DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UNA MÁQUINA SECADORA DE FORRAJES MÚLTIPLES PARA LA ELABORACIÓN DE HARINA Y PROCESAMIENTO DE BALANCEADO PARA GANADO CON CAPACIDAD DE 400 KG/H PARA LA EMPRESA "ENSIFOR S.A."

Carlos Segundo Betancourt Castellanos y Pablo Andrés Castillo Sarzosa

Carrera de Ingeniería Mecánica de la Escuela Politécnica del Ejército – Av. Progreso S/N, Sangolquí Ecuador

---

RESUMEN

El proceso de secado se ha introducido en la industria principalmente para que las empresas ganaderas y ganaderos en general, puedan utilizar la mayor cantidad de los nutrientes de las hojas y forrajes, sin que estos pierdan sus propiedades cuando la hoja esté en proceso de deterioro, ya que apenas se le separa de la planta, comienza el proceso degenerativo.

Para evitar esto, se requiere secado inmediato con una secadora rotatoria de flujo continuo directo, para que el producto tenga sus nutrientes intactos, estas se las puedan almacenar y posteriormente procesar, haciendo buen uso de las mismas en balanceados, pellets y otros.

En el proceso de secado se va a extraer la humedad de forrajes en forma directa, porque el aire que funciona como fluido de trabajo que transporta calor, va a contener la humedad de las hojas en un desarrollo rápido, evitando la degeneración del producto. Los combustibles más utilizados son el GLP y el diesel, este último con ayuda de un intercambiador de calor para evitar la mezcla del aire con los gases de combustión. La principal ventaja del GLP es que tiene una eficiencia de casi un 100%, mientras que la ventaja del Diesel es que no produce tantos gases de efecto invernadero y el costo es menor al anterior nombrado. La ventaja de este secador rotatorio es que todo el calor se va a transmitir a la masa húmeda de hojas ya sea por la combustión de GLP o diesel, pero tomando en cuenta que en este último, el intercambiador de calor debe estar funcionando a perfección, sin que este mezcle los gases de combustión con el fluido de trabajo. Esto perjudicaría al producto con las toxinas propias del diesel.

Por todos estos aspectos la empresa ENSIFOR S.A. ha querido crear el proyecto del secador rotatorio, para que en un principio se aumente la producción diaria y no haya escases de alimentos en épocas de sequía, almacenado los forrajes para a futuro usarlos en proceso posteriores.

Por último se añade que en la simulación se demostró que la maquina es fiable y factible, puesto que la empresa la va a requerir para cumplir con las expectativas deseadas.

ABSTRACT

The drying process has been introduced in industry mainly for livestock enterprises in general, to use as many nutrients from the leaves and feed, without them losing their properties when the blade is in the process of deterioration, as just is separated from the plant, the degenerative process begins

To avoid this requires immediate drying with a continuous flow rotary dryer directly to the product to have their nutrients intact, these will be stored and subsequently theprocess, making good use of them in balanced, pellets and more.

In the drying process is to extract moisture from forage directly, in that the air which functions as a working fluid that transports heat, moisture will contain sheets in a rapid, avoiding the degeneracy of the product . The fuels used are LPG and diesel, the latter using a heat exchanger to prevent mixing of air with combustion gases. The main advantage of LPG is that it has an efficient heating system air almost 100%, while the diesel advantage is that it produces as many greenhouse gases and the cost is less than the above named. The advantage of rotary dry-dor is that all the heat to be transmitted to the wet mass of leaves either by burning LPG or diesel, but taking into account that in the latter, the heat exchanger must be working to perfection, without this mix flue gases with the working fluid. This would harm the product with toxins diesel-selves.
For all these aspects ENSIFOR Company Inc. wanted to create the project of rotary dryer, so that at first increase daily production and there is no shortage of food in times of drought, fodder stored for future use in subsequent processing.

Finally add in the simulation showed that the machine is reliable and fac-tible, since the company will be required to meet the desired expectations.

---

1. Introducción

La empresa ENSIFOR S.A, creada en la ciudad de Guayaquil, tiene como visión cubrir las necesidades de los ganaderos del país, con respecto a la alimentación de ganado vacuno y equino.
El presente tema de tesis se desarrolla como parte primordial de un proyecto de alimentación masiva para ganado vacuno a nivel nacional, el cual busca satisfacer las necesidades de los ganaderos y productores lecheros del país, en cuanto a la baja calidad y altos precios de los productos alimenticios, remplazándolos por

forraje no convencional de alto nivel proteínico y energético que al ser secado y procesado se mantendrán sus niveles nutricionales por mayor tiempo.
En la actualidad la alimentación del ganado se realiza por pastoreo, suplemento balanceado y en la mayoría de los casos se adquiere henolaje, este último producto se comercializa a nivel nacional como único complemento alimenticio sin ninguna garantía nutricional y de alto costo.

2. Metodología

2.1. Descripción del Área de Aplicación

Este diseño favorece principalmente a las empresas que se dedican a la producción de leche y carne de ganado, tiene un alcance a nivel nacional.

2.2. Metodología

- Para poder diseñar de acuerdo a las necesidades y obtener datos reales se realizó pruebas piloto a escala de 1 a 8 con un secador de semejantes características al diseñado. Luego de ello en la parte de diseño térmico con los datos obtenidos se realizo el cálculo de calor requerido, perdidas de calor, perdidas del mismo espesor del aislante térmico, diseño del intercambiador, sus pérdidas y medidas. En el diseño mecánico realizamos cálculos de fatiga y de esfuerzos obteniendo datos útiles en las dimensiones del secador.

El diseño de la máquina se realizó usando varios programas de diseño mecánico, entre los principales programas utilizados se mencionan los siguientes:

- Autocad 2D
- Solid Works
- Math-Cad
- MD Solids
- SAP 2000

Posteriormente se realizó la simulación con el programa de método de elementos finitos Ansys 14.0.

3. Características técnicas de la secadora de forrajes

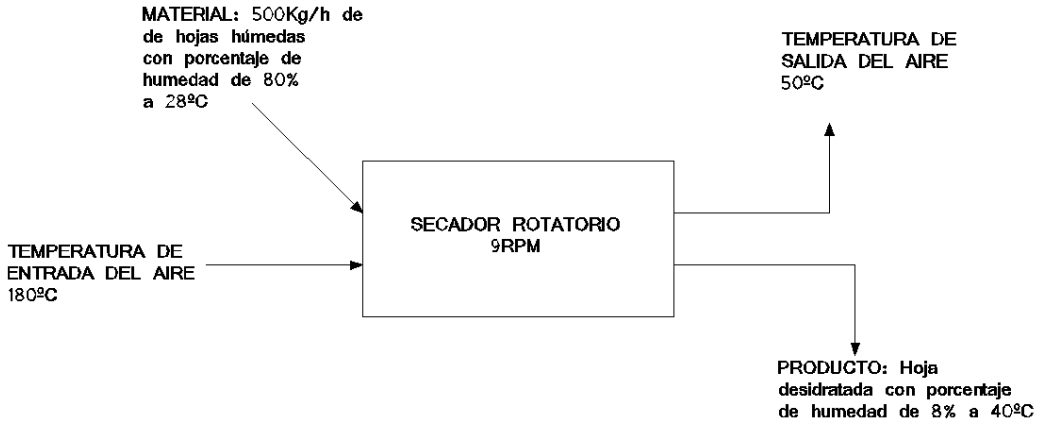

Figura 3.1 Parámetros a utilizar en la máquina

- Calor necesario para el secado: 280 Kw/h
- Flujo másico requerido de aire: 4 Kg/s
- Diámetro del secador: 1.4m
- Longitud del secador: 6m
- RMP del cilindro: 9 RMP
- Espesor del aislante térmico: 2.8 cm
- Combustible a utilizar para el quemador: GLP o Diesel
- Distancia entre anillos rotativos 3.6m
- Material del cilindro rotativo: Acero Inoxidable AISI 304
- Potencia requerida del moto-reductor: 1.2 HP
- Tipo de cadena: Cadena ANSI 80
- Número de dientes del piñon y Catarina: 17 y 190 respectivamente
- Material de la rueda: Fundición gris.
- Potencia del motor reductor de alimentación: 0.4 HP

3.1. Análisis de resultados

Gracias a los datos arrojados en la simulación se tiene la seguridad de que el secador está diseñado de acuerdo a los requerimientos técnicos y este no va a fallar.
Los datos obtenidos en la simulación comparados con los calculados tienen una variación de un 3% lo cual asegura un diseño apropiado.

4. Conclusiones

- La mejor alternativa para la selección del secador acorde a los requerimientos de la empresa es la construcción de un secador rotatorio con GLP como combustible, debido a su eficiencia de 98% en el sistema de calentamiento de aire. El secador con DIESEL como combustible abarca mayores pérdidas de calor (30%) en el proceso de secado, ya que necesita un intercambiador de calor.

- Las dos alternativas diseñadas son factibles al construirlas, económicamente hablando el secador a diesel es más costoso por el intercambiador de calor requerido, ya que aparte del costo elevado de fabricación influyen costos de mantenimiento tanto predictivo, preventivo del mismo, esto compensa el costo bajo de combustible, pero a largo plazo el intercambiador deberá incurrir en un mantenimiento correctivo por los gases de combustión que afectan al mismo.

- La temperatura de secado a la que se lleva a cabo el proceso es aproximadamente de 85º C. A esta temperatura se asegura que el producto va a reducir el porcentaje de humedad requerido y no tendrá pérdidas del suplemento nutricional. La temperatura exterior es segura para los operarios en el cilindro rotatorio debido al aislante térmico alrededor del mismo, puesto que esta no supera los 40° C.

- La simulación permitió comparar resultados calculados, con los simulados, el margen de error en las simulaciones no supera el 3%, esto da un margen de seguridad y confianza para su futura construcción. Por ende se tiene la certeza de que el secador trabajará eficientemente en el campo práctico.

- Se diseñó una máquina acorde a las necesidades poniendo énfasis principalmente en el proceso térmico y mecánico, analizando la duración de la máquina y principalmente en la seguridad de los operarios, puesto que se trabaja con altas temperaturas. Se analizó la resistencia, fatiga, dirección de flujo y otros factores primordiales para un desempeño acorde a las necesidades de los clientes.

- Se utilizó el software de método de elementos finitos ANSYS, en el cual para analizar cualquier elemento, se tiene la facilidad simular cada uno de los mismos según la necesidad del diseñador, se selecciona el material deseado con las restricciones del programa, logrando simulaciones de transferencia de calor y otros análisis mecánicos, los cuales demuestran que los elementos y materiales que los constituyen son los apropiados.

- El costo aproximado de la máquina es 21500 USD con un quemador de GLP. El costo con un quemador DIESEL se incrementaría en un 30% por la construcción del intercambiador de calor.

5. Referencias

- NISBETT, J. KEITH – BUDYNAS, RICHARD G. “Diseño de ingeniería mecánica de Shigley” México. Editorial McGraw-Hill Interamericana. 2008, 29 – 85 – 108 - 119 – 280 – 420 – 429 – 571 – 661 – 718 – 888 p.
- MOTT ROBERT L. 6ta ed. “Mecánica de Fluidos” México. Pearson Educación. 2006. 235p.

- ORREGO ALZATE, CARLOS EDUARDO "Procesamiento de alimentos" Manizales. Centro de publicaciones Universidad Nacional de Colombia, 2003, 82p.
- J. OCÓN Y G. TOJO B. 3ra ed. "Problemas de Ingeniería Química" México. Tomo I, Cap. 4.
- INCROPERA F – DE WITT D. "Fundamentos de transferencia de calor" 4ta edición. Traducción Ricardo Cruz. México. Prentice Hall. 1999, 5 – 97- 297- 379 – 450 -503 p.
- ROBERT L. NORTON "Diseño de máquinas" México. Editorial Prentice Hall, 1999.
- SUQUILANDA, V. M. "Plantas medicinales y hierbas aromáticas" Ediciones UPS. Fundagro 1995.
- NONHEBEL, M. A. & MOSS, B., 1ra ed. "El secado de sólidos en la Industria Química". Barcelona. Reverté S.A. 1979.
- TREYBAL, ROBERT E. 2da ed. "Operaciones de Transferencia de Masa". Barcelona. Editorial McGraw-Hill, 1980.

6. Firmas de Responsabilidad y Revisión

DIRECTOR: Ing. Patricio Riofrío

CODIRECTOR: Ing. Roberto Gutiérrez