



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

ÁREA DE LA ENERGÍA LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS
NATURALES NO RENOVABLES

INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

TEMA

“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA PELETIZADORA
DE ALIMENTOS BALANCEADOS PARA GANADO VACUNO.”

PORTADA

1859

Tesis de Grado previa la
Obtención del Título de
Ingeniero Electromecánico

AUTOR:

Jairo Santiago Carreño Malla.

DIRECTOR:

Ing. Luis Armando Salgado Valarezo, Mg. Sc.

Loja - Ecuador

2015



“Diseño y construcción de una máquina peletizadora de alimentos balanceados para ganado vacuno.”

1. CERTIFICACIÓN

Ing. Luis Armando Salgado Valarezo, Mg. Sc.

CERTIFICA:

Haber dirigido, asesorado, revisado y corregido el presente trabajo de tesis de grado, en su proceso de investigación, bajo el tema **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA PELETIZADORA DE ALIMENTOS BALANCEADOS PARA GANADO VACUNO”**, previa a la obtención al título de Ingeniero Electromecánico, realizado por el egresado *Jairo Santiago Carreño Malla*, la misma que cumple con la reglamentación y políticas de investigación, por lo que autorizo su presentación y posterior sustentación y defensa.

Loja, Junio de 2015

Ing. Luis Armando Salgado Valarezo, Mg. Sc.

DIRECTOR DE TESIS



“Diseño y construcción de una máquina pelletizadora de alimentos balanceados para ganado vacuno.”

2. AUTORÍA

Yo, **JAIRO SANTIAGO CARREÑO MALLA**, declaro ser autor del presente trabajo de tesis y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos de posibles reclamos o acciones legales por el contenido de la misma.

Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja, la publicación de mi tesis en el Repositorio Institucional – Biblioteca Virtual.

Firma:

Cédula: 1104189087

Fecha: 07/I/2016



“Diseño y construcción de una máquina peletizadora de alimentos balanceados para ganado vacuno.”

3. CARTA DE AUTORIZACIÓN DE TESIS POR PARTE DEL AUTOR PARA LA CONSULTA, REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TEXTO COMPLETO.

Yo, **JAIRO SANTIAGO CARREÑO MALLA**, declaro ser el autor de la tesis titulada: **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA PELETIZADORA DE ALIMENTOS BALANCEADOS PARA GANADO VACUNO.”**, como requisito para optar por al grado de: **INGENIERO ELECTROMECAÁNICO**; autorizo al Sistema de Biblioteca de la Universidad Nacional de Loja, para fines académicos muestren al mundo la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido, de la siguiente manera en el Repertorio Digital Institucional.

Los usuarios pueden consultar su contenido, de este trabajo en el RDI, en las redes de Información del país y del exterior, con las cuales tengan convenio la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia de la tesis que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja a los siete días del mes de Enero del dos mil dieciséis.

Firma:

Autor:

Jairo Santiago Carreño Malla

Cédula:

1104189087

Dirección

Loja (Barrio Menfis Bajo, ciudadela “El Paraíso”)

Correo Electrónico: jairosantiago66@hotmail.es

Teléfono:

2326425

Celular:

0988864546

DATOS COMPLEMENTARIOS.

Director de Tesis

Ing. Luis Armando Salgado Valarezo, Mg. Sc.

Tribunal de Grado

Ing. Thuesman Estuardo Montaña Peralta, Mg. Sc.

Ing. Byron Agustín Solórzano Castillo, Mg. Sc.

Ing. Darwin Giovanni Tapia Peralta, Mg. Sc.



“Diseño y construcción de una máquina peletizadora de alimentos balanceados para ganado vacuno.”

4. DEDICATORIA

Todo mi esfuerzo y lucha constante por alcanzar una de mis más anheladas metas se lo dedico con mucho amor, cariño y respeto a DIOS, por iluminar mi vida, mi mente y mi corazón, a mis Padre. María y Ramiro, por ser los pilares fundamentales en todo lo que soy, a Nelly y mis Hermanas. Pamela y Camila, por el amor que me han brindado y ser parte fundamental de mi logros, a mi Familia y Amigos, que siempre me han apoyado y han sido parte de mis metas, y así poder alcanzar una meta y cumplir un sueño más.

Jairo Santiago Carreño Malla.



5. AGRADECIMIENTO

Agradeciendo por su colaboración prestada a la realización de este proyecto de tesis, a todas aquellas personas que brindaron su apoyo y conocimientos, dotando de la gran orientación necesaria para llevar a cabo el presente trabajo especial de grado. Agradezco a la Universidad Nacional de Loja el Área de La Energía, las Industrias y los Recursos Naturales no Renovables y la carrera de Ingeniería en Electromecánica, por darme la oportunidad de formarme académicamente; un agradecimiento especial al Ing. Armando Salgado, Mg. Sc. Y al Ing. Juan Carlos Solórzano Castillo, por hacer posible esta tesis; así también agradezco a cada uno de los docentes de la carrera que a través del tiempo impartieron sus conocimientos y me han ayudado a realizarme como profesional.

A todos, mil gracias.



“Diseño y construcción de una máquina peletizadora de alimentos balanceados para ganado vacuno.”

6. ÍNDICE

PORTADA	I
1. CERTIFICACIÓN.....	II
2. AUTORÍA	III
3. CARTA DE AUTORIZACIÓN DE TESIS POR PARTE DEL AUTOR PARA LA CONSULTA, REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TEXTO COMPLETO.	IV
4. DEDICATORIA.....	V
5. AGRADECIMIENTO	VI
6. ÍNDICE	VII
7. ÍNDICE DE TABLAS.....	XII
8. ÍNDICE DE FIGURAS	XIII
a. TÍTULO.....	16
b. RESUMEN.....	17
b.1. SUMMARY	18
c. INTRODUCCIÓN.....	19
c.1. Objetivos.....	19
c.1.1. Objetivo general:.....	19
c.1.2. Objetivos específicos:	19
d. MARCO TEÓRICO	20
d.1. Método de complejidad concurrente	20
d.2. Generalidades de los alimentos concentrados para animales. Procesos de fabricación	20
d.2.1. La Molienda.....	20
d.2.2. El mezclado	21
d.2.3. Aglomeración o peletización.	21
d.3. Peletizadora	22
d.3.1. Funcionamiento	23
d.3.2. Importancia	23
d.4. Pellet.....	23
d.4.1. Características de los pellets	24
d.5. Maquinaria. Para la producción de pellets.....	24
d.5.1. Tipos de Peletizadoras.	24
d.6. Peletizadora de rodillos giratorios	25
d.6.1. Campo de aplicación.....	25
d.6.2. Características especiales.....	25
d.7. Factores importantes en el proceso de peletizado.....	26
d.8. Descripción del proceso del pellet.....	26



“Diseño y construcción de una máquina peletizadora de alimentos balanceados para ganado vacuno.”

d.9. Estructura del equipo	26
d.10. Sistemas de funcionamiento de la máquina.....	28
d.10.1. Sistema de alimentación (Tolva)	29
d.10.1.1. Tolva de Alimentación.....	29
d.10.2. Sistema de Extrusión	29
d.10.2.1. Cámara de aglutinado	30
d.10.2.2. La matriz de peletización.....	30
d.10.2.3. Rodillos.....	31
d.10.3. Sistema de transmisión de potencia	31
d.10.4. Sistema de corte	31
d.10.5. Sistema de transmisión por correas.....	32
d.10.6. Estructura	32
e. ECUACIONES FUNDAMENTALES	33
e.1 sistema de ecuaciones de máquina peletizadora	33
e.1.1. Ecuación del sistema de alimentación.....	33
e.1.2. Propiedades del volumen de un tronco de pirámide	33
e.1.3. Presión cilindro.	34
e.1.4. Perímetro de desplazamiento	34
e.1.5. Velocidad de giro de rodillos	34
e.1.6. Análisis de carga en los rodillos	35
e.1.7. Velocidad periférica.....	36
e.1.8. Calor generado	36
e.1.9. Análisis de rodamientos de rodillos	36
e.1.9.1 Análisis de capacidad dinámica por cada cojinete “C”	37
e.1.10. Análisis de árbol de sujeción de rodillos.....	37
e.1.11. Análisis del máximo esfuerzo cortante al que está sometido el árbol.....	38
e.1.12. Análisis de soldadura entre árbol de soporte de rodillo y árbol de transmisión de potencia.....	38
e.1.13. Cálculo de diámetro del árbol.	39
e.1.14. Diámetro de cubo:.....	40
e.1.14.1. Análisis de aceleración centrífuga del disco de corte.	40
e.1.14.2. Análisis de masa del disco de corte.....	41
e.1.14.3. Análisis del Volumen del disco de corte.....	41
e.1.14.4. Determinación de la masa de disco de corte	41



“Diseño y construcción de una máquina peletizadora de alimentos balanceados para ganado vacuno.”

e.1.15. Determinación de la sección transversal del cubo.	41
e.1.15.1. Análisis del Volumen del cubo	42
e.1.15.2. Determinación de la masa del cubo	42
e.1.16. Determinación de masa total del sistema de corte	42
e.1.17. Determinación de fuerza centrífuga.	42
e.1.18. Determinación de la energía cinética del disco de corte	42
e.1.19. Análisis de potencia calculada	43
e.1.20. Análisis de transmisión.	43
e.1.20.1. Análisis de par torsor	44
e.1.21. Análisis de velocidad lineal en poleas (conducidas, conductoras).....	44
e.1.22. Análisis de fuerza de tensado.....	44
e.1.23. Análisis de tensado inicial.....	45
e.1.23.1. Análisis de la tensión 1.	45
e.1.23.2. Análisis de la tensión 2.	45
e.1.24. Análisis de las distancias entre centros.	46
e.1.25. Análisis del ángulo de abrazamiento.....	46
e.1.26. Análisis del ángulo de contacto (1).....	46
e.1.27. Análisis de longitud del ramal.....	47
e.1.27.1 Análisis de longitud de la correa	47
e.1.28. Análisis de número de correas	47
e.1.28.1. Potencia Unitaria.....	48
e.1.28.2. Potencia adicional (Nad).....	48
f. CÁLCULOS DE LA MÁQUINA	49
f.1. Método de complejidad concurrente	49
f.2. Cálculo y diseño de la peletizadora.....	49
f.2.1. Determinación de tolva de alimentación	49
f.2.1.1. Volumen de un tronco de pirámide	50
f.2.2. Determinación de la cámara de aglutinado.....	52
f.2.2.1. Presión en el cilindro	52
f.2.3. Análisis de rodillos de aglutamiento	53
f.2.4. Perímetro de desplazamiento.....	55
f.2.5. Velocidad de giro de rodillos	55
f.2.6. Análisis de carga en los rodillos.....	57
f.2.7. Calor generado.....	59



“Diseño y construcción de una máquina pelletizadora de alimentos balanceados para ganado vacuno.”

f.2.8. Análisis de rodamientos de rodillos.....	60
f.2.9. Análisis de capacidad dinámica por cada cojinete “C”	61
f.2.10. Análisis de árbol de sujeción de rodillos	61
f.2.10.1. Para ejes macizo se obtiene (Carga axial nula o pequeña)	62
f.2.11. Análisis del máximo esfuerzo cortante al que está sometido el árbol	66
f.2.12. Análisis de soldadura entre árbol de soporte de rodillo y árbol de transmisión de potencia.....	69
f.2.13. Análisis del eje de transmisión de potencia.....	71
f.2.14. Cálculo de diámetro del árbol.....	72
f.2.15. Análisis de rodamientos de eje de transmisión de potencia	74
f.2.15.1. Análisis de rodamiento por carga axial.	75
f.2.16. Diámetro de cubo:	76
f.2.17. Determinación del disco de corte	77
f.2.17.1. Análisis de aceleración centrífuga del disco de corte.....	77
f.2.17.2. Análisis de masa del disco de corte.....	78
f.2.17.3. Análisis del Volumen del disco de corte	79
f.2.17.4. Determinación de la masa de disco de corte.....	79
f.2.18. Determinación del cubo.....	79
f.2.18.1. Determinación de la sección transversal del cubo.....	79
f.2.18.2. Análisis del Volumen del cubo.....	80
f.2.18.3. Determinación de la masa del cubo.....	80
f.2.19. Determinación de masa total del sistema de corte.....	80
f.2.20. Determinación de fuerza centrífuga.	80
f.2.21. Determinación de la energía cinética del disco de corte.....	81
f.2.22. Análisis de transmisión.....	81
f.2.23. Análisis de potencia calculada.....	82
f.2.23.1. Análisis de par torsor (1)	83
f.2.23.2 Análisis de par de torsor (2)	84
f.2.24. Análisis de velocidad lineal en poleas (conducidas, conductoras).....	84
f.2.25. Análisis de fuerza de tensado	85
f.2.26. Análisis de tensado inicial.....	85
f.2.26.1. Análisis de la tensión 1.....	86
f.2.26.2. Análisis de la tensión 2.....	87
f.2.27. Análisis de las distancia entre centros.....	87



“Diseño y construcción de una máquina peletizadora de alimentos balanceados para ganado vacuno.”

f.2.28. Análisis del ángulo de abrazamiento.....	87
f.2.29. Análisis del ángulo de contacto (1)	88
f.2.29.1. Análisis del ángulo de contacto. (2)	89
f.2.30. Análisis de longitud del ramal	89
f.2.30.1 Análisis de longitud de la correa	90
f.2.31. Análisis del factor por ángulo de contacto.	90
f.2.31.1. Análisis del factor de corrección por longitud.....	90
f.2.32. Análisis de número de correas.....	91
f.1.32.1. Potencia Unitaria.	91
f.2.32.2. Potencia adicional (NAD)	92
f.3. Construcción.	92
g. PRESUPUESTOS PARA LA CONSTRUCCIÓN	94
g.1. Montos.....	94
g.1.1. Costos indirectos.....	97
g.1.2. Costo total del sistema de Peletizado.....	97
h. ANÁLISIS DE PRUEBAS.....	98
h.1. Análisis de rendimiento (fase de campo).	98
i. DISCUSIÓN.....	100
j. CONCLUSIONES.....	101
k. RECOMENDACIONES	102
l. BIBLIOGRAFÍA.....	103
1.1. LIBROS:.....	103
1.2. LIBROS ELECTRÓNICOS:.....	103
1.3. TESIS ELECTRÓNICAS Y PAGINAS WED	103
o. ANEXOS.....	108
ANEXO I.....	109
ANEXO II	115
ANEXO III	115
p. PLANOS	120



“Diseño y construcción de una máquina peletizadora de alimentos balanceados para ganado vacuno.”

7. ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Complejidad Concurrente	49
Tabla 2. Costo del material para la construcción del sistema de peletizado	94
Tabla 3. Costo de maquinaria.....	95
Tabla 4. Costo de materiales para instalación en el sitio de montaje.....	95
Tabla 5. Costo de material para terminado y acabado del sistema.....	96
Tabla 6. Costo por mano de obra	96
Tabla 7. Costo demandado por transporte.....	97
Tabla 8. Total de costos directos.....	97
Tabla 9. Costos indirectos	97
Tabla 10. Costo total del sistema	97
Tabla 11. Resultados de monitoreo del sistema de Peletizado.....	99
Tabla 12. Constantes y ecuaciones fundamentales.	115
Tabla 13. Coeficiente de rozamiento.....	115
Tabla 14. Medidas de stock de bohler.....	116
Tabla 15. Soldadura catálogo ESAB.....	116
Tabla 16. Rodamientos.....	117
Tabla 17. Medidas en stock.....	117
Tabla 18. Selección de correas.....	118
Tabla 19. Coeficiente de tracción óptimo y sobrecarga	118
Tabla 20. Potencia unitaria NC. Perfil B.....	119
Tabla 21. Potencia adicional NAD. Perfil B	119



“Diseño y construcción de una máquina peletizadora de alimentos balanceados para ganado vacuno.”

8. ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1. Sección y detalle de un molino	21
Fig. 2. Mezcladora de tipo vertical.....	21
Fig. 3. Granuladora o peletizadora.....	22
Fig. 4. Corte por cuchilla.....	22
Fig. 5. Pellet.....	24
Fig. 6. Esquema general de la máquina.....	27
Fig. 7. Tolva de alimentación.....	29
Fig. 8. Cámara de extrusión.....	29
Fig. 9. Cámara de aglutinamiento	30
Fig. 10. Matriz.....	30
Fig. 11. Rodillos.....	31
Fig. 12. Sistema de transmisión de ejes	31
Fig. 13. Sistema de corte	32
Fig. 14. Sistema de transmisión.....	32
Fig. 15. Estructura	32
Fig. 16. Tolva.....	49
Fig. 17. Tolva parte posterior.....	51
Fig. 18. Cámara de aglutinado	52
Fig. 19. Rodillos de aglutamiento	53
Fig. 20. Motor	54
Fig. 21. Rodillos de aglutinado.....	55
Fig. 22. Análisis de carga de rodillos.....	57
Fig. 23. Esquema fuerza de fricción.....	57
Fig. 24. Esquema de área de contactó	58
Fig. 25. Rodamiento de rodillos	60
Fig. 26. Árbol de sujeción de rodillos.....	61
Fig. 27. Análisis de soldadura.....	69
Fig. 28. Eje de transmisión de potencia.....	71
Fig. 29. Diámetro del árbol.....	72
Fig. 30. Eje de transmisión de potencia.....	75
Fig. 31. Esquema del cubo.....	76
Fig. 32. Disco de corte	77
Fig. 33. cubo.....	79



“Diseño y construcción de una máquina peletizadora de alimentos balanceados para ganado vacuno.”

Fig. 34. Transmisión para banda trapezoidal.	81
Fig. 35. Tensión en los ramales de la banda trapezoidal.	86
Fig. 36. Piezas de máquina.	92
Fig. 37. Estructura.	93
Fig. 38. Montaje.	93
Fig. 39. Pruebas.	93
Fig. 40. Resultados de ensayos.	99
Fig. 41. Árbol de rodillos.	109
Fig. 42. Barra hueca.	109
Fig. 43. Rodillos.	110
Fig. 44. Eje de transmisión.	110
Fig. 45. Matriz superior e inferior.	111
Fig. 46. Rodillo de aglutamiento.	111
Fig. 47. Cilindro de aglutamiento.	111
Fig. 48. Cámara de aglutamiento.	112
Fig. 49. Tolva principal.	112
Fig. 50. Difusor y sistema de corte.	112
Fig. 51. Árbol de transmisión.	113
Fig. 52. Pruebas.	113
Fig. 53. Esquemas conjunto de máquina peletizadora.	114



“Diseño y construcción de una máquina peletizadora de alimentos balanceados para ganado vacuno.”

a. TÍTULO

“Diseño y Construcción de una máquina peletizadora de alimentos balanceados para ganado vacuno.”



“Diseño y construcción de una máquina peletizadora de alimentos balanceados para ganado vacuno.”

b. RESUMEN

El presente proyecto de Tesis, tiene la finalidad de “Diseñar y construir una máquina peletizadora de alimentos balanceados para ganado vacuno”, Considerando la formulación de generalidades del balanceado y las teorías que ayuda a entender el funcionamiento y comportamiento de los diferentes elementos constitutivos de la máquina.

Con la finalidad de mejorar la producción y la calidad del proceso de los pellets, el diseño de la peletizadora consta de los siguientes sistemas de funcionamiento: un sistema de alimentación donde son colocadas las harinas, un sistema de extrusión que comprime las harinas a través de unos rodillos, un sistema de transmisión de ejes de potencia que transmiten un esfuerzo motor, un sistema de corte que provoca la rotura de los pellets, un sistema de transmisión de correas que se basa en un movimiento de rotación por medio de ruedas.

Esta máquina tiene la capacidad de producir 115.54 kg (254,188 lb) de pellet en una hora de manera continua, el producto terminado es húmedo por lo que requiere ser secado.



“Diseño y construcción de una máquina peletizadora de alimentos balanceados para ganado vacuno.”

b.1. SUMMARY

This thesis project aims to “design and build a pelletizing machine for the production of balanced feed for cattle,” taking into account the general formulation of balanced feed as well as the theories that help to understand the functioning and behavior of the various constituent elements of the machine.

In order to improve the production and quality process of pellets, the design of the pelletizing machine entails the following operating systems: a feeding system (a system of feeders) where flour is placed, an extrusion system that compresses flour through a set of rollers, a Power transmission shaft system, capable of transmitting enough motor power, a cutting system that reduces the size of the pellets, a belt drive system that uses a rotational movement caused by wheels.

This machine has capacity of continually producing 115.54 kg (254.188 lb.) of pellet per hour. When the pellet is made, it is wet and therefore requires to be dried.



“Diseño y construcción de una máquina peletizadora de alimentos balanceados para ganado vacuno.”

c. INTRODUCCIÓN

Hasta finales del siglo XX la mayoría de la producción era tipo artesanal, buscaban la individualización de sus productos, plasmados sus criterios en sus obras. Pero como consecuencia de la revolución industrial, esta forma de ver y realizar el trabajo cambió radicalmente con la introducción de máquinas en los procesos, consiguiendo la uniformidad de los productos. La tecnología avanzó y en la actualidad lo sigue haciendo a trechos muy grandes lo cual nos obliga periódicamente a analizar la situación actual de nuestros pequeños productores

La presente tesis busca identificar, analizar y proponer mejoras para resolver problemas como la baja productividad, altos niveles de desperdicios, problemas con el aprovechamiento de la materia prima a utilizarse, que tiene una línea de producción de pellets para la alimentación de ganado vacuno, fabricados al procesar harinas vegetales de las cosechas de granjas. En éste proyecto de tesis se aplican varias técnicas estudiadas a lo largo de la vida estudiantil; las cuales son tanto innovadoras, como de eficiencia energética y energías renovables. Con la aplicación de todas éstas técnicas necesarias se realizó el diseño y construcción de una maquina peletizadora.

c.1. Objetivos

c.1.1. Objetivo general:

Diseño y Construcción de una máquina peletizadora de alimentos balanceados para ganado vacuno, mediante un sistema electromecánico para ser utilizada en la Región Sur del Ecuador.

c.1.2. Objetivos específicos:

- Sistematizar información sobre máquina peletizadora de alimentos balanceados para ganado vacuno.
- Realizar el diseño de una peletizadora, aplicando el método de complejidad concurrente.
- Manufacturar una máquina peletizadora de alimentos balanceados para ganado vacuno.
- Realizar pruebas de funcionamiento de la peletizadora.



“Diseño y construcción de una máquina peletizadora de alimentos balanceados para ganado vacuno.”

d. MARCO TEÓRICO

d.1. Método de complejidad concurrente.

Es relativamente laboriosa y su principal utilidad está en la etapa de diseño de detalle para evaluar alternativas constructivas de piezas o componentes.

d.2. Generalidades de los alimentos concentrados para animales. Procesos de fabricación

Los alimentos concentrados para animales son elaborados a partir de una serie de operaciones secuenciales, en donde la materia prima es transformada hasta obtener un producto de un alto valor nutritivo; además, con este proceso de fabricación se obtienen diversas formas del alimento (pellets, cereales, fideos, etc.) que permiten facilidades en el consumo y almacenamiento. Generalmente presentan varias ventajas:

- ❖ Menor costo por kg de animal producido
- ❖ Fácil almacenamiento y distribución en el cultivo.
- ❖ Menor riesgo de contaminación de las aguas.

Las operaciones básicas en el proceso de fabricación de alimentos concentrados son:

- La molienda.
- El mezclado.
- Aglomerado (granulación y recubrimiento)

d.2.1. La Molienda

Se refiere a la reducción de tamaño de partículas de materias primas, tales como granos de cereales, pescado seco, levadura seca, etc., los cuales tienen tamaños y densidades distintas. El proceso de manufactura del alimento y la eficiencia biológica de una dieta dependerán del molido inicial. Ver (fig. 1) (SANCHEZ, s.f.)



“Diseño y construcción de una máquina peletizadora de alimentos balanceados para ganado vacuno.”

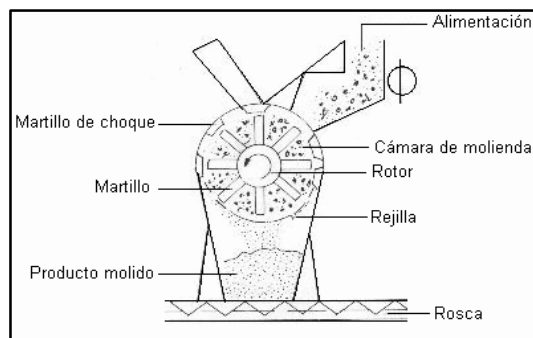


Fig. 1. Sección y detalle de un molino

d.2.2. El mezclado

La operación de mezclado se refiere a la incorporación de todos los ingredientes, que hacen parte de la «fórmula» con un peso definido, en una distribución homogénea. Con este paso se espera que todos los principios nutritivos de la fórmula original estén presentes en la ración diaria a suministrar a los animales. Ver (fig2)

El proceso de mezclado se puede realizar en mezcladoras de tipo vertical u horizontal, siendo más eficientes las últimas, ya que se corre menos riesgo de la segregación de ingredientes. (SANCHEZ, s.f.)

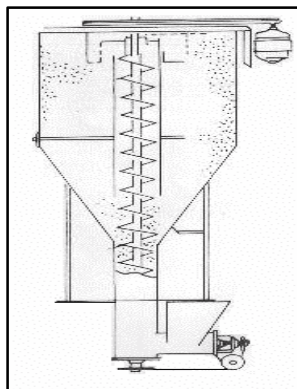


Fig. 2. Mezcladora de tipo vertical.

d.2.3. Aglomeración o peletización.

Es el proceso en el cual la mezcla homogénea de ingredientes nutritivos es transformada en gránulos o pastillas (granulación comprimida) mediante un proceso de compresión, calentamiento y adhesión. Ver (fig. 3). (SANCHEZ, s.f.)



“Diseño y construcción de una máquina peletizadora de alimentos balanceados para ganado vacuno.”

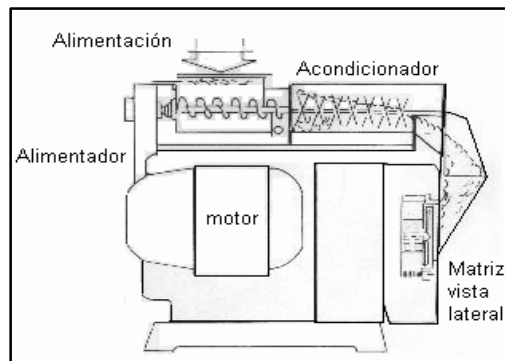


Fig. 3. Granuladora o peletizadora.

El proceso mecánico es realizado en una «peletizadora» donde la mezcla, se hace pasar a través de los agujeros de una matriz; el material sale en forma de fideo, se corta con unas cuchillas obteniéndose gránulos. Ver (fig. 4). En términos generales, la máquina peletizadora consta de cuatro secciones:

- Alimentación: presenta un sistema de rodillos
- Acondicionamiento: en donde se inyecta la materia prima ya mezclada
- Compactación: la masa se comprime aumentando su densidad.
- Corte: el material compactado sale en forma de fideo el cual es cortado por cuchillas, las cuales, según su distancia o a la velocidad que se peleticen darán la longitud del gránulo.

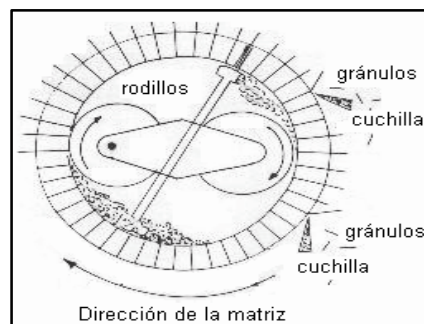


Fig. 4. Corte por cuchilla.

d.3. Peletizadora

Una peletizadora es una máquina que tiene como trabajo o actividad transformar o convertir la materia prima en pellet, que son piezas pequeñas formadas por la adición de vapor. (ENERGY, s.f.)



“Diseño y construcción de una máquina peletizadora de alimentos balanceados para ganado vacuno.”

d.3.1. Funcionamiento

El proceso de peletizado consiste en añadir líquido a una mezcla de harina, la misma que luego de ser humedecida es sometida a la presión de rodillos que empujan el material a través de matrices, obteniéndose así el pellet, este proceso se suele hacer en matrices planas o verticales. La temperatura del material triturado en la máquina peletizadora aumenta y el material natural aglutinante, se derrite y aglutina el pellet cuando este es enfriado. De ahí que el pellet no obtiene dureza hasta una vez enfriado. El tipo de matrices se debe elegir caso por caso dependiendo de la calidad y propiedades como dureza, humedad, composición de la materia prima que se va a peletizar. (ENERGY, s.f.)

d.3.2. Importancia

Las Peletizadoras son utilizadas para formar piezas compactas de alimento balanceado con el fin de darles a los animales un alimento balanceado para su mejoramiento nutricional, otro fin con el que se emplea es el de mayor facilidad para el suministro de las raciones (en cuanto a la cantidad por cada ración, gr, kg, bultos, etc., para el control de cuanto consumen los animales.).Y por su excelente facilidad de operación y mantenimiento se combinan para asegurar gastos operacionales más bajos a cada propietario.

Una máquina peletizadora de pequeña capacidad de producción es una necesidad, ya que a veces se requiere cantidades pequeñas de balanceado en forma de pellets para alimentar a animales de diversa índole tales como el ganado vacuno. (ENERGY, s.f.)

d.4. Pellet

Pellet es una denominación que se refiere a pequeñas porciones de material aglomerado o altamente densificado mediante procesos de compresión. Este material puede ser de alimento, plástico y hasta madera.

Usualmente, son mezclas compactadas hasta una forma cilíndrica, con un diámetro dictado por un orificio por el cual se comprime y forma, su longitud está determinada por



“Diseño y construcción de una máquina peletizadora de alimentos balanceados para ganado vacuno.”

el corte de una cuchilla o algún dispositivo que rompa la continuidad del flujo del material. Ver (fig. 5)

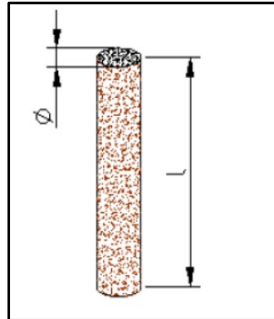


Fig. 5. Pellet.

d.4.1. Características de los pellets

- ✓ Bajo contenido de humedad (menor al 15%)
- ✓ Alta reducción del volumen
- ✓ Mejor capacidad de almacenamiento
- ✓ Alta densidad, entre 600-700 kg/m³
- ✓ Alto contenido nutricional
- ✓ Excelente capacidad calorífica
- ✓ Excelente durabilidad

d.5. Maquinaria. Para la producción de pellets

Ante la dificultad de conseguir en el mercado maquinaria apropiada para la creación y consolidación de microempresas en la zona sur del Ecuador, se está realizando un trabajo, con la finalidad de desarrollar herramientas y maquinarias apropiadas para la región sur.

d.5.1. Tipos de Peletizadoras.

Los tipos de peletizadora son variados por ejemplo:

1. Peletizadora de hilo
2. Peletizadora de disco
3. Peletizadora de contraflujo
4. Peletizadora eléctrica



“Diseño y construcción de una máquina peletizadora de alimentos balanceados para ganado vacuno.”

5. Peletizadora con rodillos giratorios

6. Peletizadora de matriz plana
7. Peletizadora de matriz anular
8. Peletizadora diésel
9. Peletizadora de madera
10. Peletizadora móvil

d.6. Peletizadora de rodillos giratorios

Tenemos nuestro modelo que usa la matriz fija que es más convencional. La matriz fija y el diseño del rodillo giratorio tiene la ventaja de que su duración es mayor (2000 horas), y que es capaz de producir más pellets, incluyendo aquellos de más de 3 centímetros de longitud. (ENERGY, s.f.)

d.6.1. Campo de aplicación

El modelo a construir de las máquinas pequeñas de pellets, es un nuevo diseño de máquina de pellets de tipo matriz fija. Es capaz de producir pellets de diversos materiales.

d.6.2. Características especiales

- ❖ Nuestros engranajes están hechos de acero endurecido de alta calidad de acero. Esto no solo da mayor durabilidad sino que también aumenta la eficiencia, reduce el ruido, aumenta el peso de carga y fuerza de la máquina y reduce la temperatura en la cámara de aglutinamiento.
- ❖ El eje principal está diseñado para soportar cargas pesadas y fuertes cargas axiales, lo que prolonga su duración.
- ❖ Utiliza rodillos de gran diámetro para aumentar la tasa de peletización, la uniformidad y la fuerza del pellet.
- ❖ Los rodillos y la matriz construida en una superficie resistente. También se pueden utilizar ambos lados de la matriz, alargando su duración.
- ❖ Todos los rodamientos están sellados para evitar la acumulación de polvo.
- ❖ Los usuarios pueden elegir hacer pellets de entre 6 y 12 mm de diámetro.



“Diseño y construcción de una máquina peletizadora de alimentos balanceados para ganado vacuno.”

d.7. Factores importantes en el proceso de peletizado.

Por lo general el Peletizado se compone del alimentador, la cámara de acondicionamiento o pre-acondicionamiento, y la misma Peletizadora con sus otros componentes los rodillos, el dado o matriz, motor y estructura. El trabajo real se produce en la cámara de peletización o aglutinamiento que está compuesta de rodillos, y la matriz de peletización.

d.8. Descripción del proceso del pellet

La máquina tiene como objetivo principal la elaboración de alimento concentrado para animales. Este alimento deberá ser en forma de pellets, es decir, pequeños cilindros de 3 a 5 mm de diámetro y 5 a 15 mm de largo aproximadamente, pudiendo llegar a ser algo más grandes, ya que los animales consumidores para los cuales está destinado este alimento (vacas, toros, bueyes entre otros), toleran un tamaño de pellets mayor al señalado. Otra de las razones por las que se elabora este tipo de alimento es que el mismo permite su almacenamiento por períodos más largos que las harinas, siendo más aprovechable. (D..PHD..PAS, 2001)

La tarea de la máquina consistirá en transformar una mezcla de harinas, ya preestablecida, en alimentos en forma de pellets. Para ello, la máquina cumplirá con 3 procesos necesarios para la elaboración del alimento y que se relacionan de la manera siguiente: Un proceso previo o **proceso de alimentación** para introducir la cantidad requerida de harinas de forma continua. Después, un proceso principal o **proceso de formación de los pellets** donde las harinas son transportadas, comprimidas y obligadas a atravesar una matriz de orificios para convertirse en filamentos. Por último, ocurre el **proceso de corte de los pellets**, donde se aprovecha la fragilidad de los filamentos para removerlos de forma manual y obtener el tamaño de los pellets.(SANCHEZ, s.f.)

d.9. Estructura del equipo

A continuación, Ver figura (6), se muestra un esquema de la máquina donde se muestra sus componentes de forma general:



“Diseño y construcción de una máquina pelletizadora de alimentos balanceados para ganado vacuno.”

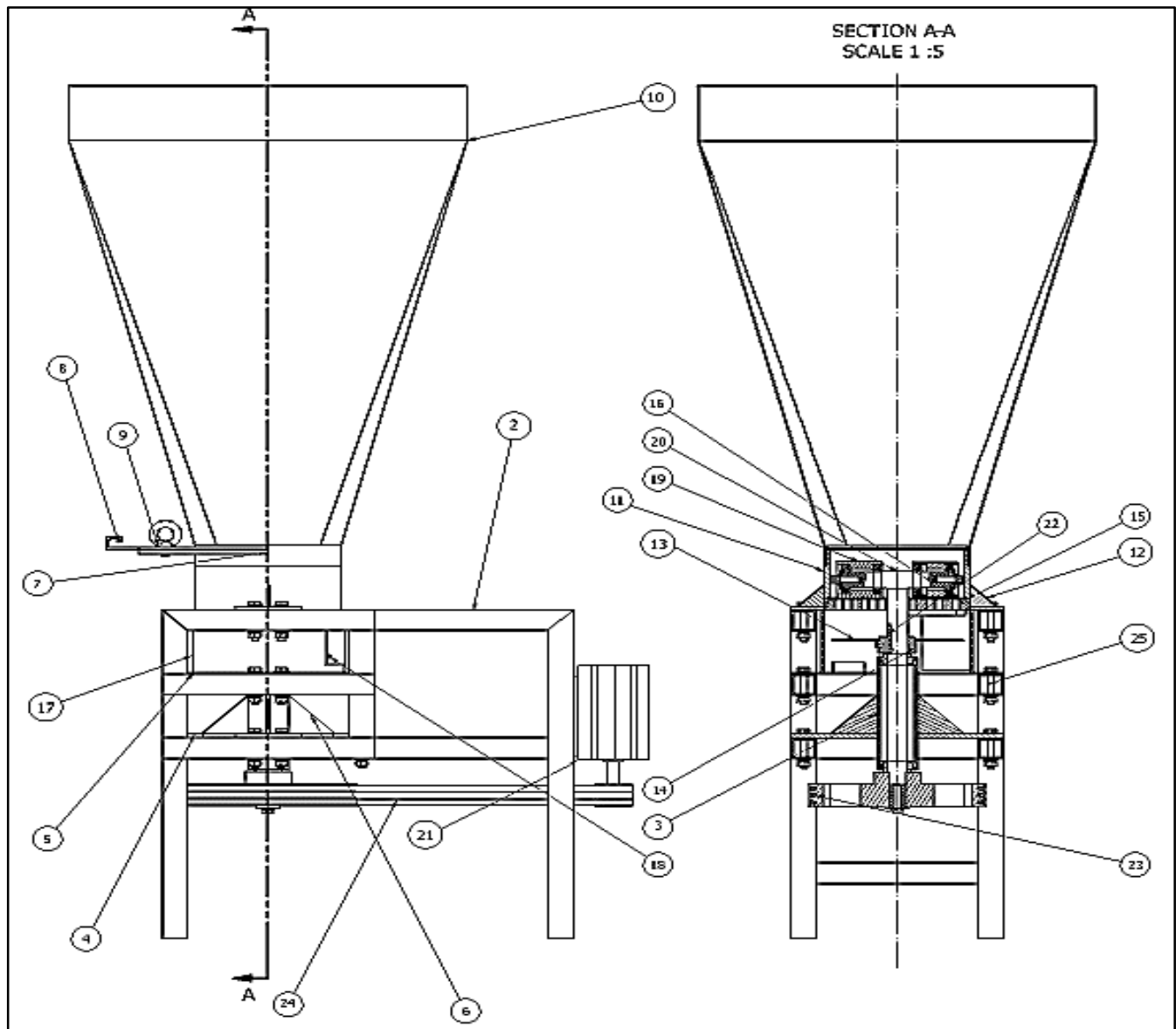


Fig. 6. Esquema general de la máquina.

Estructura o soporte

1. Estructura
2. Barra hueca
3. Placa soporte inferior
4. Placa soporte superior
5. Pie de amigo inferior.
6. Soporte de regulador



“Diseño y construcción de una máquina peletizadora de alimentos balanceados para ganado vacuno.”

7. Regulador
8. Tornillo regulador
9. Tolva
10. Cilindro de aglutinado
11. Pie de amigo cámara aglutinado
12. Disco de corte
13. Cubo
14. Matriz superior
15. Matriz inferior
16. Difusor
17. Tapa difusor
18. Rodillos
19. Árbol de transmisión
20. Motor
21. Chavetera de cubo
22. Polea
23. Correas
24. Pernos

d.10. Sistemas de funcionamiento de la máquina

Se ha dividido la máquina en seis partes o sistemas de manera de poder identificar sus componentes y funciones. Estos sistemas son:

- d.9.1 Sistema de alimentación (tolva)
- d.9.2 Sistema de extrusión
- d.9.3 Sistema de transmisión de potencia
- d.9.4 Sistema corte
- d.9.5 Sistema de transmisión por correas
- d.9.6 Estructura



“Diseño y construcción de una máquina peletizadora de alimentos balanceados para ganado vacuno.”

d.10.1. Sistema de alimentación (Tolva)

Este proceso ocurre en una tolva de alimentación donde son colocadas las harinas. Esta tolva posee un tornillo regulador, el cual permite lo necesario de las harinas y estas caen en una cámara de aglutinado, donde van al sistema de extrusión. Ver (fig. 7). (DISEÑO DE MAQUINAS)

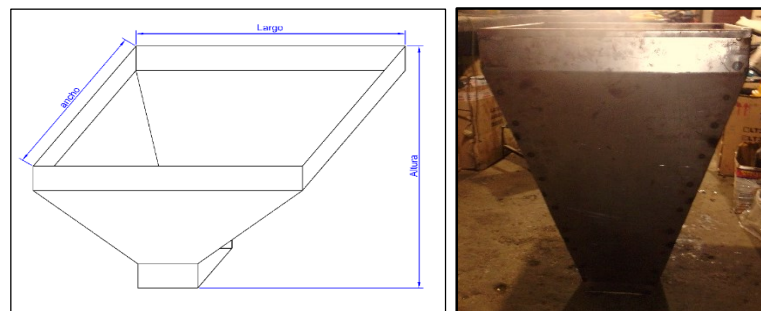


Fig. 7. Tolva de alimentación.

d.10.1.1. Tolva de Alimentación

La tolva de alimentación es la primera etapa de funcionamiento, se deposita el balanceado en forma de harina para ser procesado, según la capacidad de producción se realiza el diseño de la tolva.

d.10.2. Sistema de Extrusión

Básicamente, es un sistema de rodillos extrusores. Una vez que las harinas son introducidas, estas son comprimidas por un rodillo dentro de un cubo (cámara aglutinadora), hasta llegar a una matriz de orificios por donde salen las harinas transformadas en fideos que luego serán cortados por una cuchilla giratoria. Ver (fig. 8)

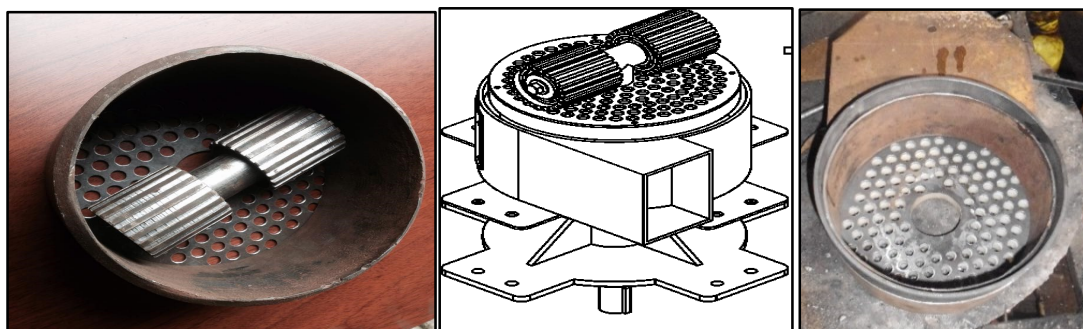


Fig. 8. Cámara de extrusión.



“Diseño y construcción de una máquina peletizadora de alimentos balanceados para ganado vacuno.”

d.10.2.1. Cámara de aglutinado

La cámara de aglutinado es donde se aglutina el material obtenido de la tolva de alimentación hacia la matriz peletizadora. La extrusión es el proceso mediante el cual el alimento o la mezcla incrementa la temperatura y la presión debido a la energía mecánica (fricción) que ejerce los rodillos, el cual gira a alta velocidad, presionando el alimento contra las paredes y la matriz del cilindro de aglutinamiento. Ver (fig. 9) (MOTT R. L., 2006)



Fig. 9. Cámara de aglutinamiento

d.10.2.2. La matriz de peletización.

La matriz es la pieza principal que está dentro de un barril fijo o estacionario. Ocurriendo la formación del pellet ya sea en granos, fideos, etc., generados como consecuencia de la energía mecánica utilizada para girar los rodillos. La matriz de Peletizado debe de ser de acero inoxidable altos en cromo. Esto se debe a que podrían sufrir corrosión. Si no se puede lograr la calidad de pellet con este tipo de matrices la segunda opción es utilizar matrices de acero inoxidable carburizados. Ver (Fig. 10).

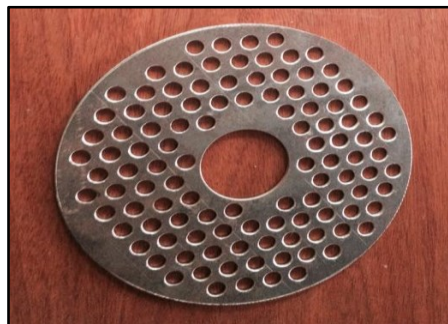


Fig. 10. Matriz.



“Diseño y construcción de una máquina peletizadora de alimentos balanceados para ganado vacuno.”

d.10.2.3. Rodillos.

El aspecto más importante de los rodillos es su relación con la matriz. Cualquier cosa que le suceda al rodillo también afectará a la matriz. La función del rodillo es proporcionar la fuerza de compresión entre al alimento y la matriz. Ver (fig. 11)



Fig. 11. Rodillos.

d.10.3. Sistema de transmisión de potencia

Es un eje que transmite un esfuerzo motor y está sometido a sollicitaciones de torsión debido a la transmisión de un par de fuerzas y puede estar sometido a otros tipos de sollicitaciones mecánicas al mismo tiempo. Ver (fig. 12)

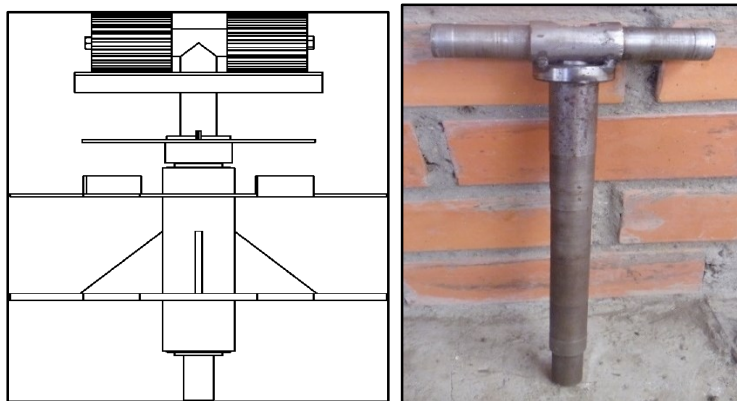


Fig. 12. Sistema de transmisión de ejes

d.10.4. Sistema de corte

El procedimiento consiste en provocar un corte a través de la sección del disco de corte, lo que concentra extraordinariamente la energía cinética, y la propiedad de cortar. Ver (fig. 13)



“Diseño y construcción de una máquina peletizadora de alimentos balanceados para ganado vacuno.”

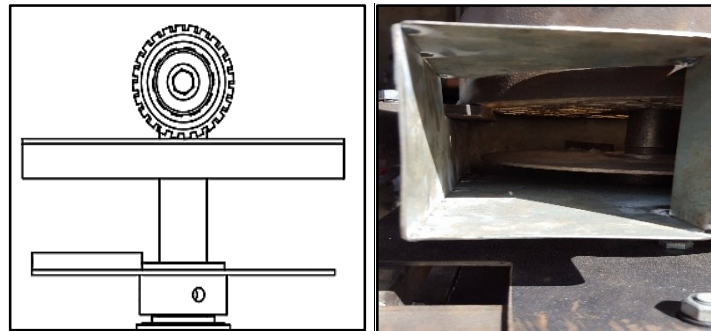


Fig. 13. Sistema de corte

d.10.5. Sistema de transmisión por correas

Es un tipo de transmisión mecánica basado en la unión de dos o más ruedas, sujetas a un movimiento de rotación, por medio de correas, la cual abraza a las ruedas ejerciendo fuerza de fricción suministrándoles energía desde la rueda motriz. Ver (fig. 14)

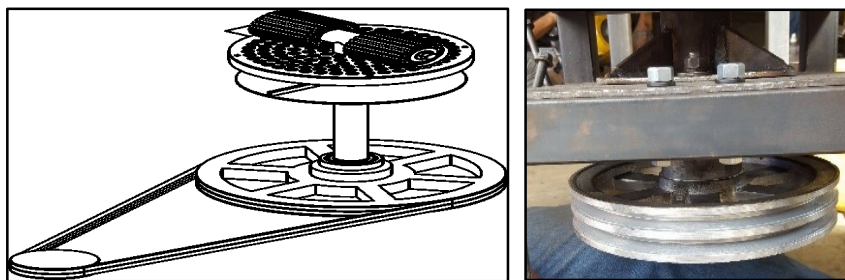


Fig. 14. Sistema de transmisión.

d.10.6. Estructura

La estructura viene a ser el soporte de todos los sistemas incluyendo sus componentes. Esta estructura estará básicamente conformada de ángulos, debidamente ensamblados. Sobre ella reposará la tolva, el motor, cámara de aglutinado, disco de corte y sistema de transmisión. Ver (fig. 15)



Fig. 15. Estructura



“Diseño y construcción de una máquina peletizadora de alimentos balanceados para ganado vacuno.”

e. ECUACIONES FUNDAMENTALES

e.1 sistema de ecuaciones de máquina peletizadora

e.1.1. Ecuación del sistema de alimentación

La densidad se define como el cociente entre la masa de un cuerpo y el volumen que ocupa la densidad, es una característica de cada sustancia. (FISICANET, s.f.)

$$V_T = \frac{m}{\rho_a} \quad \text{Ecuación 1}$$

Dónde:

- $\rho_a = \text{DENSIDAD DEL ALIMENTO BALANCEADO}$
- $V_t = \text{Volumen de recipiente. (m}^3\text{)}$
- $m = \text{Masa del alimento (Kg)}$

e.1.2. Propiedades del volumen de un tronco de pirámide

El volumen de un tronco de pirámide, cuyas bases son paralelas y tienen superficies B1 y B2, y cuya altura es h, es igual a la altura del tronco por la media del área de sus bases.

$$V_t = (B + B' + \sqrt{B * B'}) h / 3 \quad \text{Ecuación 2}$$

$$B = L * L' \quad \text{Ecuación 3}$$

Dónde:

- $B = \text{Área de base inferior (m}^2\text{)}$
- $B' = \text{Área de base superior (m}^2\text{)}$
- $L = \text{Largo (m)}$
- $L' = \text{Largo (m)}$
- $h = \text{altura (m)}$



“Diseño y construcción de una máquina peletizadora de alimentos balanceados para ganado vacuno.”

e.1.3. Presión cilindro.

La presión del cilindro es una magnitud física que mide la proyección de la fuerza sobre el área de un cilindro o la unidad de superficie.

$$Pc = \frac{f}{Ac} \quad \text{Ecuación 4}$$

Dónde:

- $Pc =$ Presión del cilindro (N/m^2)
- $f =$ Fuerza en el cilindro (N)
- $Ac =$ Área del cilindro (m^2)

e.1.4. Perímetro de desplazamiento

Es la rapidez con que se mueve un punto a lo largo de una trayectoria circular. Lo que va hacer igual a la velocidad angular por el radio de giro. (RODRIGUEZ, 2004)

$$Vr = W * R \quad \text{Ecuación 5}$$

$$Po = 2\pi * R \quad \text{Ecuación 6}$$

Dónde:

- $Vr =$ Velocidad lineal de rodillos (m/s)
- $W =$ Velocidad Angular (rad/s)
- $R =$ Radio de giro
- $Po =$ Perímetro de desplazamiento (m)

e.1.5. Velocidad de giro de rodillos

Puede calcularse a partir de la velocidad angular. Si Wr es el módulo la velocidad tangencial a lo largo de la trayectoria circular de radio R , se tiene que: (DISEÑO DE MAQUINAS)



“Diseño y construcción de una máquina peletizadora de alimentos balanceados para ganado vacuno.”

$$Pr_{cilindros} = \pi \phi R \quad \text{Ecuación 7}$$

$$nr = Rp * \#revoluciones \quad \text{Ecuación 8}$$

$$Vr = Wr * Rr \quad \text{Ecuación 9}$$

Dónde:

- $\phi r =$ Diámetro de rodillos (m)
- $Pr =$ Perímetro de cilindro rodillos (m)
- $nr =$ Velocidad de giro (rpm)
- $Rp =$ Relación de perímetros
- $Wr =$ Velocidad angular de los rodillos (rad/seg)
- $Rr =$ Radio de rodillos (m)
- $Vr =$ Velocidad lineal rodillos (m/s)

e.1.6. Análisis de carga en los rodillos

La Fuerza de fricción estática (f) entre superficies paralelas en contacto actúa en la dirección que opone la iniciación de un movimiento relativo entre las superficies. La magnitud tiene diferentes valores, tales que. (JERRY D. WILSON, 2003)

$$Fr = f * Fb \quad \text{Ecuación 10}$$

Dónde:

- $W =$ Peso del rodillo (rad/seg)
- $Fr =$ Fuerza de fricción (N)
- $Fb =$ Carga por balanceado (N)
- $f =$ Coeficiente de fricción
- $f = 0,25 \Rightarrow$ metal sobre metal (A. S. HΔ11)

El área de contacto es proporcional al ancho promedio de un grano de maíz que ejerce en el plano sobre la longitud del rodillo.

$$Ac = tm * Lr \quad \text{Ecuación 11}$$



“Diseño y construcción de una máquina peletizadora de alimentos balanceados para ganado vacuno.”

Dónde:

- $Ac = \text{Área de contacto del rodillo con el alimento balanceado (m}^2\text{)}$
- $tm = \text{Ancho promedio de un gramo de maíz (m}^2\text{)}$
- $Lr = \text{Longitud del rodillo(m)}$

e.1.7. Velocidad periférica

Es la velocidad de rotación de cualquier punto del círculo descrito por el diámetro interior. (MÁQUINAS Y EQUIPOS, s.f.)

$$Vnc = Vr \quad \text{Ecuación 12}$$

- $Vnc = \text{Velocidad periférica(pulg/min)}$

e.1.8. Calor generado

El calor generado es el análisis de la unidad de energía, que atraviesa por un eje, mediante la variación de energía de un fluido que varía su densidad. (FISICANET, s.f.)

$$Hg = \frac{Pc \cdot Ac \cdot f \cdot Vnc}{778} \quad \text{Ecuación 13}$$

Dónde:

- $Hg = \text{Calor generado (Btu/min)}$
- $Pc = \text{Presión de contacto (psi)}$
- $f = \text{Coeficiente de rozamiento}$
- $Ac = \text{Área de contacto del cilindro (pulg}^2\text{)}$
- $Vnc = \text{Velocidad periférica del cilindro (}^{\text{psi}}\text{/min)}$

e.1.9. Análisis de rodamientos de rodillos

En este análisis las características y dimensiones de los rodamientos además, la capacidad de carga dinámica y esfuerzos a los que están sometidos. (SPOTTTS, 1977)

$$N(90\%) = D * (60) * (n_R) \quad \text{Ecuación 14}$$



“Diseño y construcción de una máquina peletizadora de alimentos balanceados para ganado vacuno.”

Dónde:

- $\varnothing IR =$ Diámetro interno del rodamiento
- $\varnothing ER =$ Diámetro externo del rodamiento
- $D = 2500$ Horas \Rightarrow duración de rodamientos según SKF
- $n_R =$ Velocidad de giro de rodillos(rpm)

e.1.9.1 Análisis de capacidad dinámica por cada cojinete “C”

La capacidad de carga de un rodamiento es una medida para la sollicitación a que puede someterse. Cada rodamiento tiene una capacidad de carga dinámica y una capacidad de carga estática. (RODRIGUEZ, 2004)

$$C = (\sqrt[3]{n_R} * F_B) \quad \text{Ecuación 15}$$

Dónde:

- $C =$ Capacidad dinámica(N)
- $n_R =$ Revoluciones de rodillos
- $F_B =$ Carga por aglutinado(N)

e.1.10. Análisis de árbol de sujeción de rodillos

- ✓ $L =$ Brazo o longitud del eje hasta el empotramiento
- ✓ $Mf =$ Momento flector actuante en el arbol
- ✓ $F_B =$ Carga de englutinado
- ✓ $Mt =$ Por torsor actuante por presión de contacto
- ✓ $F_R =$ Fuerza de rozamiento (carga horizontal)
- ✓ $\varnothing_R =$ Diámetro de rodillo

$$Mf = F_B * L \quad \text{Ecuación 16}$$

$$Mf = \frac{F_R * \varnothing_R}{2} \quad \text{Ecuación 17}$$



“Diseño y construcción de una máquina peletizadora de alimentos balanceados para ganado vacuno.”

e.1.11. Análisis del máximo esfuerzo cortante al que está sometido el árbol

Los esfuerzos combinados representan la suma o combinación de varios esfuerzos que son aplicados a un elemento siendo estos esfuerzos de carga axial, esfuerzo por carga de flexión o esfuerzo por carga de torsión. Su determinación es de mucha utilidad en todas las ramas de la ingeniería, ya que por lo general los elementos analizados no están sometidos a un solo tipo de esfuerzo, si no, más bien a la interacción de varios esfuerzos de manera simultánea. (ESFUERZOS COMBINADOS. SCRIBD., s.f.)

$$\sigma_x = \frac{Mf \cdot c}{I} \quad \text{Ecuación 18}$$

$$I = \frac{\pi \phi^4}{64} \quad \text{Ecuación 19}$$

$$T_{xy} = \frac{Mt \cdot c}{J} \quad \text{Ecuación 20}$$

$$J = \frac{\pi \phi^4}{32} \quad \text{Ecuación 21}$$

Dónde:

- σ_x = Esfuerzo simple de flexión (kg/m^2)
- c = Distancia del eje neutro a la superficie más alejada (m)
- I = Momento rectangular de inercia (m^4)
- T_{xy} = Esfuerzo simple de torsión (N/m^2)
- Mf = Momento flector (N/m)
- J = Momento polar de Inercia (m^4)
- Mt = Momento torsor (N/m)
- $\sigma(\max)$ = Esfuerzo máximo cortante (N/m^2)
- n = Factor de seguridad

e.1.12. Análisis de soldadura entre árbol de soporte de rodillo y árbol de transmisión de potencia

También conocida como soldadura de costura en la que se produce una serie de soldaduras de puntos trasladadas por medio de electrodos rotatorios, haciendo girar la pieza de trabajo, o por ambos métodos. (SOLDADURA A RODILLOS., s.f.)



“Diseño y construcción de una máquina peletizadora de alimentos balanceados para ganado vacuno.”

$$FB = P \quad \text{Ecuación 22}$$

$$Lw = \pi * \emptyset eje \quad \text{Ecuación 23}$$

$$f = \frac{P}{Lw} \quad \text{Ecuación 24}$$

$$Lw = \pi(0,032m) \quad \text{Ecuación 25}$$

$$Sp = 0,1 * S \quad \text{Ecuación 26}$$

$$f = Sp * w \quad \text{Ecuación 27}$$

$$\sigma_n(\text{max}) = \frac{S_x}{2} + \sqrt{\left(\frac{S_x}{2}\right)^2 + (T_{xy})^2} \quad \text{Ecuación 28}$$

Dónde:

- $\emptyset eje = 32mm$
- $FB = 7500 N$
- $P = \text{Carga de fracción (N)}$
- $F = \text{Fuerza por unidad de longitud de soldadura (N/m)}$
- $Lw = \text{Longitud de soldadura (cm)}$
- $w = \text{Dimensión de soldadura (mm)}$
- $S = \text{Esfuerzo cortante permisible de la soldadura (60000 } \frac{lb}{pul^2})$
- $Sp = \text{Esfuerzo a la ruptura(N/m)}$
- $f = \text{Largo por unidad de longitud de soldadura (mm)}$

e.1.13. Cálculo de diámetro del árbol.

El árbol en mecánica, es el elemento que se emplea para la transmisión de movimiento giratorio en las máquinas, y está sometido en la mayor parte de los casos a esfuerzos de flexión y torsión.

Para un árbol macizo se obtiene:

$$\emptyset^3 = \frac{32\sqrt{mf^2+mt^2}}{\pi\sigma_y} \quad \text{Ecuación 29}$$



“Diseño y construcción de una máquina peletizadora de alimentos balanceados para ganado vacuno.”

Dónde:

- $\sigma_s = \text{Esfuerzo permisible acero } 1018 \text{ (N/m}^2\text{)}$
- $M_t = \text{Momento torsor}$
- $M_f = \text{Momento flector}$

e.1.14. Diámetro de cubo:

Haciendo referencia a la proporcionalidad antes mencionada en el cálculo del árbol de transmisión de potencia se obtiene

$$D_h = 1 \frac{3}{4} \phi a 2D \quad \text{Ecuación 30}$$

Si:

- $\phi = 2.99 \text{ cm}$
- $D_h = \text{Diámetro del cubo}$

e.1.14.1. Análisis de aceleración centrífuga del disco de corte.

Este análisis nos servirá para determinar la aceleración centrífuga a la que está sometido el disco de corte.

$$a = \frac{v_l^2}{r_c} \quad \text{Ecuación 31}$$

- a : Aceleración centrífuga del disco de corte
- r_c : Radio del disco de corte
- v_l : Velocidad lineal del disco de corte
- W : Velocidad angular del disco de corte

$$v_l = n * r_c \quad \text{Ecuación 32}$$

- $n = 500 \text{ rpm}$
- $W = 52,35 \text{ rad/seg}$

$$v_l = W * r_c \quad \text{Ecuación 33}$$



“Diseño y construcción de una máquina peletizadora de alimentos balanceados para ganado vacuno.”

e.1.14.2. Análisis de masa del disco de corte.

Para realizar el análisis del disco de corte se necesitó definir las dimensiones del mismo y el tipo de material a utilizar.

- $A = \text{Área del disco de corte}$
- $r_e = \text{Radio exterior del disco de corte}(0,099 \text{ m})$
- $r_i = \text{Radio interior del disco de corte } (0,027 \text{ m})$

$$A = \pi(r_e^2 - r_i^2) \quad \text{Ecuación 34}$$

e.1.14.3. Análisis del Volumen del disco de corte

- $V = \text{Volumen del disco de corte}$
- $A = \text{Área del disco de corte}$
- $E_C = \text{Espesor del disco de corte}$

Este espesor es aporte del diseñador 3 mm.

$$V = A * E_C \quad \text{Ecuación 35}$$

e.1.14.4. Determinación de la masa de disco de corte

- $\delta = \text{DEL ACERro } 7870 \text{ Kg/m}^3$

$$M = \delta * V \quad \text{Ecuación 36}$$

e.1.15. Determinación de la sección transversal del cubo.

- $A_C = \text{Área del cubo}$
- $R_e = \text{Radio exterior del cubo}$
- $R_i = \text{Radio interior del cubo}$

$$A_C = \pi(R_e^2 - R_i^2) \quad \text{Ecuación 37}$$



“Diseño y construcción de una máquina peletizadora de alimentos balanceados para ganado vacuno.”

e.1.15.1. Análisis del Volumen del cubo

- V_C = Volumen del cubo
- A_C = Área del cubo
- H_C = Altura del cubo

$$V_C = A_C * H_C \quad \text{Ecuación 38}$$

e.1.15.2. Determinación de la masa del cubo

- $\delta = \text{DEL ACERO } 7.87 \text{ g/cm}^3$
- $\delta = \text{DEL ACERro } 7870 \text{ Kg/m}^3$
- $M_C = \text{Masa del cubo}$

$$M_C = \delta * V_C \quad \text{Ecuación 39}$$

e.1.16. Determinación de masa total del sistema de corte

- $M_T = \text{Masa total sistema de corte}$

$$M_T = M + M_C \quad \text{Ecuación 40}$$

e.1.17. Determinación de fuerza centrífuga.

- $F = \text{Fuerza centrífuga}$
- $a = \text{Aceleración centrífuga de corte}$

$$F = M_T * a \quad \text{Ecuación 41}$$

e.1.18. Determinación de la energía cinética del disco de corte

Se obtiene la energía cinética del disco de corte debido a su movimiento, la resistencia o carga que ofrece los pellets.

- $E_C = \text{Energía cinética}$
- $V = \text{Volumen disco de corte}$
- $M_T = \text{Masa total sistema de corte}$



“Diseño y construcción de una máquina peletizadora de alimentos balanceados para ganado vacuno.”

$$E_C = \frac{M_T * V^2}{2} \quad \text{Ecuación 42}$$

e.1.19. Análisis de potencia calculada

La potencia teórica va hacer el resultado entre el momento torsor y la velocidad de giro. Según los parámetros antes calculados para la potencia teórica se obtiene:

$$N = M_t * W \quad \text{Ecuación 43}$$

Dónde:

- $M_t =$ Momento torsor (N.m)
- $W =$ Velocidad de giro (rad/seg)
- $N =$ Potencia teórica del sistema de aglutinado (HP)

e.1.20. Análisis de transmisión.

Se conoce como correa de transmisión a un tipo de transmisión mecánica basado en la unión de dos o más ruedas, sujetas a un movimiento de rotación, por medio de una cinta o correa continua, la cual abraza a las ruedas ejerciendo fuerza de fricción suministrándoles energía desde la rueda motriz. (BANDAS DE TRANSMISIÓN, s.f.)

$$\phi_2 = i * \phi_1 \quad \text{Ecuación 44}$$

$$P_D = N * f_s \quad \text{Ecuación 45}$$

Dónde:

- $\phi_1 =$ Diámetro mínimo de polea conductora(m)
- $\phi_2 =$ Diámetro mínimo de polea conducida(m)
- $i =$ Relación de transmisión
- $P_D =$ Potencia de diseño (watts)
- $f_s =$ Factor de servicio



“Diseño y construcción de una máquina peletizadora de alimentos balanceados para ganado vacuno.”

e.1.20.1. Análisis de par torsor

Es la fuerza que producen los cuerpos en rotación, ya que el motor produce fuerza en un eje que se encuentra girando. A mayor cantidad de fuerza de giro que puede hacer el motor a cierto número de revoluciones, se le conoce con el nombre de torque o par máximo. (INGEMECANICA, s.f.)

$$mt_1 = \frac{P_D}{w_1} \quad \text{Ecuación 46}$$

Dónde:

- $P_D =$ Potencia de diseño (W)
- $mt_1 =$ Par torsor en polea conductora. (N.m)
- $w_1 =$ Velocidad angular en polea conductora. (rad/seg)

e.1.21. Análisis de velocidad lineal en poleas (conducidas, conductoras)

Nos indica la relación que existe entre la velocidad de la polea de salda (conducida) y la velocidad de polea motriz (conductoras). (TRANSMISIÓN, s.f.)

$$Vl_1 = w_1 * R_1 \quad \text{Ecuación 47}$$

$$Vl_2 = w_2 * R_2 \quad \text{Ecuación 48}$$

Dónde:

- $Vl_1 =$ Velocidad lineal en polea conductora (m/s)
- $Vl_2 =$ Velocidad lineal en polea conducida (m/s)
- $R_1 =$ Radio de polea conductora (m)
- $R_2 =$ Radio de polea conducida (m)

e.1.22. Análisis de fuerza de tensado

La fuerza de tensado se la determina mediante la relación de potencia y velocidad lineal.

$$F_T = \frac{N}{vl} \quad \text{Ecuación 49}$$



“Diseño y construcción de una máquina peletizadora de alimentos balanceados para ganado vacuno.”

Dónde:

- $F_T = \text{Fuerza de tensado. (N)}$
- $N = \text{Potencia calculada (N.m/s)}$
- $Vl = \text{Velocidad lineal de la polea conductora (m/s)}$

e.1.23. Análisis de tensado inicial.

El tensado inicial es el resultado de la relación que existe entre la fuerza de tensado y el coeficiente de tracción nominal.

$$T_0 = \frac{F_T}{2\varphi} \quad \text{Ecuación 50}$$

Dónde:

- $T_0 = \text{Tensado inicial. (N)}$
- $F_T = \text{Fuerza de tensión. (N)}$
- $\varphi = \text{Coeficiente de fracción (0,7; 0,9)}$

e.1.23.1. Análisis de la tensión 1.

Es el resultado de la suma entre un medio de la fuerza de tensado y el tensado inicial.

$$T_1 = \frac{F_T}{2} + T_0 \quad \text{Ecuación 51}$$

Dónde:

- $T_1 = \text{Tensión (1) o tensión en el ramal superior o ramal tirante}$

e.1.23.2. Análisis de la tensión 2.

Es el resultado de la diferencia entre el tensado inicial y un medio de la fuerza de tensado.

$$T_2 = T_0 - \frac{F_T}{2} \quad \text{Ecuación 52}$$

Dónde:



“Diseño y construcción de una máquina peletizadora de alimentos balanceados para ganado vacuno.”

- $T_2 =$ Tensión (2) o tensión en el ramal inferior o ramal flujo (N)

e.1.24. Análisis de las distancias entre centros.

La diferencia entre centros en el espacio que existe entre el centro de la polea conductora y el centro de la polea conducida. Para su análisis empleamos la siguiente ecuación.

$$I = 1,4(\phi_1 + \phi_2) \quad \text{Ecuación 53}$$

Dónde:

- $\phi_1 =$ Diámetro de la polea conductora. (m)
- $\phi_2 =$ Diámetro de la polea conducida. (m)
- $I =$ Distancia entre centros. (m)

e.1.25. Análisis del ángulo de abrazamiento.

Lo obtenemos realizando una relación entre los diámetros de las dos poleas que componen la transmisión y la distancia entre centros. El ángulo de abrazamiento de la transmisión lo calculamos a continuación.

$$\theta = \text{sen}^{-1} \left(\frac{\phi_2 - \phi_1}{2I} \right) \quad \text{Ecuación 54}$$

Dónde:

- $\theta =$ Ángulo de abrazamiento

e.1.26. Análisis del ángulo de contacto (1)

La determinación del ángulo de contacto de la correa se determina utilizando la siguiente expresión: (INGEMECANICA, s.f.)

$$\alpha_1 = 180 - 2\theta \quad \text{Ecuación 55}$$

Dónde:

- $\alpha_1 =$ Ángulo de contacto. (rad)



“Diseño y construcción de una máquina peletizadora de alimentos balanceados para ganado vacuno.”

- $\theta = \text{Ángulo de abrazamiento}$

Una vez obtenido el valor del ángulo de contacto (1), lo reemplazamos para determinar el área de contacto en la polea conductora.

$$Arc_1 = \alpha_1 * R_1 \quad \text{Ecuación 56}$$

Dónde:

- $R_1 = \text{Radio de polea conductora}$

e.1.27. Análisis de longitud del ramal.

La distancia entre ejes de las poleas suele estar establecida en la transmisión que debe calcularse. No obstante, puede que en algunos casos este dato no esté decidido, quedando a mejor criterio calcular esta distancia. (INGEMECANICA, s.f.)

$$L_{ramal} = I * \cos \theta \quad \text{Ecuación 57}$$

Dónde:

- $L_{ramal} = \text{Longitud de ramal (m)}$

e.1.27.1 Análisis de longitud de la correa

La longitud de la correa de una transmisión, se calcula directamente a partir de la siguiente expresión

$$L_c = 2L_{ramal} + Arc_1 + Arc_2 \quad \text{Ecuación 58}$$

Dónde:

- $L_c = \text{Longitud de correa (pulg)}$

e.1.28. Análisis de número de correas

El número de correas se la determina tomando muy en cuenta la potencia de diseño sobre la potencia unitaria y adicional sumando las correcciones del ángulo y de longitud.



“Diseño y construcción de una máquina peletizadora de alimentos balanceados para ganado vacuno.”

$$Z = \frac{P_D}{(N_C + N_{adi}) * C_x * C_L} \quad \text{Ecuación 59}$$

Dónde:

- $Z = \text{Número de bandas}$
- $N_C = \text{Potencia unitaria. (KW)}$
- $P_D = \text{Potencia de diseño (KW)}$
- $N_{adi} = \text{Potencia adicional (KW)}$
- $C_x = \text{Corrección o factor por ángulo de contacto}$
- $C_L = \text{Corrección o factor por longitud}$

e.1.28.1. Potencia Unitaria.

Para este análisis realizamos una interpolación entre los valores de velocidad de giro del motor seleccionado, diámetro de la polea menor y los valores estandarizados (Ver Anexos tabla 9) para el cálculo de la potencia unitaria. (TRANSMISIÓN, s.f.)

Dónde:

- $N_C = \text{Potencia unitaria (KW)}$

e.1.28.2. Potencia adicional (Nad)

Para este análisis realizamos una interpolación entre los valores de velocidad de giro del motor y la razón de transmisión en este caso es mayor al valor máximo (Ver Anexos tabla 10)

Dónde:

- $N_{Adic} = \text{Potencia adicional (KW)}$



“Diseño y construcción de una máquina peletizadora de alimentos balanceados para ganado vacuno.”

f. CÁLCULOS DE LA MÁQUINA

f.1. Método de complejidad concurrente

Tabla 1. Complejidad Concurrente

TIPO	MÁQUINA	CAPACIDAD	COSTO	POTENCIA	OPCIONABLE
A	RODILLOS GIRATORIOS	200 -400 KG	1000 \$	5 HP	TIPO A
B	MATRIZ PLANA	80-120 KG	1500 \$	3 HP	
C	MATRIZ ANULAR	150 – 200 KG	2000 \$	3 HP	

Fuente: Carles Riba Romeba.

f.2. Cálculo y diseño de la peletizadora

Para el diseño del sistema de peletizado se realizó el análisis de los siguientes sistemas que se detallan a continuación.

- SISTEMA DE ALIMENTACIÓN
- SISTEMA DE AGLUTINADO
- SISTEMA DE TRANSMISIÓN DE POTENCIA
- ESTRUCTURA

f.2.1. Determinación de tolva de alimentación

Se realiza un análisis de dimensiones de la tolva, se propone que es una pirámide cuadrangular. Ver (fig. 16)

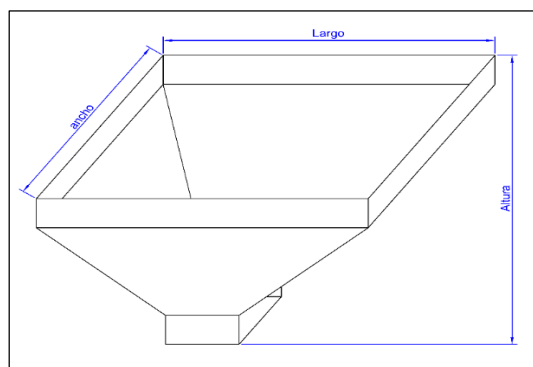


Fig. 16. Tolva.



“Diseño y construcción de una máquina peletizadora de alimentos balanceados para ganado vacuno.”

- **Masa total en tolva**

El dimensionamiento de la tolva se tomó en cuenta la producción de la mezcladora que se obtiene del proceso de alimento balanceado según las especificaciones técnicas de mezclado, se tiene el siguiente dato:

Flujo másico => $m = 440 \text{ lb/h}$

El proceso de mezclado en la máquina se realiza en 60 minutos debido al torque que se obtiene del motor, en el que contempla la dosificación del alimento base, núcleo y mezclado.

Teniendo esta referencia se opta en trabajar con un volumen en el recipiente de 440 lb

$$440 \text{ lb} = 200 \text{ kg}$$

$$M = 200 \text{ kg}$$

ρ_a => Densidad de balanceado

$$\rho_a = 750 \text{ kg/m}^3$$

- **Volumen de recipiente**

Despejando de la ecuación 1, densidad de balanceado se tiene:

$$V_t = \frac{m}{\rho_a}$$

$$V_t = \frac{200 \text{ Kg}}{750 \text{ kg/m}^3}$$

$$V_t = 0,26 \text{ m}^3$$

f.2.1.1. Volumen de un tronco de pirámide

Se determinó las medidas de la tolva por ende el sistema de alimentación de la peletizadora será por gravedad. Ver (Fig. 17).



“Diseño y construcción de una máquina peletizadora de alimentos balanceados para ganado vacuno.”

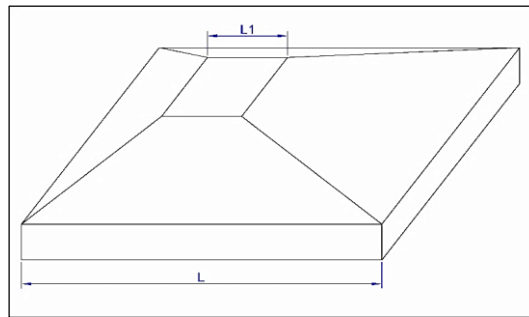


Fig. 17. Tolva parte posterior

De la ecuación 2, se obtiene que:

$$V_t = (B + B' + \sqrt{B * B'}) h / 3$$

$$V_t = 0,133 m^3$$

$$L = 0,6 m$$

$$L' = 0,15 m$$

De la ecuación 2 se despeja “h” y de la ecuación 3, se obtiene:

$$h = \frac{3 V_t}{(B + B' + \sqrt{B * B'})}$$

$$h = \frac{0,399 m^3}{0,3825 m^2 + 0,09 m^2}$$

$$h = \frac{0,399 m^3}{0,4725 m^2}$$

$$h = 0,84 m$$

$$B = L * L$$

$$B = 0,36 m^2$$

$$B' = 0,15 * 0,15$$

$$B' = 0,0225 m^2$$



“Diseño y construcción de una máquina peletizadora de alimentos balanceados para ganado vacuno.”

Una vez obtenida la altura y el área de la tolva, la presente peletizadora ofrece una versatilidad por lo que el equipo puede ser netamente estacionario o portable debido a que la fuerza motriz del equipo puede ser suministrado por un motor de combustión interna estacionario o un motor eléctrico. Esto teniendo presente las eficiencias tanto de los sistemas realizados como de un nuevo análisis de potencia.

Por lo que se obtiene un equipo estacionario tomando en cuenta el tipo de motor y el diseño potencia de la máquina

f.2.2. Determinación de la cámara de aglutinado

Primero se establece el tipo de material que se utiliza en la construcción del mismo. El material se detalla a continuación: Ver (fig. 18.)

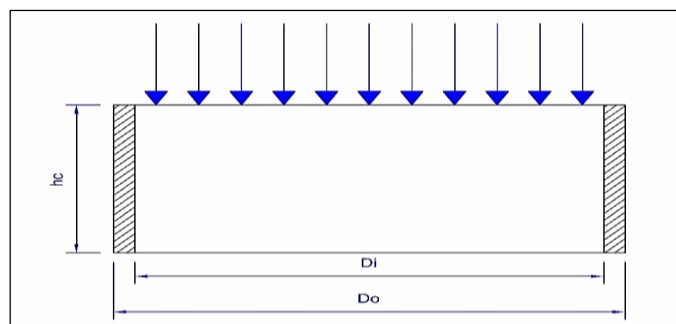


Fig. 18. Cámara de aglutinado

- ✓ Norma : Aisi 304
- ✓ Aisi m: 304
- ✓ Aplicación: industrias alimenticias tales como lechería, cerveceras, azucareras.
- ✓ Propiedades mecánicas

f.2.2.1. Presión en el cilindro

A cilindro = $0,03 \text{ m}^2$ Se considera que la totalidad de la masa de balanceado se distribuye en esa sección.

$$q = 200 \text{ kg}$$

Se obtiene la fuerza en el cilindro multiplicando la carga por la gravedad.



“Diseño y construcción de una máquina peletizadora de alimentos balanceados para ganado vacuno.”

$$f = q(9,8 \text{ m/s}^2)$$

$$f = 200 \text{ kg}(9,8 \text{ m/s}^2)$$

$$f = 1960 \text{ N}$$

Una vez calculada la fuerza en el cilindro se procede a obtener la presión del cilindro

$$P_c = \frac{f}{A_c}$$

$$P_c = \frac{1960 \text{ N}}{0,03141 \text{ m}^2}$$

$$P_c = 62,40 \times 10^3 \text{ N/m}^2$$

Diámetro interior

$$\phi_i = 0,2 \text{ m}$$

$$A_{\text{cilindro}} = \pi r_i^2$$

$$A_c = 0,03141 \text{ m}^2$$

f.2.3. Análisis de rodillos de aglutamiento

Para el análisis de rodillos de aglutamiento. Ver (fig. 19).

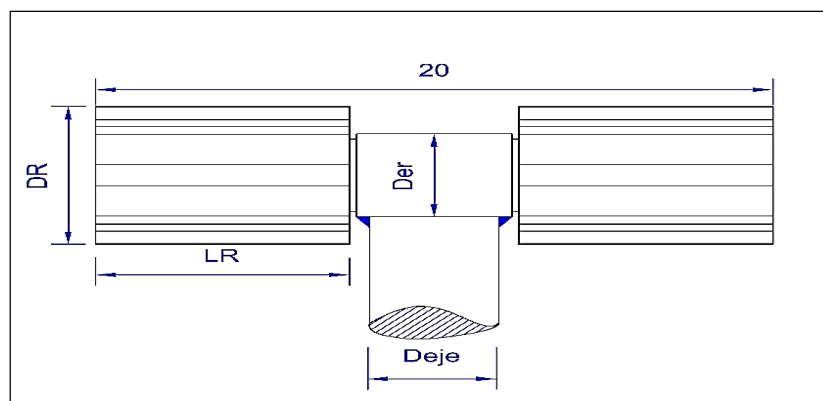


Fig. 19. Rodillos de aglutamiento



“Diseño y construcción de una máquina peletizadora de alimentos balanceados para ganado vacuno.”

$\varnothing g =$ Diámetro de rodaje de rodillo

$$\varnothing g = 20 \text{ cm} \quad Lr = 7,5 \text{ cm}$$

$n =$ Velocidad de giro del eje principal

- Las velocidades de giro de los sistemas de aglutinados pueden variar según el alimento balanceado, hay que tener en cuenta las propiedades físicas del alimento, estas velocidades pueden oscilar entre 200 y 1000 rpm
- De la velocidad de giro del sistema de aglutinado depende notablemente la eficiencia del equipo, la velocidad de giro de los rodillos es directamente proporcional de la variante de la velocidad de giro del árbol de transmisión.
- Todo esto se tiene consideración que a mayor velocidad de giro mayor cantidad de alimento aglutinado pero mayor calor generado dentro de la cámara de aglutinado lo cual da la pauta de trabajar dentro de las velocidades antes mencionadas. Ver (fig. 20)

$$n = 500 \text{ Rpm}$$

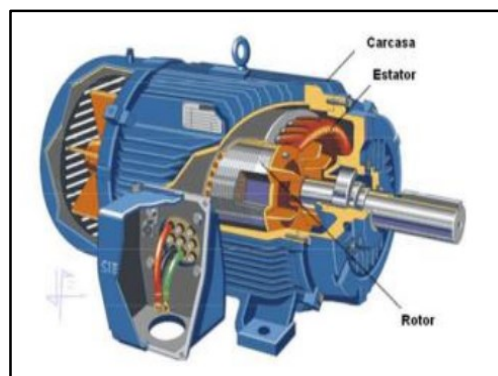


Fig. 20. Motor

Se realiza la conversión de la velocidad de giro en revoluciones por minuto a rad/seg obteniendo:

$$n = 500 \frac{\text{rev}}{\text{min}} * \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} * \frac{2\pi \text{ rad}}{1 \text{ rev}}$$

$$w = 52,35 \text{ rad/seg}$$



“Diseño y construcción de una máquina peletizadora de alimentos balanceados para ganado vacuno.”

f.2.4. Perímetro de desplazamiento

Este análisis se lo realiza para determinar la velocidad lineal de los rodillos de aglutinado.

Se calcula la velocidad lineal de rodillos con la ecuación 5:

$$Vr = W * R$$

$$Vr = 52,35 \text{ Rad/s} * (0,1 \text{ m})$$

$$Vr = 5,235 \text{ m/s}$$

Se calcula la relación de perímetro con la ecuación 6:

$$Po = 2\pi R$$

$$Po = 0,6283 \text{ m}$$

f.2.5. Velocidad de giro de rodillos

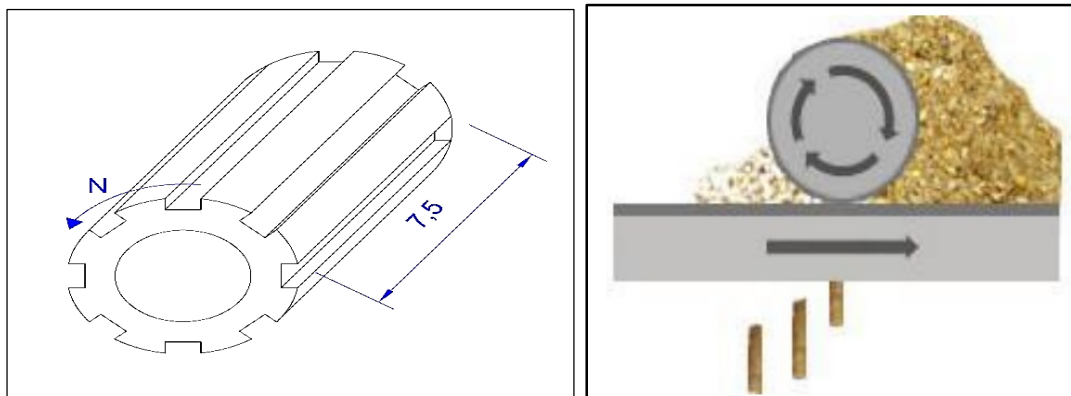


Fig. 21. Rodillos de aglutinado.

$\varnothing r = \text{Diámetro de rodillos}$

$$\varnothing r = 0,065 \text{ m}$$

Cálculo de la ecuación 7:

$$Prcilindros = \pi \varnothing R$$



“Diseño y construcción de una máquina peletizadora de alimentos balanceados para ganado vacuno.”

$$Pr = \pi(0,065m)$$

$$Pr = 0,2042 m$$

Relación de perímetro

$$Po = 0,6283 m$$

$$Pr = 0,2042 m$$

Rp = Relación de perímetros

$$Rp = \frac{0,6283 m}{0,2042 m}$$

$$Rp = 3,0768$$

Se obtiene de la ecuación 8, velocidad de giro:

$$nr = Rp * \#revoluciones$$

$$nr = 3,0768(500rpm)$$

$$nr = 1538,4 rpm$$

$$Wr = 161,10rad/s$$

Wr = Velocidad angular de los rodillos

Se obtiene de la ecuación 9, velocidad lineal de rodillos:

$$Vr = Wr * Rr$$

$$Vr = (161,10rad/s)(0,0325 m)$$

$$Vr = 5,235m/s$$



“Diseño y construcción de una máquina peletizadora de alimentos balanceados para ganado vacuno.”

f.2.6. Análisis de carga en los rodillos

Determinación de la fuerza de fricción entre rodillo y matriz. Ver (fig. 22)

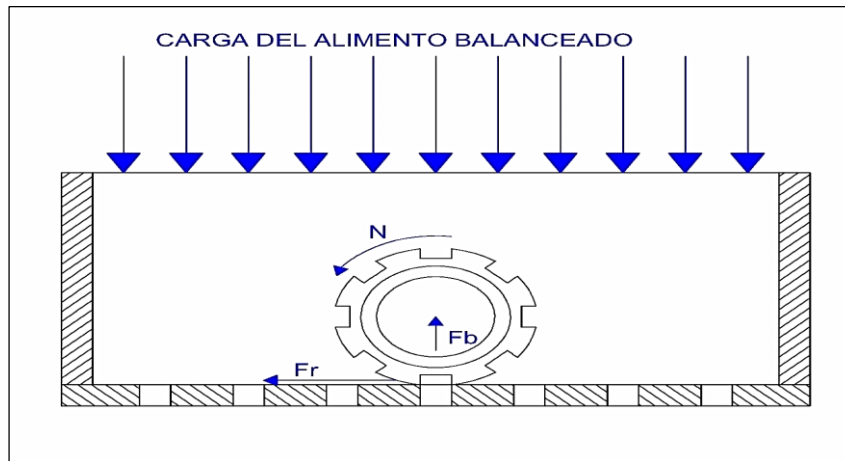


Fig. 22. Análisis de carga de rodillos

Se obtiene de la ecuación 10, de fuerza de fricción:

$$Fr = f * Fb$$

$f = 0,25 \Rightarrow$ metal sobre metal (A.S.HΔ11) Se hace referencia. Ver Anexos (Tabla 13)

$$Fr = 0,25(7500N)$$

$$Fr = 1875 N$$

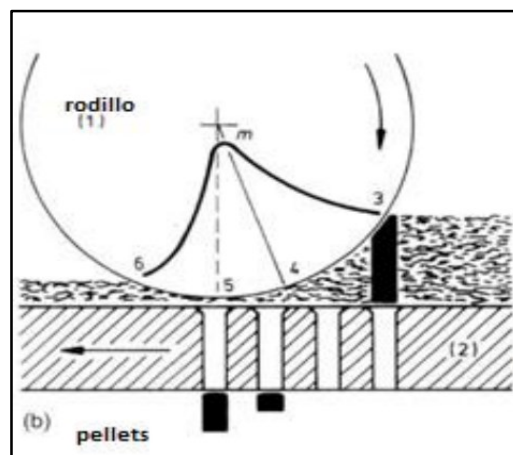


Fig. 23. Esquema fuerza de fricción



“Diseño y construcción de una máquina peletizadora de alimentos balanceados para ganado vacuno.”

Para la carga producida por el balanceado se trabajó con las propiedades del material con mayor resistencia a la rotura que sería el maíz.

$$\sigma_s = 10 \text{ N/mm}^2$$

Análisis a compresión y que a lo largo del rodillo se supone uniformemente distribuido el material.

$$Fb = \sigma_s * Ac$$

El área de contacto del rodillo con el alimento balanceado se da de la ecuación 11:

$$Ac = tm * Lr$$

$$Ac = (0,01m)(0,075m)$$

$$Ac = 7,5 \times 10^{-4} m^2$$

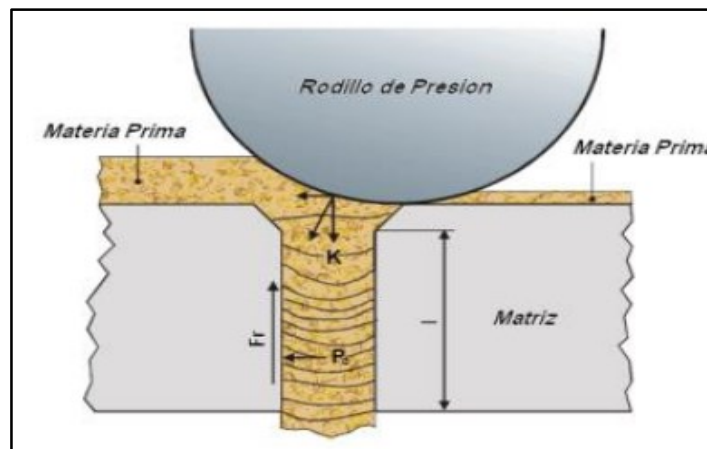


Fig. 24. Esquema de área de contactó

Remplazando datos ya obtenidos de la ecuación 11 se obtiene que:

$$Fb = 1 \times 10^7 \text{ N/m}^2 (7,5 \times 10^{-4} m^2)$$

$$Fb = 7500 \text{ N}$$

$$Fb = 765,30 \text{ kg} \rightarrow$$



“Diseño y construcción de una máquina peletizadora de alimentos balanceados para ganado vacuno.”

f.2.7. Calor generado

Este análisis se realizó para determinar el calor generado y transferido al alimento balanceado como a las partes de la peletizadora

$$Hg = \frac{Pc * Ac * f * Vnc}{778}$$

$$Pc = \frac{10 N}{mm^2} * \frac{1 kg \rightarrow}{9,8 N} * \frac{2,2 lb}{1 kg} \quad \text{Conversión}$$

Se realiza la conversión de la presión de contacto para remplazarla en el área de contacto y se obtiene:

$$Pc = 2,24 \frac{lb}{mm^2} * \frac{645,16 mm^2}{1 pulg^2}$$

$$Pc = 1445,15 \frac{lb}{pulg^2}$$

$$Ac = 7,5 \times 10^{-4} m^2 * \frac{1550 pulg^2}{1 m^2}$$

$$Ac = 1,1625 pulg^2$$

$$Ac = 0,00075 m^2$$

Velocidad periférica se obtiene de la ecuación 12:

$$Vnc = Vr$$

$$Vnc = 5,235 \frac{m}{s} * \frac{39,37 pilg}{1 m} * \frac{60 s}{1 min}$$

$$Vnc = 12366,117 \frac{pulg}{min}$$

$$Vnc = 5,235 \frac{m}{s}$$



“Diseño y construcción de una máquina pelletizadora de alimentos balanceados para ganado vacuno.”

Donde el calor generado viene dado de la ecuación 13, una vez obtenido los demás parámetros se obtiene:

$$Hg = \frac{1445,15 \frac{\text{lib}}{\text{pulg}^2} (1,1625 \text{pulg}^2) (0,25) (12366,117 \frac{\text{pulg}}{\text{min}})}{778}$$

$$Hg = 6675,77 \frac{\text{Btu}}{\text{min}}$$

$$Hg = 6675,77 \frac{\text{Btu}}{\text{min}} * \frac{1 \text{min}}{60 \text{s}} * \frac{1 \text{J}}{9,478 \times 10^4 \text{Btu}}$$

$$Hg = 117,3 \times 10^3 \frac{\text{J}}{\text{s}}$$

f.2.8. Análisis de rodamientos de rodillos

En este análisis se determina las características y dimensiones de los rodamientos además, la capacidad de carga dinámica y esfuerzos a los que están sometidos. Ver (fig. 25).

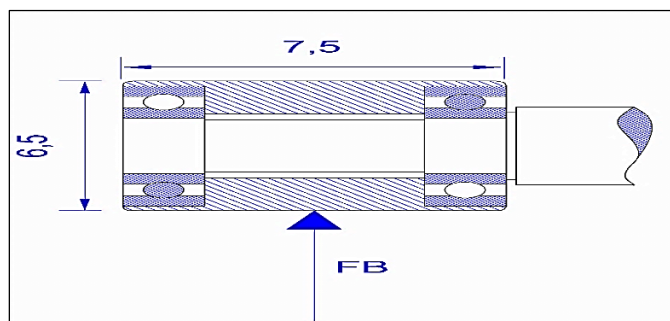


Fig. 25. Rodamiento de rodillos

$D = 2500 \text{ Horas} \Rightarrow$ duración de rodamientos según SKF

$n_R =$ Velocidad de giro de rodillos

$n_R = 1538,4 \text{ rpm}$

Este análisis viene dado de la ecuación 14:

$$N(90\%) = D * (60) * (n_R)$$



“Diseño y construcción de una máquina pelletizadora de alimentos balanceados para ganado vacuno.”

$$N(90\%) = 2500(60)(1538,4)$$

$$N(90\%) = 230,76 \times 10^6 \text{ REV}$$

f.2.9. Análisis de capacidad dinámica por cada cojinete “C”

La capacidad de carga dinámica es igual tanto en el lado izquierdo como en el lado derecho de la ecuación 15 se obtiene:

Capacidad dinámica se obtiene:

$$C = (\sqrt[3]{n_R})(F_B)$$

$$C = (11,54)(7500 \text{ N})$$

$$C = 8,655 \times 10^4 \text{ N}$$

La capacidad dinámica sirve para determinar los rodamientos con que se va a trabajar. Ver Anexos (tabla 16.)

f.2.10. Análisis de árbol de sujeción de rodillos

El análisis del árbol se lo realiza teniendo en cuenta la carga de aglutinado producida por el alimento colocado, suponiendo que toda la carga estará dispuesta en el extremo y por lo cual el diseño del mismo será más seguro. Ver (fig. 26).

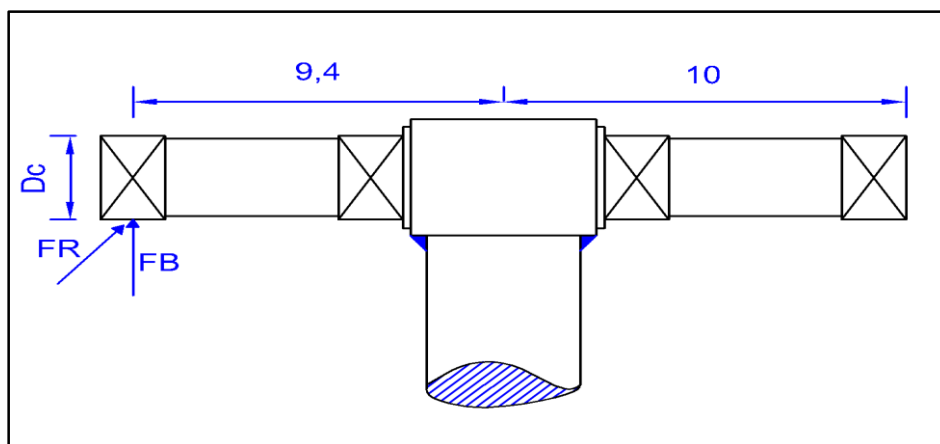


Fig. 26. Árbol de sujeción de rodillos.



“Diseño y construcción de una máquina pelletizadora de alimentos balanceados para ganado vacuno.”

Para ejes sólidos se obtiene

- $\sigma_y = 23 * 10^6 \frac{Kg}{m^2} \rightarrow \text{Acero 1018}$

Si el esfuerzo de fluencia o límite de fluencia del material es σ_y y por tanto $\sigma_s = \sigma_y$

Donde:

$$\sigma_s = 23 * 10^6 \frac{Kg}{m^2}$$

$$\sigma_s = 22,5 * 10^7 \frac{N}{m^2}$$

Momento flector:

$$Mf = F_B * L$$

$$Mf = 7500 N * 0,094 m$$

$$Mf = 705 N.m$$

Momento torsor:

$$Mt = \frac{F_R * \phi_R}{2}$$

$$Mt = \frac{1875 N * 0,065 m}{2}$$

$$Mt = 60,9375 N.m$$

Como el árbol está sometido a carga combinada se procede a determinar el diámetro mínimo con la ecuación del código ASME.

f.2.10.1. Para ejes macizo se obtiene (Carga axial nula o pequeña)

$$\sigma_s = 23 * 10^6 \frac{Kg}{m^2}$$



“Diseño y construcción de una máquina peletizadora de alimentos balanceados para ganado vacuno.”

El diámetro para el eje macizo se obtiene:

Esfuerzo simple a flexión

$$\sigma x = \frac{Mf * c}{I}$$

- $r = \frac{\emptyset}{2}$
- $r = C$
- $C = \frac{\emptyset}{2}$
- $I = \frac{\pi}{64} * \emptyset^4$

$$\sigma x = \frac{Mf * \frac{\emptyset}{2}}{\frac{\pi \emptyset^4}{64}}$$

$$\sigma x = \frac{Mf * \emptyset}{\frac{\pi \emptyset^4}{64}}$$

$$\sigma x = \frac{64 Mf * \emptyset}{2\pi \emptyset^4}$$

$$\sigma x = \frac{32Mf}{\pi \emptyset^3}$$

Esfuerzo simple de torsión

$$Txy = \frac{Mt * c}{J}$$

- $C = \frac{\emptyset}{2}$
- $J = \frac{\pi \emptyset^4}{32}$

$$Txy = \frac{Mt * \frac{\emptyset}{2}}{\frac{\pi \emptyset^4}{32}}$$



“Diseño y construcción de una máquina peletizadora de alimentos balanceados para ganado vacuno.”

$$Txy = \frac{16Mt}{\pi\phi^3}$$

- $\sigma x(max) = \frac{\sigma x}{2} + \sqrt{\left(\frac{\sigma x}{2}\right)^2 + (Txy)^2}$
- $\sigma x(min) = \frac{\sigma x}{2} - \sqrt{\left(\frac{\sigma x}{2}\right)^2 + (Txy)^2}$

$$\sigma(max) = \frac{\sigma x(max) - \sigma x(min)}{2}$$

$$\sigma(max) = \frac{\frac{\sigma x}{2} + \sqrt{\left(\frac{\sigma x}{2}\right)^2 + (Txy)^2} - \left(\frac{\sigma x}{2} - \sqrt{\left(\frac{\sigma x}{2}\right)^2 + (Txy)^2}\right)}{2}$$

$$\sigma(max) = \frac{2\sqrt{\left(\frac{\sigma x}{2}\right)^2 + (Txy)^2}}{2}$$

$$\sigma(max) = \sqrt{\left(\frac{\sigma x}{2}\right)^2 + (Txy)^2}$$

$$\sigma(max) = \sqrt{\left(\frac{32mf}{\pi\phi^3}\right)^2 + \left(\frac{16mt}{\pi\phi^3}\right)^2}$$

$$\sigma(max) = \sqrt{\left(\frac{16mf}{\pi\phi^3}\right)^2 + \left(\frac{16mt}{\pi\phi^3}\right)^2}$$

$$(\sigma max)^2 = \left(\frac{16mf}{\pi\phi^3}\right)^2 + \left(\frac{16mt}{\pi\phi^3}\right)^2$$

$$(\sigma max)^2 = \frac{256mf^2}{\pi^2\phi^6} + \frac{256mt^2}{\pi^2\phi^6}$$

$$(\sigma max)^2 = \frac{16mf^2 + 16mt^2}{\pi^2\phi^6}$$



“Diseño y construcción de una máquina peletizadora de alimentos balanceados para ganado vacuno.”

$$\emptyset^6 = \frac{16^2(mf)^2 + 16^2(mt)^2}{\sigma_{max}^2(\pi^2)}$$

$$\emptyset^6 = \frac{(16)^2(mf^2 + mt^2)}{(\sigma_{max})^2(\pi)^2}$$

- $\sigma_{max} = \frac{1}{2}$ límite de fluencia ($\sigma_y =$ límite de fluencia)
- $\sigma_{max} = \frac{\sigma_y}{2}$

$$\sqrt{\emptyset^6} = \sqrt{\frac{(16)^2(mf^2 + mt^2)}{\left(\frac{\sigma_y}{2}\right)^2 (\pi)^2}}$$

$$\emptyset^3 = \frac{\sqrt{(16)^2} \sqrt{(mf^2 + mt^2)}}{\sqrt{\left(\frac{\sigma_y}{2}\right)^2} \sqrt{(\pi)^2}}$$

$$\emptyset^3 = \frac{16\sqrt{mf^2 + mt^2}}{\frac{\sigma_y}{2} (\pi)}$$

$$\emptyset^3 = \frac{16(\sqrt{mf^2 + mt^2})}{\frac{1}{\frac{\pi\sigma_y}{2}}}$$

$$\emptyset^3 = \frac{32\sqrt{mf^2 + mt^2}}{\pi\sigma_y}$$

$$\emptyset^3 = \frac{32\sqrt{(705 \text{ N.m})^2 + (60.93 \text{ N.m})^2}}{\pi(22,5 * 10^7 \text{ N/m}^2)}$$

$$\emptyset^3 = \frac{32\sqrt{497025 + 3712,4649}}{\pi(22,5 * 10^7 \text{ N/m}^2)}$$



“Diseño y construcción de una máquina peletizadora de alimentos balanceados para ganado vacuno.”

$$\varnothing^3 = \frac{22644,09 \text{ N.m}}{70,68 * 10^7 \text{ N/m}^2}$$

$$\varnothing^3 = 3,20 * 10^{-5} \text{ m}^3$$

$$\varnothing = 0,031 \text{ m}$$

$$\varnothing_{eje} = 3,18 \text{ cm}$$

$$\varnothing = 0,0318 \text{ m}$$

Una vez establecido el diámetro mínimo se revisa la tabla de ejes normalizados según BOHLER. Ver Anexos (tabla. 14)

El eje próximo superior normalizados recomendado es de 31,80 mm, tomando en cuenta los mecanizados para evitar desplazamientos.

f.2.11. Análisis del máximo esfuerzo cortante al que está sometido el árbol

Se obtiene los esfuerzos tanto de flexión y torsión de la ecuación 18:

De la ecuación 18, de esfuerzo simple se calcula el momento rectangular de inercia que es la ecuación 19:

$$\sigma_x = \frac{Mf * c}{I}$$

$$I = \frac{\pi \varnothing^4}{64}$$

$$I = \frac{\pi(0,0318 \text{ m})^4}{64}$$

$$I = 5,019 \times 10^{-7} \text{ m}^4$$

Una vez encontrado el momento de inercia se resuelve la ecuación 18:

$$\sigma_x = \frac{(71,93 \text{ Kg.m}) * (0,0159 \text{ m})}{5,019 \times 10^{-8} \text{ m}^4}$$



“Diseño y construcción de una máquina peletizadora de alimentos balanceados para ganado vacuno.”

$$\sigma_x = 227,87 \times 10^5 \frac{Kg}{m^2}$$

$$\sigma_x = 223,31 \times 10^6 \frac{N}{m^2}$$

Para el esfuerzo simple de torsión se toma la ecuación 20 y se calcula el momento polar de inercia que es la ecuación 21, por lo que se obtiene:

$$T_{xy} = \frac{Mt * c}{J}$$

$$J = \frac{\pi \phi^4}{32}$$

$$J = \frac{\pi (0,0318m)^4}{32}$$

$$J = 1,003 \times 10^{-7} m^4$$

Se realiza la fórmula del esfuerzo simple de torsión de la ecuación 20:

$$T_{xy} = \frac{Mt * c}{J}$$

$$T_{xy} = \frac{(6,22 Kg.m)(0,0159 m)}{1,003 \times 10^{-7} m^4}$$

$$T_{xy} = 98,60 * 10^4 \frac{Kg}{m^2}$$

$$T_{xy} = 96,63 * 10^5 \frac{N}{m^2}$$

Una vez determinados los esfuerzos simples tanto de flexión y torsión se determina el esfuerzo máximo cortante de la ecuación 28:

✓ $\sigma_n =$ Esfuerzo máximo combinado

$$\sigma_n(\max) = \frac{\sigma_x}{2} + \sqrt{\left(\frac{\sigma_x}{2}\right)^2 + (T_{xy})^2}$$



“Diseño y construcción de una máquina peletizadora de alimentos balanceados para ganado vacuno.”

$$\sigma_n(\max) = \frac{223,31 * 10^6 N/m^2}{2} + \sqrt{\left(\frac{223,31 * 10^6 N/m^2}{2}\right)^2 + \left(96,63 * 10^5 \frac{N}{m^2}\right)^2}$$

$$\sigma_n(\max) = 111,65 * 10^6 N/m^2 + \sqrt{1,24 * 10^{16} \frac{N}{m^2} + 9,33 * 10^{13} \frac{N}{m^2}}$$

$$\sigma_n(\max) = 111,65 * 10^6 N/m^2 + 111,77 * 10^6 N/m^2$$

$$\sigma_n(\max) = 223,42 * 10^6 N/m^2$$

$$\sigma_n(\min) = +111,65 * 10^6 \frac{N}{m^2} - 111,77 * 10^6 \frac{N}{m^2}$$

$$\sigma_n(\min) = -12x10^4 \frac{N}{m^2}$$

✓ $T(\max) =$ Esfuerzo máximo cortante

$$T(\max) = \frac{S_n(\max) - S_n(\min)}{2}$$

$$T(\max) = \frac{223,42x10^6 \frac{N}{m^2} - (-12x10^4 \frac{N}{m^2})}{2}$$

$$T(\max) = \frac{223,42x10^6 \frac{N}{m^2}}{2}$$

$$T(\max) = 111,71x10^6 \frac{N}{m^2}$$

Obtenido varios parámetros se calcula el factor de seguridad por lo que se obtiene:

$$n = \frac{\sigma_s}{T(\max)}$$

$$n = \frac{23x10^6 \frac{N}{m^2}}{111,71x10^6 \frac{N}{m^2}}$$



“Diseño y construcción de una máquina peletizadora de alimentos balanceados para ganado vacuno.”

$n = 0,2 \Rightarrow$ factor de seguridad

Ya determinado el esfuerzo máximo cortante se procede a realizar la relación entre el esfuerzo real al que está sometido el árbol y el límite de fluencia.

Con esta relación se determina la fiabilidad del diseño.

f.2.12. Análisis de soldadura entre árbol de soporte de rodillo y árbol de transmisión de potencia

Se realiza un análisis de ruptura de filete de soldadura por carga transversal, producida por la carga de aglutinado. Ver (Fig. 27)

El análisis se lo realiza sabiendo que se ejecutará soldadura continua.

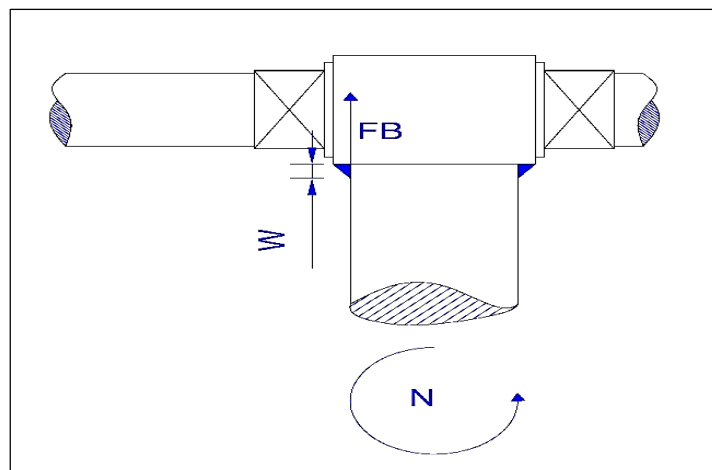


Fig. 27. Análisis de soldadura.

El tipo de carga considerado es de fracción sabiendo esto se determina.

$$\varnothing_{eje} = 31,8mm$$

$$FB = 7500N$$

✓ $P =$ Carga de tracción

$$FB = P$$



“Diseño y construcción de una máquina peletizadora de alimentos balanceados para ganado vacuno.”

$$P = 7500N$$

$$Lw = \pi\phi e j e$$

$$Lw = \pi(0,0318m)$$

$$Lw = 0,099m$$

$$Lw = 9,9cm$$

Se calcula la longitud de soldadura:

$$F = \frac{P}{Lw}$$

$$F = \frac{7500N}{0,09m}$$

$$F = 83,33 \times 10^3 \frac{N}{m}$$

Realizamos una conversión:

$$Sp = 0,1(S)$$

$$Sp = 0,1 \left(60000 \frac{lb}{pul^2} \right)$$

$$Sp = 6000 \frac{lb}{pul^2}$$

$$Sp = 41.426 \times 10^6 \frac{N}{m^2}$$

De la ecuación de longitud de soldadura se despeja la dimensión de soldadura:

$$f = Sp \times w$$

$$w = \frac{f}{Sp}$$



“Diseño y construcción de una máquina peletizadora de alimentos balanceados para ganado vacuno.”

$$w = \frac{83,33 \times 10^3 \frac{N}{m}}{41.426 \times 10^6 \frac{N}{m^2}}$$

$$w = 2,01 \times 10^{-3}m$$

$$w = 2 \text{ mm}$$

Se revisa la tabla de electrodos según “ESAB” y se determina con la libre (2,5mm × 300mm) OK 6131. Ver Anexos (Tabla. 15)

f.2.13. Análisis del eje de transmisión de potencia

El par torsor máximo ejercido en el árbol de transmisión es la sumatoria de los pares producidos en los rodillos de aglutinado. Ver (Fig. 28).

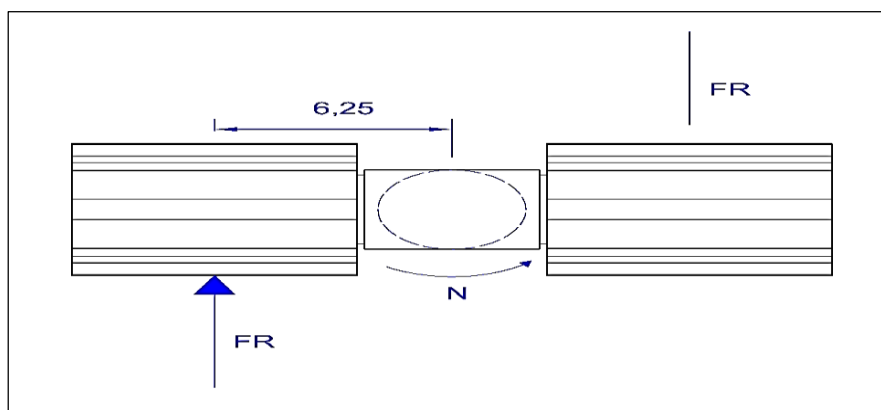


Fig. 28. Eje de transmisión de potencia.

$$\sum mom\Delta = 0$$

$$Mt = \sum mom\Delta$$

$$Mt_{max} = FR(\times) + FR(\times)$$

$$Mt_{max} = 2FR(\times)$$

$$Mt_{max} = 2(1875N)(0,065m)$$

$$Mt_{max} = 243,75Nm$$



f.2.14. Cálculo de diámetro del árbol.

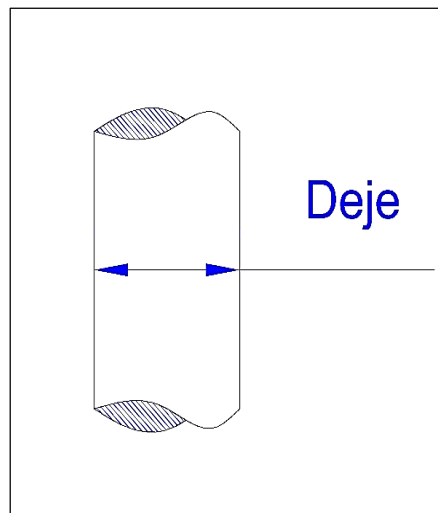


Fig. 29. Diámetro del árbol.

Para un árbol macizo se obtiene:

$$\checkmark \sigma_y = 23 * 10^6 \frac{Kg}{m^2} \rightarrow \text{Acero 1018}$$

Si el esfuerzo de fluencia o límite de fluencia del material es σ_y y por tanto $\sigma_s = \sigma_y$

Donde:

$$\sigma_s = 23 * 10^6 \frac{N}{m^2}$$

Se calcula el diámetro del árbol de la ecuación 29:

$$\sigma(max) = \frac{\sigma_x(max) - \sigma_x(min)}{2}$$

$$\sigma(max) = \frac{\frac{\sigma_x}{2} + \sqrt{\left(\frac{\sigma_x}{2}\right)^2 + (Txy)^2} - \left(\frac{\sigma_x}{2} - \sqrt{\left(\frac{\sigma_x}{2}\right)^2 + (Txy)^2}\right)}{2}$$

$$\sigma(max) = \frac{2 \sqrt{\left(\frac{\sigma_x}{2}\right)^2 + (Txy)^2}}{2}$$



“Diseño y construcción de una máquina peletizadora de alimentos balanceados para ganado vacuno.”

$$\sigma(max) = \sqrt{\left(\frac{\sigma x}{2}\right)^2 + (Txy)^2}$$

$$\sigma(max) = \sqrt{\left(\frac{32mf}{\pi\phi^3}\right)^2 + \left(\frac{16mt}{\pi\phi^3}\right)^2}$$

$$\sigma(max) = \sqrt{\left(\frac{16mf}{\pi\phi^3}\right)^2 + \left(\frac{16mt}{\pi\phi^3}\right)^2}$$

$$(\sigma max)^2 = \left(\frac{16mf}{\pi\phi^3}\right)^2 + \left(\frac{16mt}{\pi\phi^3}\right)^2$$

$$\sigma(max) = \frac{256mf^2}{\pi^2\phi^6} + \frac{256mt^2}{\pi^2\phi^6}$$

$$(\sigma max)^2 = \frac{16mf^2 + 16mt^2}{\pi^2\phi^6}$$

$$\phi^6 = \frac{16^2(mf)^2 + 16^2(mt)^2}{\sigma max^2(\pi^2)}$$

$$\phi^6 = \frac{(16)^2(mf^2 + mt^2)}{(\sigma max)^2(\pi)^2}$$

- $Jmax = \frac{1}{2} \text{limdefluencia}$ ($\sigma y = \text{limite de fluencia}$)
- $Jmax = \frac{\sigma y}{2}$

$$\sqrt{\phi^6} = \sqrt{\frac{(16)^2(mf^2 + mt^2)}{\left(\frac{\sigma y}{2}\right)^2 (\pi)^2}}$$

$$\phi^3 = \frac{\sqrt{(16)^2} \sqrt{(mf^2 + mt^2)}}{\sqrt{\left(\frac{\sigma y}{2}\right)^2} \sqrt{(\pi)^2}}$$



“Diseño y construcción de una máquina peletizadora de alimentos balanceados para ganado vacuno.”

$$\emptyset^3 = \frac{16\sqrt{mf^2 + mt^2}}{\frac{sy}{2}(\pi)}$$

$$\emptyset^3 = \frac{16(\sqrt{mf^2 + mt^2})}{\frac{1}{\frac{\pi sy}{2}}}$$

$$\emptyset^3 = \frac{32\sqrt{mf^2 + mt^2}}{\pi sy}$$

$$\emptyset^3 = \frac{32\sqrt{(705 N.m)^2 + (60.93 N.m)^2}}{\pi(22,5 * 10^7 N/m^2)}$$

$$\emptyset^3 = \frac{32\sqrt{497025 + 3712,4649}}{\pi(22,5 * 10^7 N/m^2)}$$

$$\emptyset^3 = \frac{22644,09 N.m}{70,68 * 10^7 N/m^2}$$

$$\emptyset^3 = 3,20 * 10^{-5} m^3$$

$$\emptyset = 0,031 m$$

Debido al mecanizado y topes para evitar desplazamientos axiales, se toma en cuenta en la tabla de aceros normalizados una dimensión o diámetro mayor al calculado o próximo superior.

Según BOHLER se obtiene 3,2cm ó 32mm \emptyset . Ver Anexos (Tabla. 14)

f.2.15. Análisis de rodamientos de eje de transmisión de potencia

Se analiza las cargas en el árbol a continuación se detalla. Ver (Fig. 30).



“Diseño y construcción de una máquina peletizadora de alimentos balanceados para ganado vacuno.”

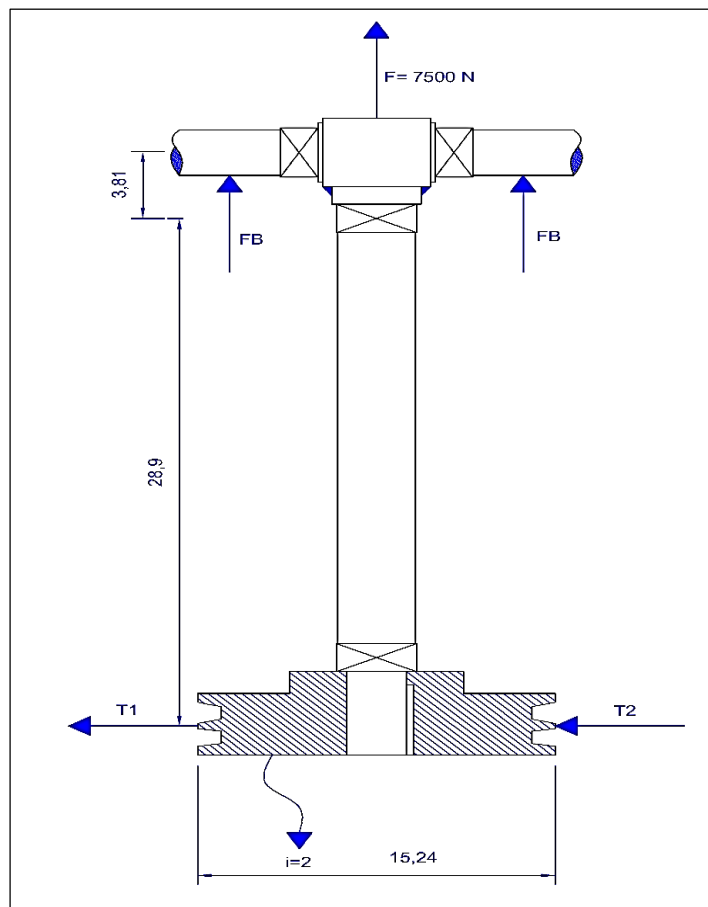


Fig. 30. Eje de transmisión de potencia.

f.2.15.1. Análisis de rodamiento por carga axial.

Este rodamiento tiene una carga axial $fB = 7500N$ donde se obtiene:

- $fB = 7500N$
- $\phi_{eje} = 32mm$ ó $0,032m$
- $n = 500 rpm$
- $NR = 500rev$

Se calcula la capacidad de carga máxima

$$C = (\sqrt[3]{NR})(FB)$$

$$c = (\sqrt[3]{500})(7500N)$$



“Diseño y construcción de una máquina peletizadora de alimentos balanceados para ganado vacuno.”

$$C = 59527,53N$$

Se trabaja con un rodamiento de rodillos cónicos para evitar desplazamientos axiales
Las revoluciones dadas por un cojinete en su vida útil tomando en cuenta una duración de 25000 h. es:

$$N_{90\% \text{ de los cojinetes}} = 25000 (60)$$

$$N_{90\%} = 150 * 10^6 \text{ revoluciones}$$

Ya determinada la capacidad de carga dinámica y con el diámetro del eje donde estará ubicado se revisa la tabla de rodamientos normalizados. Ver Anexos (tabla. 16)

f.2.16. Diámetro de cubo:

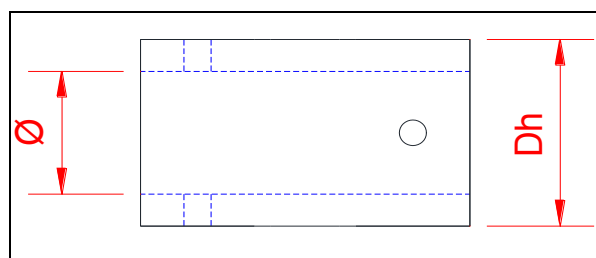


Fig. 31. Esquema del cubo.

Haciendo referencia a la proporcionalidad antes mencionada en el cálculo del árbol de transmisión de potencia se obtiene (Ecuación 30):

$$D_h = 1 \frac{3}{4} \varnothing a 2D$$

Si:

- $\varnothing = 2.99 \text{ cm}$
- $D_h = \text{Diámetro del cubo}$

Remplazando se obtiene:

$$D_h = 1,75 * 2.99 \text{ cm}$$

$$D_h = 5,232 \text{ cm} \rightarrow 0,05232 \text{ m}$$



“Diseño y construcción de una máquina peletizadora de alimentos balanceados para ganado vacuno.”

Una vez establecido el diámetro del cubo (32) se debe tomar en cuenta el diámetro exterior del árbol utilizado, el cual nos brinda ya el dato del diámetro interior del cubo. Ver anexos (tabla 16), se obtiene las siguientes dimensiones:

- $d_o = 57,15 \text{ cm}$
- $d_i = 25,4 \text{ cm}$

Estos son datos de tabla según BHOLER.

f.2.17. Determinación del disco de corte

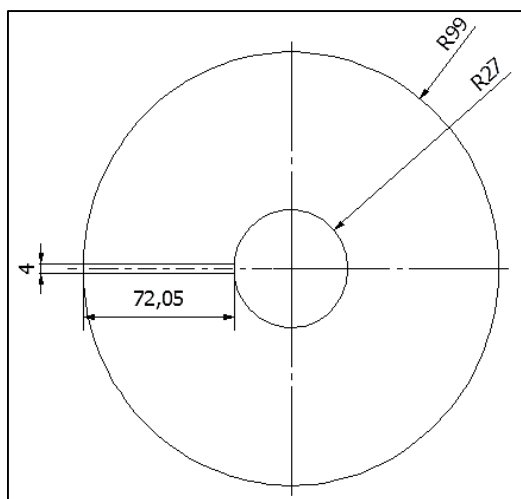


Fig. 32. Disco de corte

f.2.17.1. Análisis de aceleración centrífuga del disco de corte.

Este análisis servirá para determinar la aceleración centrífuga a la que está sometido el disco de corte

$$a = r_e * w^2$$

De la ecuación 31 se obtiene:

$$a = \frac{v_l^2}{r_c}$$

De la ecuación 32 se determina

$$v_l = n * r_c$$



“Diseño y construcción de una máquina peletizadora de alimentos balanceados para ganado vacuno.”

$$n = 500 \text{ rpm}$$

$$W = 500 \frac{\text{rev}}{\text{min}} * \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} * \frac{2\pi \text{ rad}}{1 \text{ rev}}$$

$$W = 52,35 \text{ rad/seg}$$

$$v_l = W * r_c$$

$$v_l = 52,35 \text{ rad/seg} * 0,099 \text{ m}$$

$$v_l = 5,18 \text{ m/seg}$$

$$a = \frac{v_l^2}{r_c}$$

$$a = \frac{(5,18 \text{ m/seg})^2}{0,099 \text{ m}}$$

$$a = 271,03 \text{ m/seg}^2$$

f.2.17.2. Análisis de masa del disco de corte.

Para realizar el análisis del disco de corte se necesita definir las dimensiones del mismo y el tipo de material a utilizar. (Ecuación 34)

- $r_e =$ Radio exterior del disco de corte (0,099 m)
- $r_i =$ Radio interior del disco de corte (0,027 m)

$$A = \pi(r_e^2 - r_i^2)$$

$$A = \pi[(0,099\text{m})^2 - (0,027\text{m})^2]$$

$$A = \pi(9,801 * 10^{-3} - 7,29 * 10^{-4})$$

$$A = \pi(9,072 * 10^{-3})$$

$$A = 0,028 \text{ m}^2$$



“Diseño y construcción de una máquina pelotizadora de alimentos balanceados para ganado vacuno.”

f.2.17.3. Análisis del Volumen del disco de corte

Este espesor es aporte del diseñador 3 mm. (Ecuación 35)

$$V = A * E_s$$

$$V = 0,028 m^2 * 0,003 m$$

$$V = 8,4 * 10^{-5} m^3$$

f.2.17.4. Determinación de la masa de disco de corte

- $\delta = \text{DEL ACERO } 7870 \text{ Kg/m}^3$

$$M = \delta * V$$

$$M = 7870 \text{ Kg/m}^3 * 8,4 * 10^{-5} m^3$$

$$M = 0,66 \text{ Kg}$$

f.2.18. Determinación del cubo.

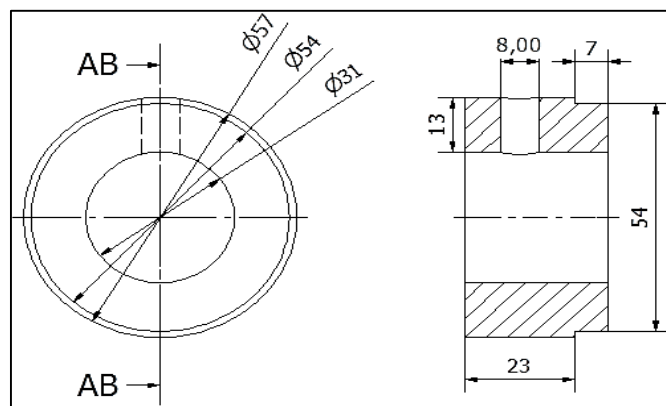


Fig. 33. cubo

f.2.18.1. Determinación de la sección transversal del cubo.

$$A_c = \pi(R_e^2 - R_i^2)$$

$$A_c = \pi[(0,0285m)^2 - (0,0155m)^2]$$



“Diseño y construcción de una máquina peletizadora de alimentos balanceados para ganado vacuno.”

$$A_C = \pi(8,1225 * 10^{-4} - 2,4025 * 10^{-4})$$

$$A_C = \pi(5,72 * 10^{-4} m^2)$$

$$A_C = 1,79 * 10^{-3} m^2$$

f.2.18.2. Análisis del Volumen del cubo

$$V_C = A_C * H_C$$

$$V_C = 1,79 * 10^{-3} m^2 * 0,03 m$$

$$V_C = 5,37 * 10^{-5} m^3$$

f.2.18.3. Determinación de la masa del cubo

- $\delta = DEL ACERO 7870 Kg/m^3$

$$M_C = \delta * V_C$$

$$M_C = 7870 Kg/m^3 * 5,37 * 10^{-5} m^3$$

$$M_C = 0,422 Kg$$

f.2.19. Determinación de masa total del sistema de corte

$$M_T = M + M_C$$

$$M_T = 0,66 Kg + 0,422 Kg$$

$$M_T = 1,082 Kg$$

f.2.20. Determinación de fuerza centrífuga.

$$F = M_T * a$$

$$F = 1,082 Kg * 271,03 m/seg^2$$

$$F = 293,25 N$$



“Diseño y construcción de una máquina pelletizadora de alimentos balanceados para ganado vacuno.”

f.2.21. Determinación de la energía cinética del disco de corte

Se determina la energía cinética del disco de corte debido a su movimiento, la resistencia o carga que ofrece los pellets al ser quebrados es mínima ya que los pellets son frágiles por lo tanto se desprecia la carga de los mismos.

A pesar de esto se realiza un análisis de la energía acumulada por la masa del sistema de corte y su velocidad de giro. En lo cual podemos concluir que el sistema de corte se comporta como un volante aportando al sistema de transmisión un momento de inercia. (Ecuación 42)

$$E_c = \frac{M_T * V_l^2}{2}$$

$$E_c = \frac{(1,082 \text{ Kg}) * (5,18 \text{ m/seg})^2}{2}$$

$$E_c = 14,51 \text{ J}$$

f.2.22. Análisis de transmisión.

A continuación se detalla el análisis de transmisión de potencia. Ver (fig.34).

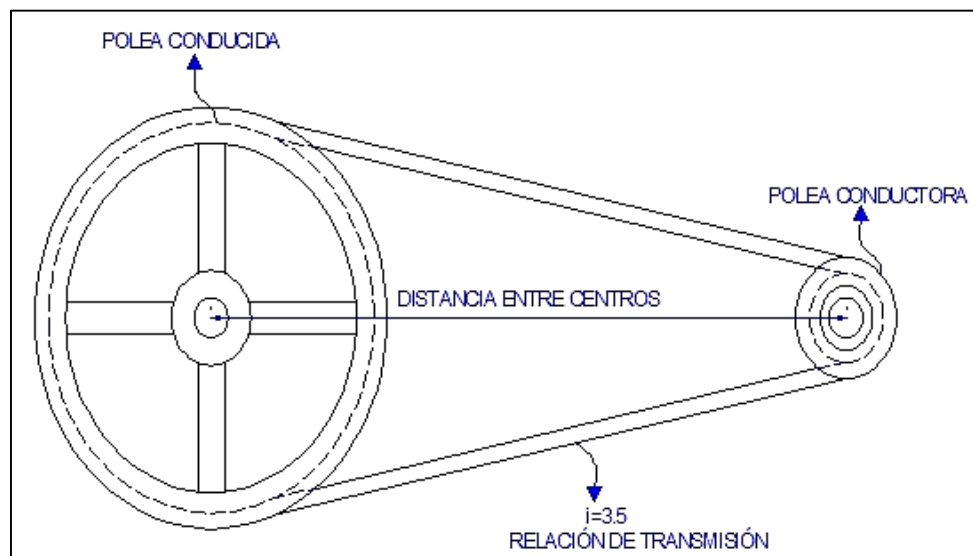


Fig. 34. Transmisión para banda trapezoidal.



“Diseño y construcción de una máquina peletizadora de alimentos balanceados para ganado vacuno.”

Relación de transmisión.

$$i = \frac{V_1}{V_2}$$

$$V_1 = 1750rpm \text{ (Velocidad de giro nominal de un motor eléctrico)}$$

$$V_2 = 500rpm$$

$$i = 3,5$$

f.2.23. Análisis de potencia calculada

Según los parámetros antes calculados para la potencia teórica se obtiene:

$$Mt = 60,9375Nm$$

$$n = 500rpm$$

✓ $Mt =$ Momento torsor en rodillos de aglutinado

✓ $n =$ Velocidad de giro de la aglutinadora

$$n = 500 \frac{rev}{min} \times \left(\frac{1min}{60s}\right) \times \left(\frac{2\pi rad}{1rev}\right)$$

$$W = 52,35 \frac{rad}{s}$$

✓ $N =$ Potencia teórica del sistema de aglutinado

Donde procedemos a realizar la ecuación 43 lo que se obtiene:

$$N = Mt * W$$

$$N = (60,9375Nm) \left(52,35 \frac{rad}{s}\right)$$

$$N = 3190,07 W$$

$$N = 4,3343Hp$$



“Diseño y construcción de una máquina peletizadora de alimentos balanceados para ganado vacuno.”

Ya determinada la potencia teórica y la velocidad de giro del sistema, se procede a revisar la tabla de selección del perfil de correa y el tipo es una banda tipo “B”. Ver Anexos (Tabla. 18)

$f_s = 1.2$ (este factor es dado ya que se realizó tomando en cuenta el tipo de carga)

- $\phi_1 = 3 \text{ pulg}$
- $\phi_1 = 76 \text{ mm} = 0,076 \text{ m}$

De la ecuación 44 se determina la relación.

$$\phi_2 = i \phi_1$$

$$\phi_2 = 3,5 (0,076 \text{ m})$$

$$\phi_2 = 0,266 \text{ m}$$

Se calcula la potencia de diseño de la ecuación 45:

$$P_D = N * f_s$$

$$P_D = 3190,07 \text{ Watt (1,2)}$$

$$P_D = 3828,084 \text{ Watt}$$

f.1.23.1. Análisis de par torsor (1)

✓ $W_1 = \text{Velocidad angular en polea conductora.}$

$$W_1 = 1750 \frac{\text{rev}}{\text{min}} * \frac{2\pi}{\text{rev}} * \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}}$$

$$W_1 = 183,259 \frac{\text{rad}}{\text{seg}}$$

✓ $W_2 = \text{Velocidad angular en la polea conducida.}$

$$W_2 = 500 \frac{\text{rev}}{\text{min}} * \frac{2\pi}{\text{rev}} * \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}}$$



“Diseño y construcción de una máquina peletizadora de alimentos balanceados para ganado vacuno.”

$$W_2 = 52,35 \frac{rad}{seg}$$

Se calcula el par torsor de la ecuación 46:

$$mt_1 = \frac{P_D}{W_1}$$

$$mt_1 = \frac{3828,084 Nm/s}{183,259 rad/s}$$

$$mt_1 = 20,88 Nm$$

f.2.23.2 Análisis de par de torsor (2)

✓ $mt_2 =$ Par torsor en polea conducida.

$$mt_2 = \frac{P_D}{W_2}$$

$$mt_2 = \frac{3828,084 Nm/s}{52,35 rad/s}$$

$$mt_2 = 73,1248 Nm$$

f.2.24. Análisis de velocidad lineal en poleas (conducidas, conductoras)

$$R_1 = 0,038 m$$

$$R_2 = 0,133 m$$

Cálculo de velocidad lineal de la polea conductora, ecuación 47:

$$Vl_1 = w_1 * R_1$$

$$Vl_1 = 183,259 \frac{Rad}{seg} * 0,038 m$$

$$Vl_1 = 6,963 m/s$$



“Diseño y construcción de una máquina peletizadora de alimentos balanceados para ganado vacuno.”

Cálculo de velocidad lineal de la polea conducida, ecuación 48:

$$Vl_2 = W_2 * R_2$$

$$Vl_2 = 52,35 \frac{Rad}{s} * 0,133 m$$

$$Vl_2 = 6,9625 m/s$$

f.2.25. Análisis de fuerza de tensado

La fuerza de tensado se la determina mediante la relación de potencia y velocidad lineal, esta fuerza garantiza la eficiencia de la transmisión de potencia.

Cálculo de fuerza de tensado con la ecuación 49, se obtiene:

$$F_T = \frac{N}{vl}$$

$$F_T = \frac{3190,07 N \cdot m/s}{6,963 m/s}$$

$$F_T = 458,45 N$$

f.2.26. Análisis de tensado inicial.

El tensado inicial es el resultado de la relación que existe entre la fuerza de tensado y el coeficiente de tracción nominal. Para determinarlo en el caso de correas trapezoidales se considera un coeficiente de tracción nominal igual a 0,8. Ver Anexos (Tabla 19).

✓ $\varphi = \text{Coeficiente de fricción (0,7; 0,9)}$

$$\varphi = \frac{0,7 + 0,9}{2}$$

$$\varphi = \frac{1,6}{2}$$

$$\varphi = 0,8$$



“Diseño y construcción de una máquina peletizadora de alimentos balanceados para ganado vacuno.”

De la ecuación 50 se determina el tensado inicial:

$$T_0 = \frac{F_T}{2\varphi}$$

$$T_0 = \frac{458,145 \text{ N}}{2(0,8)}$$

$$T_0 = 286,34 \text{ N}$$

f.2.26.1. Análisis de la tensión 1.

Es el resultado de la suma entre, un medio de la fuerza de tensado y el tensado inicial. Ver (fig. 35). Se obtiene de la ecuación 51.

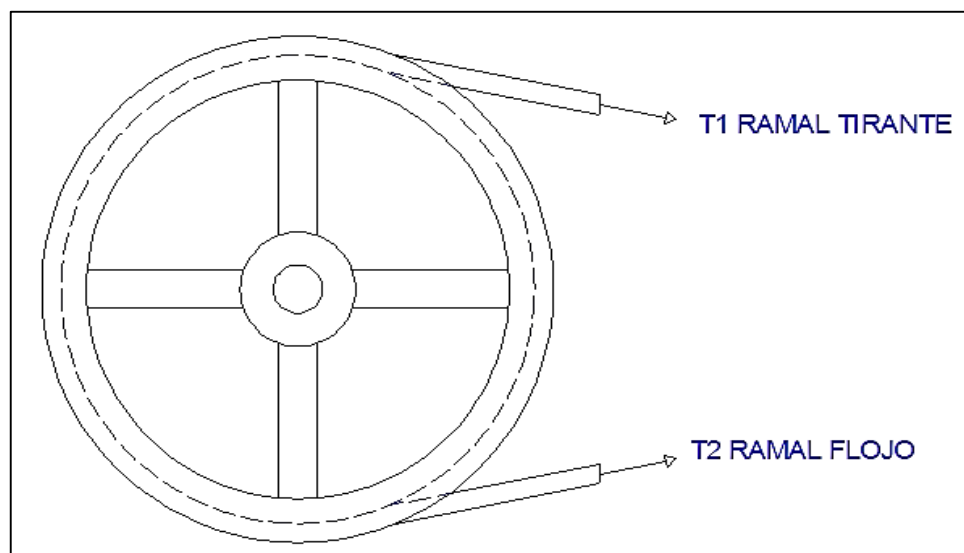


Fig. 35. Tensión en los ramales de la banda trapezoidal.

✓ $T_1 =$ Tensión (1) o tensión en el ramal superior o ramal tirante

$$T_1 = \frac{F_T}{2} + T_0$$

$$T_1 = \frac{458,145 \text{ N}}{2} + 286,34 \text{ N}$$

$$T_1 = 515,4125 \text{ N}$$



“Diseño y construcción de una máquina peletizadora de alimentos balanceados para ganado vacuno.”

f.2.26.2. Análisis de la tensión 2.

Es el resultado de la diferencia entre el tensado inicial y un medio de la fuerza de tensado de la ecuación 52 se determina:

T_2 = Tensión (2) o tensión en el ramal inferior o ramal flojo

$$T_2 = T_0 - \frac{F_T}{2}$$

$$T_2 = 286,34 \text{ N} - \frac{458,145 \text{ N}}{2}$$

$$T_2 = 57,26 \text{ N}$$

f.2.27. Análisis de las distancia entre centros.

La diferencia entre centros en el espacio que existe entre el centro de la polea conductora y el centro de la polea conducida, para su análisis se emplea la siguiente ecuación 53:

$$I = 1,4(\phi_1 + \phi_2)$$

$$I = 1,4(0,076 \text{ m} + 0,266 \text{ m})$$

$$I = 0,4788 \text{ m}$$

f.2.28. Análisis del ángulo de abrazamiento.

Se lo obtiene realizando una relación entre los diámetros de las dos poleas que componen la transmisión y la distancia entre centros. El ángulo de abrazamiento de la transmisión se lo calcula de la ecuación 54.

$$\phi_1 = 0,076 \text{ m}$$

$$\phi_2 = 0,266 \text{ m}$$

✓ θ = Ángulo de abrazamiento:



“Diseño y construcción de una máquina peletizadora de alimentos balanceados para ganado vacuno.”

$$\theta = \text{sen}^{-1} \left(\frac{\phi_2 - \phi_1}{2I} \right)$$

$$\theta = \text{sen}^{-1} \left(\frac{0,076 \text{ m} + 0,266 \text{ m}}{2 (0,4788 \text{ m})} \right)$$

$$\theta = 11,44^\circ$$

f.2.29. Análisis del ángulo de contacto (1)

Se analiza el ángulo de contacto en la polea conductora, este se determina de la ecuación 55.

Dónde:

$$\alpha_1 = 180 - 2\theta$$

$$\alpha_1 = 180 - 2(11,44^\circ)$$

$$\alpha_1 = 157,11^\circ$$

$$\alpha_1 = 157,11^\circ \left(\frac{\pi \text{ rad}}{180^\circ} \right)$$

$$\alpha_1 = 2,7421 \text{ rad}$$

Una vez obtenido el valor del ángulo de contacto (1), la reemplazamos para determinar el área de contacto en la polea conductora.

De la ecuación 56 se obtiene:

$$\checkmark R_1 = \text{Radio de polea conductora}$$

$$\text{Arc}_1 = \alpha_1 * R_1$$

$$\text{Arc}_1 = 2,7421 \text{ rad}(0,038 \text{ m})$$

$$\text{Arc}_1 = 0,1041 \text{ m}$$



“Diseño y construcción de una máquina peletizadora de alimentos balanceados para ganado vacuno.”

f.2.29.1. Análisis del ángulo de contacto. (2)

Como se puede observar cambia el signo en la ecuación, esto se da ya que es el análisis en la polea conducida.

$$\alpha_2 = 180 + 2\theta$$

$$\alpha_2 = 180 + 2(11,44^\circ)$$

$$\alpha_2 = 202,88^\circ$$

$$\alpha_2 = 202,88^\circ \left(\frac{\pi rad}{180^\circ}\right)$$

$$\alpha_2 = 3,5409 rad$$

$$\checkmark R_2 = \text{Radio de polea conducida}$$

$$Arc_2 = \alpha_2 * R_2$$

$$Arc_2 = 3,5409 rad(0,133m)$$

$$Arc_2 = 0,4709 m$$

f.2.30. Análisis de longitud del ramal.

La longitud del ramal es el producto entre la distancia entre centros y el coseno del ángulo de abrazamiento se determina de la ecuación 57.

$$L_{ramal} = I * \cos \theta$$

$$L_{ramal} = (0,4788)(\cos 11,44^\circ)$$

$$L_{ramal} = 0,4692 m$$

$$L_{ramal} = 18,47 pulg$$



“Diseño y construcción de una máquina peletizadora de alimentos balanceados para ganado vacuno.”

f.2.30.1 Análisis de longitud de la correa

Se determina la longitud de la correa necesaria para la transmisión, por lo general varía de acuerdo a la disposición de espacio del sistema. Y se la determina de la ecuación 58.

$$L_c = 2 L_{ramal} + Arc_1 + Arc_2$$

$$L_c = 2(0,4692 m) + (0,1041m) + (0,4709 m)$$

$$L_c = 1,5134m$$

$$L_c = 59,58 \text{ pulg}$$

f.2.31. Análisis del factor por ángulo de contacto.

Se determina a continuación.

$$\checkmark \alpha_1 = \text{Ángulo de contacto polea conductora}$$

$$C_x = 0,55 + 0,0025 \alpha_1$$

$$C_x = 0,55 + 0,0025(157,11^\circ)$$

$$C_x = 0,942775$$

f.2.31.1. Análisis del factor de corrección por longitud.

Se lo determina con la siguiente ecuación.

$$\checkmark L_o = \text{Longitud corregida de correa}$$

$$L_o = 1,244(L_c)$$

$$L_o = 1,801 m$$

Se calcula la corrección o factor por longitud:

$$C_L = \sqrt[6]{\frac{L_c}{L_o}}$$



“Diseño y construcción de una máquina peletizadora de alimentos balanceados para ganado vacuno.”

$$C_L = \sqrt[6]{\frac{L_C}{1,244L_c}}$$

$$C_L = \sqrt[6]{0,8038}$$

$$C_L = 0.9642$$

f.2.32. Análisis de número de correas

El número de correas se la determina de la ecuación 59, tomando muy en cuenta la potencia transmitida y la potencia unitaria.

$$Z = \frac{P_D}{(N_C + N_{adi}) * C_X * C_L}$$

f.1.32.1. Potencia Unitaria.

Para este análisis realizamos una interpolación entre los valores de velocidad de giro del motor seleccionado, diámetro de la polea menor y los valores estandarizados. Ver Anexos (tabla 20) para el cálculo de la potencia unitaria.

$$\phi_1 = 76 \text{ mm} = 7,6 \text{ cm}$$

$$\phi_2 = 266 \text{ mm} = 26,6 \text{ cm}$$

$$\frac{1750 - 1400}{1800 - 1750} = \frac{X_1 - 0,69}{0,81 - X_1}$$

$$X_1 = 0,795$$

$$\frac{0,795 - 0,69}{0,81 - 0,795} = \frac{X_2 - 1,51}{1,82 - X_2}$$

$$X_2 = 1,78125$$

$$\frac{76 - 70}{100 - 76} = \frac{N_C - X_1}{X_2 - N_C}$$

$$N_C = 0,9922 \text{ KW}$$



“Diseño y construcción de una máquina peletizadora de alimentos balanceados para ganado vacuno.”

f.2.32.2. Potencia adicional (NAD)

Para este análisis se realiza una interpolación entre los valores de velocidad de giro del motor y la razón de transmisión en este caso es mayor al valor máximo. Ver Anexos (tabla 21).

$$\frac{1750 - 1400}{1800 - 1750} = \frac{N_{adi} - 0,19}{0,25 - N_{adi}}$$

$$N_{adi} = 0,24 \text{ KW}$$

A continuación ya determinada la potencia (N_C) y la potencia (N_{adi}) determinando el número de correas.

$$Z = \frac{3,828 \text{ KW}}{(0,99 \text{ Kw} + 0,24 \text{ Kw})(0,9427)(0,9642)}$$

$$Z = \frac{3,828 \text{ KW}}{1,118 \text{ KW}}$$

$$Z = 3,4 \text{ correas} \approx 3 \text{ correas (Tipo B TRAPEZOIDAL)}$$

f.3. Construcción.

- **Primera etapa:** Construcción de piezas



Fig. 36. Piezas de máquina



“Diseño y construcción de una máquina peletizadora de alimentos balanceados para ganado vacuno.”

- *Segunda etapa: Estructura*



Fig. 37. Estructura.

- *Tercera etapa: Montaje*

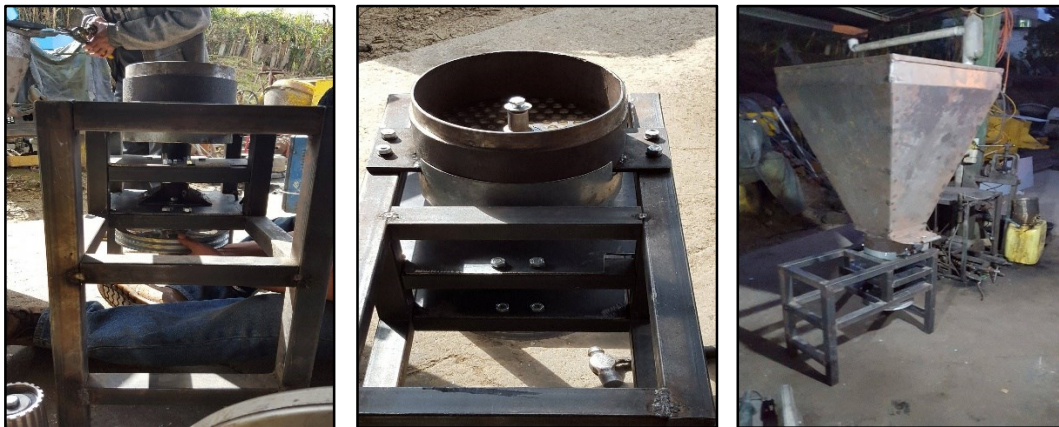


Fig. 38. Montaje.

- *Cuarta etapa: Pruebas*



Fig. 39. Pruebas.



“Diseño y construcción de una máquina peletizadora de alimentos balanceados para ganado vacuno.”

g. PRESUPUESTOS PARA LA CONSTRUCCIÓN

El costo total de la máquina está conformado por los costos directos e indirectos.

g.1. Montos

Se considera costos de material, mano de obra y transporte.

Tabla2. Costo del material para la construcción del sistema de peletizado

Denominación	Unidad	Cantidad	Valor U.	Valor total
Chapa galvanizada de 1.5 mm	Unidad	2	38,00	76,00
Recorte de discos de chapa negra de 3 mm	20 cm de Diámetro	2	9,00	18,00
Eje de acero 1018 de 38mm	Metro	0.5	30,00	15,00
Tubo sin costura de acero de 55mm	Metro	0.3	20,00	6,00
Tubo sin costura de acero de 220mm	Metro	0.2	100,00	20,00
Tubo cuadrado de 38mm * 3mm	Metro	6	5,00	30,00
Perfil Angular de 38mm * 3mm	Metro	6	5,00	30,00
Platina estructural de 38 mm * 4.5mm	Metro	3	2,80	8,40
Platina estructural de 50 mm * 4.5mm	Metro	0.5	6,00	3,00
Bandas trapezoidales B55	Unidad	3	8,00	24,00
Pernos de acero Galvanizado de 1/4" x 1" con tuerca, arandela plana y de presión	Unidad	30	0,05	1,50
Pernos de acero Grado 5 de 3/8" x 2" con tuerca, arandela plana y de presión	Unidad	10	0,50	5,00
Pernos de anclaje de acero de 3/8" x 1" con tuerca y arandela plana y de presión	Unidad	4	0,30	1,20
Pernos de acero grado 5 de 1/2" x 2 1/2" con tuerca y arandela plana y de presión	Unidad	4	1,00	4,00
Pernos de acero de 3/8" x 1 1/2" con tuerca y arandela plana y de presión	Unidad	16	0,30	4,80
Grilón circular de 200mm * 20mm	Unidad	1	20,00	20,00
Seguro exterior para eje de 1 1/2"	Unidad	4	0,65	2,60
Chaveta de 1/4"	Metro	0.2	6,00	1,20
Electrodo E-6011	Libra	5	1,60	8,00
Electrodo E-7018	Libra	1	2,60	2,60
Electrodo E-6013 azul	Libra	1	2,13	2,13
Sierra sanflex	Unidad	2	1,70	3,40



“Diseño y construcción de una máquina peletizadora de alimentos balanceados para ganado vacuno.”

Disco de corte de 7"x 1/8"x 7/8"	Unidad	1	1,30	1,30
Disco de desbaste de 7"x 9/32"x 7/8"	Unidad	1	3,00	3,00
Disco de corte de 14"x 7/64"x 1"	Unidad	1	4,75	4,75
Rodamientos 6207	Unidad	4	7,00	28,00
Rodamientos 30208	Unidad	2	11,00	22,00
Retenedores mecánicos	Unidad	2	5,50	11,00
Polea tipo “B” 3*2	Unidad	1	7,00	7,00
Polea tipo “B” 11*2	Unidad	1	20,00	20,00
TOTAL				383,88

Fuente: El Autor

Tabla 3. Costo de maquinaria

Denominación	Unidad	Cantidad	Valor U.	Valor total
Motor Eléctrico de 5 HP	Unidad	1	480,00	480,00
TOTAL				480,00

Fuente: El Autor

Tabla 4. Costo de materiales para instalación en el sitio de montaje

Denominación	Unidad	Cantidad	Valor U.	Valor total
Toma especial de 240V	Unidad	1	15,00	15,00
Accionamiento eléctrico del Equipo	Unidad	1	100,00	100,00
Recipiente de acumulación de pellet	Unidad	1	20,00	20,00
Base de soporte del equipo	Unidad	1	50,00	50,00
Recipiente de alimento balanceado	Unidad	1	340,00	340,00
TOTAL				525,00

Fuente: El Autor



“Diseño y construcción de una máquina peletizadora de alimentos balanceados para ganado vacuno.”

Tabla 5. Costo de material para terminado y acabado del sistema

Denominación	Unidad	Cantidad	Valor U.	Valor total
Lija Nº 36	Unidad	4	0,40	1,60
Lija Nº 120	Unidad	4	0,45	1,80
Diluyente acrílico	Litro	7	1,00	7,00
Fondo gris	Galón	0,5	16,00	8,00
Pintura sintética color negra	Galón	0,5	16,00	8,00
Pintura sintética color rojo	Galón	0,25	16,00	4,00
Masilla automotriz	Litro	1/2	6,00	6,00
Guaípe	Libra	1	2,50	2,50
TOTAL				38,90

Fuente: El Autor

Tabla 6. Costo por mano de obra

Denominación	Cantidad	Valor U.	Valor total
Torneada de discos de 3 mm	2	10,00	20,00
Torneada de tubos sin costura de 55mm	3	20,00	60,00
Torneada de poleas	2	10,00	20,00
Cepillado de rodillos	2	30,00	60,00
Torneada de ejes de 38mm	2	10,00	20,00
Chaveteado de ejes de 38 mm	2	5,00	10,00
Chaveteado de poleas	2	5,00	10,00
Doblado de tolva	4	1,00	4,00
Fabricación de estructura del sistema	1	90,00	90,00
TOTAL			294,00

Fuente: El Autor



“Diseño y construcción de una máquina peletizadora de alimentos balanceados para ganado vacuno.”

Tabla 7. Costo demandado por transporte

Denominación	Cantidad	Valor U.	Valor total
Movilización del sistema de peletizado al sitio de montaje	1	30,00	30,00
TOTAL			30,00

Fuente: El Autor

Tabla 8. Total de costos directos

Denominación	Valor
COSTO DE MATERIALES	1427,78
COSTO DE MANO DE OBRA	294,00
COSTO DE TRANSPORTE	30,00
TOTAL	1751,78

Fuente: El Autor

g.1.1. Costos indirectos

Tabla 9. Costos indirectos

Denominación	Valor
CRITERIO DE INGENIERÍA (10% DEL COSTO DIRECTO)	175,17
IMPREVISTOS (5 % DEL COSTO DIRECTO)	87,58
TOTAL	262,75

Fuente: El Autor

g.1.2. Costo total del sistema de Peletizado

Tabla 10. Costo total del sistema

Denominación	Valor
COSTOS DIRECTOS	1751,78
COSTOS INDIRECTOS	262,75
TOTAL	2014,53

Fuente: El Autor



“Diseño y construcción de una máquina peletizadora de alimentos balanceados para ganado vacuno.”

h. ANÁLISIS DE PRUEBAS

El sistema de peletizado fue dimensionado acoplándose adecuadamente al recurso y demanda existente (400 kg) en las granjas de la región sur del Ecuador por ende se garantiza un funcionamiento óptimo del sistema.

Los diferentes elementos que nos sirven para poder realizar el trabajo de aglutinado fueron dimensionados de tal manera que hacen factible el trabajo para el cual fueron contruidos, cumpliendo cada uno de ellos su función de manera específica.

Una vez implementado el sistema de peletizado, logramos suplir una necesidad dentro de los pequeños productores de ganado vacuno; el sistema instalado servirá para la producción de pellet el cual brinda facilidad a la comunidad de la región sur de Ecuador.

Además la producción del pellet brindara al usuario final una alta reducción del volumen del alimento, mejor capacidad de almacenamiento, alto contenido nutricional y una excelente durabilidad.

h.1. Análisis de rendimiento (fase de campo).

El presente protocolo consiste en una serie de evaluaciones, verificaciones y detalles que deben ser tomados en cuenta, tanto en su fabricación como en su funcionamiento.

De esta manera se puede garantizar el buen funcionamiento de la máquina llegando a concluir en forma exitosa el proyecto. Para determinar el rendimiento de sistema de peletizado se preparó unas pequeñas pruebas con dos tipos de masa diferente:

- Masa # 1: Balanceado, aceite de oliva, arrocillo.
- Masa # 2: Polvillo de aserrín, melaza, arrocillo.

Estas masas fueron previamente mezcladas con un tiempo de antelación de treinta minutos, después de esto se colocó en la tolva de la máquina para su debido procesamiento en pellets.



“Diseño y construcción de una máquina peletizadora de alimentos balanceados para ganado vacuno.”

Por lo cual teniendo en cuenta el método de complejidad concurrente se puede obtener que la máquina peletizadora de rodillos giratorios es la más eficiente en la producción de pellets a diferencia de otros tipos de peletizadoras.

Los resultados de la fase de experimentación se detallan a continuación:

Tabla 11. Resultados de monitoreo del sistema de Peletizado

Tiempo de trabajo (minutos)	Masa #1 (Kg)	Masa # 2 (Kg)	Masa Promedio (Kg)
0	0	0	0,00
10	45,00	47,04	46,02
20	59,21	64,15	61,68
30	74,43	81,08	77,75
40	88,19	99,56	93,87
50	104,20	110,70	107,45
60	114,87	116,21	115,54

Fuente: El Autor



Fig. 40. Resultados de ensayos

- Como resultado del ensayo de campo se obtiene que el promedio de aglutinado en el tiempo igual a una hora es de 115,54 Kg (254,188 lb) de una longitud de 3 – 5 cm de alimento balanceado, es decir de formación del pellet. Ver (fig. 36)



“Diseño y construcción de una máquina peletizadora de alimentos balanceados para ganado vacuno.”

i. DISCUSIÓN

La investigación realizada en el presente tema de tesis está enfocada en el diseño y construcción de una máquina peletizadora que permita la elaboración de alimentos para ganado vacuno en forma de pellets, para ello se investigó acerca del funcionamiento de las máquinas que producen pellets, obteniendo como resultado la implementación de una máquina peletizadora con rodillos giratorios la cual presenta un adecuado desarrollo en la formación de pellets.

Dentro del diseño y la construcción de la máquina peletizadora, se busca que tenga un mejor funcionamiento de todas sus piezas que la conforman. Para la utilización de las piezas en la construcción de la máquina peletizadora se adquirió información veraz y oportuna con la finalidad de tener menos fallos posibles en su elaboración y que pueda tener un diseño que presente un espacio físico adecuado, presentándose limitaciones en la fabricación de las partes de la máquina como el diseño de los rodillos que se tuvo que tener en cuenta a simple inspección el giro del rodillo para que no pueda tener ningún rozamiento con la cámara de aglutinado, habiendo de ser de acero inoxidable para un mayor aglutinado y una máxima durabilidad.

Habiendo obtenido datos de peletizadoras ya construidas como las de matriz plana y anular, se tomó en cuenta la fabricación de pellets que estas producen, por lo cual tienden a tener un producción menor a la peletizadora de rodillos giratorios, la cual tiene la ventaja de producción de un 50% más de pellets debido a que contiene en sus matriz una mayoría de agujeros de formación de pellets, de esta manera se procedió a realizar algunas pruebas de funcionamiento y fabricación. Según los resultados obtenidos se demostró un excelente trabajo de la máquina con una potencia de 5 HP, junto con todos sus componentes al igual que un estado de corte y obtención de pellets adecuado al consumo del ganado vacuno.



“Diseño y construcción de una máquina peletizadora de alimentos balanceados para ganado vacuno.”

j. CONCLUSIONES

La tesis se desarrolló acerca del diseño y construcción de una máquina peletizadora de alimentos balanceados para ganado vacuno, la cual se verificó en función de las conclusiones descritas a continuación:

- Después de haber obtenido información sobre las máquinas peletizadora y sistematizar dentro del marco teórico, se pudo apreciar que una máquina con rodillos giratorios tiende hacer más efectiva en la producción de alimentos balanceados en forma de pellets.
- Se ha demostrado que con el método de complejidad concurrente la operación de la máquina nos conduce a garantizar un excelente servicio logrando amplios márgenes de confiabilidad de los sistemas de funcionamiento. Teniendo que afirmar que los equipos responsables en el trabajo de extrusión tienen que ser bien dimensionados y seleccionados para garantizar la operatividad de la máquina.
- La utilización de las piezas de una peletizadora tienen que ser fabricadas para el montaje y funcionamiento de la máquina que tiende hacer de un material de acero resistente a las fricciones que puedan ser sometidas.
- Mediante la construcción de la máquina se logró dar ventaja al usuario final, la producción de los pellet se logró el espacio físico para su almacenamiento cuando este en forma de materia prima, así mismo se conserva mejor capacidad de almacenamiento del alimento, además mejor prestabilidad para el transporte, y una excelente durabilidad
- En el margen de las pruebas de producción de alimento balanceado, se logró tener una cantidad de 115,54 kg (254,188 lb) de pellets, de 3 – 5 cm de longitud, en un tiempo de 60 minutos, estableciendo un régimen de funcionamiento de la máquina apropiada para las necesidades de una granja de animales de ganado vacuno.



“Diseño y construcción de una máquina peletizadora de alimentos balanceados para ganado vacuno.”

k. RECOMENDACIONES

- Tener en cuenta que se puede cambiar el tipo de matriz y rodillos para así producir un pellets de mayor diámetro y longitud, ya que las instalaciones de la máquina construida permiten estas variaciones.
- El conocimiento que se obtuvo respecto a la fabricación de piezas de peletizadoras, permitirá realizar un mejor planeamiento en futuras elaboraciones de máquinas peletizadoras con rodillos giratorios y matrices fijas para la producción de pellets.
- Se analice una propuesta orientada a estudios preventivos que permitan efectuar pruebas de campo en el área de limpieza, debido a las aglomeraciones de residuos que puedan existir dentro de la máquina peletizadora y así obtener estados normales de funcionamiento y una calidad de pellets bueno.
- Para conseguir la producción, es necesario tener la materia prima mezclada con los productos necesarios con un 25 % de Fluido (aceite de oliva o melaza), para la extrusión y formación del pellets, si la mezcla no está debidamente preparada no se obtendrá la producción planteada, incurriendo en pérdidas en cuanto a la mala formación del pellet.



“Diseño y construcción de una máquina peletizadora de alimentos balanceados para ganado vacuno.”

I. BIBLIOGRAFÍA

I.1. LIBROS:

- ✚ **MATAIX.1986.** Mecánica de Fluidos, Madrid-España, 1986:
- ✚ **SCHAUM, SERIE DE COMPENDIOS. 1995.** Diseño de máquinas. México : McGRAW-HILL, 1995.
- ✚ **HALL, ALLEN S.; HOLOWENKO, ALFRED R.; LAUGHLIN, HERMAN G. 2000.** Diseño de máquinas. 2000.

I.2. LIBROS ELECTRÓNICOS:

- ✚ **HAMROCK, BERNARD; JACOBSON, BO; SCHMID, STEVEN. 2000.** Elementos de máquinas. México, 2000.

I.3. TESIS ELECTRÓNICAS Y PAGINAS WED

(s.f.).

50-soffroad.net. (s.f.).

AGUÍNSACA, D. O. (2008). *Diseño y construcción de una máquina dosificadora automática de encimas para balanceado de camarón para la empresa Empagran S.A.* (Escuela Politécnica del Ejercito), de <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/3841/1/T-ESPEL-0499.pdf>

BARCIA, V. K. (1989). *Diseño y construcción de prototipo para sistema de recirculación de granellas para máquina limpiadora de metales.* (Escuela Superior Politécnica del Litoral), de http://www.cib.espol.edu.ec/Digipath/D_Tesis_PDF/D-9595.pdf

BOHLER. (s.f.). *Manual de aceros especiales.*

Carreño, J. (s.f.).

CORREA DE TRANSMISIÓN. (s.f.). Obtenido de .ORG. CORREA DE TRANSMISIÓN:
https://es.wikipedia.org/wiki/Correa_de_transmisi%C3%B3n

CRUZ, J., & A, D. (1990). *Avances en la ingeniería agrícola.* (FAO), de http://books.google.com.ec/books?id=4xPM3w9SlxkC&pg=PA3&dq=el+maiz+propiedades+fisicas&hl=es&sa=X&ei=RDWJUc_HLKS30gH54YHYBA&ved=0CFgQ6AEwCTgU#v=onepage&q=el%20maiz%20propiedades%20fisicas&f=false



“Diseño y construcción de una máquina peletizadora de alimentos balanceados para ganado vacuno.”

- D..PHD..PAS, E. B. (26 de MARZO de 2001). *DISEÑO DE ALIEMNTOS BALANCEADOS*.
- DEPARTAMENTO DE AGRICULTURA, F. (2001). *El maíz en los trópicos*. (Departamento de agricultura), de www.fao.org/DOCREP/003/X7650S/x7650s07.htm
- DISCONTINUOS. (s.f.).
- DISENO DE MAQUINAS. (s.f.).
- DISFRUTA LAS MATEMÁTICAS SECCIÓN TRANSVERSAL*. (s.f.), de <http://www.disfrutalasmaticas.com/definiciones/seccion-transversal.html>
- ECURED. (s.f.). *ECU-RED.CU*. Obtenido de ECU-RED.CU.
- EDUCACIÓN, C. (s.f.). *TARINGA.NET*. Obtenido de TARINGA.NET.
electricidad-gratuita .com. (s.f.).
- ENERGY, G. (s.f.). *PELETIZADORA DE PEQUEÑOS RODILLOS GIRATORIOS*. Obtenido de PELETIZADORA DE PEQUEÑOS RODILLOS GIRATORIOS:
<http://www.peletizadoras.com/Fabricas-de-Pellet-a-pequena-Escala.html>
- EPET, E. P. (marzo de 2005). *Diseño y selección de correas*. Recuperado el 18 de junio de 2012 , de <http://es.scribd.com/doc/11863511/Diseno-y-Seleccion-Del-Mando-a-Correas-en-V>
- ESAB. (1995). *Diseño de máquinas*. México: MCGRAW-HILL.
- ESFUERZOS COMBINADOS*. SCRIBD. (s.f.). Obtenido de <https://es.scribd.com/doc/106426492/3/ESFUERZOS-COMBINADOS>
- ESTRELLA, F. J., & FONSECA, C. B. (05 de febrero de 2009). *Repotenciación, Construcción, Montaje y Pruebas de una Planta de Balanceado de la comunidad Valle del Anzú Provincia de Pastaza*. (Escuela Superior Politécnica de Chimborazo de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/256/1/15T00413.pdf>
- FAO, O. F. (1982). *Densidad de algunos alimentos*, de <http://es.scribd.com/doc/138246285/Densidad-de-los-Ingredientes-doc>
- FISICA*. (s.f.), de FISICA: <http://proyecto-de-fisica.blogspot.com/2011/07/peso-especifico.html>
- FISICANET*. (s.f.), de FISICANET:
http://www.fisicanet.com.ar/fisica/electrodinamica/ap02_potencia_electrica.php
- FISICANET*. (s.f.). *FISICANET*. de FISICANET:
http://www.fisicanet.com.ar/fisica/estatica_fluidos/ap05_densidad.php
- GESTIÓN EMPRESARIAL, CONVENIENCIA DE LOS CIRCUITOS DE MANDO*. (s.f.). Obtenido de <http://www.caballano.com/automa.htm>



“Diseño y construcción de una máquina peletizadora de alimentos balanceados para ganado vacuno.”

-
- GONZALEZ, G., & GARCIA, A. O. (2006). *Eementos de máquinas, correas y poleas*. Recuperado, de http://www.pellegrinioscarv.com.ar/documentacion/CORREAS_CLASE_2.pdf
- GUSMEROLI, D. (2009). *Máquinas y equipos industriales*, de <http://es.scribd.com/doc/24729435/Maquinas-de-Elevacion-y-Transporte>
- GUTIÉRREZ, M. P. (1980). *Resistencia de materiales*. Moscu: MIR.
- HALL, A. S., HOLOWENKO, A. R., & LAUGHLIN, H. G. (s.f.). *DISEÑO DEMAQUINAS*.
- IICA, P. (octubre de 1995). *Experiencias en el cultivo del maíz en el área andina*.
- INGEMECANICA. (s.f.). Obtenido de Correas de transmisión cálculo y diseño: <http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn121.html>
- INSTITUTO GEOGRÁFICO, M. (2008). *Provincia de Loja*. Obtenido de <http://www.msotomayorb.com/mapaloja.html>
- Jaramillo, D. M. (2010). *Diseño y construcción de un prototipo didáctico de una Turbo Bomba para el aprovechamiento hidraulico*. Loja, Loja, Ecuador.
- JERRY D. WILSON, A. J. (2003). *Física*. México: Pearson Educación.
- JOSÉ. (29 de octubre de 2008). *Aplicaciones eléctricas*, de <http://blogelectica.blogspot.com/2008/10/interruptor-selector.html>
- MÁQUINAS Y EQUIPOS. (s.f.), de VELOCIDAD PEREFERICA: <http://maquinariasyequiposindustriales.blogspot.com/2014/01/velocidad-periferica.html>
- MARIN EMILIO, M. D. (noviembre de 2007). *Diseño de una desgranadora e maíz*. (Mario Barajas) de <http://es.scribd.com/doc/2448359/Diseno-de-una-desgranadora-de-maiz>
- Mataix, C. (1986). *Mecánica de Fluidos y Máquinas Hidraulicas*. Madrid: Ediciones del Castillo S. A.
- MONOGRAFIAS.COM. (s.f.).
- MOTT, R. L. (2006). *Diseño de elementos de máquinas*. México: Pearson Educación.
- MOTT, R. L. (2006). *Diseño de elementos de máquinas*. México: Pearson Educación.
- MOVIMIENTO CIRCULAR. (s.f.), de WIKIPEDIA: http://es.wikipedia.org/wiki/Movimiento_circular
- NICOLA, H. A. (enero de 2009). *Implementación de un sistema de pesaje para trigo en un proceso de producción de harina en la empresa molino electro moderno s.a.* (Escuela



“Diseño y construcción de una máquina peletizadora de alimentos balanceados para ganado vacuno.”

- Politécnica Nacional), de <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/1122/1/CD-1965.pdf>
- NTN, R. (s.f.). Rodamientos.
- OSPINA, M. J. (1985). *Características Físico Mecánicas Y Analisis de calidad de granos*. (Universidad Nacional de Colombia), de http://books.google.com.ec/books?id=2DWMqb6xP3wC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false
- PAZ, C. (2012). *Instrumentos de laboratorio.*, de <http://www.instrumentosdelaboratorio.net/2012/05/balanza-de-laboratorio.html>
- PEDRO, G. M. (1980). *Resistencia de materiales*. Moscú: MIR.
- PROCIANDINO. (octubre de 1995). *Experiencias en el cultivo del maíz en el área andina.*, de <http://books.google.com.ec/books?id=OZlgAQAAIAAJ&pg=PA13&dq=propiedades+fisicas+y+quimicas+del+maiz&hl=es&sa=X&ei=qRuJUZZBKT0gGZoYcGaq&ved=0CDIQ6AEwAQ#v=onepage&q=propiedades%20fisicas%20y%20quimicas%20del%20maiz&f=false>
- RODRIGUEZ, J. L. (2004). *Elementos de Maquinas*. Universidad de Oviedo.
- SANCHEZ, E. B. (s.f.). *saber.ucv.ve/xmlui/bitstream/1234pdf*. Obtenido de saber.ucv.ve/xmlui/bitstream/1234pdf: <http://saber.ucv.ve/xmlui/bitstream/123456789/2548/1/CD%20Tesis%20I2002%20B641.pdf>
- SHUBIN, V., & PEDRE, C. (2008). *Diseño de maquinaria industrial*. (Universidad Politécnica Salesiana), de <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/795/3/CAPITULO%20II.pdf>
- SIEMENS, A. 2.-2. (s.f.). *Manual*. edición 06.
- SMITH (1976), H. (. (s.f.). En H. (. SMITH (1976).
- SOLDADURA A RODILLOS. (s.f.). Obtenido de http://www.ecured.cu/index.php/Soldadura_a_rodillo
- SPOTTS, M. F. (1977). *Proyecto de elementos de maquinas. (2aed)*. México: Reverte.
- SUQUILANDA VALDIVIESO, M. B. (1984). *Producción orgánica de cultivos andinos*. (FAO) http://www.mountainpartnership.org/fileadmin/user_upload/mountain_partnership/docs/1_produccion_organica_de_cultivos_andinos.pdf
- TECNOLOGIA, M. D. (s.f.). *GUIA TECNICA*.



“Diseño y construcción de una máquina peletizadora de alimentos balanceados para ganado vacuno.”

Torque o momento de una fuerza. (s.f.).

http://www.profesorenlinea.cl/fisica/Fuerzas_Torque_momento.html

TRANSMISIÓN, R. D. (s.f.). *AULA FÁCIL RELACION DE TRANSMISIÓN.*,

<http://www.aulafacil.com/cursos/l10196/ciencia/fisica/dinamica-iii/relacion-de-transmision>

UNIVERSIDAD DE MADRID, C. I. (2009). *Diseño mecánico.* de http://ocw.uc3m.es/ingenieria-mecanica/disenio-mecanico-1/material_clase/ocw_correas2

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA, C. (2006). *Generalidades del maíz.*

<http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/818/3/CAPITULO1.pdf>

Universidad, P. S.-C. (s.f.). *Desgranadora para espigas individuales de maíz.* Obtenido de

<http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/818/3/CAPITULO1.pdf>

VELOCIDAD LINEAL Y ANGULAR. (s.f.). *L Y ANGULAR:*

http://recursostic.educacion.es/secundaria/edad/4esofisicaquimica/4quincena2/4q2_contenidos_2a.htm



“Diseño y construcción de una máquina peletizadora de alimentos balanceados para ganado vacuno.”

o. ANEXOS



“Diseño y construcción de una máquina peletizadora de alimentos balanceados para ganado vacuno.”

ANEXO I

✚ Proceso de construcción.



Fig. 41. Árbol de rodillos.



Fig. 42. Barra hueca



“Diseño y construcción de una máquina peletizadora de alimentos balanceados para ganado vacuno.”



Fig. 43. Rodillos.



Fig. 44. Eje de transmisión.



“Diseño y construcción de una máquina peletizadora de alimentos balanceados para ganado vacuno.”



Fig. 45. Matriz superior e inferior.

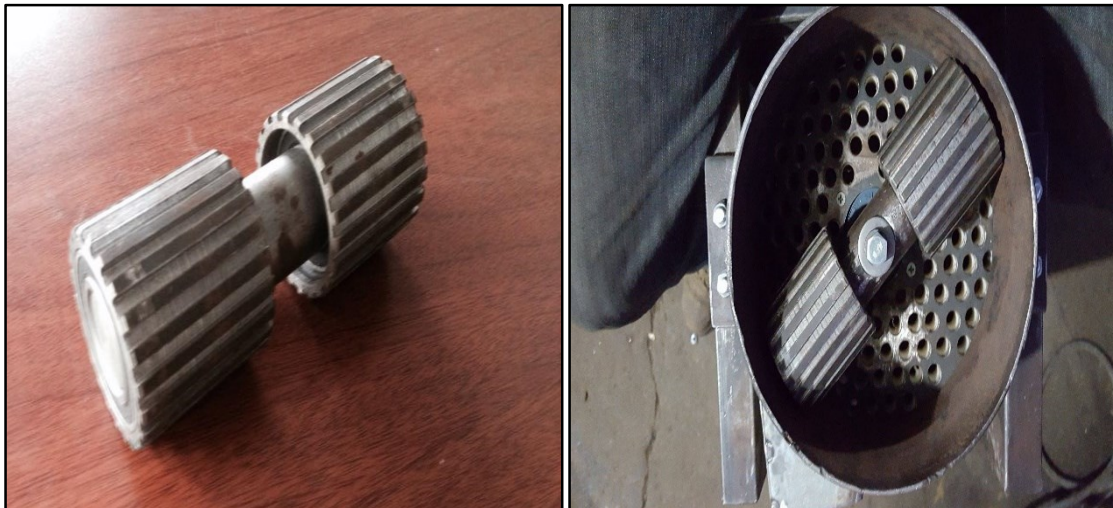


Fig. 46. Rodillo de aglutamiento.



Fig. 47. Cilindro de aglutamiento.



Fig. 48. Cámara de aglutamiento.



Fig. 49. Tolva principal

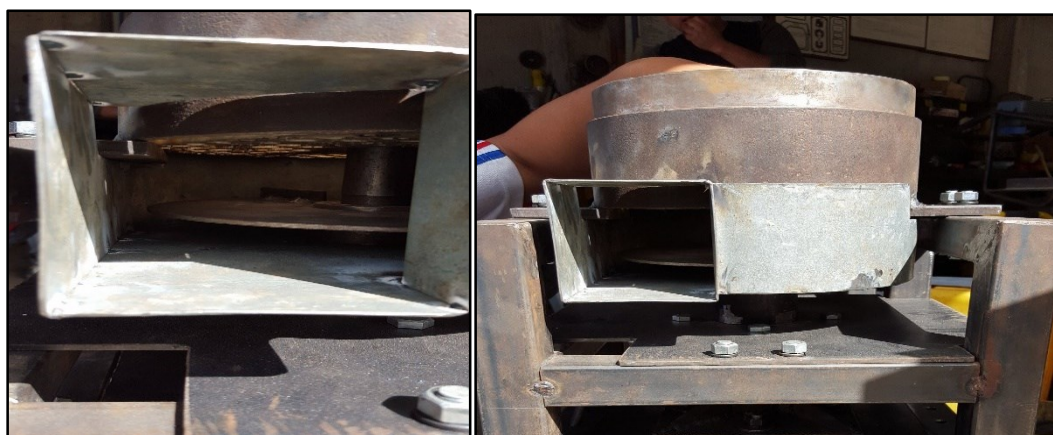


Fig. 50. Difusor y sistema de corte.



“Diseño y construcción de una máquina peletizadora de alimentos balanceados para ganado vacuno.”



Fig. 51. Árbol de transmisión



Fig. 52. Pruebas



“Diseño y construcción de una máquina peletizadora de alimentos balanceados para ganado vacuno.”

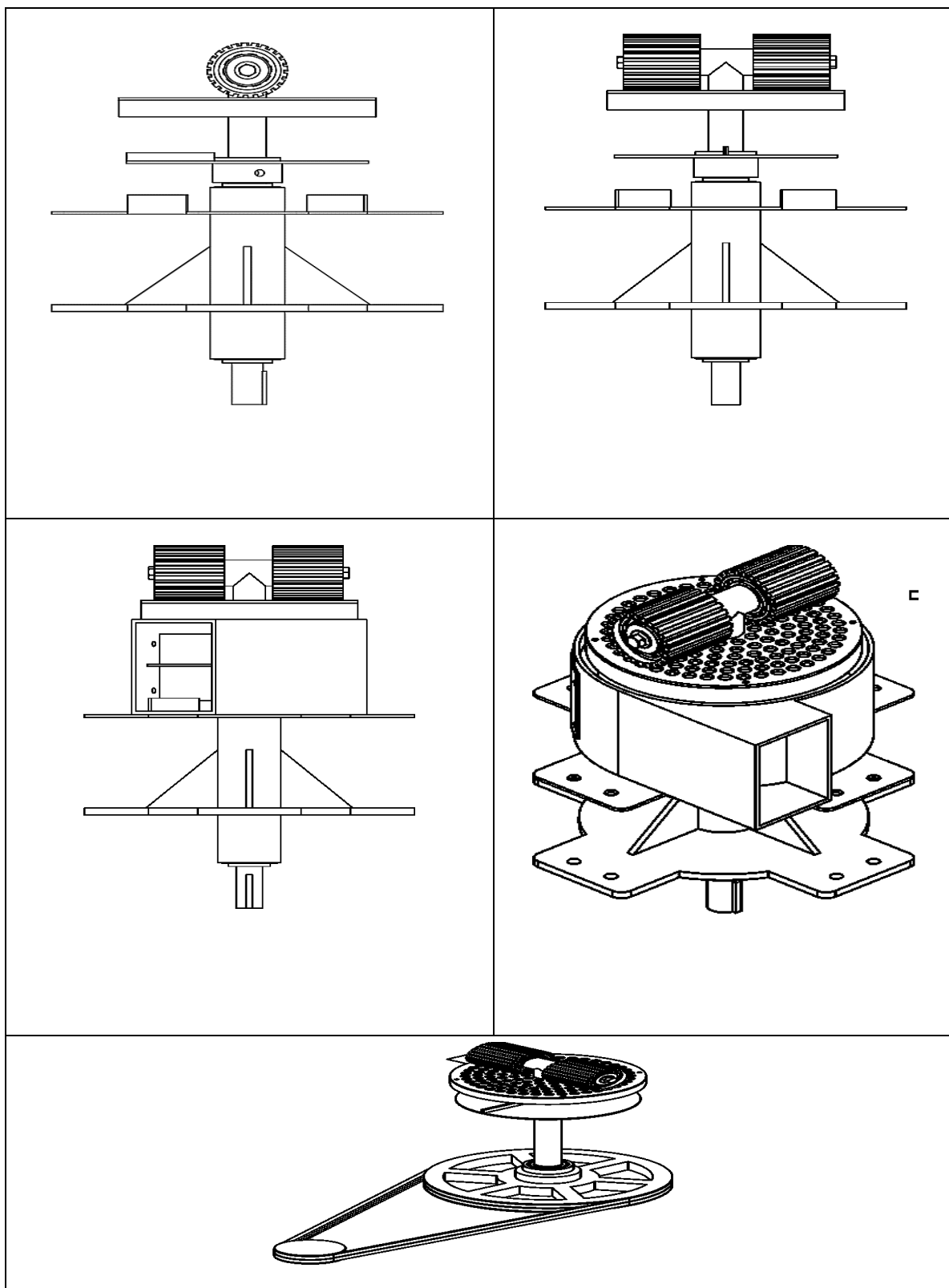


Fig. 53. Esquemas conjunto de máquina peletizadora



“Diseño y construcción de una máquina peletizadora de alimentos balanceados para ganado vacuno.”

ANEXO II

❖ PARÁMETROS PARA EL CÁLCULO Y DISEÑO DEL SISTEMA DE PELETIZACIÓN

Tabla 12. Constantes y ecuaciones fundamentales.

Descripción	Ecuación
Área o Superficie (m²)	$A = \pi * r^2$
Volumen (m³)	$V = l * h * e$
Perímetro (m)	$P = \pi * d$
Coefficiente de fricción	$cf = 0,05$
Densidad del acero galvanizado	$\delta = 7860 \frac{Kg}{m^3}$
Sección transversal de un eje hueco	$A_{cal} = \frac{\pi * d_o^2}{4} - \frac{\pi * d_i^2}{4}$
Capacidad de carga dinámica	$C = (\sqrt[3]{N_R})(F)$
Inversión anual	$C_i = A * B$

Fuente: El Autor

ANEXO III

TABLAS.

Tabla 13. Coeficiente de rozamiento

MATERIAL	Temp. max, °F	f	P _{max} , psi
Metal sobre metal	600	0,25	200
Madera sobre metal	150	0,25	70
Cuero sobre metal	150	0,35	25
Asbesto sobre metal, en aceite	500	0,4	50
Metal sinterizado sobre el hierro fundido, en aceite	500	0,15	400

Fuente: (DISEÑO DE MAQUINAS)



“Diseño y construcción de una máquina peletizadora de alimentos balanceados para ganado vacuno.”

Tabla 14. Medidas de stock de bohler

ACERO	GEOMETRIA	DIMENSIONES (mm)	PESO/METRO (Kg)
E 920	redondo	6.40	0.25
E 920	redondo	7.90	0.39
E 920	redondo	9.50	0.56
E 920	redondo	12.70	1.00
E 920	redondo	15.90	1.57
E 920	redondo	22.20	3.06
E 920	redondo	28.60	5.08
E 920	redondo	31.80	6.27
E 920	redondo	34.90	7.56
E 920	redondo	38.10	9.01
E 920	redondo	41.30	10.58
E 920	redondo	44.50	12.29
E 920	redondo	50.80	16.01
E 920	redondo	57.20	20.30

(BOHLER, s.f.)

Tabla 15. Soldadura catálogo ESAB

Diámetro (mm)	Diámetro (pulg)	Longitud (mm)	Intensidad (amp)	Peso Paq. (kg)
2,50	3/32	350	50-80	10
3,25	1/8	350	75-120	10
4,00	5/32	350	110-160	10
5,00	3/16	350	140-200	10

FUENTE: (ESAB, 1995)



“Diseño y construcción de una máquina peletizadora de alimentos balanceados para ganado vacuno.”

Tabla 16. Rodamientos.

part number	Boundary dimensions								Basic load ratings				Limiting speed	
	mm								dynamic	static	dynamic	static	min ⁻¹	
	d	D	T	B	C	r _s min ^⓪	r _{is} min ^⓪	r _{2s} min ^⓪	C _r	C _{0r}	C _r	C _{0r}	grease lubrication	oil lubrication
4T-32004X	20	42	15	15	12	0.6	0.6	0.15	24.9	27.9	2 540	2 840	9 500	13 000
4T-32005X	25	47	15	15	11.5	0.6	0.6	0.15	27.8	33.5	2 830	3 450	7 900	11 000
4T-32006X	30	55	17	17	13	1	1	0.3	37.5	48.0	3 800	4 700	6 900	9 200
4T-32007X	35	62	18	18	14	1	1	0.3	41.5	52.5	4 250	5 350	6 100	8 100
4T-32008X	40	68	19	19	14.5	1	1	0.3	50.0	65.5	5 100	6 650	5 300	7 100
4T-32009X	45	75	20	20	15.5	1	1	0.3	57.5	76.5	5 850	7 800	4 800	6 400
32910XU	50	72	15	15	12	0.6	0.6	0.15	35.5	57.0	3 650	5 800	4 700	6 300
4T-32010X	50	80	20	20	15.5	1	1	0.3	62.5	88.0	6 400	9 000	4 400	5 800
32911XU	55	80	17	17	14	1	1	0.3	44.5	73.5	4 550	7 500	4 300	5 700
4T-32011X	55	80	23	23	17.5	1.5	1.5	0.6	80.5	118	8 200	12 000	4 000	5 400
32912XA	60	85	17	17	14	1	1	0.3	51.0	83.0	5 200	8 450	4 000	5 300
4T-32012X	60	95	23	23	17.5	1.5	1.5	0.6	82.0	123	8 350	12 500	3 700	4 900
32913XU	65	90	17	17	14	1	1	0.3	48.5	85.0	4 900	8 700	3 700	4 900
4T-32013X	65	100	23	23	17.5	1.5	1.5	0.6	83.0	128	8 450	13 000	3 400	4 600
32914XU	70	100	20	20	16	1	1	0.3	68.5	110	7 000	11 200	3 400	4 600
4T-32014X	70	110	25	25	19	1.5	1.5	0.6	105	160	10 700	16 400	3 200	4 200
32915XU	75	105	20	20	16	1	1	0.3	69.5	114	7 100	11 600	3 200	4 300
32015XU	75	115	25	25	19	1.5	1.5	0.6	106	167	10 800	17 000	3 000	4 000
32916XU	80	110	20	20	16	1	1	0.3	72.0	121	7 350	12 400	3 000	4 000
32016XU	80	125	29	29	22	1.5	1.5	0.6	139	216	14 200	22 000	2 800	3 700
32917XU	85	120	23	23	18	1.5	1.5	0.6	94.0	157	9 600	16 100	2 800	3 800
32017XU	85	130	29	29	22	1.5	1.5	0.6	142	224	14 400	22 900	2 600	3 500
32918XU	90	125	23	23	18	1.5	1.5	0.6	97.5	168	9 950	17 100	2 700	3 600
32018XU	90	140	32	32	24	2	1.5	0.6	168	270	17 200	27 600	2 500	3 300
32919XU	95	130	23	23	18	1.5	1.5	0.6	101	178	10 300	18 200	2 500	3 400
32019XU	95	145	32	32	24	2	1.5	0.6	171	280	17 500	28 600	2 300	3 100

⓪ Minimum allowable value for chamfer dimension r_s, r_i or r_{2s}.

FUENTE: (NTN)

Tabla 17. Medidas en stock

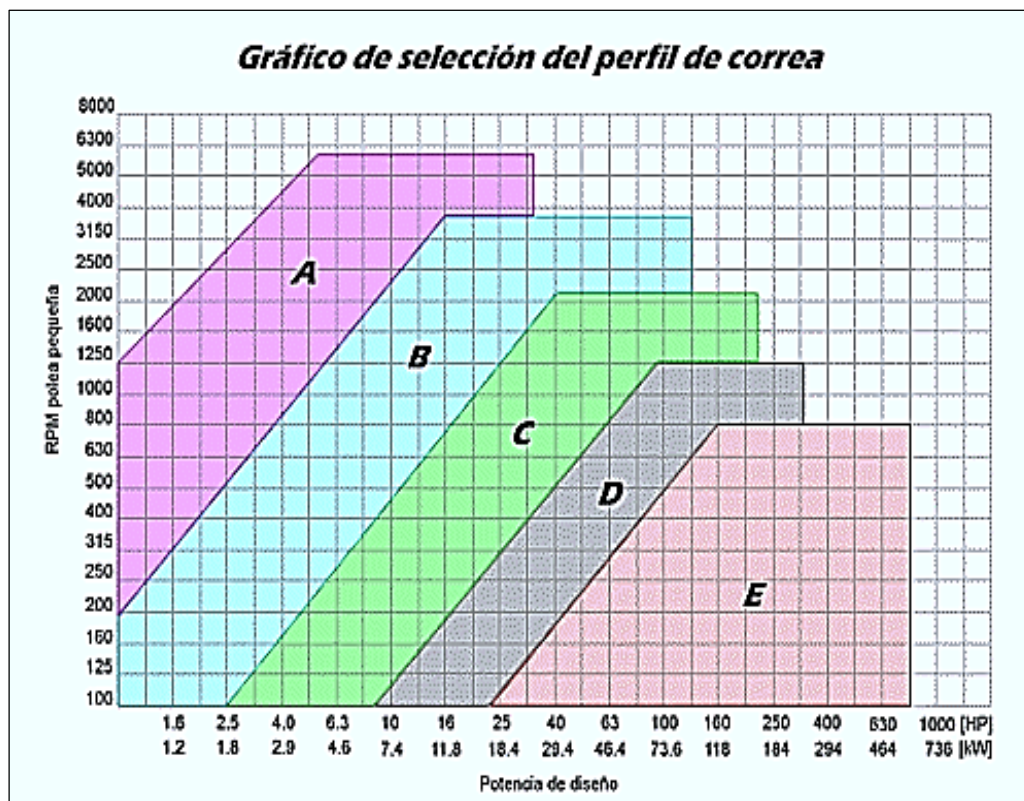
Acero	Geometría	Dimensiones (mm)
AISI 1018 BARRA HUECA	INTERIOR	25,4
	EXTERIOR	57,15

FUENTE: (Bohler aceros del Ecuador s.a)



“Diseño y construcción de una máquina peletizadora de alimentos balanceados para ganado vacuno.”

Tabla 18. Selección de correas.



FUENTE: (EPET, 2005)

Tabla 19. Coeficiente de tracción óptimo y sobrecarga

Tipo de correa	Material	φ_0	$\frac{\varphi_{max}}{\varphi_0}$
Plana	Cuero	0.6	1.35 - 1.5
	Caucho	0.6	1.15 - 1.3
	Algodón	0.4	1.25 - 1.4
	Lino	0.4	
	Lona	0.4	1.35
	Poliamína	0.45	
Trapezial	Común	0.7 - 0.9	1.5

FUENTE: (UNIVERSIDAD DE MADRID, 2009)



“Diseño y construcción de una máquina peletizadora de alimentos balanceados para ganado vacuno.”

Tabla 20. *Potencia unitaria NC. Perfil B*

Frecuencia de rotación en la polea rápida n_1 (rpm)	Diámetro de la polea menor d_1 (mm)				
	70	100	125	150	190
200	0.16	0.67	0.90	1.44	2.54
950	0.53	1.12	1.59	2.05	2.75
1200	0.63	1.35	1.92	2.47	3.30
1400	0.69	1.51	2.16	2.78	3.70
1800	0.81	1.82	2.60	3.33	4.38

FUENTE: (GONZALEZ & GARCIA, 2006)

Tabla 21. *Potencia adicional NAD. Perfil B*

Frecuencia rotación en la pc n_1 (rpm)	Razón de transmisión “i”			
	1.01.....1.05	1.06.....1.26	1.27.....1.57	Mayor que 1,57
200	0.00	0.02	0.02	0.03
950	0.01	0.08	0.10	0.13
1200	0.02	0.09	0.13	0.17
1400	0.02	0.11	0.15	0.19
1800	0.03	0.14	0.19	0.25

FUENTE: (GONZALEZ & GARCIA, 2006)



“Diseño y construcción de una máquina peletizadora de alimentos balanceados para ganado vacuno.”

p. PLANOS