

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA CORTADORA DE TUBOS EXTRUIDOS PARA ALIMENTO CANINO PARA LA EMPRESA EMPAC MACHINE CIA. LTDA.

Edison Oswaldo Apolo Matamoros ; Walter Danilo Sarango Solano

Quito, Ecuador

edi-apollo444@hotmail.com ; dan111_walt@hotmail.com

Universidad de las Fuerzas Armadas “ESPE”

RESUMEN

La máquina automática cortadora de tubos extruidos para alimento canino conocidos también como rejos, tiene como objetivo cortar los tubos mencionados en dos tamaños distintos que pueden ser regulados según la necesidad, este proceso se debe realizar de forma automática para mejorar el acabado y la producción. La máquina consta de varios mecanismos y subsistemas como son la alimentación, el transporte, el corte, la seguridad y la salida del producto. Para esto se empieza el diseño de la máquina con un bosquejo en base a los requerimientos y necesidades lo cual en el transcurso del diseño se va puliendo y confirmando por medio de cálculos de los distintos elementos que conforman los mecanismos, una vez realizado esto se procede a la construcción en base a los planos obtenidos del diseño, luego se realiza el dimensionamiento eléctrico y construcción del armario de control y panel de control respectivamente, enlazando la parte eléctrica/electrónica con la parte mecánica por medio de la automatización, al realizar un programa en un PLC. Finalmente se procede a la puesta a punto por medio de pruebas de funcionamiento, aquí se procede a corregir detalles para que la máquina quede totalmente funcional y cubriendo la respectiva necesidad.

Palabras Claves:

Rejos, controlador lógico programable logo, automatización de maquinaria, diseño de elementos de máquinas, control en laso abierto, selección de cadenas.

ABSTRACT

Automatic cutting machine extruded tubes for dog food also known as tentacles , aims to cut the tubes mentioned in two sizes that can be adjusted as required , this process should be done automatically to improve production and finishing . The machine has several mechanisms and subsystems such as transport , cutting, safety and output of product . For this design the machine starts with a sketch based on the requirements and needs which in the course design will refine and confirm by calculation of the different elements that make up the mechanisms , once this is done must the construction based on design drawings obtained , then the electrical design and construction of the control cabinet and control panel is performed respectively , linking the electrical / electronics with the mechanical part through automation, to carry out a program in a PLC. Finally we proceed to tune through performance tests , here we proceed to correct details so that the machine is fully functional and covering the respective need .

Keywords:

Rejos, programmable logic controller logo, automation equipment, machine design elements, control en laso abierto, track selection.

I. INTRODUCCIÓN:

EMPAC MACHINE CIA. LTDA., tiene la necesidad de diseñar y construir una máquina para una industria del sector

alimenticio canino, la cual se encargará de cortar tubos extruidos para la alimentación y distracción canina.

Los tubos extruidos se producen a partir de residuos cárnicos deshidratados de animales como viseras, cueros, etc.

El proceso de corte de este producto actualmente se lo realiza de forma manual con máquinas cortadoras de carne con cintas de cierra sin fin.

Para el presente proyecto se debe hacer el diseño mecánico y de control de las distintas partes que conforman la máquina, partiendo desde la alimentación de los tubos extruidos alimenticios para juguetes caninos hacia la máquina, el transporte de los tubos extruidos hacia las cuchillas de corte. La máquina debe procesar un promedio de 45 tubos extruidos de alimento canino por minuto y los desechos producidos deben ir a un depósito para ser reprocesados.

Se debe realizar el control de velocidad del motor de las cuchillas de corte por medio de un variador de frecuencia.

Se debe monitorear la seguridad en el mecanismo de corte de la máquina, además de la correcta secuencia de activación de los distintos elementos por medio del PLC.

Se debe diseñar un panel de control para el arranque y paro de la máquina, además será el lugar donde convergerán los distintos elementos eléctricos y electrónicos.

II. OBJETIVOS

1. Objetivo General

Diseñar y Construir una máquina cortadora de tubos extruidos alimenticios para juguetes caninos para la empresa Empac Machine Cía. Ltda.

2. Objetivos Específicos

Dimensionar y Construir los subsistemas mecánicos y seguridades pertinentes que permitan el funcionamiento correcto de la máquina según los requerimientos de entrada de producto de alrededor de 14 in y dos pedazos a la salida

de 7 ¼ y 4 ½ in y una producción estimada de 60 tubos por minuto.

Diseñar e implementar un sistema de control basado en PLC (Lazo Abierto) y variador de frecuencia, para la velocidad de giro del motor que se encuentra acoplado a las cuchillas de corte; estableciendo una secuencia de encendido y apagado de los elementos eléctricos que ponen en marcha la máquina.

Elaborar un sistema de monitoreo de las distintas variables del proceso como velocidad de las cuchillas de corte, cantidad de producción, por medio de una pantalla LCD acoplada al PLC mencionado.

Integrar los sistemas Mecánico, Eléctrico/Electrónico, Control y Comunicación para la puesta en marcha de la máquina.

Realizar pruebas de funcionamiento de la máquina y determinar si los resultados obtenidos se encuentran dentro de los requerimientos de diseño.

Elaborar manual de usuario, manual de mantenimiento, planos mecánicos, eléctricos y diagramas de control de la máquina

III. DISEÑO DE LA MÁQUINA

1. Requerimientos de diseño

Para empezar cualquier diseño, en este caso de una máquina automática para cortar tubos extruidos para alimento canino, se lo hace conociendo los requerimientos de diseño, siendo los resultados que se desea obtener de forma práctica al termino del proyecto, y estos requerimientos se indican en la tabla 1.

Conociendo estos requerimientos generales se continúa con el diseño de la máquina dividiéndolo en un diseño mecánico y un diseño eléctrico y de control.

TABLA I. Requerimientos Generales

CONSIDERACIONES GENERALES	
Medidas de entrada del producto	largo 0,4m (15,75 in) diámetro 0,04m (1,575 in)
Medidas del producto cortado- salida	largo 0,184m (7 ¼ in) y 0,114m (4 ½ in) diámetro 0,04m (1,575in)
Producción	Máximo 60 tubos por minuto y mínimo 30 tubos por minuto

1. Diseño Mecánico

En base a las consideraciones de diseño mecánico, mostrados en la tabla 2, se divide el diseño en: diseño de mecanismo de transporte, mecanismo de corte, alimentación de producto, salida de producto y seguridad de la máquina.

TABLA II. Requerimientos Mecánicos

CONSIDERACIONES MECÁNICAS	
Bastidor (máquina)	Alrededor de 1,2 m de alto x 0,6 m de largo x 0,5 m de ancho (sin considerar tolva y bandejas de salida).
Cuchillas	Acero inoxidable de 0,18 m de diámetro, aproximadamente.
Tracción	Por cadena con eslabones
Tolva de alimentación	Capacidad para 300 tubos, para ser realimentada mínimo cada 5 minutos.

En base a los requerimientos mecánicos se inicia diseñando y dimensionando el mecanismo de transporte, donde se inicia determinando la cadena.

Se toma inicialmente una cadena ANSI #80, en base a la distancia de separación que debe existir entre cada tubo, siendo de 1cm esto tomando en cuenta el diámetro del tubo que es de 4cm, se tiene una distancia de 5cm por lo tanto se toma una cadena con un paso de 1in o 2,54cm con lo

que se tiene la cadena antes mencionada, las dimensiones del producto se observan en la figura 1 y 2.

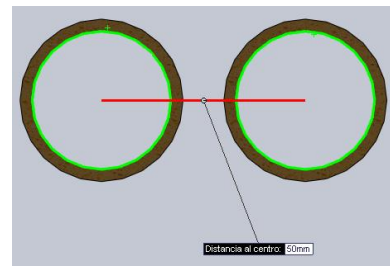


Figura 1. Separación de los tubos

Para determinar exactamente la cadena se necesita usar la gráfica para selección de cadenas Norma ISO 606 serie americana, donde se necesita como datos la potencia del motor y la velocidad angular del mismo.

Se realiza un cálculo estimado de la potencia del motor y de la velocidad angular, tomando en cuenta que la producción debe ser de 60 tubos por minuto, con esto se obtiene la velocidad angular con la ecuación (1), y para la potencia del motor se usa la ecuación (2), el cual por el momento es estimado.

$$n = \frac{v}{Np} \quad (1)$$

$$P = \frac{P_t * v * FS}{1000} \quad (2)$$

Obteniendo como resultado:

Velocidad angular, rpm 10

Potencia del motor, kW 0,18

Con estos datos por medio de la gráfica para selección de cadenas Norma ISO 606 serie americana, se determina que la cadena necesaria para la aplicación es una ANSI #60 y se recalcula nuevamente para asegurar que es esta cadena, obteniendo una potencia de 0,18 kW y una velocidad angular de 14 rpm confirmando que la cadena debe ser una ANSI #60.

Se determina la longitud de la cadena y el número de eslabones correspondientes con la ecuación (3) y (4), obteniendo como resultado una longitud de cadena de 1,5m y 78 eslabones, quedando cada tubo a una distancia de cada 4 pasos siendo esto a cada 7,6 cm como se observa en la figura 2.

$$L = \left[\frac{2C}{p} + \frac{N_1 + N_2}{2} + \frac{(N_2 - N_1)^2}{4\pi^2 C/p} \right] * p \quad (3)$$

$$\frac{L}{p} = \text{eslabones} \quad (4)$$

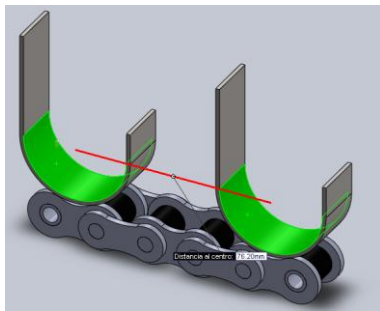


Figura 2. Ganchos sobre la cadena

A partir de este punto se diseña el gancho que va a transportar los tubos por medio de la cadena, se lo realiza de forma geométrica, con una semicircunferencia de 4cm que es el diámetro del tubo, un espesor de 0,7cm para darle rigidez, una pestaña de 4cm desde la semicircunferencia para que jale o arrastre al tubo de la tolva y otra de 1,2cm al otro extremo para que el tubo no vaya a caerse en el momento del transporte. Este gancho se lo realiza en acero Inoxidable 304 de 1,5mm de espesor por estar en contacto directo con el producto. Como se observa en la figura 3.

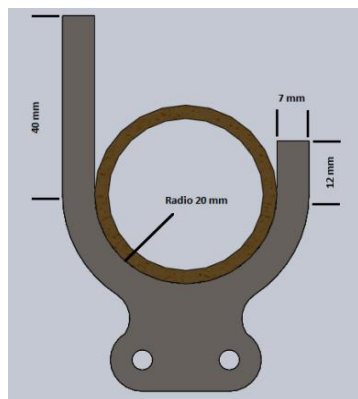


Figura 3. Dimensiones del Gancho

Conociendo la cadena a utilizar, las dimensiones, los ganchos y el peso del producto se calcula la potencia del motor para el transporte con la ecuación (2), obteniendo un valor de 11,05 W, pero comercialmente se consiguen motores mínimo de 180 W que es lo mismo que ¼ de HP con una velocidad angular de 1400 rpm para usar un moto reductor con un coeficiente de reducción de 100 obteniendo la velocidad de transporte requerida que es de 14 rpm, este conjunto del motor con el moto reductor se observa en la figura 4.

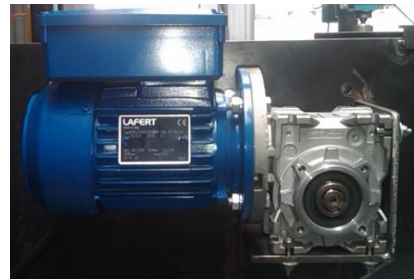


Figura 4. Motor con Reductor

Se prosigue con el diseño del eje de transporte, partiendo del cálculo del torque necesario para sacar al mecanismo de la inercia, siendo este 2,34Nm, pero el moto reductor ofrece un torque 55,3Nm siendo suficiente para la aplicación y se distribuye este torque en las catarinas que van a transmitir el movimiento giratorio del motor a la cadena haciendo un transporte lineal como se observa en la figura 5.

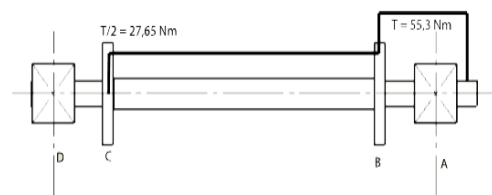


Figura 5. Distribución del Torque en las Catarinas

Se Determina las fuerzas que actúan en el eje como se observa en la figura 6, por medio de un software de diseño mecánico MDSolid se determina el momento mayor ejercido en el eje para el posterior cálculo del diámetro, siendo este 67,9Nm como se observa en la figura 7.

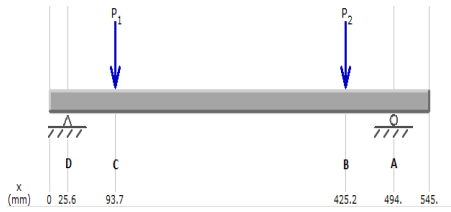


Figura 6. Fuerzas sobre el eje



Figura 7. Momento máximo

Con estos valores se calcula el eje para transporte en varias iteraciones, en este caso se usó 4 iteraciones, hasta obtener un valor homogéneo entre las iteraciones, usando el criterio de ED-Goodman (5) por ser más conservador en el diseño y determinando los valores y constantes necesarios para usar la ecuación y obtener el diámetro del eje, siendo este de 31mm con hombro agudo.

$$d = \left(\frac{16FS}{\pi} \left\{ \frac{1}{S_e} \left[4(K_f M_a)^2 \right]^{\frac{1}{2}} + \frac{1}{S_{ut}} \left[3(K_{fs} T_m)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \right\} \right)^{\frac{1}{3}} \quad (5)$$

Se diseña la dimensión del eje de corte, tomando en cuenta todas las fuerzas que actúan sobre el mismo que son las fuerzas ejercidas por las bandas que transmiten el movimiento giratorio del motor al eje y principalmente las fuerzas ejercidas al realizar el corte como se observa en la figura 8.

Pero antes de esto se determina la fuerza necesaria para el corte, realizando un ensayo de tracción con una probeta del producto a ser cortado, donde se obtiene que la fuerza necesaria para el corte es de 1195N con una fuerza ejercida sobre el eje de 1195N.

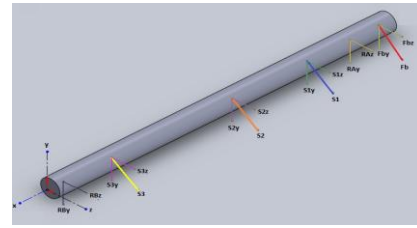


Figura 8. Distribución de fuerzas ejercidas en el eje de corte

Con estos datos se determina el eje de la misma manera como se hizo con el eje de transporte obteniendo un diámetro de 37mm. Al eje se lo hace roscado para poder modificar los tamaños de corte y con un diámetro de 31mm lo que se compensará los 37mm calculados en el punto de corte con las manzanas que alojan las cuchillas siendo estas de un diámetro de 37mm.

Las cuchillas son dimensionadas geoméricamente verificando que corte el tubo en su totalidad y que no choque el producto con el eje de corte, obteniendo un diámetro de 180mm con recubrimiento anticorrosivo al encontrarse en contacto directo con el producto. El análisis geométrico se pueden observar en la figura 9.

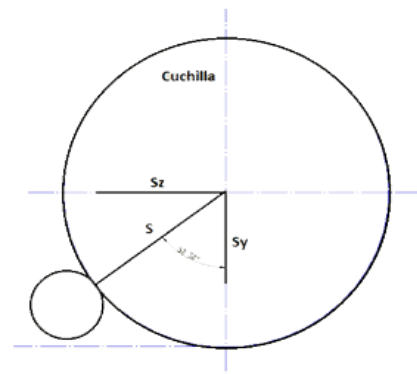


Figura 9. Análisis geométrico para la cierra

Para diseñar la alimentación o tolva se parte conociendo el requerimiento en este mecanismo como se observa en la tabla 3.

TABLA III. Requerimientos para la Tolva

Longitud L (mm)	355,6 (14 in)
Diámetro Exterior del tubo d (mm)	40
Masa P_{dt} (kg)	0,2

Partiendo de este dato inicial se dimensiona la tolva inicialmente de forma geométrica, por volúmenes para almacenar 300 tubos en ella como se observa en la figura 10.

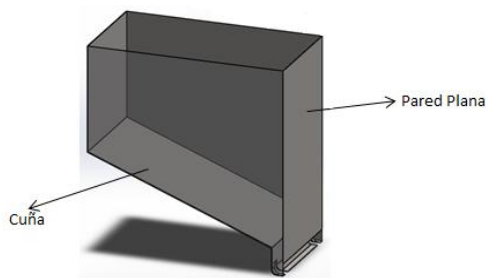


Figura 10. Forma de la Tolva

Con esto se tiene las dimensiones de la tolva, almacenando un volumen total de $1,51 \times 10^8 \text{ mm}^3$, para almacenar los 300 tubos y se determina el espesor de la plancha con la que se va a elaborar la tolva para que soporte el peso, analizando las presiones ejercidas en todas las paredes, obteniendo un valor muy bajo ya que no es un cilo que almacena granos o líquidos porque se tiene espacios vacíos, por lo tanto se usa Acero Inoxidable 304 por estar en contacto directo con el producto de 1,5mm de espesor.

Para la salida del producto se diseña unas bandejas tipo rampa, tanto para los tubos cortados como producto final como para los retazos o bordes que son reprocesados para un nuevo producto. Estas rampas son diseñadas principalmente de forma geométrica, elaboradas de Acero Inoxidable 304 por estar en contacto directo con el producto. Estas bandejas se observa en la figura 11.

Para protección del operario de la máquina se diseña unas tapas que cubre las cuchillas de corte, siendo una fija y una

desplazable en forma de cuarto de luna, de acrílico transparente.

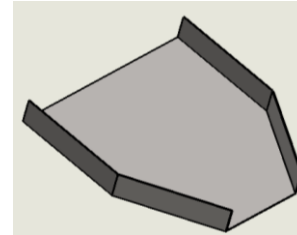
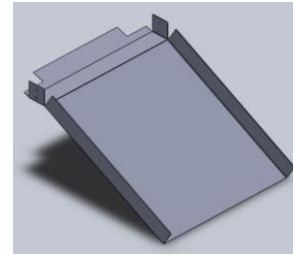


Figura 11. Bandejas de Salida

Se elabora esta tapa de acrílico transparente, más que nada por estética para que se pueda observar el proceso, pero en esta tapa se aloja una placa metálica que es detectada por un sensor inductivo permitiendo el funcionamiento de la máquina una vez que la tapa este cerrada.

Por ultimo en el diseño mecánico se realiza el estudio de la estructura tanto de las paredes laterales como de la estructura base en si, que es elaborado con tubo cuadrado.

Se realiza un análisis estático en SolidWorks para determinar si la estructura soportara los esfuerzos a los que se encuentra sometida, obteniendo un resultado positivo porque comienza a fallar con una presión de 250MPa pero la máquina esta sometida a una presión de 1,02MPa. Como se observa en la figura 12.

Terminando de esta manera el diseño mecánico de la máquina cortadora de tubos extruidos para alimento canino, habiendo diseñado la tolva, el transporte, ejes, la salida, las tapas de seguridad y la estructura de la misma obteniendo una máquina como se observa en la figura 13, de la máquina completa de manera digital, realizado en SolidWorks.

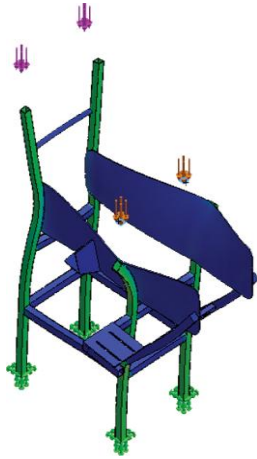


Figura 12. Análisis de la estructura

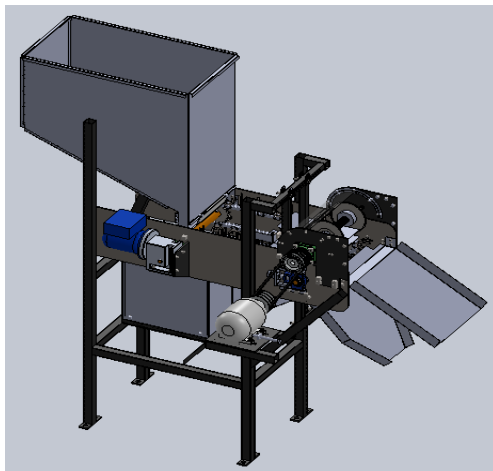


Figura 13. Máquina Cortadora de Tubos

2. Diseño Eléctrico y Control

Para empezar el diseño eléctrico de esta máquina se empieza con una estructura de control, en donde se determina la estructura de control con la planta, los controladores, las salidas y determinando los objetivos de control y las variables del sistema, que dan la pauta o el camino a seguir para esta parte del diseño.

Teniendo como objetivos de control:

- Manipular y controlar la velocidad de corte entre 2500 y 3400 rpm.
- Establecer una velocidad lineal de avance de 0,076 m/s.
- Monitorear la cantidad de producto cortado.

- Supervisar la seguridad del mecanismo de corte.
- Elaborar un panel de control que interactúe con el operador, para la puesta en marcha y paro de la máquina, así también con visualizadores que indican el estado de la máquina.
- Funcionamiento en modo manual y automático.
- Integrar en un panel principal todos los elementos eléctricos, electrónicos y de control que gobiernan el funcionamiento de la máquina.
- Seleccionar elementos eléctricos de potencia que trabajen con voltajes de 220VAC, y elementos para control con un voltaje de trabajo de 12 o 24VDC.

En base a estos objetivos de control se realiza el diseño.

Los controladores usados para este proyecto son un variador de frecuencia, que sirve para variar la velocidad del motor de corte por medio de un potenciómetro, realizando internamente un control en lazo cerrado. Y para el control y manejo del resto de la máquina se hace uso de un PLC LOGO tipo relé, porque cuenta con lo necesario para la aplicación, siendo esto entradas digitales y analógicas como también la comunicación con una pantalla LCD, siendo este PLC el que se indica en la figura 14.



Figura 14. PLC LOGO

Con esto se elabora un panel HMI para la interacción del operario con la

máquina por medio de botoneras, usando un pulsador para el inicio del modo automático, un pulsador para el stop de la máquina, un pulsador tipo hongo para el paro de emergencia, un selector de 3 posiciones para apagar la máquina, seleccionar el modo manual y el modo automático, un potenciómetro para variar la velocidad de corte por medio del variador de frecuencia, dos luces indicadoras, verde de estado start y rojo para el estado stop de la máquina, un variador conectado a un dimmer para la frecuencia del vibrador que se encuentra acoplado a la tolva y finalmente una pantalla LED de visualización y operación del modo manual de la máquina. Diseñando con las dimensiones de cada elemento un panel HMI como se observa en la figura 15.

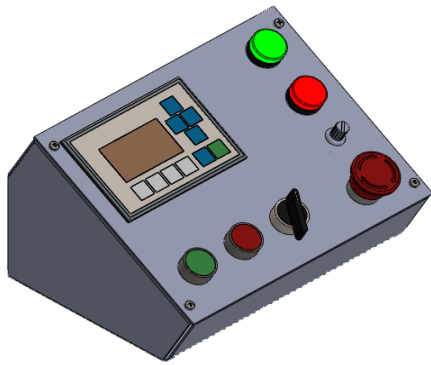


Figura 15. Panel HMI

Para el sensado de la producción se usa un sensor óptico fotoeléctrico que por medio de un haz de luz determina el paso de cada tubo contando así la cantidad de producción y para la seguridad se usa un sensor inductivo que determina si se encuentra la tapa de seguridad abajo o cerrada permitiendo la activación del mecanismo de corte y si esta es abierta detiene todo el proceso. Estos sensores se observan en la figura 16.



Figura 16. Sensores

Conociendo todos los elementos que van a gobernar en el funcionamiento de la máquina, siendo estos los contactores, rele térmico, variador de frecuencia, PLC, fuente, borneras, fusibles, disyuntores, se diseña un panel principal donde se alojaran todos estos elementos donde convergerán todas las señales del panel HMI, actuadores y sensores. Colocando de una forma adecuada, donde el cableado se hará por medio de canaleta. Este panel se puede observar en la figura 17.

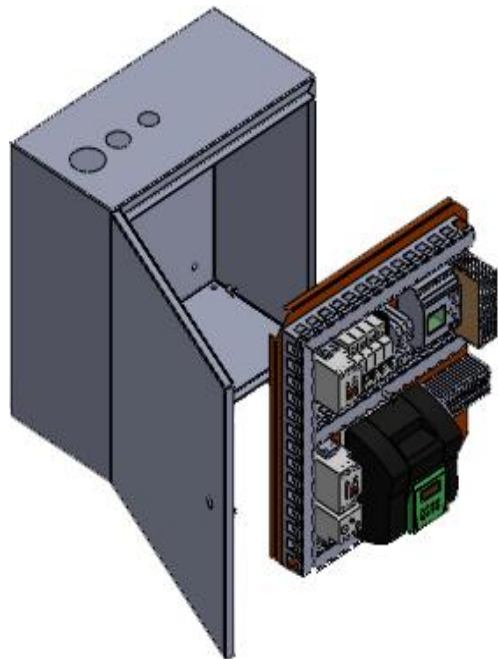


Figura 16. Panel Principal

Para terminar el diseño eléctrico y control se elaboran los diagramas eléctricos, siendo estos el diagrama de interconexiones que indica por medio de bloques la interconexión de todos los elementos eléctricos de la máquina como son el panel principal, el panel HMI, los sensores, actuadores y la alimentación de la máquina, como se observa en la figura 18.

Así mismo se tiene el diagrama de potencia y de control tanto en AC como DC como se indica en la figura 19, estos diagramas son más explicativos y muestran el funcionamiento de los mismos.

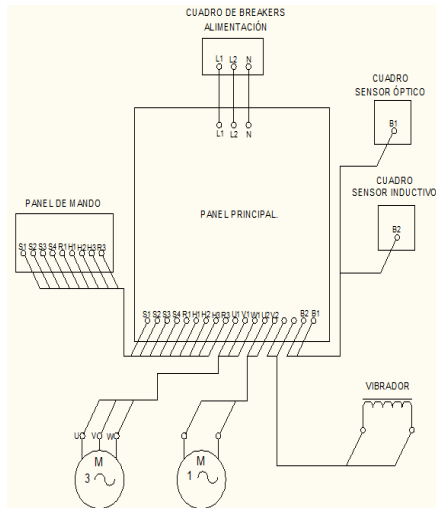


Figura 18. Diagrama de Interconexiones

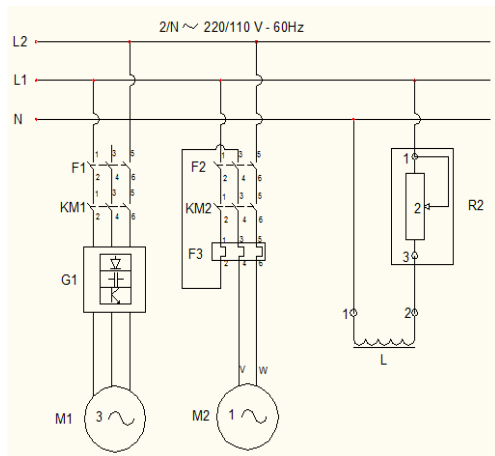


Figura 19. Diagrama de Potencia

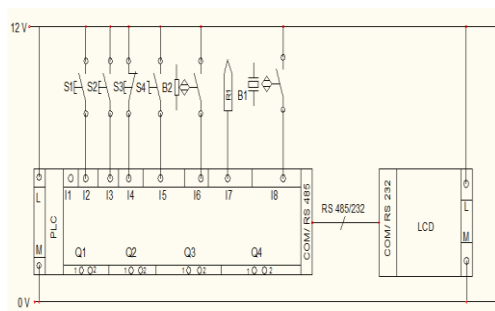


Figura 20. Diagrama de Control DC

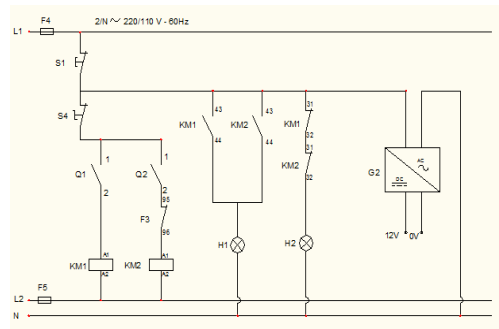


Figura 21. Diagrama de Control AC

3. Lógica de Control y Software

Para el control de la máquina se parte de los diagramas de flujo del funcionamiento tanto manual como automático, el cual es como un mapa a seguir para la programación ladder del PLC que gobierna la máquina.

El software utilizado es el LOGO SoftConfort, con el que se programa de forma ladder todas las funciones de la máquina.

Se tiene dos funcionamientos un manual y un automático, operado con la pantalla LCD como se indica en las tablas 4 y 5 respectivamente.

TABLA IV. Modo Manual

Modo Manual	
Tecla	Función
F1	Activa el Mecanismo de transporte
F2	Activa o prende el Variador de Frecuencia
F3	Activa el motor de corte y se visualiza en la pantalla LCD la velocidad de motor

Esto se opera por medio de una pantalla LCD LOGO TD que se conecta con el PLC, esta pantalla tiene botones que son programados para el control manual de los mecanismos de la máquina y para visualizaciones en el modo automático. Esta pantalla se observa en la figura 22.

TABLA V. Modo Automático

Modo Automático	
Tecla	Función
F4	Aparece en la pantalla una presentación de la máquina "Máquina Cortadora de Rejos"
F1	Visualización en la pantalla de la velocidad del motor de los discos de corte
F2	Visualización en la pantalla del conteo o producción de rejos



Figura 22. Pantalla LCD

IV. RESULTADOS

Como resultado se obtuvo la terminación de la máquina para el corte de tubos extruidos para alimento canino como se observa en la figura 23.



Figura 23. Máquina

También el resultado final obtenido es el corte perfecto de dos pedazos de tubo de

7 ¼ in y 4 ½ in que son los tamaños requeridos y los retazos para el reproceso como se observa en la figura 24 y la tabla 6 que son los resultados de la máquina.

TABLA VI. Resultados Finales

PRUEBA	RESULTADO
Alimentación	Los tubos extruidos o rejos salen ordenadamente 1 por 1
Transporte	Se lo realiza ordenadamente a una velocidad de 60 tubos por minuto
Corte	El corte es preciso, se obtiene dos pedazos de 7 ¼ pulgadas y 4 ½ pulgadas, aunque estos tamaños se pueden variar



Figura 24. Corte realizado por la máquina

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. Conclusiones:

- Se tiene una máquina automática cortadora de tubos extruidos para alimento canino totalmente funcional que cumple los requerimientos del cliente, de entrada y salida del producto principalmente, se puede regular la longitud de corte del producto, dando la seguridad necesaria al operador para que no sufra una mutilación al momento del corte, así como también la máquina permite las opciones de trabajo manual y automático.
- Se dimensionó y construyó todos los subsistemas mecánicos, como son alimentación, transporte, corte y salida del producto. La forma de cuña de la tolva permite la alimentación de producto uno a uno al mecanismo de transporte el cual por medio de ganchos de acero

inoxidable permite transportar los tubos sin ningún problema al mecanismo de corte en donde son cortados en dos pedazos útiles y dos residuos, los cuales salen por dos bandejas respectivamente en forma correcta. En cuanto a la seguridad se tiene dos tapas una fija y una móvil, las que con la ayuda de un sensor inductivo ayudan a que se proteja al operador de accidentes.

- La automatización de la máquina se la realizó con un PLC LOGO, lo que permite operar en dos formas, modo manual donde los sistemas funcionan de manera independiente y el otro modo automático donde toda la máquina funciona en conjunto correctamente. Para variar o cambiar la velocidad de las cuchillas de corte se usa un variador de frecuencia el cual por medio de un potenciómetro realiza el cambio de velocidad al motor y esta señal también es enviada al PLC para poder visualizarla en la pantalla LCD del panel de control en revoluciones por minuto (rpm).
- La pantalla LCD LOGO TD! permite interactuar en los dos modos de funcionamiento de la máquina con los pulsadores de función que posee, y podemos visualizar los parámetros de la máquina, estos son la velocidad a la que el mecanismo de corte está operando que es 2800 rpm y la cantidad de tubos extruidos para alimento canino o rejos que se corta.
- El correcto ensamble de todos los subsistemas y bastidor permite tener una máquina totalmente funcional en forma mecánica, así que, al integrar el sistema eléctrico se logra la automatización, ya que se utiliza sensores y actuadores como son el sensor fotoeléctrico, el sensor inductivo, el motor de corte, el motor reductor e inclusive el vibrador que permiten, mover ejes, acomodar tubos, monitorear seguridades, y por medio de elementos de maniobra y

con el PLC podemos ejecutar un secuencia de funcionamiento totalmente práctica.

- Al realizar la pruebas de funcionamiento después de haber realizado todos los cambios y correcciones necesarios, se obtiene un resultado satisfactorio o positivo, porque se obtiene una producción de al redor de 60 tubos por minuto, al finalizar el corte y sin ningún tipo de astillado en los bordes del mismo, recalando que el tamaño de tubo puede ser calibrado según la necesidad.
- Al no existir una máquina automática cortadora de tubos extruidos en el mercado, el mayor aporte realizado es el diseño integral de esta para la industria canina, como principalmente el tipo de transporte o arrastre que se ideó en el diseño mecánico para movilizar estos tubos hasta el punto de corte.
- Se obtuvo las propiedades mecánicas del material a cortar a partir de ensayos de laboratorio, donde se determinó la fuerza última a la tracción de 402,21 N y la fuerza necesaria para el corte de 1195,09 N.
- Se elaboró todos los planos de los mecanismos de la máquina, de cada pieza y los respectivos ensambles para realizar alguna mejora futura y saber como desarmar y armar la máquina, también se elaboró los diagramas de conexiones eléctricas, un diagrama de las entradas y salidas de las señales a las borneras que se encuentra en el panel principal y la programación del PLC, así mismo se realizó un manual de usuario indicando como poner en marcha la máquina y todo lo que se tiene en el panel de control (manipulación y monitoreo), para fácil práctica del usuario y un manual de mantenimiento con el cual el usuario puede realizar un mantenimiento preventivo y corregir alguna falla si lo existiera.

2. Recomendaciones:

- La máquina está diseñada para la operación por parte de un usuario cuya estatura se encuentra entre 1,60m y 1,70m, que es la estatura estándar del ecuatoriano promedio, por lo tanto el tablero HMI se encuentra a una altura de 1,20, razón por la cual la entrada de la tolva queda un poco arriba (1,90m), se recomienda al cliente, en caso de colocar los tubos extruidos manualmente por un operario hacer uso de algún tipo de escalera, pero lo mejor sería para automatizar todo el proceso adaptar una banda transportadora con inclinación que alimente constantemente de tubos extruidos para alimento canino a la tolva de la máquina.
- Para futuras adaptaciones y requerimientos por la empresa para cortar tubos de alimento canino de otra contextura, se recomienda al cliente hacer juegos de adaptaciones en la tolva y en los ganchos que transportan el material para su buen funcionamiento con diferentes tamaños y formas.
- Si se requiere cortar otro tipo de material se recomienda al operador variar la velocidad de corte como así mismo variar la velocidad de avance de la máquina para obtener el resultado requerido.
- Para futuros trabajos especialmente para compañeros estudiantes, en base a la experiencia obtenida, se recomienda trabajar con chapa metálica doblada, realizar dobleces en los filos con la finalidad de hacer esto más rígido y que con el tiempo no tienda a deformarse, al igual tratar de usar la suelda lo menos posible para evitar deformar el material con el calor producido.

VI. BIBLIOGRAFIA

- (CAN), C. d. (2013). *Normas para el registro, control, comercialización y uso de productos veterinarios DECISION 483*. Recuperado el 10 de 01 de 2013, de Normas para el registro, control comercialización y uso de productos veterinarios: <http://www.agrocalidad.gov.ec/agrocalidad/images/Agrocalidad/Contenido/Registro%20Insumos/Unidad%20de%20registro%20de%20productos%20de%20uso%20veterinario/Normativa/Decision%20483%20CAN.pdf>
- (OMS), O. M. (s.f.). *Buenas Practicas de Manufactura Vigentes, Fabricacion de productos Farmaceuticos*. Ginebra.
- +KOTA. (s.f.). Recuperado el 19 de Enero de 2013, de http://www.maskota.com.mx/home/contenido.asp?cve_cont=1131
- Alibaba. (s.f.). Recuperado el 19 de Enero de 2013, de <http://spanish.alibaba.com/products/dry-chicken-chip-dog-food-367776705.html>
- Arango, A. Á. (2005). *Matemáticas Financieras*. Bogota: McGrawHill.
- Budynas, R. G., & Nisbett, I. K. (2012). *Diseño en Ingeniería mecánica de Shigley*. México D.F.: McGrawHill.
- H.S.Bawa. (2007). *Procesos de manufactura*. México D.F.: McGraw-Hill.
- Harper, E. G. (2004). *Guía Práctica para el cálculo de Instalaciones Eléctricas*. México D.F.: Limusa.
- Leo, A. (1996). *Procesos para Ingeniería de Manufactura*. AlfaOmega.
- MAS CAN. (s.f.). Recuperado el 19 de Enero de 2013, de http://www.mas-can.com/mas-can/index.php?option=com_content&view=article&id=10&Itemid=109

- Mercamania*. (s.f.). Recuperado el 19 de Enero de 2013, de http://www.mercamania.es/a/listado_productos/idx/5070600/mot/Nudos/listado_productos.htm
- Mott, R. L. (2006.). *Diseño de Elementos de Máquinas* (Cuarta 4ta ed.). México D.F.: Prentice Hall.
- NTN. (2009). Catalogo y Manual de Chumaceras. *NTN Chumaceras*.
- Ravenet Catalan, J. (1977). *SILOS, Teoría, Investigación y Construcción*. Barcelona, España: Editores Tecnicos Asociados.
- Roy R. Craig, J. (2003, segunda edicion en ingles y primera edicion en español). *Mecanica de Materiales*. Mexico: Compañía Editorial Continental.
- Soriano, P. (s.f.). *Novedades Escuela de Ingeniería Técnica Agrícola-Tema 07 Cadenas*. Recuperado el 19 de Enero de 2013, de <http://www.uclm.es/profesorado/porrasoriano/elementos/Tema07.pdf>
- tolvas-cilos, j. (s.f.). *Manejo de Solidos*. Obtenido de http://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/8284/1/TEMA1_Manajosolidos.pdf
- Vilora, J. R. (2004). *Automatismos y Cuadros Eléctricos*. Madrid: Thomson Paraninfo.
- Zambrano, A. M. (2006). *Matemáticas Financieras*. México D.F.: Alfaomega.

