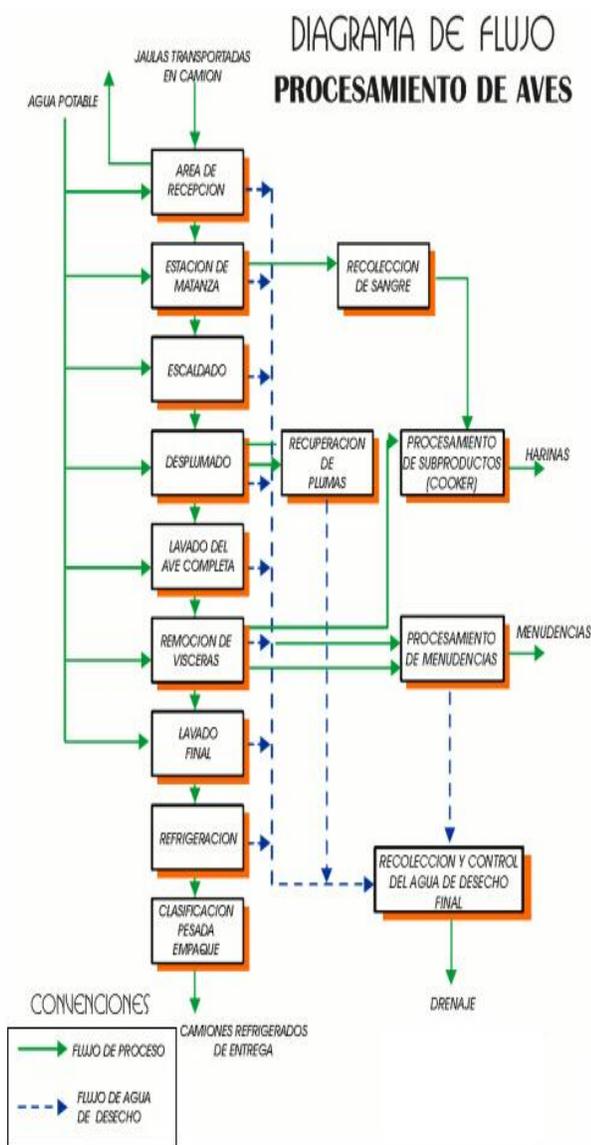


Figura 2.- Diagrama de flujo del proceso de faena de pollos.

Fuente: (Tecnologías Limpias, 2015).

2.2. Escaldado de los pollos.

El escaldado de los pollos se lo realiza para aflojar la inserción de las plumas en los folículos, ya que su eliminación no es posible realizarla en seco, facilitando la posterior operación de desplumado.

Normalmente el escaldado se realiza por inmersión en agua caliente, y se distinguen tres tipos: escaldado alto, escaldado medio y el escaldado bajo dependiendo de los parámetros tiempo y temperatura. En la industria artesanal los más usados son el escaldado alto para proceso de desplume a mano y el escaldado bajo para el proceso de desplume a máquina.

Durante la permanencia de los pollos en la tina de escaldado, el agua debe agitarse para que penetre entre las plumas y llegue a la piel, cumpliendo su función de abrir los folículos. Los principales sistemas de agitación son el bombeo, turbinas e inyección de aire.

La temperatura del agua se controla dependiendo del método de escaldado, manual o automática mediante la entrada de agua fría y el encendido de la fuente de energía térmica.

2.2.1. Métodos de escaldado de pollos

Se describen métodos para el escaldado de pollos de los cuales se analizará ventajas y desventajas de cada una para el diseño de una escaldadora de pollos.

2.2.1.1. Escaldado tradicional.

Ventajas:

- Costo de adquisición bajo.
- Baja producción.

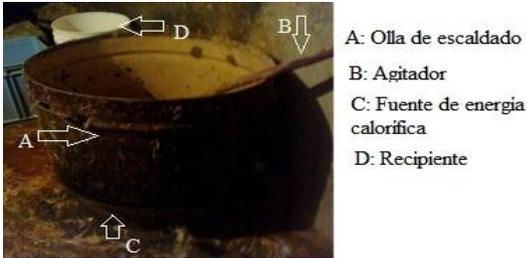


Figura 3.- Olla para el escaldado tradicional de los pollos.

Desventajas:

- No existe control de tiempo, temperatura de escaldado.
- Esfuerzo físico elevado.
- Riesgo a posibles quemaduras.
- Gasto elevado de agua.
- Alto grado de contaminación.
- Pollo de mala calidad.

2.2.1.2. Tina de escaldado con aspas.

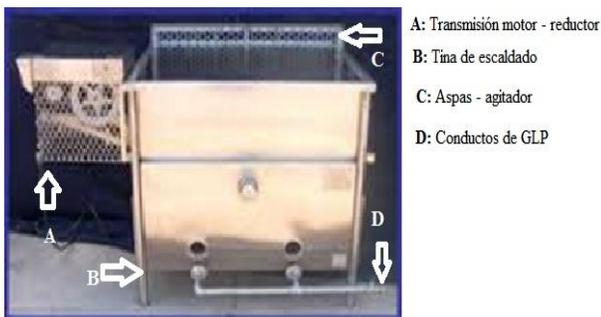


Figura 4.- Tina de escaldado con aspas.

Fuente: (MAC, 2010)

Ventajas:

- Reducción esfuerzo físico al obrero.
- Costo moderado de adquisición.
- Ahorro de agua.
- Producción moderada

Desventajas:

- Maltrato del pollo.
- Alto grado de contaminación.
- Sobrescaldado.
- Alto grado de contaminación.

2.2.1.3. Escaldador de pollos para producción en línea por inmersión.



Figura 5.- Escaldador de pollos por inmersión para producción en línea.

Fuente: (Poultry Dressing plant Scalding or Chicken Scalding, 2013)

Ventajas:

- Reducción esfuerzo físico al obrero.
- Ahorro de agua.
- Ahorro de combustible (GLP o diesel).
- Producción elevada y de buena calidad.
- Moderado grado de contaminación.

Desventajas:

- Costo elevado de adquisición.

2.2.1.4. Escaldado de pollos con vapor de agua "Hotbox".

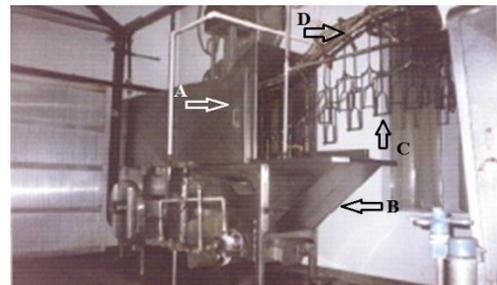


Figura 6.- Escaldador de pollos con vapor de agua.

Fuente: (Valenti, 2013)

Ventajas:

- Bajo esfuerzo físico a los obreros.
- Ahorro de agua.

- Ahorro de combustible (GLP o diesel).
- Producción elevada y de buena calidad.
- Bajo grado de contaminación.

Desventajas:

- Costo elevado de adquisición.

2.2.1.5. Problemas del escaldado de los pollos.

Cuando la temperatura del agua supera los 70 °C y el tiempo de escaldado es prolongado se produce una cocción de la epidermis provocando rupturas de la piel en la etapa del desplumado, a esto se le denomina sobrecaldado, como se observa en la Figura 7 a. Con la temperatura inferior a los 50 °C, se genera una decoloración en la piel del pollo (manchas, color no uniforme), debido a la falta de transmisión de calor hacia los folículos el desplume es ineficiente, aumentando el tiempo de proceso del pollo; este fenómeno se observa en la Figura 7 b.

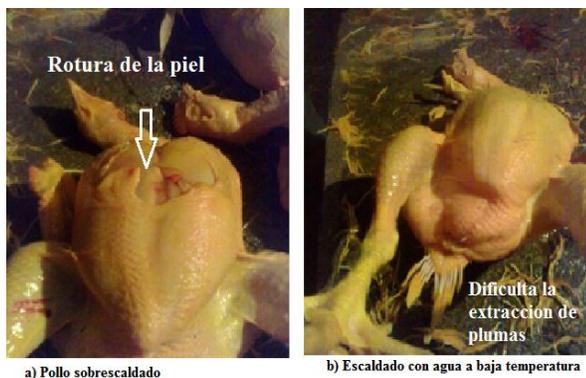


Figura 7.- Problemas del escaldado al no tener control del tiempo y temperatura de escaldado.

2.2.1.6. Parámetros para un óptimo escaldado.

Los parámetros para un óptimo escaldado son la temperatura del agua y el tiempo de escaldado, se realizó toma de datos con el método de escaldado tradicional artesanal para establecer estos parámetros, lectura de dos lotes de pollos que fueron procesados, teniendo como resultado una media de 67 °C la temperatura del agua, con un tiempo de 73 s para el escaldado alto y 54 °C la temperatura del agua con un

tiempo de 90 s para un escaldado bajo. Estos parámetros serán considerados posteriormente para el diseño de la escaldadora.

2.2.1.7. Selección de la alternativa adecuada para el escaldado de pollos.

Para seleccionar la alternativa adecuada, se tomará en cuenta las ventajas y desventajas de cada una de los métodos antes mencionados, además se toma en cuenta los siguientes criterios.

- Esfuerzo físico al personal de la planta de faenamiento.
- Consumo de agua.
- Consumo de combustible.
- Grado de contaminación.
- Costo de fabricación.

Tabla 1.- Selección de la alternativa para el diseño de la escaldadora.

PARÁMETRO	ALTERNATIVA			
	T R A	TI N A	PROD UCCIÓ N EN	VAPOR
ESFUERZO FÍSICO	10	9	5	5
CONSUMO DE AGUA	10	8	5	2
CONSUMO COMBUSTIBLE	9	8	6	8
COSTO	1	3	5	10
GRADO DE CONTAMINACIÓN	10	8	5	1
TOTAL	40	36	26	26

Con los resultados de la Tabla 1, muestra dos alternativas de diseño, el método de producción en línea por inmersión y la del escaldado por vapor siendo despreciada la última por el parámetro costo que no es accesible para la industria artesanal.

Con esto se determina que el escaldado de producción en línea es la mejor alternativa para el diseño de la máquina.

3. Diseño de la línea de escaldado de pollos por inmersión

La Figura 8, indica los sistemas y los elementos que conforman la línea de escaldado de pollos por inmersión.

La Figura 9 se detalla un bosquejo de la máquina con sus respectivos sistemas y elementos que lo conforma.

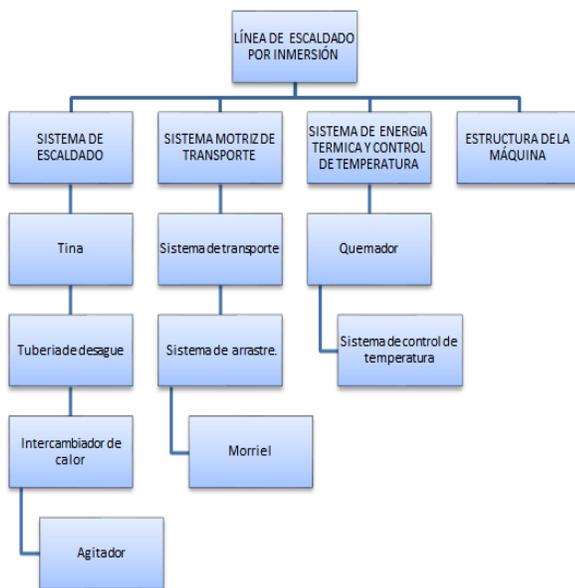


Figura 8.- Sistemas y elementos que conforman el escaldado de pollos por inmersión.

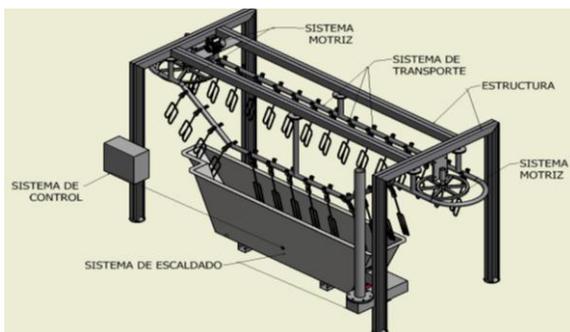


Figura 9.- Escaldadora de pollos por inmersión y sus sistemas que lo conforman.

Los sistemas que conforman el escaldado de pollos por inmersión son:

- Sistema de escaldado.
- Sistema motriz y de transporte.
- Sistema de energía térmica y control de temperatura.
- Estructura de la máquina.

3.1. Diseño y dimensionamiento mecánico del sistema de escaldado

En la Figura 10 se detalla los elementos que conforma el sistema de escaldado:

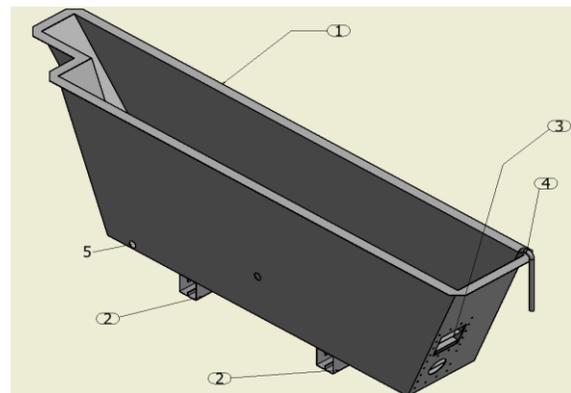


Figura 10.- Elementos que conforma el sistema de escaldado.

1. Tina de escaldado.
2. Bases de la tina
3. Intercambiador de calor.
4. Agitador.
5. Orificio para el desagüe.

3.1.1. Diseño de la tina de escaldado.

Mediante la medición de varios pollos de diferentes tamaños se obtuvo una muestra de la cual se tomarán los máximos valores para garantizar que la altura y el ancho de la tina sean los adecuados y que los pollos se mantengan totalmente sumergidos en el agua para su proceso.

Se agrega un espacio como tolerancia de $E_q = 0,14$ m, más para el alojamiento del intercambiador de calor, de igual manera en la altura de la tina se agrega $0,12$ m para garantizar que los pollos se sumergen en su totalidad para su proceso de escaldado.

Entonces:

$$A_t = 0,4 \text{ m.}$$

$$H_t = 0,74 \text{ m.}$$

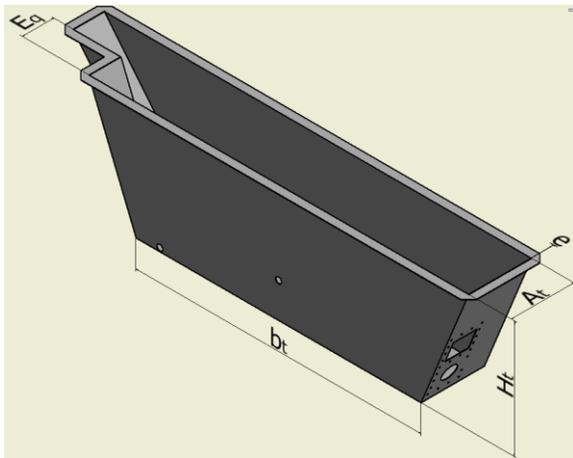


Figura 11.- Nomenclatura para el diseño de la tina.

Para determinar el largo de la base de la tina de la tina se necesita del valor de la velocidad y tiempo de escaldado.

V: velocidad de escaldado.

b_t : base de la tina.

t: tiempo de escaldado.

$$V = \frac{b_t}{t}$$

$$b_t = 1,8 \text{ m}$$

Se establece que la tina de escaldado tendrá una longitud de $1,8$ m

Para determinar el espesor del material de la tina se tiene lo siguiente detallado en la Figura 12:

e_t = espesor de la tina de escaldado.

P = presión hidrostática ejercida por el agua.

H_{agua} = altura del nivel del agua.

Para esto se determina la fuerza que ejerce el agua sobre la tina de escaldado.

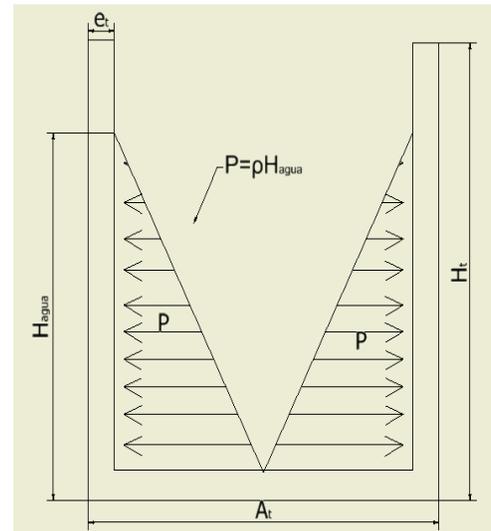


Figura 12.- Nomenclatura para el diseño del espesor del material de la tina de escaldado.

Para el cálculo del Volumen del agua de la tina se toma en cuenta, que la tina no se llenará hasta el límite para evitar derrame del agua, además este alojará al intercambiador de calor y los pollos que estén el proceso dentro de la tina. En la Figura 13 muestra el detalle para el cálculo del volumen de agua.

Donde:

e_{libre} : espacio libre para evitar el derrame del agua. $[0,1 \text{ m}]$.

A_i = Ancho de la cámara del intercambiador de calor. $[0,14 \text{ m}]$.

h_i = Altura de la cámara del intercambiador de calor. $[0,15 \text{ m}]$.

Longitud frontal del pollo = $[0,26 \text{ m}]$.

Longitud corporal del pollo = $[0,48 \text{ m}]$, descontado las dimensiones de la longitud de las patas y la cabeza.

Para el cálculo del volumen del pollo se toma una media de [0,10 m], del espesor del pollo.

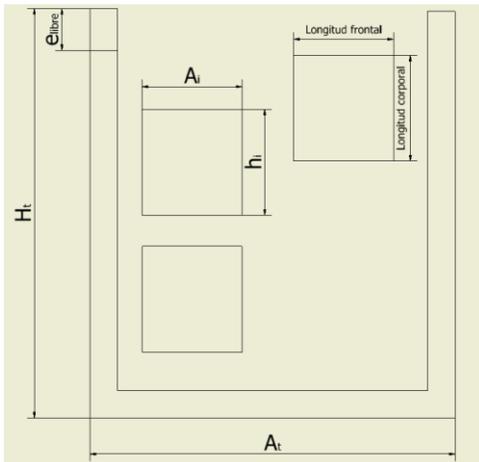


Figura 13.- Dimensionamiento para determinar el volumen del agua de la tina.

$$V_{tina} = V_{total} - V_{e\ libre} - V_{intercambiador} - V_{pollos\ en\ proceso}$$

$$V_{total} = A_t * H_t * b_t$$

$$V_{total} = 0,5328\ m^3$$

$$V_{e\ libre} = e_{libre} * A_t * b_t$$

$$V_{e\ libre} = 0,072\ m^3$$

$$V_{intercambiador} = A_t * h_i * L_i$$

Como son dos cámaras:

$$V_{intercambiador} = 0,0378\ m^3$$

Estarán siete pollos en proceso entonces:

$$V_{pollos\ en\ proceso} = 0,0874\ m^3$$

$$V_{tina} = 0,2978\ m^3$$

Entonces determinamos la fuerza que ejerce el volumen de agua en la pared.

$$F_{agua} = \rho * V_{tina}$$

$$F_{agua} = 2.978\ N$$

Con esto tenemos el diagrama de cuerpo libre de la Figura 14.

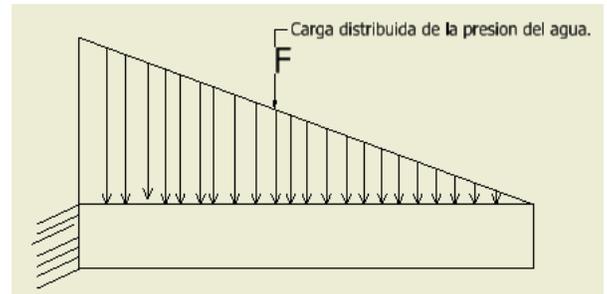


Figura 14.- Carga distribuida sobre la pared de la tina de escaldado.

Figura 15.- Determinación de la reacción y la fuerza aplicada.

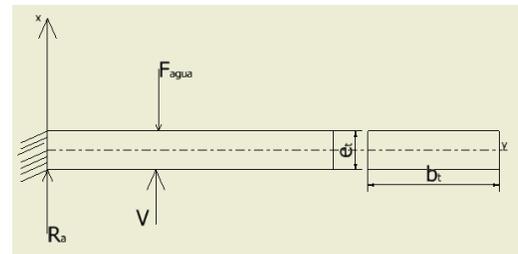


Figura 15.- Diagrama de cuerpo libre con la fuerza cortante V.

Se determina la reacción R_a .

$$\Sigma F_x = 0$$

$$R_a = -F_{agua}$$

La carga puntual ejercida del agua se encuentra a $\frac{1}{3}H_t$, entonces la fuerza es:

$$F_{agua} = \frac{1}{3} * \left(\frac{H_t * F}{2} \right)$$

$$F_{agua} = 367,2866\ N$$

En la Figura 16 se muestra el diagrama de cuerpo libre para determinar la fuerza cortante.

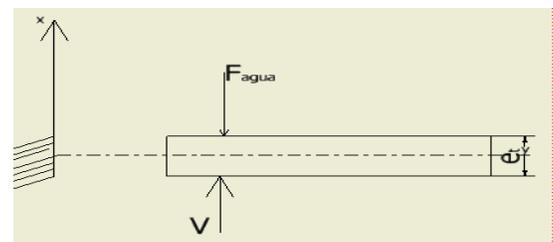


Figura 16.- Diagrama de cuerpo libre para determinar la fuerza cortante.

$$V - F_{agua} = 0$$

$$V = F_{agua}$$

Para determinar el espesor de la tina, está la siguiente ecuación:

$$\tau = \frac{V * M_e}{I * e_t}$$

Dónde:

τ = Esfuerzo cortante máximo.

V = fuerza cortante

M_e = Momento con respecto a la línea neutra.

$A_{F_{agua}}$ = Área donde aplica la fuerza del agua.

I = inercia.

$$M_e = A_{F_{agua}} * \bar{y}$$

$$M_e = \left(\frac{e_t}{2} * b_t * \bar{y}\right)$$

$$M_e = 0,225 \text{ m} * e_t^2$$

$$I = \frac{1}{12} * (b_t * e_t^3)$$

$$I = 0,15 \text{ m} * e_t^3$$

Reemplazando en la ecuación del esfuerzo cortante se tiene:

$$\tau = \frac{550,93 \text{ N}}{e_t^2}$$

Donde se sabe que el $\tau = \frac{S_{y\text{acero } 304}}{FS}$

Para este diseño se da un FS de 3 y el valor de

$$S_{y\text{acero } 304} = 600 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\frac{S_{y\text{acero } 304}}{FS} = \frac{550,93 \text{ N}}{e_t^2}$$

$$e_t = 1,66 \text{ mm}$$

El espesor de la tina de escaldado será de 2 mm, debido a que este se encuentra disponible en el mercado.

3.1.2. Dimensionamiento el orificio de desagüe de la tina.

La tina debe poseer un orificio para la descarga de agua después de cada jornada de trabajo su ubicación será al fondo de la tina como se indica en la Figura 17 para esto se utiliza la ecuación de Torricelli.

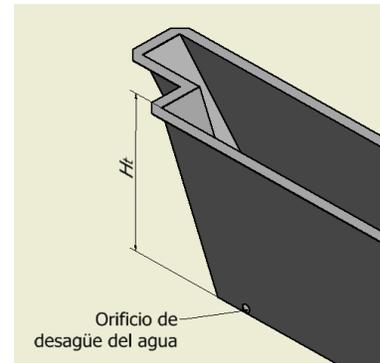


Figura 17.- Orificio de desagüe para la descarga del agua.

$$V_{s\text{ agua}} = \sqrt{2 * g * H_t}$$

Dónde:

$V_{s\text{ agua}}$ = Velocidad de salida del agua.

g = gravedad $9,82 \frac{\text{m}}{\text{s}}$.

H_t = altura de la tina 0,74 m.

$$V_{s\text{ agua}} = 3,81 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Para encontrar el diámetro adecuado de la tubería de desagüe relacionamos la velocidad con las ecuaciones de caudal y tiempo de vaciado; este tiempo se estima de 100 s.

$$Q = \frac{V_{tina}}{t_{des}}$$

$$Q = V_{s\text{ agua}} * A_{tubo}$$

$$\frac{V_{tina}}{t_{des}} = V_{s\text{ agua}} * \frac{\pi * d^2}{4}$$

$$d = \sqrt{\frac{4 * V_{tina}}{\pi * t_{des} * V_{s\text{ agua}}}}$$

$$d = 0,032 \text{ m}$$

El diámetro calculado para la descarga de agua es de 0,032 m.

3.1.3. Dimensionamiento del intercambiador de calor

Su diseño se acopla a la geometría de la tina.

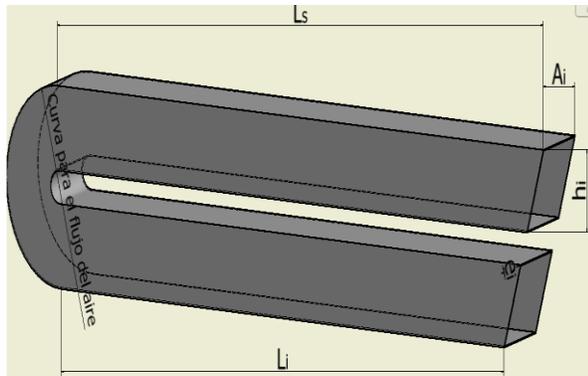


Figura 18.-Nomenclatura para el diseño del intercambiador de calor

Tiene dos compartimentos, uno para el ingreso del aire caliente que inyectará el quemador de diesel y el otro para la salida de los gases de combustión hacia el medio ambiente, el espacio entre compartimentos será de 0,06 m, en la unión de las dos cámaras debe haber una curvatura para que permita el libre flujo de los gases, para la transmisión de calor hacia el agua de la tina de escaldado.

Dónde:

h_i = altura del intercambiador.

A_i = ancho del intercambiador de calor

$$h_i = 0,15 \text{ m}$$

Para determinar A_i , se debe tomar en cuenta que se necesita la mayor área posible en contacto para la transferencia de calor, se determinó el ancho del pollo de 0,26 m.

$$A_i = 0,14 \text{ m}$$

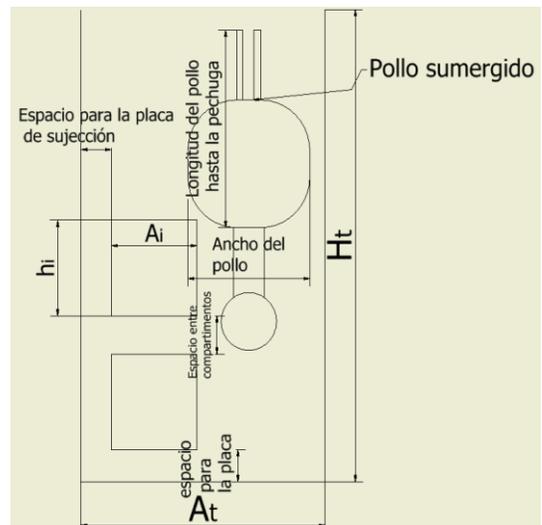


Figura 19.- Dimensionamiento de los compartimentos del intercambiador de calor.

3.1.4. Dimensionamiento del Agitador.

Para determinar el compresor se necesita saber cuál es el gasto de aire, para lo cual determinamos el volumen de aire en el tubo del agitador. Figura 20.

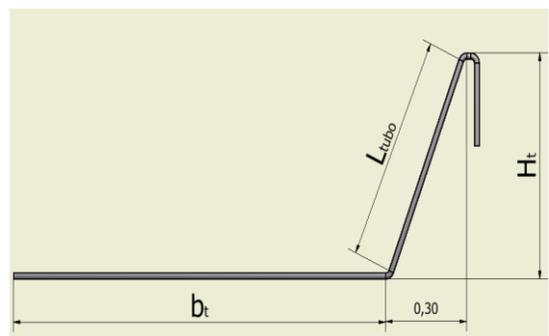


Figura 20.- Cálculo del volumen del compresor para determinar el gasto de aire.

$$L_{tubo} = 0,80 \text{ m}$$

La longitud total será:

$$L_{total} = L_{tubo} + b_t$$

$$L_{total} = 2,6 \text{ m}$$

El volumen será:

$$V_{agitador} = 3,29 \times 10^{-4} \text{ m}^3$$

Este volumen de aire es necesario a cada instante de tiempo, para la selección del compresor se multiplica este valor por 60 s, para tener el gasto en $\frac{m^3}{minuto}$

$$gasto = 0,019 \frac{m^3}{minuto} = 0,67 CFM$$

Con esto se determina el compresor más cercano es de 2,8 CFM, disponible en el mercado.

3.2. Diseño y dimensionamiento de sistema de transporte.

Este sistema será el encargado de transportar los pollos a través del monorriel para su proceso, consta de los siguientes elementos: garruchas y dispositivos de sujeción que son arrastrados por una cadena por todo el monorriel. En la Figura 21 se muestra un bosquejo del sistema.

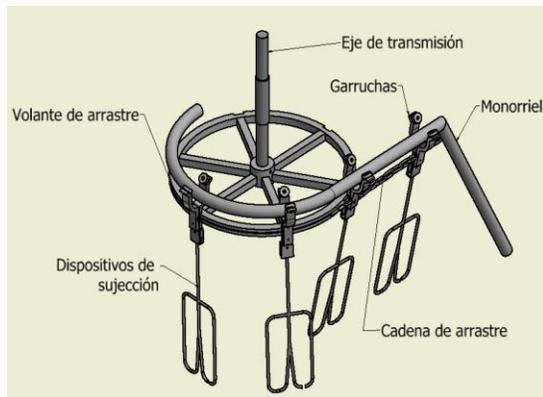


Figura 21.- Bosquejo del sistema de transporte

3.2.1. Garruchas y dispositivos de carga

Estas se las fabricó en base a unas existentes, facilitadas de la empresa dedicada a la faena de pollos Faenavi. Figura 22 y Figura 23.

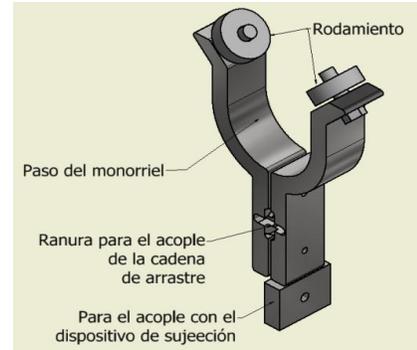


Figura 22.- Garruchas para el transporte de los pollos
Fuente: Faenavi.



Figura 23.- Dispositivo de sujeción para el transporte de los pollos
Fuente: (INDUMETAVI, 2015)

3.2.2. Cadena.

La cadena de arrastre se determina de acuerdo a la geometría de las garruchas, en la Figura 24 muestra como las garruchas abrazan a la cadena para el arrastre.

- El material de la cadena deberá ser de un material que no sea contaminante, como el acero galvanizado será el adecuado.

Con el requerimiento anterior se selecciona una cadena del Catálogo (Amenabar, 2002).

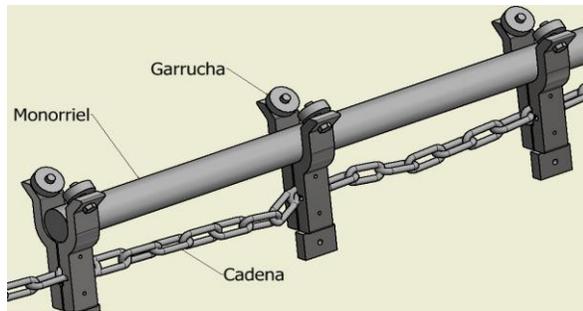


Figura 24.- Acople de la cadena con las garruchas para el arrastre.

La carga de ruptura de la cadena es 2.300 Kg, frente a la, $F_{\text{arrastre}} = 346,9 \text{ N}$, por lo tanto se acopla perfectamente al sistema de transporte.

3.2.3. Monorriel.

El monorriel será la guía por donde se transportará los pollos para su proceso de escaldado, se estima que transportará 30 pollos simultáneamente la masa estimada de todos los elementos es:

La masa total es: 268,75 kg.

Entonces el peso de cada elemento es:

$$P_{\text{elementos}} = \frac{m * g}{30}$$

$$P_{\text{elementos}} = 87,98 \text{ N}$$

Este peso estará distribuido uniformemente a lo largo de todo el monorriel, la geometría que tendrá el monorriel para el transporte de los pollos, las inclinaciones será para el ingreso y salida de los pollos de la tina de escaldado, la curvatura del monorriel para cerrar el circuito no será mayor de 0,60 m, debido al espacio disponible del galpón para la instalación del equipo. Las dimensiones del monorriel se basarán en las dimensiones de la tina de escaldado, para garantizar que los pollos tengan un buen escaldado.

El monorriel se diseñará con la ayuda de un software por tratarse de una estructura hiperestática. En la Figura 25 muestra cómo estará cargado el monorriel.

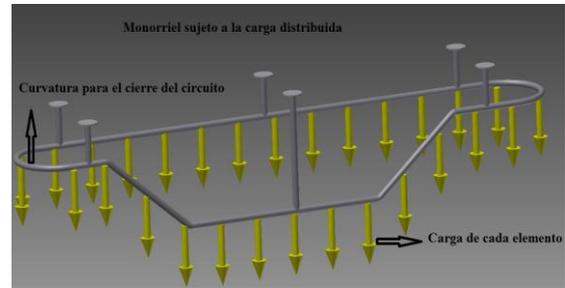


Figura 25.- Carga distribuida sobre el monorriel.

Se realiza el cálculo por el método tensión de Von Mises, teniendo un esfuerzo máximo de 18,77 MPa. Figura 26

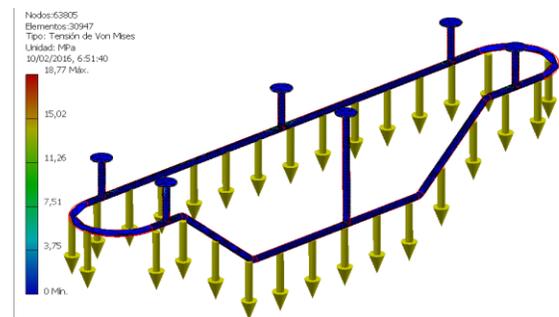


Figura 26.- Esfuerzo de Von Mises para el monorriel.

De acuerdo a los resultados obtenidos en el software se concluye que se usará un tubo Galvanizado de $1\frac{1}{2} \text{ in}$ para la fabricación del monorriel.

3.2.4. Diseño del eje de transmisión del volante de arrastre.

El eje será el encargado de transmitir el torque entregado del motor hacia el sistema de arrastre, para su diseño se tiene de los siguientes datos:

$$T = 104,07 \text{ N*m}$$

$$F_{\text{arrastre}} = 346,9 \text{ N}$$

Se usará el acero AISI 1345 con las siguientes propiedades mecánicas.

$$\text{Resistencia Máxima } S_u = 13,40 \text{ MPa.}$$

$$\text{Resistencia a la Fluencia } S_y = 12,54 \text{ MPa.}$$

En la Figura 27 se muestra un bosquejo del diseño del eje.

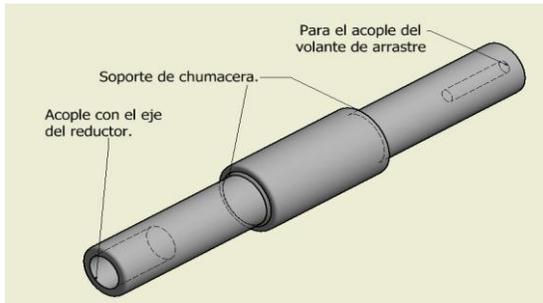


Figura 27.- Eje de transmisión del volante de arrastre.

El diagrama de cuerpo libre del eje del volante de arrastre. Figura 28.

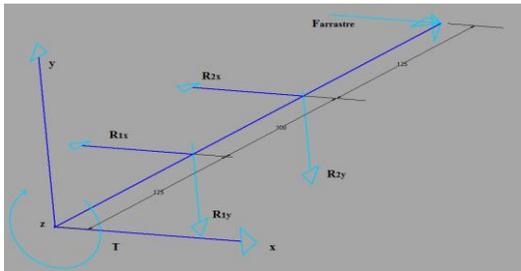


Figura 28.- Diagrama de cuerpo libre del eje del volante de arrastre.

Del diagrama de cuerpo libre de la Figura 36 se analiza las fuerzas en los planos X-Z y X-Y, para determinar las reacciones.

Para determinar las reacciones en los puntos se realiza la sumatoria de fuerzas y momentos.

Plano X-

Cálculo del momento resultante (M_t) en cada punto del eje: Partiendo de la ecuación

$$M_t = \sqrt{M_{x-y}^2 + M_{x-z}^2}$$

$$M_{t1} = 147,177 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$M_{t2} = 147,177 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$M_{t3} = 43,36 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$M_{t4} = 0 \text{ N} \cdot \text{m}$$

Cálculo del diámetro del eje para cada punto, partiendo de la ecuación que es compactible con la norma ANSI B106.1M -1985.

$$\phi_{\text{eje arrastre}} = \left[\left[10,19N \left[\frac{k_f * M_t}{S_n} \right]^2 + 0,694 \left[\frac{T}{S_y} \right]^2 \right]^{\frac{1}{2}} \right]^{\frac{1}{3}}$$

Dónde:

N: Factor de seguridad.

k_f : Coeficiente de concentrador de esfuerzos por cambio de sección.

M_t : Momento total en cada punto.

S_n : Cálculo de la resistencia a la fatiga.

$$S_n = C_b * C_s * C_r * C_o * S_u$$

C_b : Factor de corrección por temperatura. Es 1 para temperatura ambiente.

C_s : Factor de corrección por superficie, depende como será fabricado el eje 1,1.

C_r : Factor de confiabilidad funcional 0,90.

C_o : Factor de corrección de esfuerzos residuales. 1 Para materiales con tratamientos térmicos.

$$S_n = 12,06 \text{ MPa}$$

Cálculo de los diámetros para cada sección con la ecuación de la ASME

Cálculo del eje para la sección 1:

$$M_{t1} = 147,177 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$T = 104,07 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$K_f = 1,5 \text{ bordes redondeados.}$$

$$K_t = 1,3 \text{ prisionero.}$$

$$\phi_1 = 0,047 \text{ m}$$

Cálculo del eje para la sección 2:

$$M_{t2} = 147,177 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$T = 104,07 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$K_f = 1,5 \text{ bordes redondeados.}$$

$$K_t = 1,7 \text{ cambio de sección.}$$

$$\phi_1 = 0,061 \text{ m}$$

Cálculo del eje para la sección 3:

$$M_{t3} = 43,36 \text{ N} * \text{m}$$

$$T = 104,07 \text{ N} * \text{m}$$

Kf= 1,5 bordes redondeados.

Kt= 1,7 cambio de sección.

$$\phi_1 = 0,044 \text{ m}$$

Cálculo del eje para la sección 4:

$$M_{t4} = 0 \text{ N} * \text{m}$$

No existe momento torsor ni flector, por lo tanto en este punto dependerá del diámetro interno del rodamiento que soporte una carga axial igual a la resultante de las reacciones en los planos X-Z y X-Y.

$$F_{t \text{ en } 4} = \sqrt{1047,7^2 + 1047,7^2}$$

$$F_{t \text{ en } 4} = 1481,6 \text{ N}$$

Por lo tanto el eje tendrá las siguientes dimensiones:

El diámetro menor de $\phi_1 = 0,047 \text{ m}$ normalizando a los diámetros de los ejes será 50.8 mm y el diámetro mayor del eje $\phi_1 = 0,061 \text{ m}$ normalizando será de 63.5 mm.

En la sección 1 se tendrá una perforación para el acople del eje del reductor, se procede al cálculo del diámetro interior máximo con la siguiente ecuación:

$$\tau_{max} = \frac{T * c}{J}$$

Dónde:

τ_{max} = Esfuerzo máximo 12,54 MPa

c= radio exterior del eje r_e

r_i = radio interior

J= momento polar de inercia para eje huecos

$$J = \frac{\pi * (r_e^4 - r_i^4)}{2}$$

Despejando r_i :

$$r_i = \sqrt[4]{r_e^4 - \frac{2Tr_e}{\pi * \tau_{max}}}$$

Calculando el $r_i = 0,023 \text{ m}$

Entonces el diámetro para el acople del reductor es de 0,0254 m.

3.2.5. Diseño y dimensionamiento del sistema de arrastre

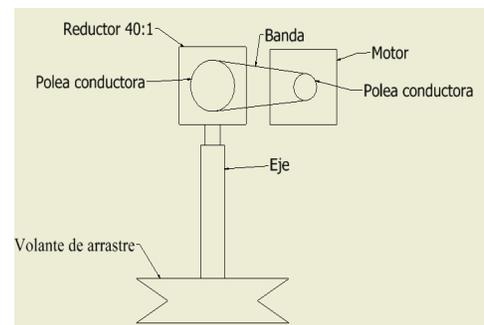


Figura 29.- Bosquejo del diseño del sistema de arrastre.

En la Figura 29 se muestra un bosquejo de elementos mecánicos que se necesita para el funcionamiento del sistema de arrastre.

Volante de arrastre.

La Figura 30 se muestra un bosquejo del volante de arrastre y los parámetros de diseño del son:

- Transmitir el torque para el arrastre del sistema.
- Diámetro del volante no mayor a 0,60 m debido a la geometría del monorriel.
- Las ranuras para el acople de las garruchas al volante.
- Un acanalado para el acople de la cadena de arrastre.
- Prisoneros que permitan la sujeción del volante al eje de transmisión.

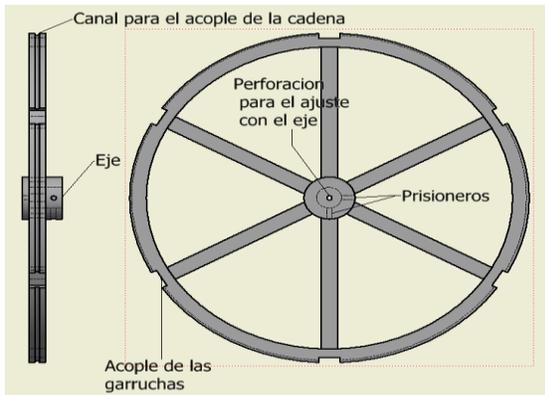


Figura 30.- Características para el dimensionamiento del volante de arrastre.

Entonces las medidas del volante de arrastre serán:

\emptyset Del volante de arrastre. [0,60 m]

E_{ga} = espesor de la garrucha, agregando una tolerancia será. [0,015 m]

A_{ga} = ancho de la garrucha con la tolerancia. [0,035 m].

\emptyset del acanalado del volante de arrastre con la tolerancia para el acople de la cadena de arrastre. [8 mm].

Volante guía.

El volante guía será el encargado de templar y guiar la cadena al cerrar el circuito de transporte, estará acoplada a un eje rígido, en su manzana serán colocados rodamientos para facilitar el giro libre en el sistema; en la Figura 31 se indica los elementos del volante guía.



Figura 31.- El volante de arrastre y sus elementos.

Motor

Para calcular la potencia del motor es necesario saber la cantidad de inercia que va a vencer, así determinar el momento adecuado y generar el movimiento.

Para determinar el torque del sistema se emplea la ecuación:

$$\Sigma T = \Sigma I * \alpha$$

Dónde:

T = Torque [N*m]

I = Inercia de todos los elementos del sistema [Kg * m²]

α = Aceleración angular [$\frac{rad}{s^2}$]

La inercia total del sistema es la suma de todas las inercias de los elementos del sistema de arrastre.

$$\Sigma I = I_{ruedas} + I_{pollos} + I_{garruchas} + I_{c\ volante\ guía} + I_{c\ volante\ de\ arrastre}$$

La inercia de todos los elementos es de:

$$\Sigma I = 4162,69\ kg * m^2$$

Para el torque se tiene la ecuación:

$$T = \Sigma I * \alpha$$

La aceleración angular se calcula con la siguiente ecuación tomando en cuenta que el motor parte del reposo y debe mantener una velocidad constante.

Determinamos la aceleración del sistema con la ayuda del volante de arrastre que debe recorrer una distancia de 1,80 m, que es la base de la tina en un tiempo de 90 s, se determina la longitud de arco del volante de arrastre.

$$S = \theta * r$$

Dónde:

S = longitud de arco

$\theta = \text{ángulo } [2\pi]$
 $r = \text{radio de la rueda. } [0,16 \text{ m}]$
 $S = 1,005 \text{ m}$

Con esto se deduce que en una revolución recorre 1,005 m, como necesitamos saber cuántas revoluciones tendrá la distancia de 1,80 m tenemos:

$$\text{número de revoluciones} = \frac{1,80 \text{ m}}{1,005 \text{ m}}$$

$$\text{número de revoluciones} = 1,79$$

Con este valor se calcula la velocidad angular del sistema, las revoluciones calculadas las debe realizar en un tiempo de 90 s.

$$\omega = \frac{1,79 \text{ rev}}{90 \text{ s}} = 0,0198 \frac{\text{rev}}{\text{s}} = 0,125 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

El tiempo de aceleración del motor es 5 s y se procede a calcular la aceleración angular del sistema.

$$\alpha = 0,025 \frac{\text{rad}}{\text{s}^2}$$

Se calcula el torque.

$$T = \Sigma I * \alpha$$

$$T = 104,07 \text{ N * m}$$

Determinado el torque se calcula la potencia del motor, la velocidad del motor es de 66 rpm.

$$P_{motor} = \frac{T * \omega_{motor}}{9,550}$$

$$P_{motor} = 719,20 \text{ W} = 0,98 \text{ Hp}$$

La potencia estimada para la máquina es de 0,98 Hp. Se usa un motor de 3Hp.

Poleas.

Para seleccionar las poleas se necesita encontrar la relación de velocidad que tiene entre el motor y el reductor de velocidad.

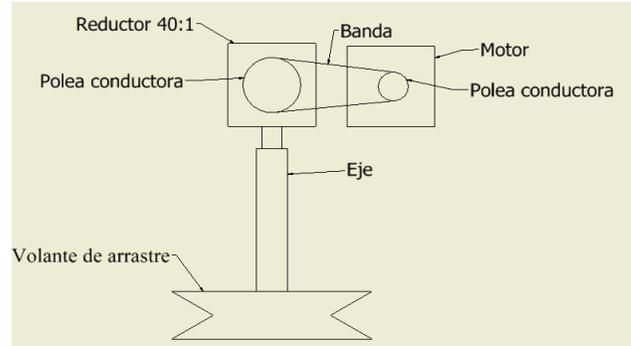


Figura 32.- Bosquejo del sistema de la transmisión por poleas y banda.

El motor que se utilizará para accionar el sistema de transporte tiene una velocidad de 1410 rpm, será regulada con el variador de velocidad Sinamic G100, y tendrá una velocidad de salida del motor de 67 rpm la cual será reducida con poleas a la entrada del reductor a una velocidad de 40 rpm, de esta forma se logrará tener una velocidad de 1 rpm, que es la velocidad necesaria para el trabajo de la máquina.

$$i = \frac{N_1}{N_2}$$

$$i = 1.68$$

Diámetro mínimo de la polea conductora.

En la Figura 33 se puede determinar el diámetro mínimo de la polea conductora para transmitir una potencia de 3 HP a una velocidad de giro de 67 rpm es de 75 mm.

Caballos de fuerza (HP)	Diámetros mínimos en mm			
	RPM de Motor			
	900	1200	1800	3600
0.50	65	-	-	-
0.75	65	65	-	-
1.00	65	65	60	-
1.50	75	65	65	60
2.00	75	65	65	65
3.00	75	75	65	65
5.00	100	75	75	65
7.50	115	100	75	75
10.00	115	115	100	75
15.00	135	115	115	100
20.00	155	135	115	115
25.00	170	155	115	115
30.00	170	170	135	-
40.00	210	170	155	-
50.00	230	210	170	-
60.00	260	230	190	-

Figura 33.- Diámetros de poleas en función de la velocidad y la potencia.

Fuente: (Consider, 2010)

Diámetro de la polea conducida.

Una vez encontrados los valores de la relación de transmisión y el diámetro de la polea conductora se calcula el diámetro de la polea conducida.

$$i = \frac{d_2}{d_1}$$

$$d_2 = 126 \text{ mm}$$

Las poleas que se instalaran en la máquina son:

- Polea conductora de 75 mm
- Polea conducida de 126 mm

Bandas.

Para seleccionar el tipo de banda de transmisión se basa con la velocidad y la potencia calculada, entonces se tiene que para transmitir una potencia de 0,98 Hp a una velocidad de 66 rpm se necesita de una banda de tipo B.

3.3. Sistema de control de energía y control de temperatura.

Para realizar un análisis del balance de energía térmica es necesario saber como funcionará el intercambiador de calor, las condiciones iniciales, cuando la temperatura del agua en la mañana de 10 °C, se enciende el quemador que proporciona aire caliente a la superficie que recorre todo el intercambiador, logrando así transferir el calor hacia el agua y tener un aire a baja temperatura a salida del intercambiador.



Figura 34.- Condición final de la temperatura del agua.

La Figura 34 indica la temperatura a la que se desea alcanzar, para el óptimo escaldado, se tomó la

temperatura en la superficie del intercambiador, se obtuvo 85 °C al ingreso del aire caliente y a la salida 17 °C; la temperatura final del agua es de 67 °C está en la superficie debido a que el agua caliente es de menor densidad, entonces la ecuación del balance de energía es:

$$\dot{m}_{\text{aire caliente}} * h_1 + \dot{m}_{\text{agua frio}} * h_2 + Q$$

$$= \dot{m}_{\text{agua caliente}} * h_3 + \dot{m}_{\text{aire frio}} * h_4$$



Figura 35.- Entalpías en la transferencia de calor del intercambiador al agua de la tina de escaldado.

Las Entalpías de cada etapa para la transferencia de calor se indican en la Figura 35, para el cálculo se basa en la siguiente ecuación:

$$h = \int_{T_1}^{T_2} c_p dT$$

Desarrollando:

$$h = c_p (T_2 - T_1)$$

Calculado las entalpías en cada punto del proceso y la pérdida de calor se procede a encontrar el flujo de masa de aire, la Tabla 2 indica los valores de las entalpías calculadas.

Tabla 2.- Valores de entalpías calculados en cada proceso

	h_1	h_2	h_3	h_4
Masa (Kg)		297,8	297,8	
T (°C)	85	10	67	17
ΔT (°C)	75	0	57	7
C_p	1000	4180	4180	1000
$h(\frac{J}{kg})$	75000	0	238260	7000

Despejando la \dot{m}_{aire} de la ecuación del balance de energías:

$$\dot{m}_{aire} = 1042,13 \text{ kg.}$$

Este cálculo fue basado en una hora entonces el flujo de aire será:

$$\dot{m}_{aire} = 1042,13 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$$

En conclusión se necesita 1042,13 kg de aire caliente para elevar de temperatura al agua, este cálculo se basa en una hora

3.3.1. Cálculo de la energía necesaria para elevar la temperatura del agua.

Para el cálculo de la energía necesaria para elevar la temperatura del agua de 10°C a 63°C que es la máxima para el escaldado de pollos se usa la siguiente ecuación:

$$Q_n = m_{agua} * c_p * (T_2 - T_1)$$

Dónde:

$$Q_n = 65,97 \text{ MJ}$$

La energía necesaria para elevar de temperatura el agua de 10 °C a 63 °C es $Q = 65,97 \text{ MJ}$.

3.3.2. Determinar la potencia del quemador.

Para determinar la potencia del quemador sumamos la energía necesaria para elevar la temperatura del agua y la pérdida de calor.

$$P_{quemador} = Q_n + Q_{total}$$

$$P_{quemador} = 66,05 \text{ MJ} = 18,05 \text{ kW}$$

La potencia del quemador a utilizar debe ser por lo menos de 18,05 kW.

3.4. Estructura de la máquina

Los pórticos deben ser diseñados de tal manera que soporten toda la carga de todos los sistemas y elementos. Se tiene una carga total de 2647 N que están distribuidos uniformemente a lo largo de la estructura.

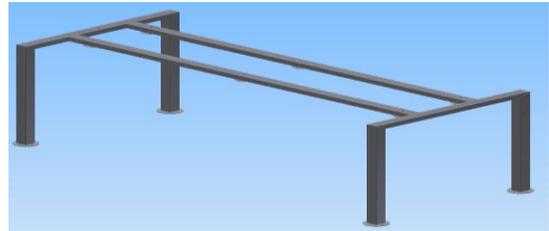


Figura 36. Diseño de la estructura de la máquina de escaldado de pollos.

Para los pórticos usaremos los perfiles PHR C 100x50 que son los adecuados para soportar carga. Se diseñó el pórtico en un caso de compresión centrada, en la Figura 36 se muestra el diseño de la estructura.

3.4.1. Análisis de la longitud de pandeo I_k .

Según el tipo de empotrado que va a tener el pilar, para toma el valor de $\beta = 0,5$ que es de un pilar bienempotrado.

$$I_K = \beta * L$$

$$I_k = 1.125 \text{ m}$$

3.4.2. Esbeltez mecánica λ .

Se recomienda que la esbeltez mecánica de las piezas no supere el valor de 200 en los elementos principales.

$$\lambda = \frac{I_k}{i_y}$$

$$i_y = 0.56 \text{ cm}$$

Seleccionado el perfil PHR C 100 x 50 de 2 mm, que tenga como mínimo un $i_y = 5,6 \text{ mm}$, tomamos el valor de $i_y = 18,326 \text{ mm}$ que le corresponde a nuestro perfil seleccionado.

Esbeltez mecánica será:

$$\lambda = \frac{112,5 \text{ cm}}{1,832 \text{ cm}} = 61,38$$

$\lambda = 61,38$ Que es menor a 200 cumple la condición de esbeltez.

Coefficiente de pandeo ω .

El coeficiente de pandeo con los anteriores cálculos realizados.

Para el valor de $\lambda = 61,38$ nos corresponde un $\omega = 1,23$

$$\sigma^* = 768,96 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$$

Cumple la condición

$$\sigma^* \leq S_y$$

$$7,69 \text{ MPa.} \leq 250 \text{ MPa.}$$

El perfil que cumple las condiciones de diseño es PRH C 100x50, con este perfil se realizara el armazón de la máquina.

4. Construcción y montaje de la línea de escaldado

4.1. Construcción

Una vez diseñados todos los sistemas mecánicos que conforman la máquina escaldadora de pollos en línea por inmersión se procede a construir y acoplar físicamente sus partes Figura 37.



Figura 37.- Máquina acoplada todos los sistemas

4.2. Instrumentación.

Para la automatización de la máquina se realiza un análisis de cómo actúan los sistemas con la señal de accionamiento, estos nos indica la Figura 38. El sensor de temperatura sera el que de la señal hacia el PLC para que se encienda el quemador, el agitador y el variador de velocidad.

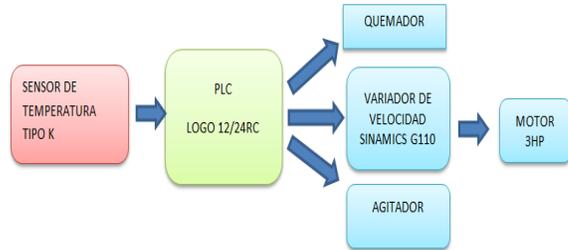


Figura 38.- Secuencia de accionamiento de los sistemas de la máquina

4.2.1. Sensor de temperatura Tipo K.

Siguiendo las indicaciones del fabricante se realiza el siguiente circuito de acondicionamiento de señal para ser implantado al gabinete de control. Figura 39.

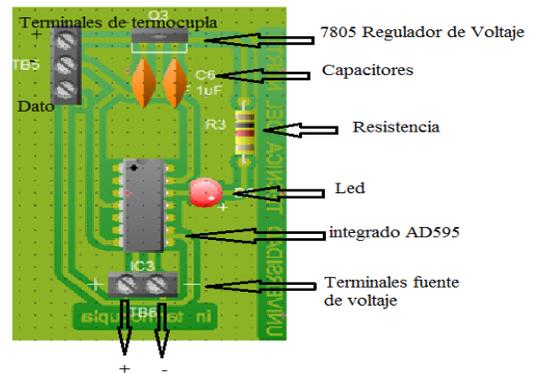


Figura 39.- Elementos eléctricos en la placa de acondicionamiento.

4.2.2. Programación del PLC Logo 12/24 RC.

Para la programación del Logo 12/24RC se necesita de un diagrama de flujo para determinar las entradas analógicas y digitales de igual manera las salidas para accionar los elementos de la máquina, Figura 40.

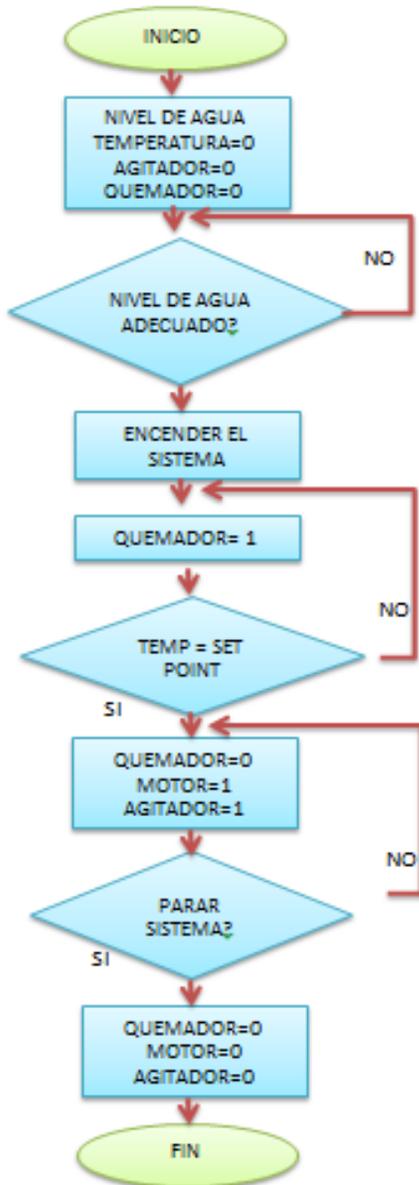


Figura 40. Diagrama de flujo de la máquina de escaldado de pollos

4.2.3. Programación del Variador de velocidad Sinamics G110 de Siemens.

Según el catalogo (Siemens, 2009)

Se debe configurar los parámetros de acuerdo a los datos de la placa del motor y los requerimientos del usuario para su funcionamiento; en la Figura 41 se muestra las partes del variador.

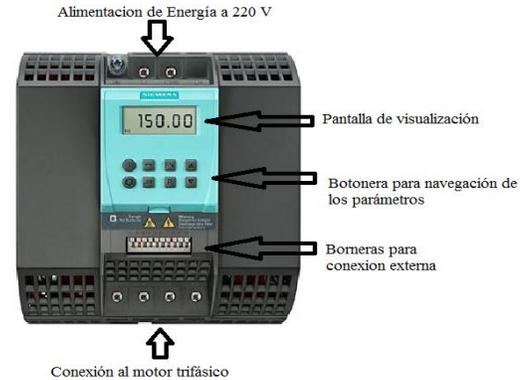


Figura 41.- Variador de frecuencia Sinamics G110 de siemens.

Con todos los elementos eléctricos el tablero de control de la máquina queda como indica la Figura 42.

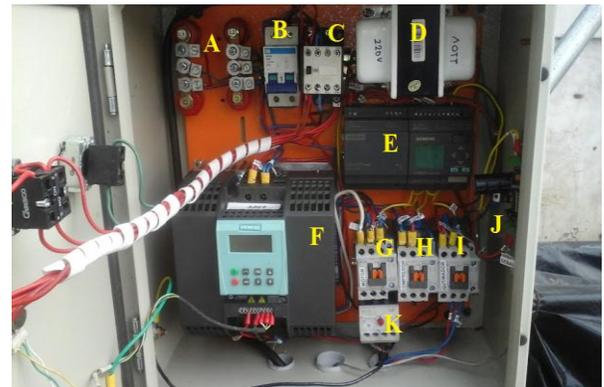


Figura 42.- Elementos eléctricos acoplados a la caja de control.

- A: Líneas de voltaje de entrada.
- B: Disyuntor.
- C: Contactor para el encendido general.
- D: transformador de Voltaje de 220 V a 110 V para el Quemador.
- E: Fuente y Logo 12/24 RC.
- F: Variador de velocidad Sinamics G110.
- G: Contactor de accionamiento del motor.
- H: Contactor de Accionamiento del compresor.
- I: Contactor de accionamiento del quemador.
- J: Placa de acondicionamiento de señal de la termocupla

En la Figura 43 se muestra los elementos eléctricos externos para el manejo de la máquina de escaldado de los pollos por inmersión.



Figura 43. Elementos externos para el control de la máquina.

- A: Selector para en encendido apagado de la máquina.
- B: Botón de inicio del proceso.
- C: Botón de paro del proceso ó paro de emergencia.
- D: Regulador de velocidad para el transporte de los pollos.
- E: Luz piloto de encendido de la máquina.
- F: Luz piloto está encendida cuando aún no se inicia el proceso o cuando se da el paro de emergencia.
- G: Selector para el tipo de proceso del pollo.

4.3. Análisis de costos

A continuación se tiene un análisis económico que representó el diseño y construcción de la máquina escaldadora de pollos por inmersión; este análisis es muy importante ya que permite tener claridad acerca del costo que incurrió en el diseño y fabricación de la máquina y así determinar si es factible la implementación de la misma; como también el tiempo en que se recuperará el dinero invertido en la construcción de la máquina.

El costo total de los materiales, mano de obra entre otros para la máquina de escaldado, se muestra en la Tabla 3.

Tabla 3. Costo total de la construcción de la escaldadora de pollos.

COSTO TOTAL	USD
COSTO TOTAL EQUIPOS	4325,76
COSTO DE MANO DE OBRA	5630
TOTAL USD	9955,76

4.3.1. El VAN y TIR de la máquina de escaldado de pollos

El VAN nos permite saber si el proyecto es viable para su implementación.

$VAN < 0$ el proyecto no es rentable

$VAN > 0$ el proyecto es rentable

$VAN = 0$ el proyecto tiene que ser analizado para ser aceptado

El TIR es la tasa interna de retorno también es conocida como la tasa de rentabilidad producto de la reinversión de los flujos netos de efectivo dentro de la operación propia del negocio y se expresa en porcentaje.

El proyecto tiene una tasa interna de retorno de del 12,80% en un tiempo de 10 meses esto quiere decir que el presente proyecto que se realizó es factible y viable para la implementación y la realización del mismo, a partir del sexto mes el dinero que se invirtió en la máquina se recuperaría siendo este un buen tiempo para el negocio.

Además de debería tomar en cuenta que para el cálculo de la utilidad neta se estimó la producción de 9000 pollos mensuales pudiendo esta variar de acuerdo a la demanda del mercado o temporada alta como en navidad que la producción se triplica, así reduciendo el tiempo para la recuperación del dinero invertido en la máquina de escaldado de pollos por inmersión.

5. Conclusiones y recomendaciones.

5.1. Conclusiones.

Con la implementación de la escaldadora de pollos por inmersión se estima mejorar la calidad del pollo faenado en la industria artesanal con un pollo que no tenga grandes roturas en la epidermis, de un color uniforme sin pigmentos en la epidermis producidas por la temperatura del agua, de bajo maltrato permitiendo que el pollo tenga más tiempo de conservación, de este modo se lograría tener una mejor competitividad con empresas que se dedican a procesamiento y mercadeo del pollo; además de tener un impacto positivo al medio ambiente debido al bajo consumo de agua para el escaldado en frente a las demás formas estudiadas.

Con la toma de datos de forma experimental se encontró los parámetros principales para un óptimo escaldado, los cuales son la temperatura del agua y el tiempo de escaldado, en este proceso se pudo observar que al realizar un escaldado a una temperatura elevada la epidermis del pollo sufre una cocción, al momento de realizar el desplume la piel se rompa de igual manera al escaldar a una baja temperatura la extracción de las plumas se dificulta y provocando en la piel del pollo pigmentos por la falta de transmisión de calor hacia los folículos.

Realizando un estudio de los diferentes métodos para el escaldado de pollos, se procedió a tomar características esenciales para realizar un diseño mecánico de la escaldadora para luego ser semi-automatizada.

Se construye toda la estructura y elementos mecánicos de la escaldadora de pollos para la producción en línea por inmersión de tal forma que cumpla con los parámetros establecidos para un óptimo escaldado. De esta manera se estima llegar a aumentar la producción de $80 \frac{\text{pollos}}{\text{hora}}$ a $400 \frac{\text{pollos}}{\text{hora}}$, debido a que en un ciclo que se demora un rango de 3,5 minutos transporta 30 pollos.

Se elabora un manual de usuario para el uso adecuado y el correcto funcionamiento de la máquina de escaldado de pollos por inmersión.

5.2. Recomendaciones.

Una vez fabricada la escaldadora de pollos por inmersión se pudo observar que la tina de escaldado estuvo muy corta, si se desea mejorar aún más la producción se recomienda diseñar una tina de mayor longitud, logrando así aumentar la velocidad de transporte de los pollos por el monorriel.

Si se aumenta el tamaño de la tina de escaldado, de igual manera se debe aumentar la longitud del intercambiador de calor, logrando así aprovechar el calor generado por el quemador; debido a que en este diseño gran cantidad de calor es desprendida hacia el medio ambiente por la chimenea.

Para una mayor eficiencia energética se recomienda que la tubería de ingreso de agua y de aire sea enrollada a lo largo de la chimenea, para aprovechar el calor que se desprende hacia el medio ambiente.

Se recomienda que la caja de control deba estar lo más cerca posible al sensor de temperatura para no tener problemas con la lectura de datos del sensor.

Referencias

- Amenabar. (2002). *Cadenas*. Álava: Amenabar.
- Análogos, D. (11 de 99). AD595. Recuperado el 12 de 12 de 2015, de *Amplificador de temperatura monolitico*:
<https://www.sparkfun.com/datasheets/IC/AD595.pdf>
- Asahi. (2010). *Soporte con rodamiento*. Bilbao: Dinamica.
- Bavareco, G. (2 de 2006). *Procedimiento para el diseño de ejes*. Recuperado el 3 de 10 de 2015, de <http://gabpingeneria.weebly.com/>:
http://gabpingeneria.weebly.com/uploads/2/0/1/6/20162823/diseo_de_ejes.pdf
- Conave. (12 de 05 de 2014). *Consumo de pollos subió cinco veces más*. El Universo.

- Consider, E. (2010). *Guía de referencia de rodamientos y transmisiones por banda*. Canadá: Emerson.
- INDUMETAVI. (2015). *Maquinaria para la industria avícola*. Recuperado el 18 de 12 de 2015, de www.viarural.com.ar:
<http://www.viarural.com.ar/viarural.com.ar/ganaderia/produccionavicola/insumosparaavicultura/indumetavi/transportador-aereo.htm>
- Ingemecánica. (2010). *Correas Transmision, Cálculo y Diseño*. Recuperado el 18 de 12 de 2015, de <http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn121.html>
- Ingemecánica. (12 de 11 de 2015). *Resistencia mecánica a la fatiga*. Recuperado el 12 de 11 de 2015, de <http://ingemecanica.com/>:
<http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn217.html>
- Jarrin, J. O. (23 de 09 de 2014). *Análisis de la avicultura en el Ecuador*. Recuperado el 25 de 10 de 2015, de El Agro: www.revistaelagro.com
- MAC, I. (2010). *Escaldadoras de aspás*. Recuperado el 25 de 10 de 2015, de www.industriasmac.com:
<http://www.industriasmac.com/html/Descripcion%20Escaldadoras.htm>
- Poultry Dressing plant Scalding or Chicken Scalding. (10 de 2013). Recuperado el 25 de 10 de 2015, de www.alibaba.com:
http://in107567697.trustpass.alibaba.com/product/130925312-101439962/Poultry_Dressing_plant_Scalding_or_Chicken_Scalding.html
- Siemens. (2009). *Variador de Velocidad Sinamics G110*. Alemania: Siemens AG.
- Tecnologías Limpias. (19 de 01 de 2015). *Etapas del proceso de sacrificio de aves de corral*. Recuperado el 19 de 01 de 2015, de <http://www.tecnologiaslimpias.org/>:
http://www.tecnologiaslimpias.org/html/central/311107/311107_ee.htm
- Valenti, M. (09 de 2013). *Metalurgia Valenti*. Recuperado el 22 de 10 de 2015, de <http://www.metalurgicavalenti.com.ar/>:
<http://www.metalurgicavalenti.com.ar/tanque-escaldador.html>

SOBRE EL AUTOR



Mauricio R. Sánchez T., nació en Otavalo – Ecuador el 21 de marzo de 1989. Realizó sus estudios en el colegio Experimental Jacinto Collahuazo. Culminó sus estudios superiores en la Universidad Técnica del Norte en la carrera de Ingeniería en Mecatrónica en el 2016.

Áreas de interés: Automatización y control de procesos, Electrónica, Energías renovables
Contacto: mausanch03@hotmail.com