



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA

INGENIERÍA MECÁNICA

Proyecto de Investigación
previo a la obtención del
título de Ingeniero Mecánico.

Título del Proyecto de Investigación:

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA DESGRANADORA DE FRUTO DE BALSA
PARA EL DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO DE LA
EMPRESA PLANTABAL S.A.**

AUTOR:

CARLOS FERNANDO CASTRO VALDIVIEZO

DIRECTOR DE PROYECTO:

ING. RODOLFO NAJARRO QUINTERO, MSc.

QUEVEDO – ECUADOR

2016

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS.

Yo, **Carlos Fernando Castro Valdiviezo**, declaro libremente que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Universidad Técnica Estatal de Quevedo, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

Carlos Fernando Castro Valdiviezo
C.I. 120756867-4

CERTIFICACIÓN.

El suscrito, Ing. Rodolfo Najarro Quintero, MSc; Docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, certifica que el egresado Sr. Carlos Fernando Castro Valdiviezo, realizó el proyecto de investigación titulado: **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA DESGRANADORA DE FRUTO DE Balsa PARA EL DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO DE LA EMPRESA PLANTABAL S.A.”**, previo a la obtención del título de Ingeniero Mecánico; bajo mi dirección, habiendo cumplido con las disposiciones reglamentarias establecidas para el efecto.

Ing. Rodolfo Najarro Quintero, MSc.

Director de Proyecto

Certificado del reporte de la herramienta de precaución de coincidencia y/o plagio académico.

Sr.

Ing. Jorge Murillo Oviedo, MSc.

DECANO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA DE LA UTEQ.

En su despacho.

De mi consideración.

Por medio de la presente me permito certificar, que el Sr. Carlos Fernando Castro Valdiviezo, estudiante de la Carrera de Ingeniería Mecánica presencial del paralelo A, una vez que se revisó la tesis de grado titulada “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA DESGRANADORA DE FRUTO DE Balsa PARA EL DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO DE LA EMPRESA PLANTABAL S.A.”, tengo a bien informar que se realizó la revisión respectiva por medio del sistema Urkund, con un porcentaje favorable del 0%, cumpliendo con el reglamento de Graduación de Estudiantes de Pregrado y la Normativa establecida por la Universidad.

Por la aprobación que se sirva dar a la presente, quedo ante usted muy agradecido.

Atentamente.

Ing. Rodolfo Najarro Quintero, MSc.

DIRECTOR DEL PROYECTO



Se adjuntan imágenes del sistema Urkund.



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

Yo, **TEDDY DE LA CRUZ VALDIVIEZO** con CC N° **0910481522**, Docente de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, certifico que he revisado el proyecto de investigación del egresado **CASTRO VALDIVIEZO CARLOS FERNANDO**, N°, de cédula **120756867-4**, previo a la obtención del título de Ingeniero Mecánico, titulado “**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA DESGRANADORA DE FRUTO DE Balsa para el Departamento de Investigación y Desarrollo de la Empresa PLANTABAL S.A.**”, habiendo cumplido con la redacción y corrección ortográfica.

Socióloga. Teddy de la Cruz Valdiviezo

DOCENTE FCI



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN:

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA DESGRANADORA DE FRUTO DE
BALSA PARA EL DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO
DE LA EMPRESA PLANTABAL S.A.”**

Presentado a la Comisión Académica como requisito previo a la obtención del título de Ingeniero Mecánico.

Aprobado por:

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL DE PROYECTO

Ing. Luis Enrique Mera Chinga, MSc.

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Ing. Néstor Javier Córdor Velásquez, MSc.

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Ing. Jorge Luis Guadalupe Almeida, MSc.

**QUEVEDO – LOS RÍOS – ECUADOR
2016**

AGRADECIMIENTOS.

En este presente trabajo agradezco a mis padres por brindarme su apoyo y ayudarme a lograr este objetivo de superación personal y ser orgullo de ellos y de toda la familia.

Al Ing. Rodolfo Najarro, MSc., por darme la oportunidad de recurrir a su experiencia, amistad y conocimiento como director de proyecto durante el desarrollo de este.

Al ingeniero Marcelino Guachambala y el departamento de investigación y desarrollo de la empresa PLANTABAL S.A., quienes me abrieron las puertas para poder realizar esta investigación.

De igual manera quiero agradecer al apoyo de mis amigos y compañeros de trabajo los ingenieros Cecilia Valencia, Marcelo Quintana y Johnny Guzmán por brindarme su sincera amistad y ayuda profesional durante este proceso.

Y a la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Facultad de Ciencias de la Ingeniería, Carrera de Ingeniería Mecánica y dentro de ella a todos los docentes que estuvieron presentes durante mi formación como profesional, quienes siempre estuvieron dispuestos a compartir sus conocimientos y valores conmigo y mis compañeros de curso.

Gracias a todos puedo decir hoy que he culminado exitosamente esta etapa de mi vida.

DEDICATORIA.

Este trabajo está dedicado de manera especial a mis padres, Carlos Castro y Soraya Valdiviezo, por sus valiosos consejos, apoyo y paciencia incondicional, puedo decir con orgullo que hoy soy lo que soy gracias a ellos.

A mi novia Sandra Cevallos, por ser mi compañera incondicional en cada jornada, siempre apoyando y motivándome a luchar para alcanzar mis metas.

A mi hermana Darla Castro en señal de motivación para que también luche y alcance sus metas propuestas.

v. RESUMEN EJECUTIVO.

El presente proyecto investigativo consiste en el diseño y construcción de una máquina desgranadora de fruto de balsa para el departamento de investigación y desarrollo de la empresa PLANTABAL S.A., con el fin de mejorar el proceso de desgrane y obtención de semillas mejoradas, además de disminuir costos de producción, reducir tiempos de proceso y mejorar el aprovechamiento del producto.

Para lograr un proceso óptimo sin generar daño y/o pérdidas en las semillas, se realizaron estudios de factibilidad de la máquina a fin de determinar los parámetros de diseño necesarios, los cuales fueron desarrollados usando el software SolidWorks, donde se realizaron análisis de elementos finitos para evaluar en condiciones reales el funcionamiento del equipo. Con los resultados del diseño se dimensionaron los componentes de la máquina, obteniendo de esta manera los planos de construcción.

Una vez finalizado el proceso de diseño se prosiguió con la construcción de la máquina, desarrollando de esta manera el prototipo para pruebas del cual se constató que el proceso realizado por esta es satisfactorio y eficiente, cumpliendo con las expectativas de diseño y de la empresa PLANTABAL S.A. El prototipo no presentó ningún fallo en su funcionamiento y se estableció como diseño final de la desgranadora, sujeta a la posibilidad de posibles estudios futuros que puedan sugerir alguna mejora.

Finalmente se tabularon los resultados de las pruebas de los cuales se especificaron las condiciones idóneas de procesamiento. También se realizó la entrega de un manual de mantenimiento para garantizar el correcto funcionamiento de la máquina durante su vida útil.

vi. Abstract.

The present research focused on the design and construction of a balsa fruit thresher machine for the PLANTABAL S.A. Research and Development Department. The purpose is to obtain better quality of seeds, to reduce costs and time of the process throughout the improving of the thresh process.

To achieve an optimum process without generating damage and losses of the seeds, studies of machine feasibility were done with the purpose to determine the parameters of design. These parameters were developed by using SolidWorks software, where were done finite elemental analyses to evaluate the real working conditions of the machine. With the results of the design were dimensioned the machine components to obtaining the construction plan.

Once finalized the design process, next step was the construction of the machine. A prototype was developed and several tests were performed to verify the efficient, satisfactory and proper functioning of the machine, which fulfilled the design expectations of the PLANTABAL S.A. enterprise. The prototype did not show up any malfunctioning and was established as final design, with possibility of future changes that could suggest improves.

Finally, were tabulated the results of the tests in which were specified the appropriated process conditions. Also was delivered a maintenance manual to warranty the proper functioning of the machine during its lifespan.

vii. Tabla de contenido.

| Pág. | |
|------|---|
| | PORTADA i |
| | DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS ii |
| | CERTIFICACIÓN..... iii |
| | CERTIFICADO DEL REPORTE DE LA HERRAMIENTA URKUND iv |
| | CERTIFICADO DE REDACCIONv |
| | CERTIFICADO DE MIEMBROS DEL TRIBUNAL vi |
| | AGRADECIMIENTOS..... vii |
| | DEDICATORIA viii |
| | RESUMEN EJECUTIVO ix |
| | ABSTRACTx |
| | TABLA DE CONTENIDO xii |
| | INDICE DE ANEXOSxv |
| | INDICE DE ECUACIONES xvi |
| | CÓDIGO DUBLIN xviii |
| | |
| | CAPITULO I. CONTEXTUALIZACION DE LA INVESTIGACIÓN. 1 |
| | 1.1. Introducción 2 |
| | 1.2. Problema de investigación.....4 |
| | 1.2.1. Planteamiento del Problema4 |
| | 1.2.2. Diagnóstico4 |
| | 1.3. Pronóstico5 |
| | 1.3.1. Formulación del problema.....5 |
| | 1.3.2. Sistematización del problema.....5 |
| | 1.4. Objetivos.....6 |
| | 1.4.1. Objetivo General.....6 |
| | 1.4.2. Objetivos Específicos6 |
| | 1.5. Justificación 7 |
| | |
| | CAPITULO II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN.....8 |
| | 2.1. Marco Conceptual9 |

| | |
|---|----|
| 2.1.1. Reseña de la Balsa | 9 |
| 2.1.2. Diseño Mecánico | 9 |
| 2.1.3. Trilladoras | 9 |
| 2.1.4. Selección de materiales | 9 |
| 2.1.5. Sistema de transmisión | 10 |
| 2.1.6. Seguridad Industrial | 10 |
| 2.2. Marco Teórico | 11 |
| 2.2.1. Balsa Ochroma Pyramidale | 11 |
| 2.2.2. Diseño mecánico | 12 |
| 2.2.4. Selección de materiales | 20 |
| 2.2.5. Sistema de transmisión de velocidad y potencia | 24 |
| 2.2.6. Seguridad industrial | 25 |
| 2.3. Marco legal | 28 |
| | |
| CAPITULO III. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN | 29 |
| 3.1. Localización | 30 |
| 3.1.1. Reseña de PLANTABAL S.A. | 30 |
| 3.2. Tipo de investigación | 31 |
| 3.2.1. Investigación exploratoria | 31 |
| 3.2.2. Investigación descriptiva | 31 |
| 3.2.3. Investigación de campo | 31 |
| 3.3. Métodos de investigación | 31 |
| 3.3.1. Método Analítico | 31 |
| 3.3.2. Método Inductivo | 32 |
| 3.3.3. Método Deductivo | 32 |
| 3.4. Fuentes de recopilación de información | 32 |
| 3.5. Diseño de la investigación | 32 |
| 3.5.1. Diseño experimental | 32 |
| 3.6. Instrumentos de investigación | 33 |
| 3.7. Recursos humanos y materiales | 33 |
| | |
| CAPITULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN | 35 |
| 4.1. Diseño y dimensionamiento de la desgranadora | 36 |
| 4.1.1. Determinación de la capacidad de la máquina | 36 |

| | | |
|---|--|----|
| 4.1.2. | Determinación de fuerza necesaria | 37 |
| 4.1.3. | Velocidad de avance y potencia de corte | 38 |
| 4.1.4. | Relación entre número de revoluciones vs número de cuchillas | 41 |
| 4.1.5. | Torque de corte requerido | 43 |
| 4.1.6. | Diseño del rotor de la recamara | 45 |
| 4.1.7. | Diseño del eje de transmisión | 45 |
| 4.1.8. | Cálculos de reacciones y momentos | 46 |
| 4.1.9. | Cálculo de esfuerzo en el eje | 47 |
| 4.1.10. | Diseño de placas desgranadoras | 51 |
| 4.1.11. | Selección de chumaceras | 56 |
| 4.1.12. | Diseño del estator de la recamara “Criba” | 59 |
| 4.1.13. | Diseño del Sistema de transmisión | 60 |
| 4.1.14. | Diseño de la estructura soporte | 66 |
| 4.1.15. | Diseño de la Tolva de alimentación | 71 |
| 4.1.16. | Pruebas de funcionamiento de la máquina | 73 |
| 4.2. | Estudio Económico | 77 |
| 4.2.1. | Costo Material | 77 |
| 4.2.2. | Costos de mano de obra | 78 |
| 4.2.3. | Costos totales | 78 |
| 4.2.4. | Depreciación | 78 |
| 4.2.5. | Determinación del beneficio de producción | 80 |
| 4.2.6. | Cálculo de TIR y VAN | 80 |
| 4.3. | Manual de mantenimiento | 81 |
| CAPITULO V. CONCLUSIONS Y RECOMENDACIONES | | 82 |
| 5.1. | Conclusiones | 83 |
| 5.2. | Recomendaciones | 84 |
| CAPITULO VI. BIBLIOGRAFÍA | | 85 |
| 6.1. | Bibliografía | 86 |
| 6.2. | Linkografía | 88 |
| CAPITULO VII. ANEXOS | | 90 |

ÍNDICE DE CUADROS

| | Pág. |
|---|------|
| Cuadro 01. Ejes de transmisión utilizados para bajas cargas | 22 |
| Cuadro 02. Código de colores | 27 |
| Cuadro 03. Art. Constitución del Ecuador | 28 |
| Cuadro 04. Art. Instrumento Andino de seguridad y salud en el trabajo | 28 |
| Cuadro 05. Art. Decreto Ejecutivo 2393 | 28 |
| Cuadro 06. Art. Normas técnicas INEN | 28 |
| Cuadro 07. Resultado de Pruebas | 76 |
| Cuadro 08. Costo material | 77 |
| Cuadro 09. Costo de mano de obra | 78 |
| Cuadro 10. Depreciación de la máquina | 79 |
| Cuadro 11. Flujo de efectivo | 80 |

ÍNDICE DE GRÁFICOS

| | Pág. |
|--|------|
| Gráfico 01. Proceso de un diseño mecánico | 13 |
| Gráfico 02. Cilindro de barras trilladoras | 17 |
| Gráfico 03. Cilindro de dientes rígidos | 17 |
| Gráfico 04. Criba fija o de barrote | 19 |
| Gráfico 05. Criba circular o trómmel | 19 |
| Gráfico 06. Cribas planas | 20 |
| Gráfico 07. Diagrama esfuerzo - deformación | 21 |
| Gráfico 08. Deformaciones por revolución y cargas | 23 |
| Gráfico 09. Transmisión Flexible por Bandas | 24 |
| Gráfico 10. Guarda en transmisión de potencia | 26 |
| Gráfico 11. Ubicación Empresa PLANTABAL, S.A. | 30 |
| Gráfico 12. Fuerza requerida para separar las vainas | 37 |
| Gráfico 13. Distribución de semillas en un fruto | 39 |
| Gráfico 14. Distribución de martillos | 41 |

| | |
|--|----|
| Gráfico 15. Cálculo de apoyos y reacciones | 46 |
| Gráfico 16. Diagrama de momentos en dientes rígidos | 53 |
| Gráfico 17. Criba o Estator | 59 |
| Gráfico 18. Estructura Principal | 66 |
| Gráfico 19. Unión rígida entre componentes | 67 |
| Gráfico 20. Sujeciones del diseño | 67 |
| Gráfico 21. Cargas radiales aplicadas | 68 |
| Gráfico 22. Peso aplicado a las bases | 68 |
| Gráfico 23. Peso que soportará la estructura | 69 |
| Gráfico 24. Cargas y sujeciones a estudiar | 69 |
| Gráfico 25. Mallado para análisis de elementos finitos | 70 |
| Gráfico 26. Resultado del análisis | 70 |
| Gráfico 27. Diseño final de la máquina | 73 |
| Gráfico 28. Máquina construida para pruebas | 74 |
| Gráfico 29. Pruebas en PLANTABAL S.A. | 74 |
| Gráfico 30. Frutos a procesar | 75 |
| Gráfico 31. Porcentaje de humedad presente en el fruto | 75 |

INDICE DE ANEXOS

| | |
|---|----|
| Anexo 01. Catálogo de motores WEG REMECO | 91 |
| Anexo 02. Propiedades Acero AISI SAE 1018 | 92 |
| Anexo 03. Área de placa desgranadora | 93 |
| Anexo 04. Propiedades Acero ASTM A36 | 94 |
| Anexo 05. Catálogo chumaceras NTN | 95 |
| Anexo 06. Catálogo de mallas industriales | 96 |
| Anexo 07. Constante de servicio para motores eléctricos | 97 |
| Anexo 08. Prestación Base de Correa | 98 |

| | |
|---|-----|
| Anexo 09. Corrección en función de la longitud de la correa | 99 |
| Anexo 10. Manual de uso y mantenimiento | 100 |
| Anexo 11. Prueba de funcionamiento. | 110 |
| Anexo 12. Planos Generales | 111 |

INDICE DE ECUACIONES

| | Pag. |
|--|------|
| Ecuación 01. Volumen de un cuerpo. | 36 |
| Ecuación 02. Volumen de un cilindro. | 36 |
| Ecuación 03. Relación volumen fruto/semilla. | 38 |
| Ecuación 04. Velocidad de avance. | 38 |
| Ecuación 05. Período / Tiempo de revolución. | 39 |
| Ecuación 06. Tiempo de avance por efecto de arrastre. | 39 |
| Ecuación 07. Relación período/tiempo de arrastre. | 40 |
| Ecuación 08. Torque de corte requerido. | 40 |
| Ecuación 09. Potencia de corte. | 41 |
| Ecuación 10. Torque de un motor. | 42 |
| Ecuación 11. Fuerza tangencial en la polea menor. | 42 |
| Ecuación 12. Esfuerzo de flexión. | 44 |
| Ecuación 13. Esfuerzo de torsión. | 44 |
| Ecuación 14. Esfuerzos Radiales. | 45 |
| Ecuación 15. Esfuerzos Axiales. | 45 |
| Ecuación 16. Límite de fatiga. | 46 |
| Ecuación 17. Coeficiente modificador de tamaño. | 46 |
| Ecuación 18. Límite de fatiga del material | 47 |
| Ecuación 19. Ecuación de Goodman. | 47 |
| Ecuación 20. Volumen total. | 48 |
| Ecuación 21. Peso de un material. | 49 |
| Ecuación 22. Carga distribuida | 49 |

| | |
|---|----|
| Ecuación 23. Esfuerzo de Corte. | 51 |
| Ecuación 24. Esfuerzo de Flexión. | 51 |
| Ecuación 25. Diámetro equivalente de una placa. | 52 |
| Ecuación 26. Esfuerzo estático en rodamientos | 53 |
| Ecuación 27. Carga estática en un rodamiento. | 53 |
| Ecuación 28. Coeficiente de fuerza requerido para un rodamiento. | 54 |
| Ecuación 29. Factor de velocidad de un rodamiento. | 55 |
| Ecuación 30. Factor dinámico de un rodamiento. | 55 |
| Ecuación 31. Relación de velocidad en Poleas. | 56 |
| Ecuación 32. Potencia corregida del motor. | 57 |
| Ecuación 33. Distancia entre centros de poleas. | 58 |
| Ecuación 34. Longitud primitiva de la banda. | 58 |
| Ecuación 35. Distancia entre centros corregida. | 59 |
| Ecuación 36. Angulo de contacto de polea mayor. | 59 |
| Ecuación 37. Angulo de contacto de polea menor. | 60 |
| Ecuación 38. Potencia transmisible por banda | 60 |
| Ecuación 39. Numero de bandas | 61 |
| Ecuación 40. Verificación de velocidad de transmisión. | 61 |
| Ecuación 41. Factor de seguridad. | 61 |
| Ecuación 42. Sumatoria de fuerzas en eje y. | 68 |
| Ecuación 43. Sumatoria de momentos en eje y | 69 |
| Ecuación 44. Ecuación de velocidad lineal. | 69 |
| Ecuación 45. Ecuación de posición. | 69 |
| Ecuación 46. Costos Totales. | 74 |
| Ecuación 47. Valor de salvamento de un bien | 74 |
| Ecuación 48. Ecuación de depreciación de un bien. | 75 |
| Ecuación 49. Valor actual neto. | 76 |
| Ecuación 50. Tasa interna de retorno. | 76 |

viii. CÓDIGO DUBLIN.

| | | | |
|-----------------------|---|-----------------|--------------------|
| Título: | Diseño y construcción de una desgranadora de fruto de balsa para el departamento de investigación y desarrollo de la empresa PLANTABAL S.A. | | |
| Autor: | <u>Castro Valdiviezo Carlos Fernando</u> | | |
| Palabras Claves: | Desgranadora | Fruto de Balsa. | Ochroma Pyramidale |
| Fecha de publicación: | 18-ago-16 | | |
| Editorial: | Quevedo: UTEQ, 2016. | | |
| Resumen: | <p>El presente proyecto investigativo consiste en el diseño y construcción de una máquina desgranadora de fruto de balsa para el departamento de investigación y desarrollo de la empresa PLANTABAL S.A., con el fin de mejorar el proceso de desgrane y obtención de semillas mejoradas llevado a cabo por la empresa, disminuir costos, tiempos de proceso y mejorar el aprovechamiento del producto reduciendo pérdidas en él. Para lograr un proceso óptimo sin generar daños en las semillas a obtener, ni pérdidas de producto durante el transcurso de este, se realizaron investigaciones y estudios con el objetivo de determinar los parámetros de diseño necesarios, los cuales fueron llevados al software SolidWorks en el que se realizaron análisis de elementos finitos para evaluar en condiciones reales el funcionamiento de cada elemento de la máquina. Una vez obtenidos los resultados del diseño se dimensionaron los componentes de la máquina, obteniendo de esta manera los planos de construcción. Una vez finalizado el proceso de diseño se prosiguió con la construcción de la máquina, consiguiendo de este manera el prototipo para pruebas del cual se pudo constatar que el proceso realizado por esta es satisfactorio, eficiente y cumple con las expectativas de diseño y de la empresa PLANTABAL S.A., ya que el prototipo no presentó ningún fallo en su funcionamiento</p> | | |

| | |
|---------------|--|
| | <p>se estableció como diseño final de la desgranadora, sujeta a la posibilidad de posibles estudios futuros que puedan sugerir alguna mejora. Finalmente se tabularon los resultados de las pruebas de los cuales se especificaron las condiciones idóneas de procesamiento del fruto. También se realizó la entrega de un manual de mantenimiento para garantizar el correcto funcionamiento de la maquina durante su vida útil. Abstract.- This research project involves the design and construction of a sheller machine fruit balsa for the department of research and development company PLANTABAL SA, in order to improve the process of husking and obtaining improved seeds carried out by the business, reduce costs, improve process times and the use of the product by reducing losses. For optimum process without causing damage to the seeds to obtain or product losses during the course of this, investigations and studies were conducted in order to determine the design parameters required, which were brought to the software SolidWorks in which FEA to evaluate in real conditions the operation of each element of the machine elements were made. After obtaining the results of the design components of the machine, thereby obtaining the construction plans were sized. Upon completion of the design process was continued with the construction of the machine, achieving in this way the prototype for tests which it was found that the process by this is satisfactory, efficient and meets the expectations of design and company PLANTABAL SA, as the prototype does not present any failure in performance was set as the final design of the sheller, subject to the possibility of possible future studies may suggest some improvement. Finally the test results of which suitable conditions fruit processing tabulated were specified. Delivering a maintenance manual was also performed to ensure proper operation of the machine during its lifetime.</p> |
| Descripción : | 112 hojas : dimensiones, 29 x 21 cm + CD-ROM 6162 |
| URL: | <u>(en blanco hasta cuando se dispongan los repositorios)</u> |

CAPÍTULO I

CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.

1.1. Introducción.

La aparición de métodos mecanizados e implementos para uso forestal significó un gran avance desde el día de su llegada en el siglo XIX, cambiando esta industria, mejorando el aprovechamiento y logrando, mediante su aplicación mejoras técnicas. Sustituyó el método manual de trabajo y logró la expansión de recursos renovables importantes, este progreso benefició al sector maderero disminuyendo los tiempos de trabajos e inversión de recursos, facilitando el proceso de siembra, trasplante, manejo y aprovechamiento final brindando eficiencia en el uso de recursos.

Uno de estos productos forestales a obtener es la madera de balsa (*Ochroma pyramidale*), especie que se encuentra principalmente en Sudamérica. Las condiciones geográficas y climáticas de Ecuador favorecen a que la madera se desarrolle de una mejor manera y obtenga características especiales, la madera de balsa gracias a sus propiedades de baja densidad y buena resistencia mecánica es aprovechada para importantes aplicaciones como la construcción, reducción o aislante de ruidos y para importantes investigaciones científicas, además su capacidad de aislamiento térmico, acústico y vibratorio la convierten en un tipo único de madera, que por su rápido crecimiento de 3 a 4 años la convierten en un recurso de fácil acceso.

El presente proyecto se enfoca en el diseño y construcción de una desgranadora de fruto de balsa, ya que en la actualidad no existe un equipo destinado a esta función, la maquinaria a construir en esta investigación se encamina a facilitar la obtención de la semilla de buena calidad, disminuyendo el tiempo de trabajo y mano de obra, optimizando así el proceso de acondicionamiento y almacenamiento de la semilla de *Ochroma pyramidale*.

El presente proceso investigativo se encuentra estructurado de la siguiente manera:

Capítulo I, este comprende la contextualización de la investigación, en la cual se expresa la problematización, los objetivos planteados en el proyecto y la justificación.

Capítulo II, representa la fundamentación teórica, conceptual y legal requerida para la formación y desarrollo del trabajo.

Capítulo III, en este capítulo se redacta la metodología de la presente investigación, la cual contiene métodos, tipos de investigación, técnicas y recursos utilizados para el desarrollo del proyecto.

Capítulo IV, Comprende los resultados obtenidos de la selección, diseño y costos de producción de la desgranadora.

Capítulo V, está conformado por las conclusiones obtenidas en base a la investigación y se plantean las debidas recomendaciones.

Capítulo VI, contiene las diferentes fuentes Bibliográficas utilizadas en el proyecto.

Capítulo VII, en este capítulo se exponen los anexos, que comprenden información necesaria utilizada para el diseño y desarrollo del proyecto.

1.2. Problema de investigación.

1.2.1. Planteamiento del Problema.

Hoy en día casi todos los procesos forestales se realizan de manera mecanizada con el fin de reducir mano de obra, horas de trabajo y mejorar producción, este no es el caso de la obtención y acondicionamiento de la semilla de *Ochroma pyramidale* en la empresa PLANTACIONES DE Balsa, PLANTABAL S.A. Actualmente no se encuentra un equipo diseñado específicamente para el proceso de desgrane el fruto de balsa y obtener la semilla sin pérdidas en el proceso. Este proceso aún se realiza de manera artesanal golpeando el fruto, o en algunas ocasiones se opta por utilizar desgranadoras de maíz, las cuales no están diseñadas para el producto que se desea procesar, dando como resultado un trabajo ineficiente en el cual la semilla no es totalmente separada de su vaina generando el desprendimiento de su lana con la necesidad de repetir dos veces o más el proceso, esto aumenta considerablemente el tiempo y las pérdidas de producto.

Además la utilización de maquinarias no diseñadas específicamente para la semilla de balsa puede suponer un daño importante en la calidad, ya que el proceso a seguir puede ser muy fuerte a tal punto de dañar la testa de la semilla o muy débil como para no lograr el desgrane.

1.2.2. Diagnóstico.

La empresa PLANTABAL S.A., al no contar con una maquina específica para desgranar los frutos de balsa que provienen de fuentes semilleras de importancia, se encuentra con una dificultad al momento de realizar el proceso de acondicionamiento de la semilla.

Esta se realiza utilizando maquinaria no adecuada para esta necesidad, lo que implica daño o pérdida de semilla, aumento de costo y tiempo de producción.

1.3. Pronóstico.

Al diseñar, construir e implementar la desgranadora de frutos de balsa al proceso de acondicionamiento de semilla llevado a cabo por la empresa PLANTABAL S.A., se optimizará este proceso, reduciendo costos en mano de obra y disminuyendo tiempos de producción.

1.3.1. Formulación del problema.

¿Porque es importante para la Empresa PLANTABAL S.A. contar con una desgranadora de frutos de balsa?

1.3.2. Sistematización del problema.

- ¿Qué efecto tiene para el proceso llevado a cabo por la Empresa PLANTABAL S.A.?
- ¿Quiénes se beneficiarán de los resultados de la investigación?
- ¿Puede sugerir ideas, recomendaciones o hipótesis a futuros estudios?
- ¿Cómo beneficiaría esta investigación a la Empresa PLANTABAL S.A.?

1.4. Objetivos.

1.4.1. Objetivo General.

Diseñar, Construir e implementar una máquina desgranadora de frutos de balsa para la Empresa PLANTABAL S.A.

1.4.2. Objetivos Específicos.

- Determinar los materiales y parámetros para el desarrollo de la investigación.
- Diseñar y construir una máquina desgranadora de frutos de balsa para la Empresa PLANTABAL S.A.
- Elaborar un manual de mantenimiento para la máquina desgranadora.

1.5. Justificación.

Actualmente se presentan dificultades al momento de procesar el fruto de balsa para la obtención de la semilla proveniente de fuentes mejoradas. Este proceso al ser realizado eventualmente de manera artesanal supone una gran inversión de tiempo y recursos al efectuar este trabajo.

Las maquinarias se encargan de realizar estas labores en menos tiempo y con más efectividad, reduciendo la mano de obra y recursos necesarios para el proceso, resultando en un método mucho más cómodo y factible que el utilizado en la actualidad.

El presente proyecto se enfoca en el diseño y construcción de una desgranadora de fruto de balsa, una máquina forestal enfocada directamente para cubrir las necesidades de la Empresa PLANTABAL S.A., en su proceso de obtención de semilla. Esto logrará disminuir considerablemente el tiempo de trabajo, mano de obra y recursos utilizados, así como también conseguirá obtener un mayor número de semillas de buena calidad aprovechadas tras el proceso y gracias a su diseño compacto y su motor monofásico es apto para operaciones en áreas rurales y urbanas.

CAPÍTULO II

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN.

2.1. Marco Conceptual.

2.1.1. Reseña de la Balsa (*ochroma pyramidale*)

El árbol de Balsa se encuentra ampliamente distribuido por el trópico americano y pertenece a la familia Malvaceae, y principalmente tiende a crecer muy rápido en climas húmedos y muy húmedos. La madera es especialmente utilizada para partes de aeronaves, maquetas arquitectónicas, partes de juguetes, flotadores, partes de botes, etc., La madera se caracteriza y es muy cotizada por ser extremadamente liviana y tener un peso específico de $0,13\text{gr/cm}^3$. [1]

2.1.2. Diseño Mecánico.

El principal objetivo del diseño mecánico es satisfacer una necesidad, para eso se fundamenta de varios principios y argumentos que permiten demostrar que se puede solucionar el problema mediante el proceso de dar forma, dimensionar, fabricar y así cumplir el propósito por el cual se inició un trabajo de diseño. [2]

2.1.3. Trilladoras.

Las máquinas trilladoras, también conocidas como desgranadoras pueden funcionar de manera manual, o de manera mecanizada mediante la aplicación de motores eléctricos o de combustión interna y está comprendida por varios sistemas; sistema de alimentación del cultivo, mecanismo trillador y de las correspondientes salidas del producto, estas máquinas han significado un desarrollo en el área agrícola y forestal desde su aparición. [3]

2.1.4. Selección de Materiales.

Se dice que un diseñador puede elegir entre más de 50000 materiales para la construcción de un equipo y que una mala elección entre estos puede provocar un desastre. Es un deber y obligación como diseñador determinar correctamente el material a usar para evitar problemas de funcionamiento y peligros laborales, de esta forma también se puede

garantizar que la maquina no se encuentre sobredimensionada lo cual también es un problema de diseño ya que representa gastos no justificables en la construcción de una máquina. [4]

2.1.5. Sistema de transmisión.

El objetivo principal de un sistema de transmisión es lograr el mayor rendimiento posible entre los componentes del sistema motriz y del sistema resistente propulsado transformando los movimientos y fuerzas para lograr este cometido. Son estrictamente necesarias cuando se requiere transformación de velocidad o de par de un elemento giratorio y existen dos tipos principales de transmisiones mecánicas las cuáles pueden ser rígidas o flexibles. [5]

2.1.6. Seguridad Industrial.

La seguridad industrial es una parte fundamental en la construcción y utilización de una máquina, debe estar presente en todos los aspectos y elementos del diseño. La carencia de protección y pocas medidas de seguridad representan un gran riesgo a la salud del trabajador, siendo una obligación tanto del diseñador de la máquina como para el operador de la misma cumplir con rigor las normas de seguridad industrial aplicables. [6]

2.2. Marco teórico.

2.2.1. Balsa Ochroma Pyramidale.

La balsa es de crecimiento rápido, se la puede reconocer fácilmente por sus características morfológicas, tanto por la copa de ramas gruesas que presenta como por su corteza de tono gris y rosado, sus hojas son de textura acorazonadas con una medida de 203,2 milímetros de largo y 406,4 milímetros de ancho y con pecíolos largos que contienen de 7 a 9 nervios principales, contiene flores grandes tubulares, de forma acampanada, con una tonalidad entre blanco y verde y sus característicos frutos de color castaño oscuro de aproximadamente 200 milímetros de largo y de 20 a 40 milímetros de diámetro, las cuales contienen dentro una materia lanosa de color castaño claro y a las semillas. [7]

El proceso de obtención de la semilla artesanalmente se hace golpeando la fruta y separando la lana manualmente, la primera reproducción ocurre a los 2 o 3 años. Estos árboles adultos pueden generar de 26 a 60 frutos cada uno y aproximadamente cada fruto suele contener entre 800 y 1200 semillas. [8]

En el caso de los árboles producidos naturalmente en Ecuador se contó alrededor de mil semillas por fruto, cuando este fruto madura y se seca tiende a abrirse en 5 partes, mostrando las fibras en forma de algodón que recubren las semillas, estas pueden mantener su viabilidad hasta por 6 años en contenedores sellados a temperatura ambiente, pero se recomienda sin embargo el almacenamiento en frío a (4°C). [9]

2.2.1.1. Recolección y procesamiento de semillas.

Para obtener semillas en buen estado se toma los frutos por la mañana mientras aun no está muy caliente la temperatura ambiente y si coincide la época de cosecha con la de tala de la balsa se procede a recoger desde allí, esto con el fin de evitar que la lana de los frutos se propague en el aire y se pierdan semillas. [10]

Una vez se ha culminado con el proceso de cosecha se procede al proceso de obtención y

tratamiento de semillas o conocido también como manejo poscosecha de semilla, este contiene varios pasos o etapas los cuales serán efectuados para que todo el esfuerzo de recolección de semillas de buena calidad no se pierda. Entre estos paso tenemos; (Secado, Desgrane, Selección, tratamientos químicos, almacenamiento). [11]

2.2.1.2. Proceso de desgrane.

Este proceso puede ser realizado de manera manual o mecanizada. De manera manual cuando los granos se encuentran expuestos como en el caso de frutos tipo mazorcas se procede a frotar estas contra una tabla en la cual se encuentran grapas fijadas para facilitar el proceso mediante arranque al frotar el fruto o semilla con estas, y en el caso de cosechas como el frijol, soya, sorgo, arroz y balsa se apilas las plantas para después ser golpeadas con un palo o garrote. En el proceso mecanizado de desgrane o trilla se realiza mediante una máquina accionada por un tractor, por corriente eléctrica o por un motor a combustión interna, en este proceso es importante mantener un óptimo control en el parámetro de humedad de la semilla ya que según la variedad de semilla puede sufrir más o menos daños según el porcentaje de humedad presente en esta, o el desgrane también puede afectarse por esta variable. También es importante controlar la velocidad de desgrane y la separación entre el cóncavo y el cilindro, lo cual se gradúa dependiendo del tipo de grano que se desee trillar o desgranar. [12]

2.2.2. Diseño mecánico

El diseño mecánico está basado en identificar una necesidad y buscar métodos y principios para dar una solución a esta. Se puede clasificar la importancia de estas necesidades identificando las fuentes de información las cuales pueden ser:

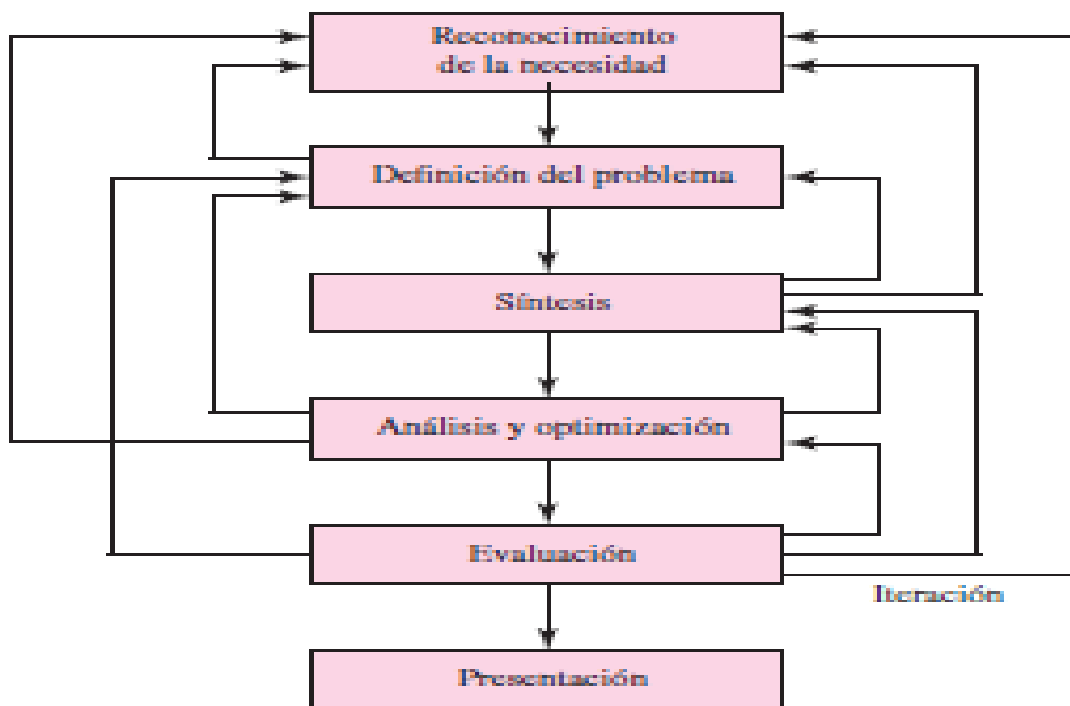
- Formales: requerimientos funcionales para el producto.
- Informales: requerimientos sugeridos por el consumidor.

Debe existir una correcta relación entre los requerimientos formales e informales, ya que la persona que solicita el diseño debe aceptar que pueden existir problemas que no se

pueden resolver mediante ingeniería o que por otra parte representen un gasto muy elevado y poco factible, hasta cierto punto los requerimientos formales son los prioritarios en un estudio de diseño y los requerimientos informales se tomarán como una recomendación o petición adicional al estudio al realizar. Mediante esta evaluación se logra realizar un correcto diagnóstico y tomar decisiones de diseño que satisfagan la necesidad real. [13]

Para un ingeniero mecánico a mediados de los años 60 el término de diseño mecánico se abreviaba en muchas horas de trabajo sobre una mesa de diseño, lo cual resultaba una actividad extenuante y de mucho rigor, pero gracias al desarrollo y la aparición de softwares de representación gráfica (CAD), permitieron que la tarea se vuelva una actividad mucho más rápida y dinámica, contribuyendo a la formación de los nuevos estudiantes de las carreras de diseño ya que el lenguaje básico de un ingeniero es el dibujo. [14]

Gráfico 1.
Proceso de un diseño mecánico.



Fuente: Diseño de Ingeniería Mecánica. (Shigley)

2.2.2.1. Determinación de la Capacidad de producción de una máquina.

La capacidad de producción de una máquina gira en torno a la cantidad y frecuencia de materia prima disponible para procesar, esto también va de la mano con las especificaciones de diseño y el tipo de trabajo que realizará una máquina. Es necesario que una vez conocidas las características de un producto se proceda a compararlas con las propiedades del proceso a llevar. [15]

La capacidad planteada de una maquina nos muestra la relación entre el rendimiento real y su rendimiento especificado, expresa la diferencia que puede existir entre estos dos parámetros y establece una relación exacta para determinar la eficacia y si supone una mejora en la producción, o si por lo contrario presenta desventajas y pérdidas para el proceso a realizar. De esta manera podemos evaluar de manera objetiva si el diseño o proceso llevado a cabo es eficiente o deficiente [16]

Por lo tanto se especificará el tiempo necesario para manejar toda la materia prima expresado en Kilogramos por hora y la capacidad de procesamiento se encargará de medir la cantidad del material que será producido a través de la máquina. [17]

2.2.2.2. Diseño de elementos de máquinas.

Los elementos deben ser diseñados para las tareas que se van a realizar, si un diseño tiene materiales mal seleccionados puede resultar en un accidente laboral que afecta el proceso y la integridad de los trabajadores. Cada elemento que será utilizado en la máquina a construir debe estar correctamente dimensionado y sus principios de construcción deben estar fundamentados en estudios anteriores, por el contrario si se trata de un diseño nuevo y del cual no se tengan estudios anteriores se deben reforzar y demostrar sus principios de funcionamiento y de óptimo rendimiento mediante cálculos y la utilización de softwares de diseño que permiten la evaluación de un prototipo a condiciones reales. [18]

En el diseño es prioritario comprender los materiales, es una responsabilidad propia

del diseñador establecer el material correcto a utilizar y que no represente problemas ni fallos al momento del funcionamiento. Lo primero que se debe hacer es especificar el material básico que se usará un determinado componente de un diseño. El funcionamiento satisfactorio de los componentes depende de la buena elección de materiales por parte del diseñador. Los elementos de máquinas se fabrican a menudo con metales o aleaciones metálicas como el acero, aluminio, hierro colado, zinc, titanio o bronce. En general las propiedades de resistencia, elasticidad y ductilidad de metales, plásticos y otros materiales se determinan mediante una prueba de tensiones. [19]

2.2.3. Trilladoras.

Existe una gran variedad de máquinas desgranadoras, cosechadoras, pero su principio de funcionamiento es el mismo. Este se basa en la trilla de granos mediante la acción combinada de un cóncavo y un cilindro trillador, la palabra trilla significa sacudir el grano de la cáscara o soltarlo de las espigas, en el caso del fruto de balsa esta sería la remoción de los granos de la vaina y la lana del fruto. Mediante este sistema se garantiza un aprovechamiento de más del 90% de los granos, si la maquinaria no está correctamente diseñada para el tipo de vaina o fruto a trillar esta no podría realizar su trabajo y posiblemente el grano presentaría daños en su estructura física . El área de trilla en una desgranadora convencional se encuentra situada en el área separadora de la misma. Los componentes que conforman el mecanismo trillador son un cilindro y un cóncavo mencionados anteriormente. [20]

El diseño más utilizado en sistema de trilla es el de cilindros y cóncavos ya que este es efectivo con todas las variedades de granos a trillar y en muchos casos puede ser regulable. El diámetro de la criba o cóncavo en los cilindros puede variar de 381 a 559 mm y es accionado a velocidades de 50 a 1500 rpm, estas velocidades varían según el producto a trillar ya que los granos grandes requieren una baja velocidad angular para evitar su fractura o daños durante el proceso mientras que las semillas o granos de menor tamaño se deben trillar a una velocidad más elevada. Generalmente los granos pequeños se trillan con una velocidad entre 800 y 1200 rpm. [20]

Los diferentes tipos de cilindros cumplen con la disposición de permitir el paso de flujo forzado de los diferentes materiales a tratar, permitiendo la separación de los componentes (semilla, perigonios y demás elementos que cubren los granos). Los elementos se encuentran elaborados en acero al carbono cuando se trata de productos que no se refieren a consumo humano y en acero inoxidable cuando el producto a tratar debe tener una higiene óptima como lo demanda la norma o cuando contiene alto contenido de humedad, el rendimiento depende de los granos, la cantidad de desecho producido que puede representar un problema de estancamiento o de impurezas y de la habilidad del operario. Se tiene como dato conocido que una operación de trilla es efectiva en parámetros de velocidad de 500 a 3000 rpm. A todo esto es importante analizar los resultados obtenidos ya que así podremos determinar si la velocidad seleccionada es la adecuada y no representa daños e imperfecciones en las semillas a obtener. [21]

2.2.3.1. Tipos de Cilindros.

Los tipos de cilindros que existen se clasifican en:

- Cilindro de barras trilladoras.
- Cilindro de dientes rígidos.

Cilindros de barras trilladoras.

Este tipo de cilindro está constituido por algunos discos acoplados sobre un eje transversal, los cuales tienen 6 a 8 barras corrugadas con estrías, que están dispuestas en dirección contraria a las barras. Las características más importantes de este tipo de cilindros son la velocidad periférica, diámetro y longitud. El cóncavo o parrilla metálica se encuentra colocado ligeramente hacia atrás del cilindro trillador, esta disposición garantiza un buen proceso de trillado y representa una efectividad de 90% en este, es efectivo con granos como el arroz y trigo. [22]

Gráfico 2.
Cilindro de barras trilladoras.



Fuente: Manual de John Deere.

Cilindros de dientes rígidos.

Este tipo de cilindro es ideal para el proceso de trilla de arroz, frejol y distintas variedades de granos pequeños o que a su vez contengan producto que los rodea en el interior de su vaina. Está constituido por varias cuchillas o martillos montados sobre un eje transversal, el largo de las cuchillas será determinado por el tamaño del producto a trillar y estarán dispuestas de tal manera que impulse el avance del producto por el sistema de trilla, generalmente se disponen los martillos o dientes de desgrane con una abertura de 10° o menos permitiendo un paso óptimo del producto, el largo de los dientes rígidos debe estar comprendido en un valor menor al largo total del fruto o rama a ingresar, facilitando así la acción de frotamiento y alternando el movimiento de los tallos entre barras consecutivas. El cóncavo o criba se encuentra colocado fijamente alrededor del cilindro trillador, con apenas 10 milímetros de separación para garantizar un correcto desprendimiento de las semillas por el método de arrastre-fricción y al mismo tiempo evitar que el desecho o gabazo se estanque y produzca un bloqueo en el proceso, la separación de las cuchillas debe estar determinado por el largo del producto a ingresar, permitiendo que en esta apertura puedan caer libremente los granos por el cóncavo. [22]

Gráfico 3.
Cilindro de dientes rígidos.



Fuente: Manual de John Deere.

2.2.3.2. Tipos de Cóncavos.

Para poder obtener semilla de buena calidad, estas deben pasar por el proceso de cribado el cual es realizado por el cóncavo de una trilladora, de esta manera se separan los componentes del fruto y sustraer las impurezas de la semilla. [23]

La principal función de un cribado es separar las partículas del material ingresado a la criba los cuales son de distintos tamaños realizando el trabajo de permitir el paso de partículas menores que la luz o agujeros de la malla o de las perforaciones en una chapa y reteniendo a su vez las partículas de mayor tamaño, esto se puede realizar por dos principios: por principio de arrastre y principio de golpeteo. [24]

Existen tres tipos de cribas.

- Cribas fijas.
- Trómmel.
- Cribas planas.

Cribas fijas o de barrotes.

Las parrillas fijas son los elementos más utilizados en el tamizado, usualmente se construyen con una inclinación desde 30° hasta 45°. Se utilizan para la separación de fracciones de diferentes tamaños, este tipo de cribas en general son utilizadas en proceso de separación de elementos gruesos como piedras o sólidos grandes, su aplicación más usual se da en las canteras o cementeras. Estas cribas deben ser lo suficientemente robustas para soportar las cargas mecánicas y el peso de los elementos que actúan sobre ella. Los principales tipos de aplicaciones que tienen estas cribas son para las cribas fijas de barrotes y para las cribas de barrotes en voladizo [25]

Gráfico 4.
Criba fija o de barrote.



Fuente: Triman minerals.

Cribas de tambos o trómmels.

Las cribas giratorias fueron diseñadas especialmente para la limpieza del material, y frecuentemente son utilizadas para el proceso de desgrane o trillado. El cilindro o criba debe tener un espesor lo suficientemente fuerte para aguantar el golpe de los elementos rotatorios en su interior. Para procesos de desgrane se utilizan espesores de 3mm en adelante mientras que para procesos en los cuales se ingresan materiales pesados como piedras se requieren chapas de grueso espesor. Los elementos internos giran sobre sí mismo por la acción de martillos o por el impulso del tambor cilíndrico. [26]

Gráfico 5.
Criba circular o trómmel.



Fuente: Cometel.

Cribas planas o vibratorias.

Se encuentran constituidas por uno o más paneles de plancha perforada, pueden ir con diámetros de perforaciones grandes a pequeñas para permitir el paso de diferentes materiales y realizar una separación más efectiva. El rendimiento de estos tamices planos depende del

material, del ritmo de alimentación y del grado de humedad de los productos admitidos. Son eficaces y conocidos por ser parte fundamental de las conocidas zarandas las cuales funciones como limpiadoras de productos y para selección del mismo. [24]

**Gráfico 6.
Cribas Planas.**



Fuente: www.mazzettisas.com.

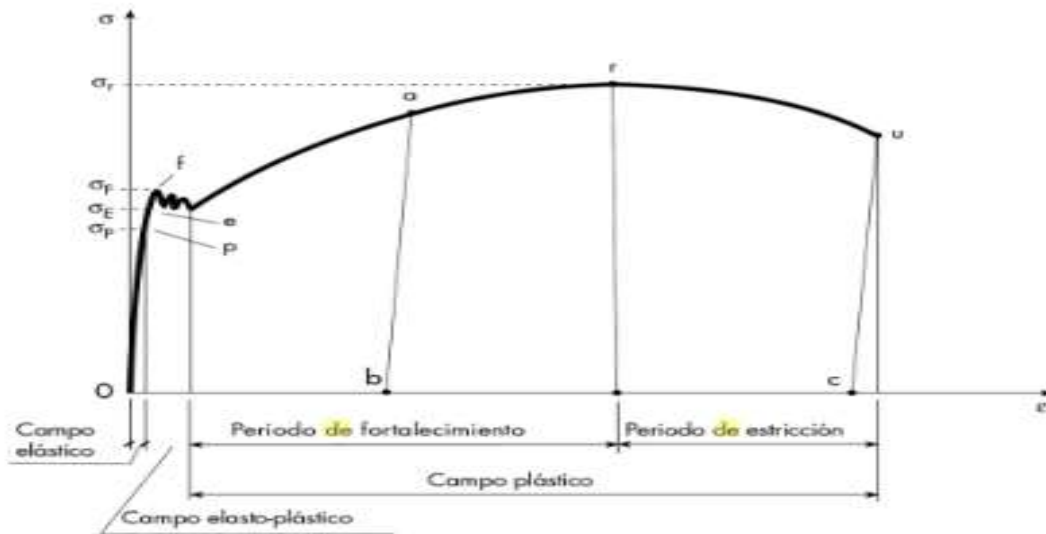
2.2.4. Selección de materiales.

Es indispensable que los materiales de diseño sean seleccionados correctamente, por lo que existen varios criterios en los cuales se basa la decisión final, se detallan las condiciones en las que el material prestara servicio y luego a las condiciones de funcionamiento a las cuales se le someterá. Es muy raro que un material pueda soportar todos los tipos de esfuerzos a los que planea someterse para eso se debe evaluar muy bien el tipo de esfuerzos presentes y elegir el material que más resista estos esfuerzos. [27]

2.2.4.1. Determinación experimental de las relaciones entre tensiones y deformaciones.

Mientras el sólido se mantiene unido a otros elementos presenta esfuerzos los cuales se calculan mediante esta aplicación de varios cálculos, la determinación de estos esfuerzos se realiza a través de la realización de ensayos de laboratorio, sometiendo una probeta generalmente cilíndrica con longitudes marcadas a un esfuerzo de tracción, la cual se incrementa hasta causar una deformación o rotura en la pieza. [28]

Gráfico 7.
Diagrama esfuerzo – deformación.



Fuente: Elasticidad y resistencia de materiales 1. (Mariano Rodríguez)

La primera zona del punto p al punto e, nos demuestra que en el material sigue sin aparecer deformaciones permanentes, el punto e es la marca de paso del material del campo elástico a campo elasto-plástico, esto es lo que se conoce como límite elástico, una vez se haya pasado el punto e ya se presentan deformaciones permanentes visibles en la probeta, esto ocurre hasta el punto f, donde el material continua estirándose sin ser necesario un aumento de los esfuerzos sobre la probeta. A partir de este punto todas las deformaciones que se presenten en la probeta son más severas y permanentes. [28]

2.2.4.2. Diseño de ejes.

Para el diseño de ejes y para evitar su peso durante su desempeño se utilizan materiales con elevado módulo de elasticidad, minimizando así las deflexiones en dicho eje. La forma más habitual de transmitir potencia, par, movimiento o soportar carga se realiza a través de elementos de máquinas como: engranajes, poleas y correas esto representa un desgaste con el fenómeno de concentración de tensiones que a lo largo de la vida útil del eje representa un exceso de esfuerzo y daño en el material. [29]

Cuadro 01.**Ejes de transmisión utilizados para bajas cargas.**

| Aceros finos al carbono | | | | | | | | |
|-------------------------|------|----------|---------|-------------|-----|-----|-----------|------------|
| UNE | AISI | DIN | EN10088 | Estado | HB | HRc | Sy Mpa | Sut Mpa |
| F 1110 | 1015 | CK 15 | 1.1141 | NORMALIZADO | 170 | | 225 | 500 |
| | | | | CEMENTADO | 430 | 45 | 720 | 1000 |
| F1140 | 1045 | CK 45 | 1.1101 | NORMALIZADO | 255 | | 300 | 750 |
| | | | | TEMPLADO | 610 | 60 | 1400 | 1800 |

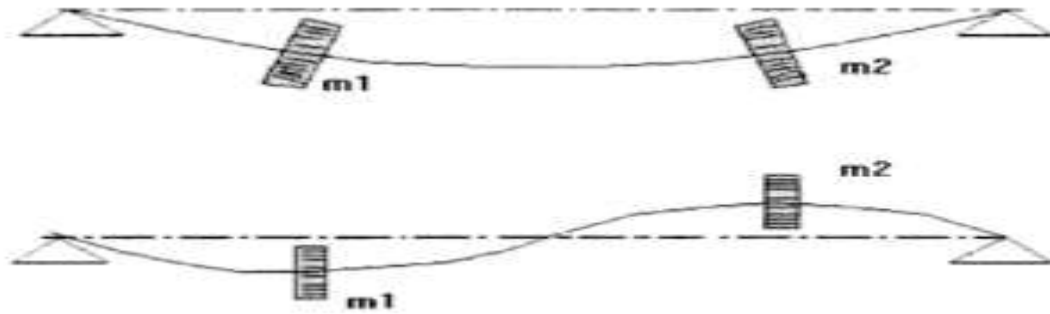
Fuente: Apuntes de Diseño de Máquinas. (Juan Marín)

Elaborado por: Autor 2016.

Para ejes que tendrán un trabajo de poca carga o de uso esporádico, se utilizan aceros AISI, SAE 1010 al SAE 1020, los cuales representan un bajo costo y cumplen con el factor de seguridad deseado con un bajo peso. Los diámetros más utilizados para este tipo de aplicaciones son de 25,4 a 21,75 milímetros. Se diseña de esta manera tanto para ejes como para árboles que soportan baja carga pero que en sus extremos llevan conexiones mediante acoplamientos, poleas y otros elementos a motores eléctricos o reductores de velocidad, ya que esto presenta un desgaste adicional a la estructura y por ser elementos que se encuentran girando constantemente aun sin la presencia de cargas externas se deforman por la rotación, por lo tanto un eje de transmisión siempre debe estar dimensionado para soportar esfuerzos de trabajo a largo plazo por tratarse de cuerpos sometidos a revolución. La magnitud de la deformación depende de la rigidez del eje y de los soportes, por esto se debe considerar un factor de seguridad elevado capaz de soportar estas deformaciones. [30]

Es muy importante que para un óptimo funcionamiento de un eje de transmisión los pesos que actúan sobre este deben estar distribuidos correctamente, de esta manera el eje no se expone a deformaciones por un desbalance y se evitan esfuerzos innecesarios, garantizando un buen funcionamiento a lo largo de su vida útil sin fatigar el material. Con un eje balanceado correctamente también se evitan vibraciones innecesarias las cuales no solo afectan al eje sino a todos los componentes de la máquina y pueden generar daños considerables en la estructura de esta. [31]

Gráfico 8.
Deformaciones por revolución y cargas.



Fuente: Elementos de máquinas teorías y problemas (Cortizo Rodríguez)

2.2.4.3. Fatiga en ejes.

Los componentes de una máquina están sometidos periódicamente a esfuerzos durante su funcionamiento los cuales son el resultado del trabajo constante que esta tenga y que pueden ir en aumento a lo largo de su vida útil. Para determinar la tensión admisible que posee un eje debemos determinar varios parámetros, entre los cuales se nombran: límite de fatiga, tensión admisible a fatiga, factores de corrección y conociendo la caracterización funcional de los ejes podremos determinar todas las cargas y esfuerzos que sobre ellos aplica. [32]

Como resultado de una acción continua el eje se reduce a un punto en el que la carga ya no puede ser soportada y como resultado tendremos la fractura súbita del eje. [33]

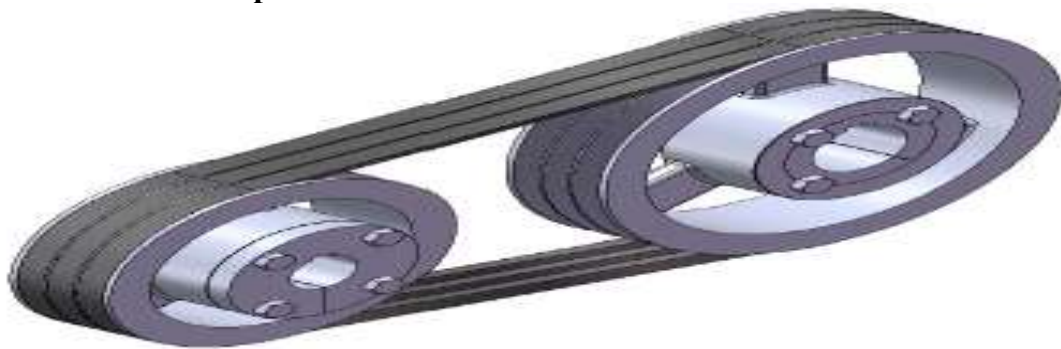
Cuando se aplica un momento torsor en el área longitudinal del eje generara un efecto de deslizamiento y corte entre las secciones adyacentes al momento aplicado, esto puede llegar a generar una rotura en el eje y un peligroso accidente de funcionamiento. [34]

Cuando se trata de diseñar un eje macizo se debe realizar por la teoría del esfuerzo cortante máximo, calculando los esfuerzos de Torsión, Flexión y esfuerzos axiales si los hubiera. Todo esto para verificar mediante la ecuación de Goodman el parámetro de confiabilidad y seguridad que presenta el eje seleccionado. [35]

2.2.5. Sistema de transmisión de velocidad y potencia.

Este tipo de transmisión permite llevar potencia mediante una correa o cadena desde un eje a varios al mismo tiempo y representan una baja inversión a diferencia de su contraparte rígida con menos espacio requerido en su instalación. La denominación de transmisión flexible incluye transmisión por correas, cadenas o cables, las más utilizadas son la transmisión por correa y cadenas, es preferible este tipo de transmisión a una transmisión rígida es que permite la unión de componentes con mayor distancia entre ellos sin resultar en la unión de varios elementos para lograrlo, sufren menos desgaste al transmitir potencia y velocidad ya que al ser flexibles absorben de mejor manera estos efectos a diferencia de una transmisión rígida,. [36]

Gráfico 09.
Transmisión Flexible por Bandas.



Fuente: www.scielo.org.co.

Es necesario calcular los esfuerzos a los que los rodamientos deben estar preparados para soportar y mantenerlos lubricados para prevenir pérdida en su vida útil y reducir al mínimo las fallas que se puedan presentar en el contacto. Los rodamientos los cuales servirán de soporte para el eje motriz y que a su vez permitirán su respectivo giro son en su mayoría el complemento de una máquina que genera más problemas de contacto y principalmente se dividen en rodamientos de bolas y rodillos. [37]

2.2.5.1. Correas Trapezoidales.

En este tipo de correas se encuentran las secciones forradas Z, A, B, C, D, E y una línea X la cual presenta una alta prestación dentada, se encuentran constituidas por una

variedad de materiales resistentes presentando baja deformación por compresión y una elevada resistencia a la flexión. Soportan un rango de velocidad de hasta 30 m/s y en su interior están constituidas por poliéster, el perfil A presenta una elevada transmisión de potencia, las características de este tipo de bandas se pueden obtener de catálogos de sus distribuidores. [38]

Para una desgranadora o trilladora estacionaria se considera muy efectivo la utilización de este tipo de correas ya que su prestación y buen arrastre a cortas distancias permite que el trabajo se genere sin ningún contratiempo y se puede determinar las características necesarias en la banda y el número a utilizar de estas mediante cálculos de diseño. [39]

2.2.5.2. Poleas

Existen diferentes sistemas de transmisión pero la principal es la transmisión por correa y poleas en V las cuales van de diámetros desde 50 a mm hasta 1500 mm, estas contienen varios segmentos determinados como el canal el cual es el área donde la correa realizara el contacto y la transmisión de potencia, el diámetro exterior es la dimensión total que se mide en el exterior de la polea la cual determina su circunferencia total y el ancho se refiere a la medida exterior que representa el grosor de la polea a utilizar, las poleas pueden tener uno o varios canales los cuales se determinan por medio del diseño y según el trabajo que se vaya a realizar con la misma, generalmente estas poleas se encuentran fabricadas en fundición gris, nodular, fundición de acero, acero laminado o aluminio, como dato técnico tenemos que una polea de aluminio resiste hasta una velocidad de 30 m/s. [40]

2.2.6. Seguridad Industrial.

La prevención de accidentes laborales es un asunto muy importante, se trata de prevenir dolor físico y psicológico, evitar pérdidas en la capacidad de trabajo de un individuo y problemas psicológicos familiares por esta causa. [41]

2.2.6.1. Puntos de transmisión de energía.

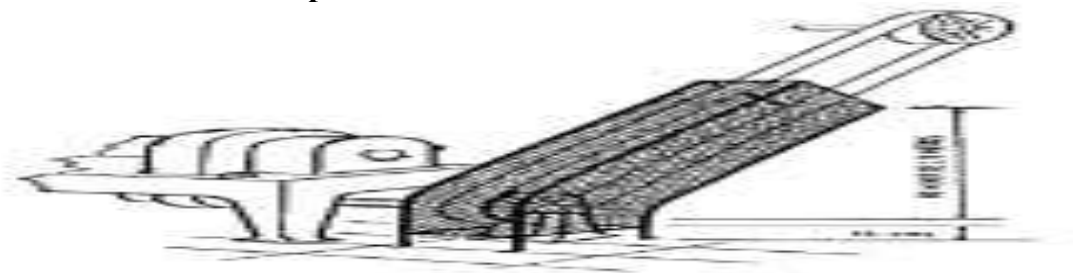
Una gran parte de accidentes laborales se originan en este punto ya que por lo general constan de bandas y poleas, pero es muy fácil proteger este componente ya que es suficiente cubrir el sistema de transmisión con una guarda que recubra la superficie de contacto de la banda, evitando de esta manera posibles accidentes. [42]

2.2.6.2. Guardas de seguridad en bandas.

Las guardas o resguardos son considerados como la primera medida en protección es interpretado como un medio de protección que dificulta el acceso de una persona o una parte del cuerpo humano a la zona o punto de peligro. [43]

Es muy importante aislar una banda que se encuentra en revolución del contacto humano ya que se han presentado en varias ocasiones accidentes causados directa o indirectamente por estos componentes. Las bandas en V, cilíndricas y cables de transmisión deben estar encerrados en guardas metálicas. Toda banda que se encuentre hasta una altura de 2100 milímetros o menos del nivel del piso debe estar cubierta completamente, mientras las que sobresalen de esta medida deben cerrarse hasta los 2100 milímetros y el resto del mecanismo puede quedar libre ya que no representa un riesgo a esa altura. [44]

Gráfico 10.
Guarda en transmisión de potencia.



Fuente: fio.unicen.edu

2.2.6.3. Señalización y códigos de colores.

La señalización y los códigos de colores permiten atraer la atención de los trabajadores y advertir sobre los peligros presentes en un área de trabajo y otorgar el conocimiento para reaccionar ante una situación peligrosa. Los colores de seguridad funcionan mediante una relación entre colores y significados de los mismos. [45]

Cuadro 2.
Código de colores.

| Color | Significado | Indicaciones |
|----------|---|--|
| Rojo | Señal de prohibición | Comportamiento Peligroso |
| | Peligro – alarma de emergencias. Evacuación | Stop. Parada. Dispositivos de Desconexión. |
| | Material y equipos de lucha contra incendios. | Identificación y Localización. |
| Amarillo | Señal de advertencia. Atención. | Atención, precaución, verificación. |
| Azul | Señal de obligación. | Comportamiento o acción específica. Obligación de uso de equipo de protección individual. |
| Verde | Señal de salvamento o auxilio. | Puertas, salidas, pasillos, lugares de salvamento o de auxilio, locales. |
| | Situación de seguridad, salvamento y auxilio. | Retorno a la normalidad. |

Fuente: [www. Gabpingenieria.com](http://www.Gabpingenieria.com)

Elaborado por: Autor 2016.

2.3. Marco legal.

A continuación se detallan las disposiciones legales aplicables en nuestro país y que se deben cumplir en el presente proyecto.

Cuadro 3.

Art. Constitución del Ecuador

| Disposición legal | Artículos | Resumen |
|--|-----------|---|
| Constitución de la República del Ecuador | Art. 32 | La salud es un derecho. |
| | Art. 326 | Salud y seguridad laboral |
| | Art. 22 | Derechos morales y patrimoniales de propia autoría. |

Fuente: Constitución de la República del Ecuador.

Cuadro 4.

Art. Instrumento Andino de seguridad y salud en el trabajo.

| Disposición Legal | Artículos | Resumen |
|---|-----------|------------------------------------|
| Instr. Andino de seguridad y salud en el trabajo. | Art. 1 | Sistema de Gestión de Seguridad |
| | Art. 4 | Prevención de accidentes laborales |

Fuente: Instrumento andino de seguridad y salud en el trabajo.

Cuadro 5.

Art. Decreto Ejecutivo 2393

| Disposición Legal | Artículos | Resumen |
|------------------------|-----------|----------------------------------|
| Decreto Ejecutivo 2393 | Art. 55 | Ruidos y vibraciones. |
| | Art. 73 | Instalaciones de máquinas fijas. |
| | Art. 93 | Fabricación de maquinarias. |

Fuente: Decreto ejecutivo 2393.

Cuadro 6.

Art. Normas técnicas INEN.

| Disposición Legal | Artículos | Resumen |
|----------------------|-----------|---|
| Normas Técnicas INEN | INEN 439 | Colores y señales de seguridad |
| | INEN 131 | Diseño de máquinas para proceso agrícola. |

Fuente: Instrumento andino de seguridad y salud en el trabajo.

CAPÍTULO III
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.

3.1. Localización.

La presente investigación se realizó en la empresa PLANTABAL S.A. la cual se encuentra ubicada en la provincia de Los Ríos en Quevedo km 4.5 vía a, Luis Alberto "Potolo" Valencia, Ecuador.

3.1.1. Reseña de PLANTABAL S.A.

A finales de los años 70 pocas personas creían que se podía sembrar balsa, se comerciaba balsa que crecía espontáneamente hasta que empezaron las primeras plantaciones cultivadas. Todo lo referente al cultivo y algunos usos de la balsa eran nuevos, se tuvo que improvisar, tanto en las plantaciones con nuevos sistemas de cultivo, como en la fábrica donde se diseñaron nuevos productos, nuevos procesos y nuevas máquinas, priorizando el cuidado del medio ambiente. La innovación jugó un papel importante en el funcionamiento y crecimiento de la compañía que se convirtió en la mayor productora de madera de balsa a nivel mundial por siete décadas. Antes la balsa no era una madera ni muy conocida ni muy apreciada, en la actualidad la balsa es considerada también un producto industrial, posicionando al Ecuador como el primer productor y exportador mundial de balsa. Los principios que formaron esta compañía siguen hoy presentes en toda su extensión después de los cambios, las ventas y las nuevas circunstancias del negocio y siguen ayudando a la balsa a afrontar los nuevos desafíos con gran éxito.

Gráfico 11.
Ubicación Empresa PLANTABAL, S.A.



Fuente: PLANTABAL, S.A.

3.2. Tipo de investigación.

3.2.1. Investigación exploratoria.

Este tipo de investigación se aplicó en este proyecto ya que actualmente este tema no cuenta con antecedentes de estudios técnicos y gracias a este se determinó los factores relevantes de la problemática y la importancia de su investigación, así como una solución óptima para la necesidad analizada en el estudio de este proyecto.

3.2.2. Investigación descriptiva.

La presente investigación contiene un carácter descriptivo ya que se recopilieron datos de la EMPRESA PLANTABAL S.A. de Quevedo, los cuales fueron fundamentales en el transcurso de este proceso investigativo.

3.2.3. Investigación de campo.

Fue primordial la investigación de campo en este proyecto ya que aquí se lograron conocer los parámetros y datos reales del problema a resolver y las características físicas y morfológicas del producto a procesar.

3.3. Métodos de investigación.

En el presente proyecto investigativo se aplicaron los siguientes métodos de investigación:

3.3.1. Método Analítico.

Durante el desarrollo del proyecto este método contribuyó en el estudio de la problemática, a partir de la experimentación y el análisis de cada una de sus partes por separado, el cual consistió en examinarlos por separado para ver las relaciones entre las mismas.

3.3.2. Método Inductivo.

Este método aportó a la investigación para un mejor entendimiento del funcionamiento, mediante observaciones y búsquedas en libros, artículos científicos, manuales, revistas y demás fuentes de información.

3.3.3. Método Deductivo.

Mediante este método se aplicaron los principios descubiertos en los demás métodos de investigación y también las consecuencias mediante prácticas técnicas.

3.4. Fuentes de recopilación de información.

La fuente primaria de información para este proyecto investigativo son los datos obtenidos de la empresa PLANTABAL S.A, del departamento de investigación y desarrollo y de libros. Además de esto se obtienen de fuentes secundarias de información como material de revistas científicas y documentos de páginas web, la base teórica necesaria para el correcto desarrollo del tema.

3.5. Diseño de la investigación.

3.5.1. Diseño experimental.

En el desarrollo de este proyecto se aplicó este método para obtener el mayor grado de confiabilidad posible, en base a los cálculos y resultados que se obtienen durante la investigación, sometiendo al producto a procesar varias pruebas y prácticas con prototipos construidos con este fin, obteniendo así datos reales de comportamiento y proceso del producto.

3.6. Instrumentos de investigación.

Se realizaran procedimientos experimentales para poder determinar los parámetros que se utilizaran posteriormente en el diseño de las máquinas, para esto se manejaron los siguientes instrumentos.

- Dinamómetro digital.
- Medidor de Humedad Universal.
- Medidor de Humedad para granos.

3.7. Recursos humanos y materiales.

3.7.1. Recursos Humanos.

Para el desarrollo del presente proyecto de investigación se cuenta con la participación del personal de PLANTABAL S.A, los cuales brindan importante información y datos técnicos de la balsa.

- Ing. Marcelino Guachambala.
- Ing. Wilmer Zambrano.
- Ing. Bernardo Castro

Durante el proceso se cuenta con la ayuda técnica y el asesoramiento de los ingenieros del área de diseño y producción de Induhorst. Cía. Ltda.

- Ing. Marcelo Quintana.
- Ing. Jhonny Guzmán
- Ing. Cecilia Valencia.

3.7.2. Materiales.

Durante el desarrollo de este trabajo investigativo se utilizaron varios materiales para poder llevar a cabo su desarrollo, entre ellos:

- Computadora.
- Lápices.
- Esferos.
- Hojas.
- Calculadora.
- Internet.
- Libros.

CAPÍTULO IV
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

4.1. Diseño y dimensionamiento de la desgranadora.

4.1.1. Determinación de la capacidad de la máquina.

Se determina que la maquina debe poseer un sistema de cilindros de dientes rígidos y un cóncavo ya que este es el indicado para procesar granos pequeños y con vainas o recubrimientos de fibras [22]. Se debe establecer la capacidad de funcionamiento de la máquina para así proceder a realizar el diseño. Las dimensiones del cóncavo o estator se encuentran relacionadas con anteriores estudios de máquinas desgranadoras. [20]

Se conoce que al año en la empresa PLANTABAL S.A. se tiene una temporada de cosecha del fruto de balsa, desde Agosto hasta Octubre obteniendo aproximadamente 100 sacos provenientes de los sembríos de la misma empresa. Cada saco tiene un peso aproximado de 10,21 Kg, teniendo aproximadamente 1021 kg de fruto a procesar por año.

Como datos técnicos se conoce que:

M Cápsula: Masa de la cápsula o vaina que contiene las semillas de balsa

M Semilla: Masa de cada semilla.

$$M \text{ Cápsula: } 0,0366 \text{ Kg}$$

$$M \text{ Semilla: } 6 \times 10^{-6} \text{ Kg}$$

$$\text{Número de frutos por saco: } \frac{10,21 \text{ Kg} * \text{Saco}}{0,0366 \text{ Kg} * \text{fruto}} = 278,9 \text{ frutos por saco.}$$

Cápsulas por año:

$$278,9 \text{ cápsulas por saco} \times 100 \text{ sacos al año} = 27.897 \text{ cápsulas por año.}$$

Una cápsula contiene un promedio de 1.000 semillas. El siguiente cálculo para determina el número de semillas a obtener por año.

$$27.897 \frac{\text{cápsulas}}{\text{año}} \times \frac{1.000 \text{ semillas}}{\text{cápsula}} = 27.897.000 \text{ semillas al año}$$

La demanda de semillas por año a cubrir será de:

$$27.897.000 \frac{\text{semillas}}{\text{año}} * 6 \times 10^{-6} \text{ Kg} = 167,39 \frac{\text{Kg}}{\text{año}} \text{ semillas}$$

Asumiendo que la producción anual se procesa en 7 días en jornadas de 8 horas diarias se tiene aproximadamente 50 horas de trabajo.

$$\frac{167,39 \frac{\text{kg}}{\text{año}}}{50 \frac{\text{horas}}{\text{año}}} = 3,35 \frac{\text{Kg}}{\text{hora}} \text{ de semillas} * 8 \frac{\text{hora}}{\text{día}} = 26,8 \frac{\text{Kg}}{\text{día}} \text{ semillas}$$

4.1.2. Determinación de fuerza necesaria para desprender las vainas del fruto.

Se utilizó un Dinamómetro para poder determinar la fuerza necesaria para desprender las vainas sujetando el fruto al anillo de medición y aplicando fuerza contraria a este para separarla obteniendo así que es necesario aplicar una fuerza de cápsula al anillo de medición, como resultado de este estudio se obtiene que la fuerza necesaria para separar las vainas es de 209,34 N

Gráfico 12.

Fuerza requerida para separar las vainas.



Fuente: Autor 2016.

4.1.3. Velocidad de avance y Potencia de corte.

Para establecer la velocidad de corte requerida se inicia calculando el volumen de frutos diario a cortar, es decir la capacidad de la máquina. La cual se obtiene mediante la siguiente ecuación.

$$V = \frac{c}{\delta} \quad \text{Ecuación (1) [15]}$$

Donde:

V= Volumen de capsula. (Volumen en función del tiempo – Flujo)

c= peso del fruto en función del tiempo (Capacidad)

δ = Densidad del Fruto

$$V = \frac{\frac{3,35 \text{ kg} \cdot 1.000 \text{ g}}{\text{hora} \cdot \text{kg}}}{0,190 \text{ g/cm}^3} = 17.361,58 \frac{\text{cm}^3}{\text{hora}} = 1,76 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

Medidas promedio de fruto de balsa:

Diámetro: $d = 35 \text{ mm}$

Altura: $h = 200 \text{ mm}$

$$V_c = \pi \cdot r^2 \cdot h$$

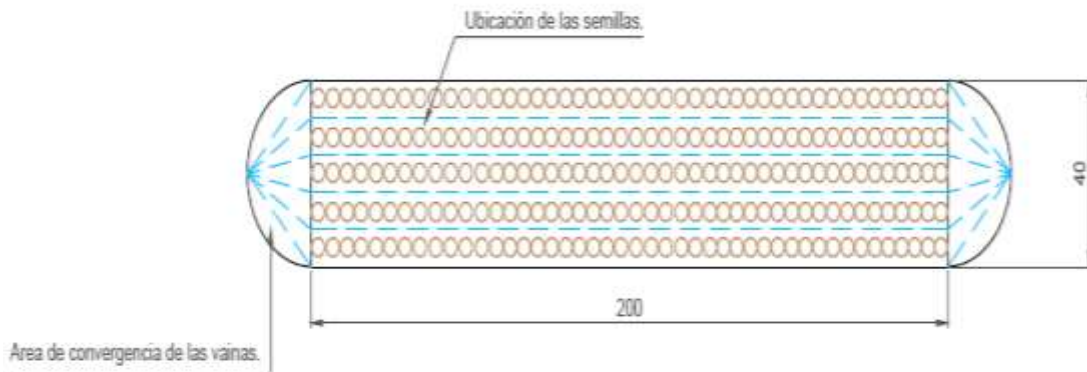
Ecuación (2)

V_c = Volumen de la cápsula o fruto.

r = radio de la cápsula o fruto.

h = altura o largo de la cápsula.

Gráfico 13.
Distribución de semillas en un fruto



Fuente: Autor 2016.

La imagen describe la figura geométrica de un cilindro y se desprecian las áreas libres de semillas. Al reemplazar los valores obtenidos en la ecuación (2) tenemos:

$$V_c = \pi * 17,5^2 \text{ mm} * 200 \text{ mm} = 193.000 \text{ mm}^3$$

Además se determina que el volumen de las semillas dentro de un fruto el cual contiene 1000 semillas aproximadamente representa el 16,39% del volumen total del fruto, por lo tanto:

$$V_s = 193.000 \text{ mm}^3 * 16,39\% = 31.632,7 \frac{\text{mm}^3}{\text{fruto}}$$

V_s = volumen de semilla en un fruto.

En el proceso de desgrane se ingresara aproximadamente 10 cápsulas a la vez, el número de capsulas a procesar por hora es:

$$fruto = \frac{V}{V_s} \quad \text{Ecuación (3)}$$

Hacemos una relación entre el volumen del fruto y el volumen de semilla a procesar para obtener cuantas capsulas por hora debe ingresar el trabajador a la máquina.

$$fruto = \frac{488.888,89 \frac{mm^3}{s}}{\frac{31.632,7 mm^3}{fruto}} \times \frac{1}{10} = 1,54 \frac{frutos}{segundo}$$

Para determinar la velocidad de ingreso tomamos en cuenta la longitud promedio de los frutos a procesar.

$$vi = \left(\frac{N^{\circ}frutos}{s} \right) \times L \quad \text{Ecuación (4)}$$

Al reemplazar:

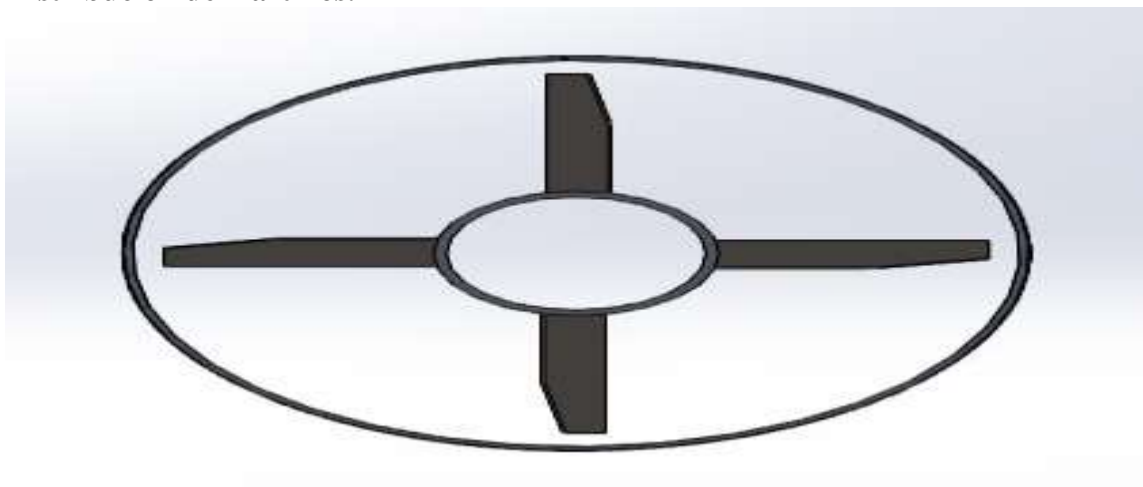
$$vi = \left(\frac{1,54 frutos}{segundo} \right) \times 200 mm = 309,4 \frac{mm}{s}$$

$$vi = 309,4 \frac{mm}{s}$$

4.1.4. Relación entre número de revoluciones vs el número de cuchillas para determinar la velocidad angular requerida por las cuchillas.

Los frutos deben recorrer el espacio interno de la criba al mismo tiempo que los dientes rígidos lo harán; Los dientes estarán ubicados en el eje rotativo, dispuestas a 90° ($1,5708$ rad) entre sí, y se desea que actué sobre el fruto en tramos de 5 mm.

Gráfico 14.
Distribución de martillos.



Fuente: Autor 2016.

Se establece una relación de dos ecuaciones ya que ambos tiempos de recorridos deben ser iguales:

$$ta = \left(\frac{\theta}{\omega}\right) \quad \text{Ecuación (5) [2]}$$

ta = tiempo en el que las cuchillas recorrerán el area de giro

θ = trayectoria circular

ω = velocidad angular

La ecuación se obtiene por el principio de funcionamiento de un ventilador, el cual genera la transportación de una partícula por arrastre.

$$tb = \left(\frac{e \cdot r}{vi \cdot r}\right)$$

Ecuación (6) [2]

tb = tiempo en el que el producto recorrerá el área de giro

e = trayectoria que se requiere gire el fruto.

vi = velocidad de entrada del producto Impulsado por arrastre.

r = posición con respecto al radio en la que se ubicará la partícula.

Se establece que los tiempos son iguales porque recorrerán el área de giro al mismo tiempo, por lo tanto igualamos las ecuaciones (5) y (6) tenemos:

$$ta = tb$$

$$\frac{\theta}{\omega} = \frac{e}{vi}$$

Ecuación (7)

Al reemplazar los valores en la ecuación 7:

$$\frac{1,5708 \text{ rad}}{\omega} = \frac{5 \text{ s}}{309,4 \frac{\text{mm}}{\text{s}}}$$

$$\omega = 97,20 \frac{\text{rad}}{\text{s}} = 928,191 \text{ RPM}$$

4.1.5. Torque de corte requerido.

De los estudios realizados con el dinamómetro se obtuvo que es necesario aplicar 209,34 Newton para poder separar la cascara del fruto. El radio de giro de las cuchillas desde el centro del eje hasta la punta de las mismas es de 86,06 mm, el largo de las cuchillas está definida por el largo del fruto a procesar y equivale aproximadamente a la mitad de la longitud total de un fruto de balsa.

$F = 209,34 \text{ N}$; se utiliza la ecuación para hallar el Torque que se genera aplicando la fuerza requerida.

$$T = F \cdot r \quad \text{Ecuación (8) [2]}$$

$F = \text{fuerza necesaria.}$

$r = \text{radio de giro.}$

Al reemplazar obtenemos:

$$\text{Torque de corte requerido} = 209,34 \times 0,08606 \text{ m}$$

$$T = 18,015 \text{ N-m}$$

Calculamos la potencia de corte mediante la velocidad angular de la cuchilla. Aplicamos esta ecuación.

$$P_c = T * N \quad \text{Ecuación (9) [2]}$$

P_c = Potencia de Corte

T = Torque de corte requerido

N = Revoluciones por minuto.

Al reemplazar en la ecuación 9:

$$P_c = 18,015 \text{ N} - m . 928,121 \text{ RPM}$$

$$P_c = 16.720,099 \frac{\text{N} - m * rev}{min} = 105.055,4804 \frac{\text{N} - m}{min}$$

$$105.055,4804 \frac{\text{N} - m}{min} \cdot \frac{1 \text{ Hp}}{44741,99 \frac{\text{N} - m}{min}} = 2,34 \text{ Hp}$$

$$P_c = 2,34 \text{ Hp}$$

Con esto se logra determinar que la potencia mecánica mínima es de 2,34 Hp en el eje del rotor para que realice correctamente su trabajo.

4.1.6. Diseño del rotor de la recámara.

Se selecciona un motor de 3 Hp y 1750 rpm según los cálculos anteriores y de tipo monofásico porque el trabajo será realizado en áreas rurales. (Anexo 01)

4.1.7. Diseño del eje de transmisión.

Se calcula el torque del motor mediante la siguiente ecuación:

$$T = \frac{P}{\omega} \quad \text{Ecuación (10) [2]}$$

T = Torque del motor. [Nm]

P = Potencia del motor. [W]

W = Velocidad angular del motor [rad/s]

$$T = \frac{2237,099}{125,67} = 17,80 \text{ N} * m$$

De la siguiente ecuación obtenida del torque aplicado a la polea se consigue:

$$T = F_{tan} * r_1 \quad \text{Ecuación (11) [2]}$$

$$F_{tan} = \frac{T_{polea\text{menor}}}{r_1} = \frac{17,80 \text{ N} * m}{0,11 \text{ m}} = 161,69 \text{ N}$$

T = Torque del motor.

F_{tan} = Fuerza tangencial aplicado a la polea.

r₁ = Radio de polea motriz.

Ahora aplicando la ecuación (11) para encontrar el torque de la polea conducida;

$$T_{Polea\ mayor} = F_{tangencial} * r_2$$

r_2 = Radio de la polea conducida.

$$T = 161,69\ N * 0,15\ m = 24,25\ Nm$$

Se tiene como datos de motor lo siguiente:

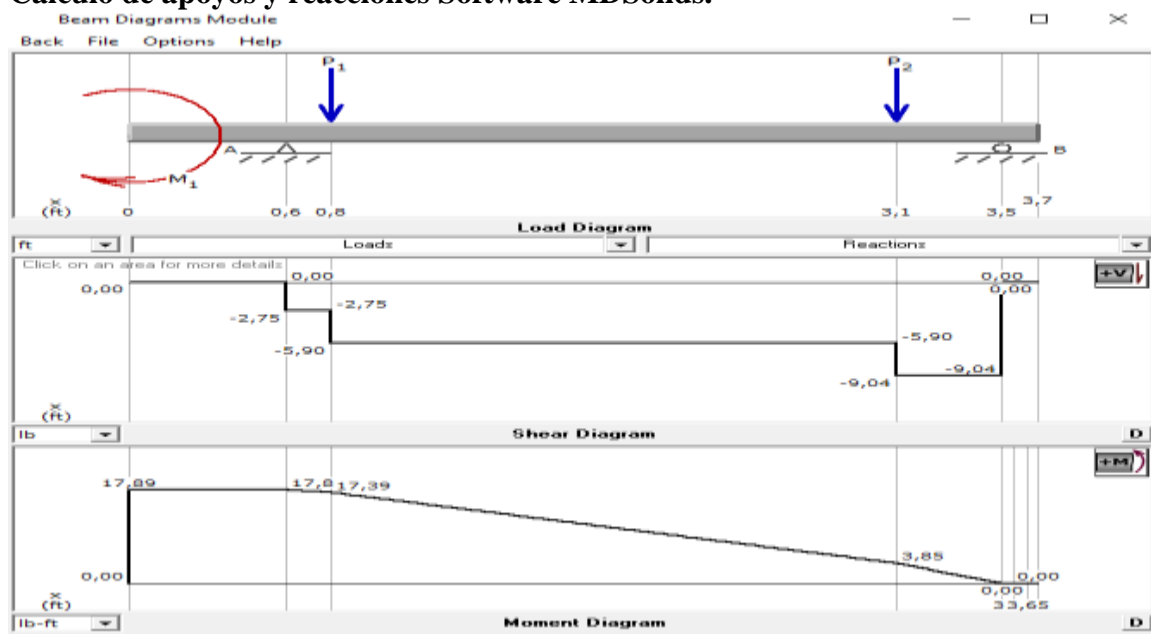
$$Pot = 3\ HP = 2237,099\ N\ m/s$$

$$N = 1200\ rpm = 125,67\ rad/s\ (\text{revoluciones reducidas por poleas})$$

4.1.8. Cálculos de reacciones y momentos.

Los cálculos de reacciones y momentos se realizaron con el software MD Solid 3.5.

Gráfico 15.
Calculo de apoyos y reacciones Software MDSolids.



Fuente: Autor 2016.

Así se obtiene que las reacciones en los apoyos son de:

$$A_y = 12,23 \text{ N}$$

$$B_y = 40,22 \text{ N}$$

Y el momento máximo es de 24,26 Nm

4.1.9. Cálculo de esfuerzos en el eje.

4.1.9.1. Esfuerzo de flexión.

Se determina que el diámetro del eje es de 31,75mm la cual es una medida estándar para ejes de transmisión con bajas cargas. [29]

Aplicando la siguiente ecuación se puede determinar el esfuerzo por flexión en barras sólidas:

$$\sigma_{Flexion} = \frac{32M}{\pi d^3} \quad \text{Ecuación (12) [29]}$$

M= Momento Máximo [Nm]

d= Diámetro del eje. [m]

Al reemplazar tenemos:

$$\sigma_{Flexion} = \frac{32(24,26 \text{ Nm})}{\pi(0,03175\text{m})^3} = 7.720.753,967 \text{ Pa}$$

4.1.9.2. Esfuerzo de torsión.

Aplicando la siguiente ecuación para determinar el esfuerzo por torsión en una barra sólida.

$$\tau_m = \frac{16T}{\pi d^3} \quad \text{Ecuación (13) [29]}$$

T= Momento Torsión aplicado [Nm]

d= Diámetro del eje. [m]

Al reemplazar:

$$\tau_m = \frac{16(24,26 \text{ Nm})}{\pi(0,03175\text{m})^3} = 3860376 \text{ Pa}$$

4.1.9.3. Esfuerzos equivalentes Von – Mises (Esfuerzos combinados).

$$\sigma_{eqa} = \sqrt{(\sigma_a)^2 + 3(\tau_a)^2} \quad \text{Ecuación (14) [35]}$$

$$\sigma_{eqm} = \sqrt{(\sigma_m)^2 + 3(\tau_m)^2} \quad \text{Ecuación (15) [35]}$$

En un eje en estado de rotación y torsión combinadas tiene un estado de esfuerzos biaxiales.

Reemplazando en las ecuaciones (14) y (15):

$$\sigma_{eqa} = \sqrt{\left(7.720.753,967 \frac{N}{m^2}\right)^2 + 3(0)^2} = 7.720.753,967 \text{ Pa}$$

$$\sigma_{eqm} = \sqrt{(0)^2 + 3\left(3860376 \frac{N}{m^2}\right)^2} = 6.686.367,368 \text{ Pa}$$

4.1.9.4. Límite de fatiga.

Para obtener este parámetro y determinar la seguridad de trabajo del material a utilizar, se aplica la ecuación para límite de fatiga conseguido:

$$s_e = K_a K_b K_c K_d K_e K_g S'_e \quad \text{Ecuación (16) [32]}$$

Datos:

S_e = límite de fatiga conseguido

S'_e = límite de fatiga del material

K_a = coeficiente modificador de superficie

K_b = coeficiente modificador de tamaño

K_c = coeficiente modificador de confiabilidad del material

K_d = coeficiente modificador de temperatura

K_e = coeficiente de concentración de tensiones

K_g = efectos diversos.

Al no tener el material modificación de temperatura de tensiones y de efectos diversos se tiene:

$$K_d K_e K_g = 1$$

Mientras los demás coeficientes se detallan a continuación:

$K_a = 0.8$ para maquinado

$$K_b = \left(\frac{d}{7,62}\right)^{-0,1133} \quad \text{Esta se aplica para (2,79 a 51 mm)} \quad \text{Ecuación (17) [32]}$$

d = diámetro del eje

$$K_b = \left(\frac{31,75}{7,62}\right)^{-0,1133} = 0,85$$

K_c = Se aplica un factor de confiabilidad de 90% lo cual equivale a:

$$K_c = 0,897.$$

El valor de S'_e , se determina por las propiedades del material a utilizar. (Anexo 02)

Tipo material = SAE 1018

Límite de elasticidad = $S_y = ; 351,57 \text{ MPa}$

Límite de ruptura = $S_{ut} = 439,89 \text{ MPa}$

Reemplazando en esta ecuación:

$$S'_e = 0,5 S_{ut} \text{ se aplica para flexión} \quad \text{Ecuación (18) [32]}$$

$$S'_e = 0,5(420,51 \text{ MPa}) = 219,94 \text{ MPa}$$

Al reemplazar en la ecuación (16):

$$S_e = (0,8)(0,85)(0,897)(219,94) = 134,16 \text{ MPa}$$

Se aplica Goodman para encontrar el factor de seguridad:

$$\frac{\sigma_a}{S_e} + \frac{\sigma_m}{S_{ut}} = \frac{1}{n} \quad \text{Ecuación (19) [34]}$$

Al reemplazar:

$$n = \frac{1}{\frac{7,72 \text{ MPa}}{134,16 \text{ MPa}} + \frac{6,69 \text{ MPa}}{439,89 \text{ MPa}}} = 13$$

Este resultado demuestra que el eje de 31,75mm es apropiado ya que el factor de seguridad es de 13 y se considera aceptable ya que soportara los esfuerzos que se producen en el proceso de la máquina y las deformaciones presentes por tratarse de un cuerpo en revolución.

4.1.10. Diseño de placas desgranadoras.

Estas están diseñadas en función del espacio interno de la criba. A continuación se procede con los cálculos para determinar si cumple los requerimientos de diseño.

Área total de la cara lateral de las placas determinada por software SolidWorks.

(Anexo 03)

Área total: 1580,25 mm²

Ahora se calcula el volumen total:

$$V_T = A_T \cdot e \quad \text{Ecuación (20)}$$

A_T: Área Total de la placa [m]

V_T: Volumen total de la placa [m³]

e: Espesor de la placa [m]

$$V_T = A_T \cdot e$$

$$V_T = 0,0016m^2 \cdot 4x10^{-3} = 6,4x10^{-6}m^3$$

Para realizar los cálculos se aplicó un espesor de 4mm ya que la carga que actúa sobre la placa es elevada durante su funcionamiento.

Cálculo del peso de la placa:

$$W = \delta_{material} * V_t * g \quad \text{Ecuación (21) [19]}$$

W= peso. [N]

δ = Densidad del material [$\frac{Kg}{m^3}$]

V_t= Volumen total [m³]

g= 9,81 m/s²

Reemplazando:

$$W = 7850 \frac{Kg}{m^3} * 6,4 \times 10^{-6} m^3 * 9,8 \frac{m}{s^2} = 0,492 N$$

$$W_t = 0,492 N * 12 \text{placas} = 5,904 N$$

4.1.10.1. Cálculos de esfuerzos de las placas.

La fuerza para desprender la vaina de la cápsula es la calculada con el dinamómetro (209,34 N), la altura de la placa es de 85mm, se procede a analizar la carga distribuida que actuará en la cara recta de la placa:

Para eso se aplica la siguiente ecuación:

$$q = F * l \quad \text{Ecuación (22) [19]}$$

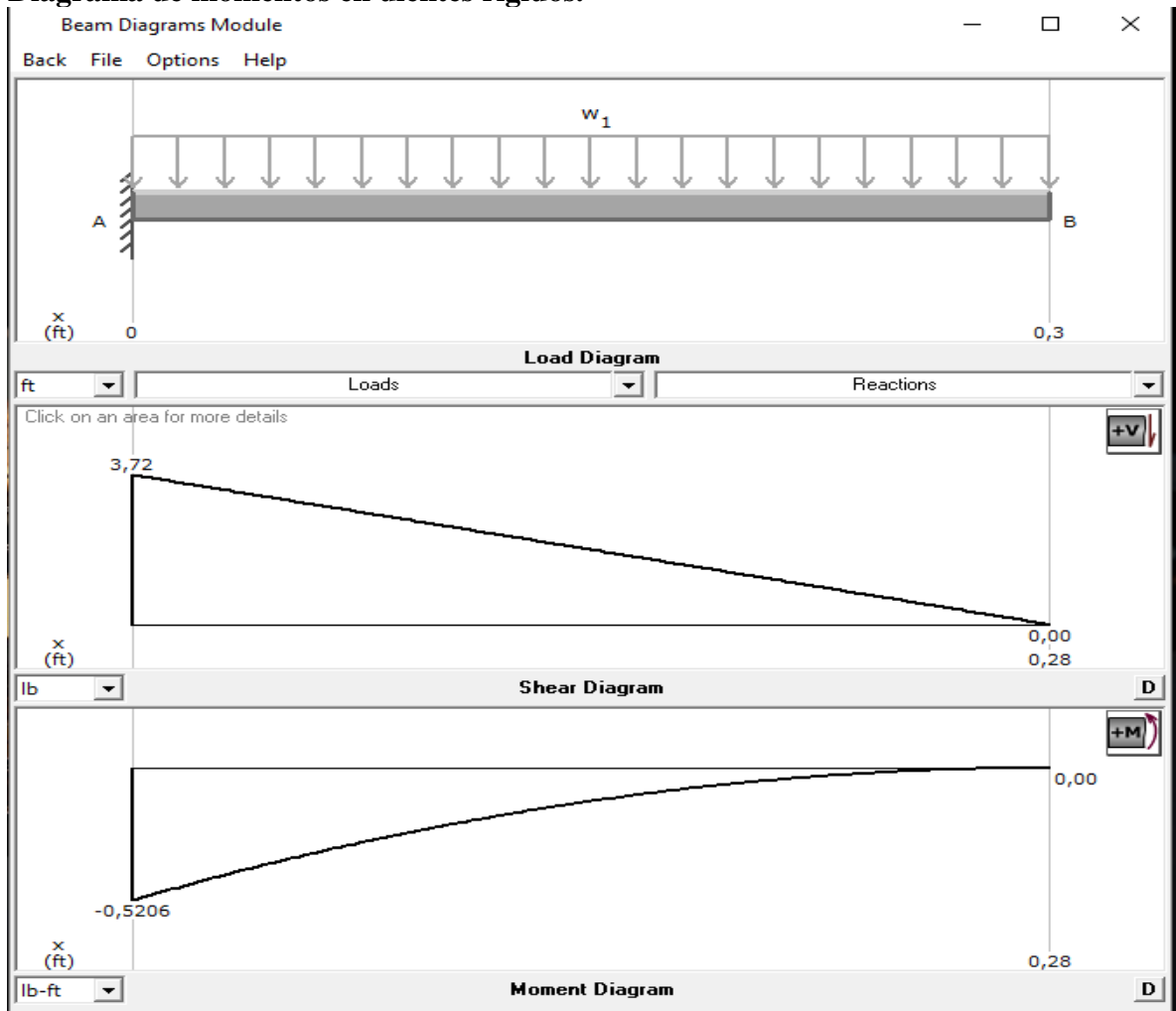
F= Fuerza necesaria para arrancar la vaina. [N]

l= altura de la placa. [m]

$$q = 209,34 N * 0,086 m = 18 Nm$$

4.1.10.2. Cálculo de momentos en placas desgranadoras.

Gráfico 16.
Diagrama de momentos en dientes rígidos.



Fuente: Autor 2016.

$$A_y = 1,69 \text{ kg}$$

$$M_a = 2,31 \text{ Nm}$$

Los esfuerzos presentes en las placas son de:

Corte

Flexión

Torsión

Esfuerzo de corte.

$$\tau = \frac{V}{A} \quad \text{Ecuación (23) [33]}$$

t: esfuerzo de corte [$\frac{N}{m^2}$]

V: Fuerza de corte [N]

A: Área de corte [m^2]

Área de corte = (4mm x 85mm)= 340mm²= 0,00034 m²

V= 209,34 N

$$\tau = \frac{209,34 \text{ N}}{0,00034 \text{ m}^2} = 615705,88 \text{ Pa}$$

Esfuerzo de flexión.

$$\sigma_{Flexion} = \frac{6M}{bh^2} \quad \text{Ecuación (24) [33]}$$

M= momentos máximo [Nm]

b= base de las placas [m]

h= Altura de las placas [m]

$$\sigma_a = \frac{6(2,31Nm)}{0,020m \cdot 0,086^2} = 28.442.028,73 \text{ Pa}$$

Esfuerzos equivalentes.

$$\sigma_{eqa} = \sqrt{(28.442.028,73Pa)^2 + 3(615.705,88Pa)^2} = 28462014Pa$$

$$\sigma_{eqm} = \sqrt{(0)^2 + 3(0)^2} = 0$$

Límite de fatiga:

Con la ecuación (16) se calcula S_e :

$$s_e = K_a K_b K_c K_d K_e K_g S'_e$$

$$K_d K_e K_g = 1$$

$K_a = 0,8$ para maquinado

$K_b =$ como se trata de una placa se debe calcular el diámetro equivalente mediante la siguiente ecuación:

$$d_e = 0,808\sqrt{a * b} \quad \text{Ecuación (25) [32]}$$

$$d_e = 0,808\sqrt{4 * 85} = 14,90\text{mm}$$

$$K_b = \left(\frac{14,90}{7,62}\right)^{-0,1133} = 0,92$$

$K_c = 0,897$ para 90% de confiabilidad

Para obtener el valor S'_e se necesitan los datos del material: (Anexo 04)

Tipo de material: ASTM A36

Límite de elasticidad: 250 MPa

Límite de rotura: 400 MPa

$$S'_e = 0,5 (400 \text{ MPa}) = 200 \text{ MPa}$$

$$S_e = (0,8)(0,92)(0,897)(200 \text{ MPa}) = 132 \text{ MPa}$$

Aplicación de Goodman para factor de seguridad.

$$n = \frac{1}{\frac{28,46 \text{ MPa}}{132 \text{ MPa}} + \frac{0}{400 \text{ MPa}}} = 4$$

Con este resultado se comprueba que las dimensiones de las placas son aceptables, para los requerimientos de la desgranadora de balsa, ya que el coeficiente de seguridad demuestra que podrá realizar 4 veces el esfuerzo para el que fue seleccionado el material.

4.1.11. Selección de chumaceras.

Las chumaceras son elegidas de catálogos de las mayores casas productoras a nivel mundial como SKF, FAG, NTN, y para la elección de los rodamientos se procede a realizar los cálculos de diseño. (Anexo 05)

4.1.11.1. Cálculo del esfuerzo estático de los rodamientos.

$$f_s = \frac{C_{o\text{requerido}}}{P_o} \quad \text{Ecuación (26) [37]}$$

f_s : Factor de esfuerzo estático (1-1,5 para exigencias normales de funcionamiento)

C_o requerido: Capacidad de carga estática requerida.

P_o : Carga estática equivalente.

Para determinar la carga estática se utiliza la siguiente ecuación:

$$P_o = X_o \cdot F_r + Y_o \cdot F_a \quad \text{Ecuación (27) [37]}$$

X_o : Factor de carga radial [KN]

F_r : Carga radial [KN]

Y_o : Factor de carga axial (0,54 rodamientos simple efecto)

F_a : Carga axial [KN]

Las cargas radiales ya fueron determinadas en el cálculo del eje, en este caso no existe carga axial.

$$R_a = 12,23 \text{ N}$$

$$R_b = 40,22 \text{ N}$$

$$R_{a2} = 16,54 \text{ N}$$

Con la aplicación de Pitágoras se obtiene la fuerza resultante en A, la misma que proviene de la fuerza radial ya que la fuerza axial es 0.

$$R_{a \text{ resultante}} = \sqrt{(R_a)^2 + (R_{a2})^2}$$

$$R_{a \text{ resultante}} = 20,60 \text{ N}$$

Se asume un factor de seguridad $f_s = 1,5$ reemplazando en la ecuación (26):

$$C_{0 \text{ requerido}} = 1,5P_0$$

Para el cálculo de P_0 existen dos alternativas:

$$P_0 = F_r, \text{ cuando } \frac{F_a}{F_r} \leq 0,8$$

$$P_0 = 0,6F_r + 0,5F_a, \text{ cuando } \frac{F_a}{F_r} > 0,8$$

Como no tenemos fuerza axial, por lo tanto $\frac{F_a}{F_r} = 0$, $P_0 = F_r$

Al reemplazar en la ecuación:

$$C_{0 \text{ requerido}} = 1,5(20,60) = 30,9 \text{ N}$$

4.1.11.2. Cálculo de los rodamientos solicitados dinámicamente.

$$C_{requerido} = \frac{f_L \cdot f_Z}{f_n} * P \quad \text{Ecuación (28) [37]}$$

f_L : Factor dinámico.

f_Z : Factor de corrección para transmisión (2 para bandas trapeciales).

f_n : Factor de velocidad.

P: Es la carga equivalente.

De la consideración anterior se tiene que:

$$P = 30,9 \text{ N}$$

Para encontrar el factor de velocidad f_n se dispone:

$$f_n = \sqrt{\frac{\rho}{n} \frac{1}{33^3}} \quad \text{Ecuación (29) [37]}$$

P= Exponente de duración (3 para rodamientos)

n= velocidad angular equivalente en rpm [1200rpm]

Reemplazando: $f_n = 0,14$

El factor dinámico se determina por:

$$f_L = \sqrt{\frac{\rho}{500} L_h} \quad \text{Ecuación (30) [37]}$$

L_h = Es la duración de horas de funcionamiento

Reemplazando: $f_L = 0,46$

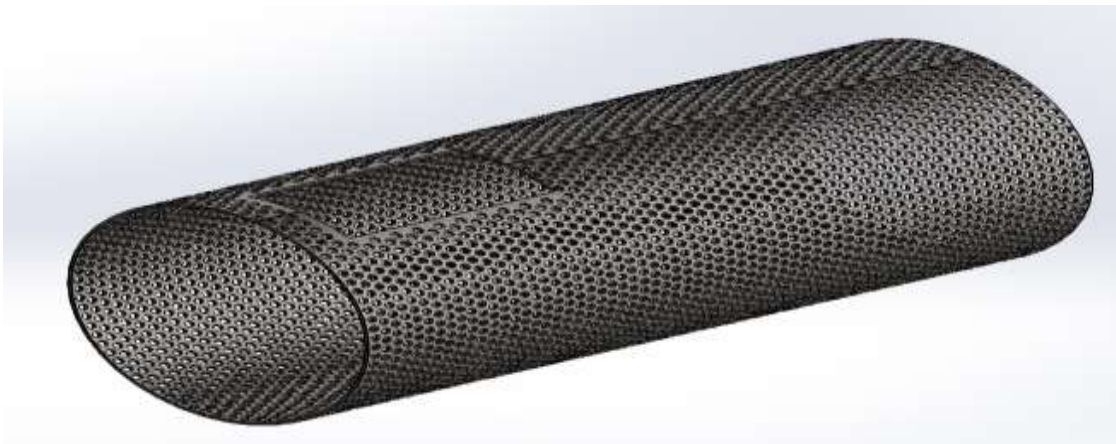
Sustituyendo los valores obtenidos en la ecuación (28) se dice que la capacidad de carga dinámica requerida es de: $C_o \text{ requerido} = 203,15 \text{ lb}$

Con, estos valores C_o requerida; y el diámetro de 31,75 mm se selecciona del catálogo, chumaceras que cumplan con la condición, obteniendo chumaceras de pared NTN de serie UCFL207 – 104 D1. (Anexo 06)

4.1.12. Diseño del estator de la recámara “Criba”.

La criba está constituida de un cilindro perforado o trómmel, cumpliendo la función de dejar pasar solamente las semillas de balsa y reteniendo dentro las vainas y lana del fruto de balsa. Está conformada de una plancha perforada de 5 mm y agujeros de 8mm y tiene un radio interno de 140mm el cual fue elegido para admitir un espacio libre de 1 mm cediendo así el paso únicamente de la semilla. [26] (Anexo 07)

Gráfico 17.
Criba o Estator.



Fuente: Autor 2016.

4.1.13. Diseño del sistema de transmisión

Debido a que la polea principal va acoplada al eje de salida de un motor eléctrico, el número de revoluciones será de 1750rpm el mismo valor que el del motor.

La relación de velocidad entre polea conductora y conducida, para evitar el deslizamiento se expresa como:

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{d_2}{d_1} = i \quad \text{Ecuación (31) [36]}$$

N_1 = Velocidad polea motriz. [Rpm]

N_2 = Velocidad polea conducida. [Rpm]

D_1 = Diámetro polea motriz. [mm]

D_2 = Diámetro polea motriz. [mm]

i = Relación de transmisión.

La velocidad recomendable para el desgrane de esta semilla es de 1200rpm.

Reemplazamos los datos en la ecuación (31).

$$i = \frac{\text{velocidad del motor}}{\text{velocidad sistema desgranador}} = \frac{1750}{1200} = 1,4$$

Relación de velocidad: $i=1,4$

4.1.13.1. Potencia Corregida.

Se requiere calcular la potencia corregida del motor para poder determinar las dimensiones de las poleas motriz y conducida.

$$P_c = P_t * C \quad \text{Ecuación (32) [36]}$$

En esta ecuación:

P_c : Es la potencia real que prestara el motor al equipo.

C : Es la constante para servicio depende del tipo de motor a utilizar, en este caso será de 1,0 ya que es un motor eléctrico aplicado a una carga uniforme. (Anexo 08)

P_t : 3HP, es la potencia del motor a una velocidad de 1750 rpm.

Reemplazando;

$$P_c = 3HP * 1,0 = 3HP$$

De acuerdo a la tabla y al tipo de transmisión de potencia que existe se determina que la banda será de perfil “A”

4.1.13.2. Diámetro de polea motriz y conducida.

El diámetro de la polea motriz está determinado por el tipo de banda (el cual es “tipo A”) porque va a transmitir un esfuerzo mecánico a través de la banda. De acuerdo a datos y estudios anteriores se tiene:

D_m : (75 a 118mm). [40]

Se escoge un valor intermedio D_m : 115mm para la polea motriz, de acuerdo a la ecuación:

$$D_c = 115mm * 1,4 = 160mm$$

D_c = Diámetro polea conducida.

Para determinar la distancia entre centro se aplica la siguiente ecuación cuando la relación de velocidad se encuentra entre 1 y 3.

$$I \geq \left[\frac{(i+1)D_m}{2} + D_m \right] mm \quad \text{Ecuación (33) [40]}$$

D_m = Diámetro polea motriz.

Aplicando la ecuación tenemos que $I \geq 253$ mm.

4.1.13.3. Cálculo de la longitud primitiva de la banda

Para calcular la longitud de una banda se aplica la siguiente ecuación;

$$L = \frac{\pi}{2}(D_p + d_p) + 2C + \frac{(D_p - d_p)^2}{4C} \quad \text{Ecuación (34) [40]}$$

Donde;

L: Longitud primitiva de la banda. [mm]

D_p : Diámetro de polea mayor. [mm]

d_p : diámetro de polea menor. [mm]

C: Distancia entre centros. [mm]

Reemplazando en la ecuación 34 se obtiene: 940mm de longitud primitiva de la banda.

Con la longitud primitiva teórica calculada, se recurre a la tabla de correas del proveedor y se selecciona la más próxima: 978mm.

Ahora que ya se tiene la longitud nominal de la banda se puede calcular la distancia entre centros corregida.

$$I' = \left[I + \left(\frac{L' - L}{2} \right) \right] mm \quad \text{Ecuación (35) [40]}$$

I = Distancia entre centros. [mm]

L' = Longitud nominal. [mm]

L = Longitud primitiva [mm]

Reemplazando:

$$I' = 272mm$$

La dimensión de la banda se la encuentra en pulgadas en los proveedores entonces se necesita una banda en A de 39 in

4.1.13.4. Cálculo de contacto de polea mayor y menor.

Se aplica la siguiente ecuación para determinar el ángulo de contacto de la polea menor:

$$\theta_1 = 180^\circ - \frac{60(Dc - Dm)}{I'} \quad \text{Ecuación (36) [40]}$$

Donde;

Dc: diámetro de polea conducida.

Dm: diámetro de polea motriz.

I': distancia entre centros corregida.

Reemplazando tenemos:

$$\theta_1 = 170,07^\circ$$

Se aplica la siguiente ecuación para determinar el ángulo de contacto de la polea menor:

$$\theta_2 = 180^\circ + \frac{60(D_c - D_m)}{I} \quad \text{Ecuación (37) [40]}$$

$$\theta_2 = 190^\circ$$

4.1.13.5. Cálculo de la potencia transmisible por banda.

Esta dada por la siguiente ecuación:

$$P_u = (P_b + P_d) * C_x * C_l \quad \text{Ecuación (38) [40]}$$

P_b: Prestación base (anexo 09) (2,78 HP)

P_d: Prestación adicional (anexo 09) (0,27 HP)

C_x: Factor de corrección para arcos de contacto (anexo 10) (0,98)

C_l: Factor de corrección por el tipo de correa (anexo 10) (0,96)

$$P_u = (2,78 + 0,24) * 0,98 * 0,96 = 2,84 \text{ c}$$

4.1.13.6. Cálculo del número de bandas.

El número de bandas a utilizar surge de una relación entre la potencia corregida y la potencia transmisible por la banda. Con la siguiente ecuación:

$$Núm = \frac{P_c}{P_u} \quad \text{Ecuación (39) [40]}$$

P_c : Potencia corregida.

P_u : Potencia transmisible.

Reemplazando; Núm.: 0,95; se adopta 1 banda la cual garantiza el correcto funcionamiento.

4.1.13.7. Verificación de la velocidad.

La velocidad tangencial de la banda no debe sobrepasar los 30 m/s en caso de ser necesarias velocidades mayores a esta se deben utilizar poleas especiales.

$$V_t = \frac{\pi * d * n}{60 * 1000} \left(\frac{m}{s} \right) \quad \text{Ecuación (40) [40]}$$

d = Diámetro polea menor.

n = Velocidad [rpm]

Reemplazando tendremos; $V_t = 10,53$ m/s, lo cual nos demuestra que el sistema se encuentra dentro de parámetros óptimos de funcionamiento.

4.1.13.8. Factor de seguridad.

El factor de seguridad se determina haciendo una relación entre las condiciones máximas de servicio y del real esperado. Determinado mediante la siguiente ecuación.

$$F_s = \frac{P_a * N_b}{P_{nominal} * K_s} \quad \text{Ecuación (41) [40]}$$

Pa: Potencia transmitida por banda.

Nb: Numero de bandas.

Pnominal: Potencia corregida del sistema.

Ks: Factor de servicio.

Reemplazando. F_s : 1

$$F_s = \frac{2.84 * 1}{3 * 1}$$

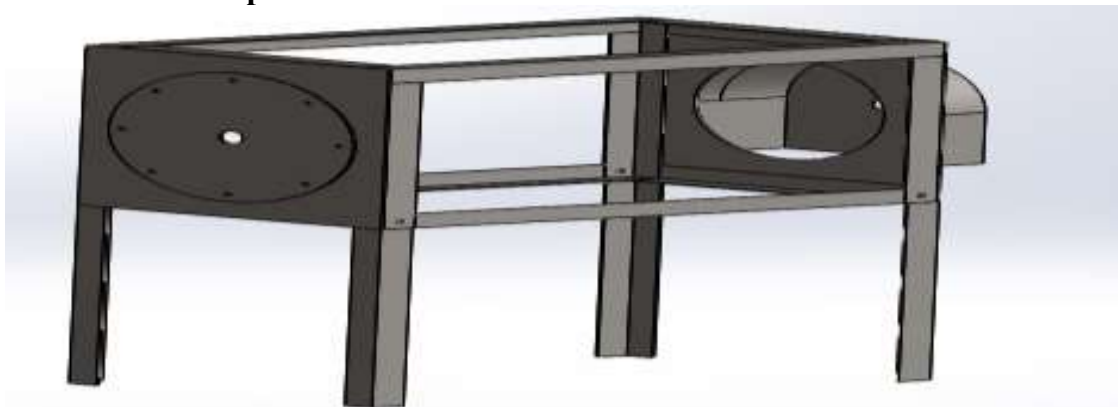
$$F_s = 1$$

4.1.14. Diseño de la estructura soporte.

La estructura soporte se la dimensiona en base a los parámetros diseñados con anterioridad, se plantea que debe cubrir tanto parámetros de diseño, y de estética.

Para determinar si la estructura cumple con los requerimientos adecuados de diseño, se realiza un análisis con el Software SolidWorks el cual permite efectuar análisis de elementos finitos. Se procede a diseñar la estructura especificando el material base ASTM A36 en el programa obteniendo lo siguiente:

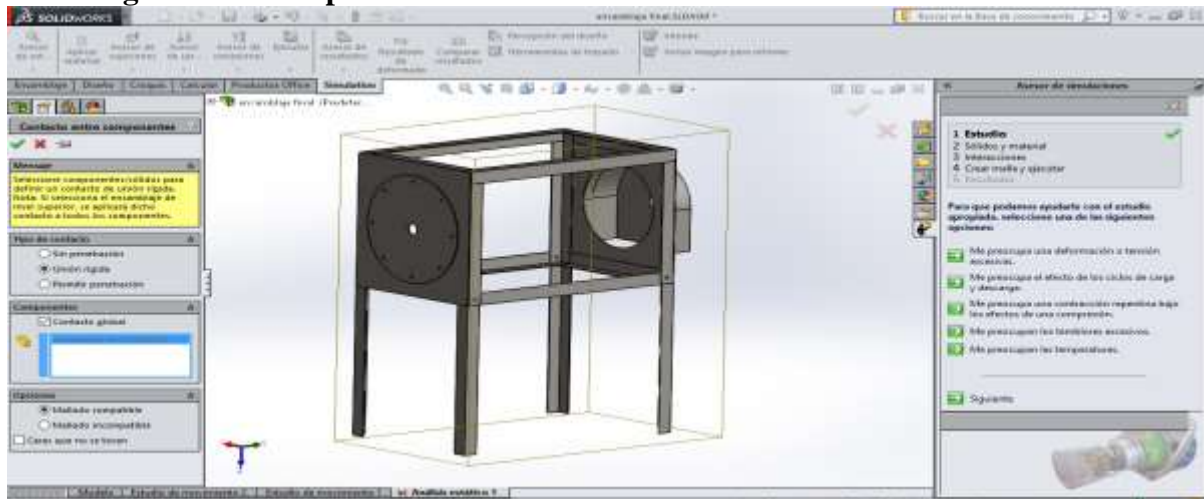
Gráfico 18.
Estructura Principal



Fuente: Autor 2016.

Ahora se agrega las sujeciones de los elementos entre sí para eso se aplica una unión rígida para simular que todos los elementos se encuentran soldados en sus respectivos contactos entre ellos de la siguiente manera:

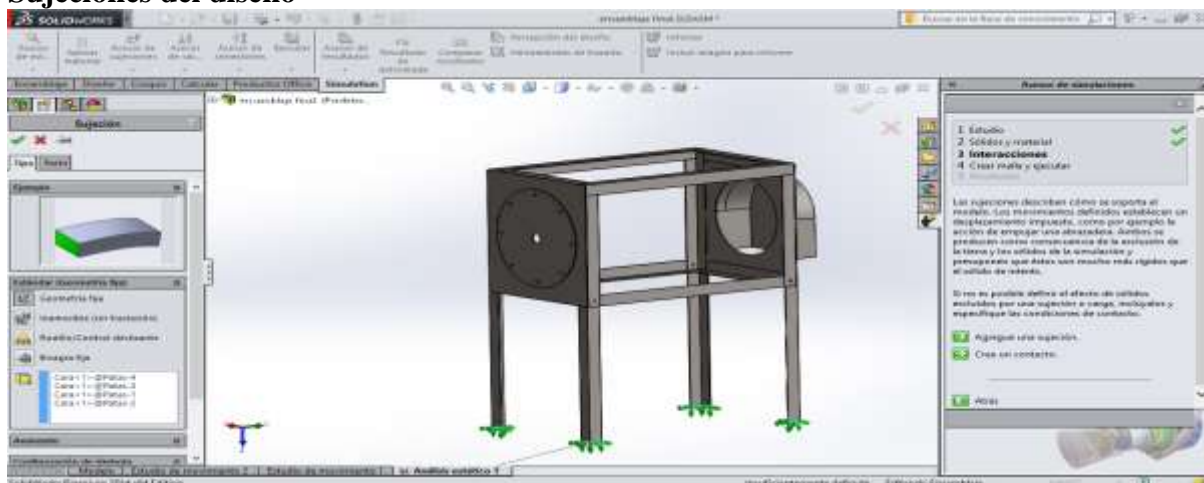
Gráfico 19.
Unión rígida entre componentes



Fuente: Autor 2016.

Se designa como se fija el diseño. En este caso mediante las patas de la estructura ya que así ira fijo en el suelo de la siguiente manera:

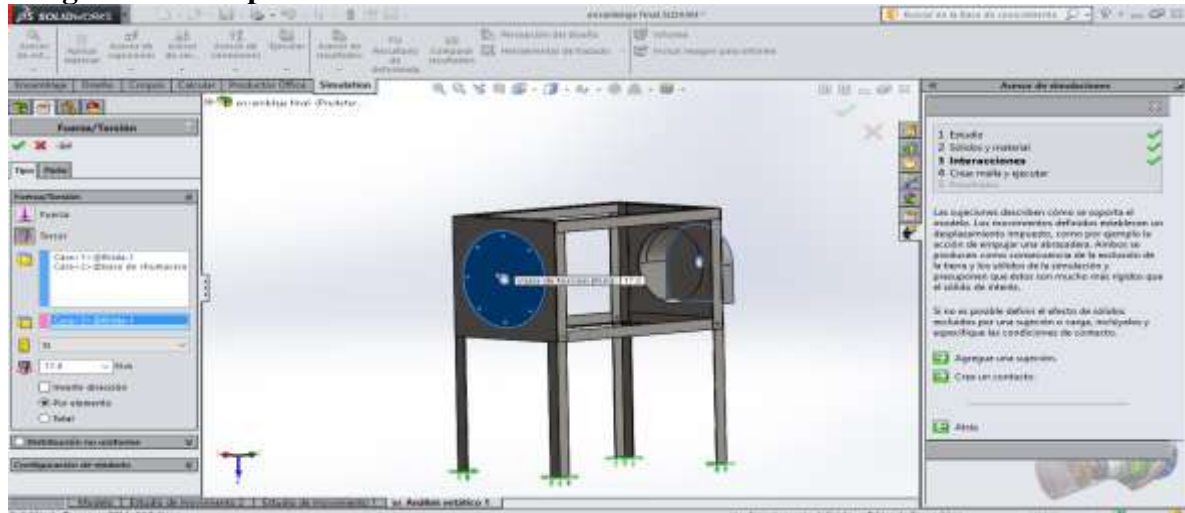
Gráfico 20.
Sujeciones del diseño



Fuente: Autor 2016.

Para determinar que el diseño soporta el torque que genera el motor el cual es de 17,80 N-m; se aplica el mismo en las caras de soporte. De la siguiente manera:

Gráfico 21.
Cargas radiales aplicadas.



Fuente: Autor 2016.

Se coloca el peso de la criba que va soldada en los soportes de la siguiente manera: el cual representa 4,53 Kg por cara ya que estará dividido entre los dos apoyos peso total 9,07 Kg.

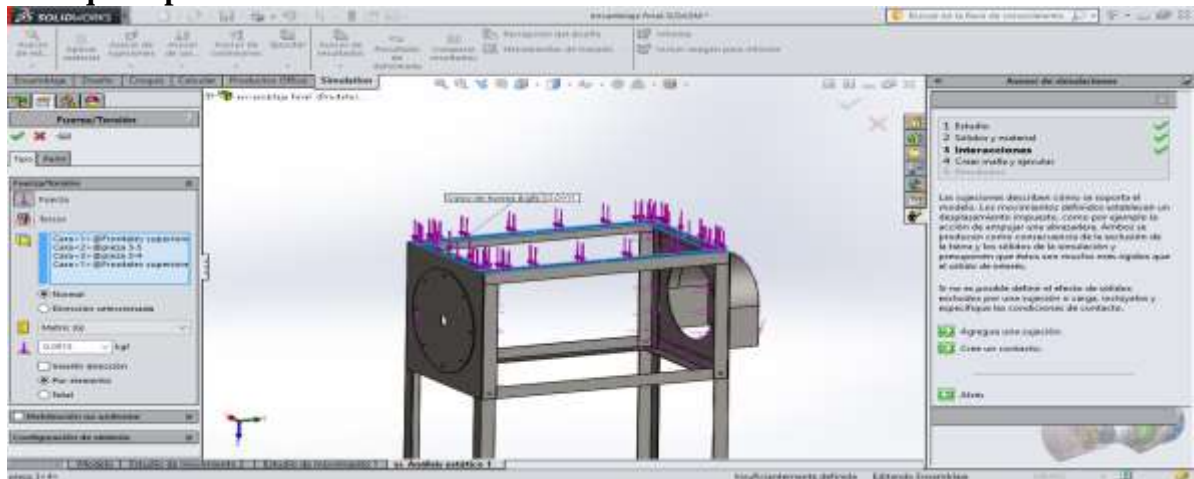
Gráfico 22.
Peso Aplicado a las bases.



Fuente: Autor 2016.

Y por último se añade el peso del producto a procesar, se estima un promedio de 10 frutos que ingresan a la vez con un peso total de 0,366 kg distribuido entre los puntos de apoyo quedando de la siguiente manera:

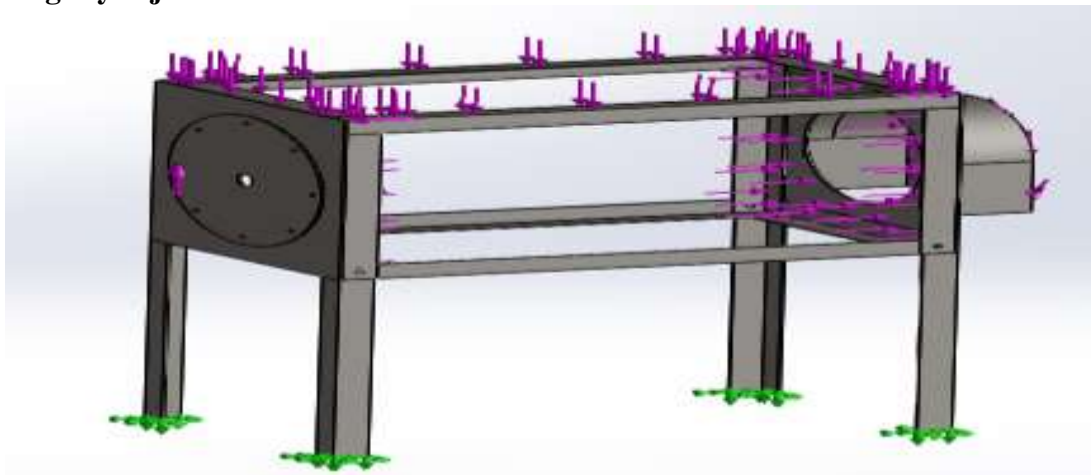
Gráfico 23.
Peso que soportará la estructura.



Fuente: Autor 2016.

Al final se presentan las cargas y sujeciones representadas de la siguiente manera:

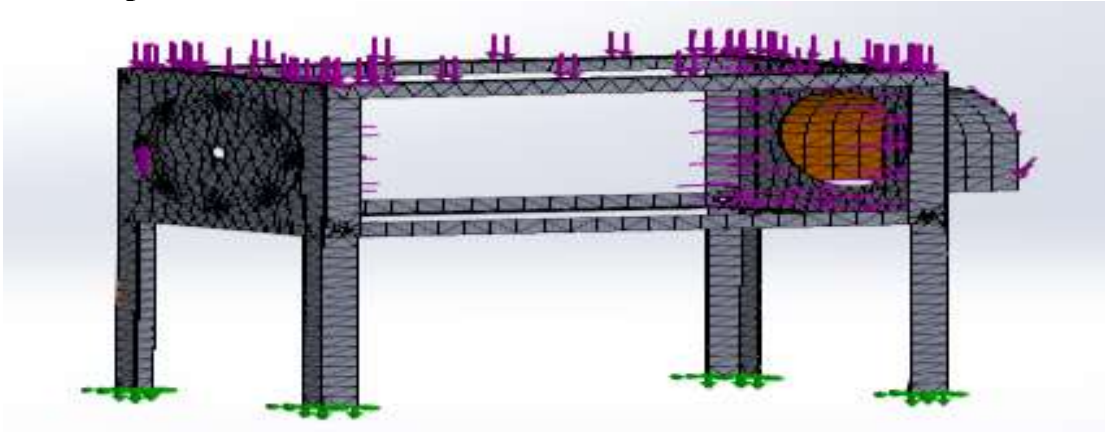
Gráfico 24.
Cargas y sujeciones a estudiar



Fuente: Autor 2016.

A continuación se genera el mallado automático del programa el cuál determina los parámetros de diseño y cálculo.

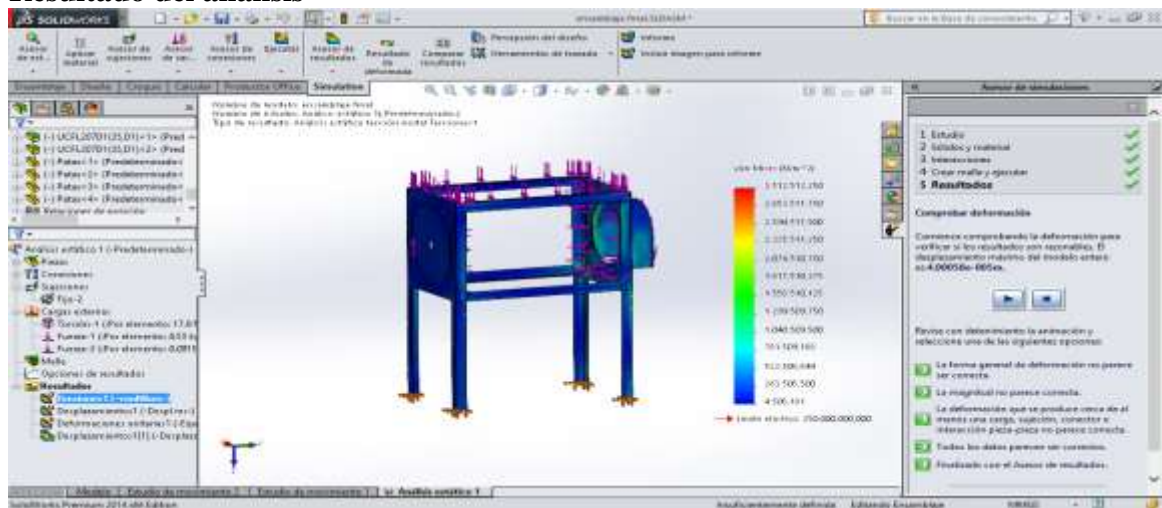
Gráfico 25.
Mallado para análisis de elementos finitos.



Fuente: Autor 2016.

Y estos son los resultados del estudio:

Gráfico 26.
Resultado del análisis



Fuente: Autor 2016.

Los resultados obtenidos nos permiten interpretar que los esfuerzos generan deformaciones de menos de 0,06 mm. Esto significa que los requerimientos están dentro de lo permitido por el material designado y se encuentra en óptimas condiciones para el funcionamiento requerido y cumplirá con un alto factor de seguridad ya que este software nos permite simular las condiciones de trabajo real.

4.1.15. Diseño de la Tolva de alimentación.

La dimensión de la tolva se encuentra diseñada en función de:

- Longitud de la cápsula.
- Rozamiento producido entre las superficies del fruto y las láminas mecánicas.
- Angulo que nos permita evitar fricción estática.

La Fao “Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura” determina que el ángulo de talud para que un grano resbale en una superficie determinada debe ir desde los 24° hasta los 60°.

Se tomó en cuenta un diseño de 45° para que no existan inconvenientes al momento de ingreso del producto. Teniendo en cuenta lo siguientes datos:

Datos.

Dm: 0,04m “Diámetro de capsula”.

Lm: 0,2m “Largo de capsula”

m: 0,0366Kg “Masa de capsula”

g: 9,8 m/s²

Vi: 0,3094 m/s

Con estos se puede determinar la longitud aproximada del plano por el que se deslizará la mazorca.

En eje Y:

$$\sum Fy = 0 \quad \text{Ecuación (42) [2]}$$

$$N_1 - W_y = 0$$

$$N_1 = W \cdot \cos 45^\circ = m \cdot g \cdot \cos 45^\circ = 0,2536N$$

$$N_1 = 0,2536N$$

70

En eje X:

$$\sum Fx = m \cdot a \quad \text{Ecuación (43) [2]}$$

$$W \cdot \sin 45^\circ - \mu \cdot N_1 = m \cdot a$$

$$a = \frac{(0,0366 * 9,8) \cdot \sin 45^\circ - (0,623)(0,2536)}{0,0366} = 2,62 \frac{m}{s^2}$$

μ : Coeficiente de fricción determinado por la F. A. O. para las capsulas de balsa

Con la siguiente ecuación se determina la velocidad, aplicando un valor de tiempo menor a un segundo.

$$V = a \cdot t + V_0 \quad \text{Ecuación (44) [2]}$$

a: Aceleración.

t : Tiempo.

V₀: Velocidad inicial.

Entonces;

$$V = 2,62 \frac{m}{s^2} \cdot 0,5 = 1,3 \frac{m}{s}$$

72

Por último se procede a realizar los cálculos de longitud de la tolva mediante la siguiente ecuación.

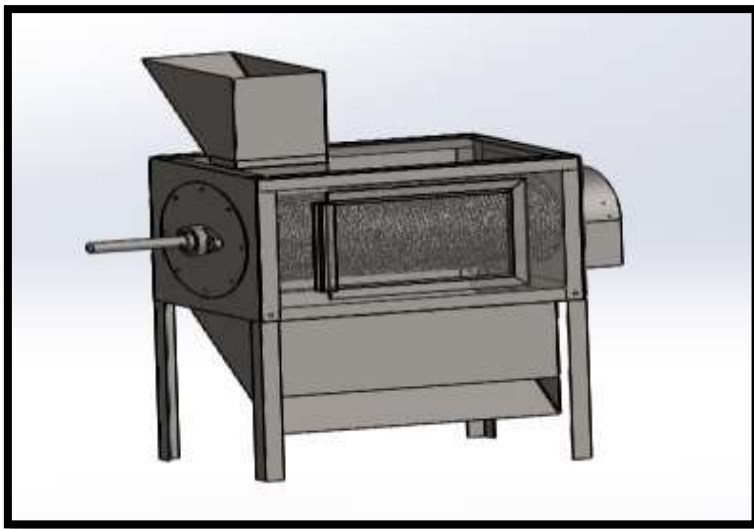
$$x = V_0 t + \frac{1}{2} a \cdot t^2 \quad \text{Ecuación (45) [2]}$$

Reemplazando;

$$x = \frac{1}{2} (2,62)(0,5)^2 = 0,3275 \text{ m.}$$

Obteniendo al final del diseño el primer prototipo para pruebas.

Gráfico 27.
Diseño Final de la máquina.



Fuente: Autor 2016.

4.1.16. Pruebas de funcionamiento de la máquina.

Una vez realizado el diseño se construye la maquina bajo los parámetros determinados por esta investigación y luego a realizar procesos de pruebas de funcionamiento para verificar los resultados.

Gráfico 28.
Máquina Construida para pruebas.



Fuente: Autor 2016.

Gráfico 29.
Pruebas en PLANTABAL S.A.



Fuente: Autor 2016.

Gráfico 30.
Frutos a procesar.



Fuente: Autor 2016.

Gráfico 31.
Porcentaje de Humedad presente en el fruto.



Fuente: Autor 2016.

**Cuadro 7.
Resultados de pruebas**

| N° | N° | Peso | del RH | % | RH% | de | Tiempo | Semilla |
|----------------|-------------------|-----------------|---------------|-------------------|--------------|-----------------|---------------|----------------|
| Proceso | Cápsulas | Producto | del | la semilla | (min) | obtenida | | |
| | Procesadas | (libras) | fruto | | | | | (g) |
| 1 | 150 | 12 | 11,3 | 12,56 | 5 | 764 | | |
| 2 | 195 | 17,5 | 13,8 | 14 | 5,40' | 1208 | | |
| 3 | 136 | 10,8 | 12,7 | 13,7 | 4,28' | 776 | | |
| 4 | 106 | 8,4 | 11,3 | 13,1 | 3,16' | 597 | | |

Fuente: Autor 2016.

Analizando el resultado obtenido y mediante una relación entre el peso del producto procesado y el peso esperado de semillas se puede determinar el porcentaje de pérdida de producto durante ocasionado por el equipo. Utilizamos el proceso numero 2 ya que es que reúne las mejores condiciones de humedad para el proceso.

Mediante el peso obtenido (1208 gramos) de semilla determinamos que aproximadamente se obtuvieron 214167 semillas en este proceso, el numero esperado en un saco de 195 capsulas se presume en 234000 semillas haciendo una relación entre ellos se puede determinar que lo obtenido representa a 91,52 % del producto total esperado, lo cual significa que las pérdidas son de aproximadamente 8,5 %.

Esto demuestra que el proceso es eficiente y cumple con los requerimientos antes planteados.

4.2. Estudio Económico.

4.2.1. Costo Material.

Cuadro 8.

Costo material.

| Descripción | Unidad | Costo U. | Costo T. | Valor |
|---|--------|----------|-----------------------|---------------|
| POLEAS 115X30MM (3 LB.) | 1,00 | UND | 10,80 | 10,80 |
| POLEAS 160X30MM (3 LB.) | 1,00 | UND | 10,80 | 10,80 |
| ANGULO LAMD. 40X40X3MM (1 1/2X1/8)" | 12,00 | MT. | 1,51 | 18,08 |
| ANILLO PLANO AC. NEGRO SAE 9/16" | 1,00 | UND. | 0,05 | 0,05 |
| ANILLO PRESION AC. NEGRO SAE 3/8" | 12,00 | UND. | 0,01 | 0,08 |
| ANILLO PRESION AC. NEGRO SAE 7/16" | 4,00 | UND. | 0,01 | 0,03 |
| TABLERO METALICO ELECT.30X20X15CM | 1,00 | UND. | 29,00 | 29,00 |
| ENCHUFE CLAVIJA 32 AMP. | 1,00 | UND. | 2,50 | 2,50 |
| PULSADOR WED MARCHA | 1,00 | UND. | 12,50 | 12,50 |
| TERMINAL OJO CABLE 12-10 6.4MM AMARILLO | 6,00 | UND. | 0,25 | 1,50 |
| CONTACTOR SIEMENS 2025 380/440V. | 1,00 | UND | 50,00 | 50,00 |
| PERNO TIRAFONDO GALV.3/4"X10MM (50UND) | 5,00 | UND. | 0,04 | 0,19 |
| RIEL DIN RANURADO (X1MTS C/U) 220/380/440V. | 1,00 | UND | 2,50 | 2,50 |
| BREAKER 5SX1310-7 3P 10A 240V 10KA | 1,00 | UND | 20,56 | 20,56 |
| PERNO ALLEN CBZ. CILIND. AC. NEGRO METRICO 10X40MM | 1,00 | UND. | 0,15 | 0,15 |
| PERNO CBZ. EXG. AC. NEGRO SAE NC 1/2"X1-1/2" | 4,00 | UND. | 0,21 | 0,82 |
| PERNO CBZ. EXG. AC. NEGRO SAE NF 3/8"X1 1/2" | 4,00 | UND. | 0,13 | 0,52 |
| PERNO CBZ. EXG. AC. NEGRO SAE NC 3/8"X1" | 8,00 | UND. | 0,07 | 0,57 |
| PERNO CBZ. EXG. AC. NEGRO SAE NC 5/16"X3/4" | 35,00 | UND. | 0,04 | 1,33 |
| PERNO CBZ. EXG. AC. NEGRO SAE NC 7/16"X2" | 4,00 | UND. | 0,14 | 0,56 |
| PLANCHA NEGRA L/C 1220X2440X2,00MM L/C | 39,30 | KL | 0,61 | 24,00 |
| PLANCHA NEGRA L/C 1220X2440X3,00MM L/C | 35,05 | KL | 0,57 | 19,90 |
| ELECTRODO DE PLASMA C/TOBERA LARGA | 3,00 | UND. | 4,81 | 14,43 |
| GAS INDURMIG 9M3 | 0,20 | UND | 113,81 | 22,76 |
| TUBO SCH-40 3 1/2"X3" (CELUL-40 88X77MM) | 0,80 | MT. | 14,30 | 11,44 |
| TUERCA EXAG. AC. NEGRO SAE NC 1/2" | 4,00 | UND. | 0,05 | 0,21 |
| TUERCA EXAG. AC. NEGRO SAE NC 3/8" | 8,00 | UND. | 0,03 | 0,26 |
| TUERCA EXAG. AC. NEGRO SAE NC 7/16" | 4,00 | UND. | 0,06 | 0,23 |
| TUERCA EXAG. AC. NEGRO SAE NF 3/8" | 4,00 | UND. | 0,03 | 0,13 |
| LIJA PARA AGUA "FANDELI"#120 | 1,00 | UND. | 0,32 | 0,32 |
| DISCO PARA DESBASTAR 4 1/2"X1/4"X7/8" TAILIN | 1,00 | UND. | 1,00 | 1,00 |
| DISCO LAMD FIBRA INOX. ZA-40 (4 1/2"X7/8") GRINDING | 2,00 | UND. | 3,26 | 6,53 |
| DISCO PARA CORTAR AC. INOX. 4.5"X1.0X7/8" SG | 1,00 | UND. | 1,44 | 1,44 |
| EJE TRANS. 1 1/4" | 1000 | MM. | 0,01014 | 10,14 |
| CHUMACERAS NTN UCFL 207-104D1 | 2 | UND. | 27,04 | 54,08 |
| ANILLO NEG. PLANOS 3/4" | 2 | UND. | 0,11 | 0,22 |
| RELEY TERMICO SIEMENS 20-25 AMP. | 1 | UND. | 43 | 43 |
| MOTOR WEG monofásico. 1800RPM | 1 | UND. | 248 | 355 |
| | | | | 727,63 |
| | | | IVA 14% | 101,8682 |
| | | | VALOR MATERIAL | 829,50 |
| | | | VALOR TOTAL | 829,50 |

Fuente: Autor 2016.

4.2.2. Costos de mano de obra.

Cuadro 9.

Costo de mano de obra.

| Descripción | # | Salario/Hora | Horas | Total |
|------------------|---|--------------|-------|-------|
| Soldador | 1 | 10 | 16 | 160 |
| Tornero | 1 | 10 | 5 | 50 |
| Maestro Mecánico | 1 | 10 | 85 | 850 |
| TOTAL | | | | 1060 |

Fuente: Autor 2016.

4.2.3. Costos totales.

Costos Totales: Costos materiales + Costo mano de obra Ecuación 46

Costos Total: \$1889,50

4.2.4. Depreciación.

La depreciación es la caída del precio de una maquina o bien, el cual se puede generar por diferentes factores que están presentes en la maquina debido a su utilización llevándose un control anual de este.

Para las maquinas la depreciación anual es de 10%, la maquina disminuirá su costo en una décima parte cada año.

4.2.4.1. Valor de salvamento.

El salvamento es el valor que tendrá una máquina o bien al final de su vida útil.

$$V_{\text{salvamento}} = V_{\text{inicial}} - \frac{V_{\text{inicial}} * n}{N} \quad \text{Ecuación 47}$$

Vsalvamento = Valor del salvamento \$

Vinicial = Costo inicial de la máquina \$

n = Tiempo de vida útil de la máquina (7 años para esta máquina)

N = Tiempo de depreciación a 10 años

Reemplazando en la ecuación 54:

$$V_{salvamento} = 1889,50 - \frac{1889,50 * 7}{10}$$

$$V_{salvamento} = \$566,85$$

4.2.4.2. Depreciación por método de línea recta.

$$D_{anual} = \frac{V_{inicial} - V_{salvamento}}{n} \quad \text{Ecuación 48.}$$

$$D_{anual} = \$188,95$$

Cuadro 10. Depreciación de la máquina.

| Tiempo/años | Depreciación anual (\$) |
|--------------------|--------------------------|
| 1 año de vida útil | 1889,50-188,95 = 1700,55 |
| 2 año de vida útil | 1700,55-188,95 = 1511,60 |
| 3 año de vida útil | 1511,60-188,95 = 1322,65 |
| 4 año de vida útil | 1322,65-188,95 = 1133,7 |
| 5 año de vida útil | 1133,70-188,95 = 944,75 |
| 6 año de vida útil | 944,75-188,95 = 755,8 |
| 7 año de vida útil | 755,80-188,95 = 566,85 |

Fuente: Autor 2016.

4.2.5. Determinación del beneficio de producción.

Se estima una proyección de 12 meses.

Se estima que al año se producirán 168 Kg de semillas de balsa al año y cada libra tiene un valor de 50 dólares.

Lo cual generará un beneficio anual de \$18500 dólares.

4.2.6. Calculo de TIR y VAN.

El costo de mantenimiento de la máquina al año no sobrepasa los 50 dólares.

Se necesitan dos operarios de los cuales se calcula un total de 4200 dólares anuales.

Cuadro 11.

Flujo de efectivo.

| año | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Ingresos | \$18.500 | \$18.574 | \$18.648 | \$18.723 | \$18.798 | \$18.873 | \$18.948 |
| Egresos | \$4.250 | \$4.250 | \$4.250 | \$4.250 | \$4.250 | \$4.250 | \$4.250 |
| Utilidad | \$14.250 | \$14.324 | \$14.398 | \$14.473 | \$14.548 | \$14.623 | \$14.698 |

Fuente: Autor 2016.

Calculo de VAN 1 y VAN 2

Beneficio neto: \$14.250

$i_1 ; i_2 : 14\% \text{ y } 10\%$

Inversión total primer año: \$6.139,50

Tiempo analizado: 7 años

$$VAN1 = \left[\frac{BN}{(1+i_1)^t} \right] - I \quad \text{Ecuación 49}$$

$$VAN2 = \left[\frac{BN}{(1+i_2)^t} \right] - I$$

Reemplazando;

VAN 1: -\$444,67

VAN 2: \$1173,00

Calculo de Tasa Interna de Retorno (TIR)

$$\text{TIR} = i_2 - \text{VAN}_2 \left[\frac{(i_2 - i_1)}{(\text{VAN}_2 - \text{VAN}_1)} \right] * 100 \quad \text{Ecuación 50}$$

Reemplazando;

TIR: 12,90%

Análisis: La tasa de interés activa para el año 2016 en Ecuador es del 8,21%, comparando el valor obtenido del TIR con el interés activo vigente:

Si $\text{TIR} < \% \text{ vigente}$ el proyecto no es aconsejable.

Si $\text{TIR} = \% \text{ vigente}$ el proyecto es indiferente.

Si $\text{TIR} > \% \text{ vigente}$ el proyecto es aconsejable.

Como el porcentaje obtenido en el TIR es de 12,90% y este a su vez es mayor que el 8,21% vigente, se considera que la maquina desgranadora de fruto de balsa es factible.

4.3. Manual de mantenimiento

Se elaboró un manual de uso y mantenimiento para la desgranadora de fruto de balsa con el fin de alargar su vida útil y garantizar un correcto funcionamiento de los componentes de la máquina. (Anexo 10)

CAPITULO V
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones.

- Los estudios presentes en esta investigación permitieron determinar que los materiales óptimos para su construcción son el acero al carbono ASTM A36 para su estructura en general y el acero SAE 1018 para el eje principal, la capacidad de la máquina debe ser de 26,8 Kg/día para poder cubrir la demanda de PLANTABAL S.A., y para poder cumplir con estos parámetros de funcionamiento el equipo está equipado con un motor de 3HP, 1200 Rpm, garantizando un proceso eficiente y capaz de cumplir con los parámetros requeridos.
- Se diseñó la maquina desgranadora de frutos de balsa en el software SolidWorks dimensionando y verificando el correcto desempeño de su estructura con un análisis de elementos finitos, una vez determinadas las condiciones apropiadas de funcionamiento de la maquina se procedió a construir la desgranadora y mediante procesos de prueba se logró constatar su correcto funcionamiento.
- La elaboración y entrega del manual de mantenimiento y operación de la máquina garantiza el cumplimiento de la misma, mientras que los operarios cumplan debidamente con los métodos de mantenimiento establecidos en el manual.
- El proceso obtenido demostró ser 3 veces más efectivo que los métodos utilizados con anterioridad uno de ellos se llevaba a cabo mediante una desgranadora de maíz, de las pruebas se obtuvo y demostró que no es necesario almacenar ni secar el fruto antes de desgranarlo ya que se determinó que la humedad que tiene la capsula al ser recolectada que es aproximadamente de 13RH% es óptima para ingresar a la desgranadora de frutos de balsa.

5.2. Recomendaciones.

- El suministro de los frutos a la tolva de alimentación de la máquina está diseñado para su funcionamiento óptimo, no debe forzarse ni intentar ingresar más producto del debido porque podría generar un estancamiento en la máquina y un paro en el proceso.
- Se recomienda procesar los frutos luego de su recolección ya que durante las pruebas de funcionamiento gracias a la toma de porcentaje de humedad con la que ingresa el producto se pudo determinar que los frutos de balsa que pasaron por procesos de almacenado o secado presentaron más impurezas en el proceso de desgrane.
- Se recomienda cumplir con el manual de mantenimiento entregado junto a la máquina, el cual garantizará un correcto funcionamiento y un alargue en su vida útil.

CAPÍTULO VI BIBLIOGRAFÍA

6.1. Bibliografía

- [1] I. M. C. Malavassi, Maderas de Costa Rica 150 Especies forestales, San José : Editorial de la Universidad de Costa Rica, 2003.
- [2] J. E. Shigley, Diseño en ingeniería mecánica de Shigley, México, D.F.: McGraw-Hill, 2008.
- [3] B. G. S. D. H. O. N. D. W. Smith, Principios y prácticas de prueba y evaluación de máquinas y equipos agrícolas., Roma: Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación., 1994.
- [4] D. R. H. J. Michael F. Ashby, Materiales para Ingeniería 1, Barcelona: Reverté, S.A., 2008.
- [5] C. C. S. H. R. A. J. C. García Prada, Problemas resueltos de Teoría de Máquinas y Mecanismos, Madrid: International Thomson Editores Spain, 2007.
- [6] N. I. M. R. G. F. L. Alfonso Hernández Zúñiga, Seguridad e higiene industrial, México, D.F.: Limusa, S.A. , 2005.
- [7] J. F. H. W. y. J. M. Elbert L. Little, Árboles comunes de Puerto Rico y las Islas Vírgenes., San Juan : Editorial de la Universidad de Puerto Rico, 2001.
- [9] J. K. Francis, «Ochroma pyramidale Cav. Balsa,» Southern Forest Experiment Station, New Orleans, 1991.
- [11] M. M. J. B. F. Guillermo Giraldo, Manual para el manejo pre y poscosecha de semilla producida de manera artesanal bajo el esquema de pequeñas empresas de semillas, Tegucigalpa: Graficentro Editores, 2000.
- [12] G. G. Ávila, Manual para el Establecimiento de Pequeñas Empresas de Semillas, Cali: Centro Internacional de Agricultura Tropical - CIAT, 2005.
- [13] J. I. G. Melo, Fundamentos del Diseño Mecánico, Cali: Artes Gráficas del Valle, 2004.
- [14] J. I. García, Fundamentos del Diseño Mecánico, Cali: Artes Gráficas del Valle, 2004.
- [15] P. B. Albert, Métodos estadísticos Control y mejora de la calidad., Barcelona: S.A. de Litografía, 2005.
- [16] N. G. A. G. J. P. David de la Fuente, Organización de la producción en Ingenierías, Asturias: Ediciones de la Universidad de Oviedo, 2006.
- [17] R. E. D. Cárdenas, Administración y planificación de maquinaria agrícola, Caracas: Italgráfica, S.A., 2005.
- [18] A. J. N. Quijorna, Elementos de máquinas, Ciudad Real: Universidad de Castilla
- [19] P. E. Robert L. Mott, Diseño de elementos de máquinas, Naucalpan de Juárez: Pearson educación de México, S.A., 2006.

- [20] F. I. A. A. Santos Moisés Fino Alemán, Manual de apoyo maquinaria agrícola, Francisco Morazán: Zamorano, 2005.
- [21] A. R. & A. Jiménez, Guía de equipos básicos para el procesamiento agroindustrial rural, Bogotá : Convenio Andrés Bello, 2004.
- [22] F. G. Gonzalez, Energía y mecanización en la agricultura, Caracas: Talleres de Anauco Ediciones, C.A., 1995.
- [24] P. B. Lloret, Maquinaria de obras públicas, San Vicente: Editorial Club Universitario, 2003.
- [27] J. William D. Callister, Introducción a la Ciencia e Ingeniería de los Materiales 1, Barcelona : Reverté, S.A., 2007.
- [28] A. L. A. G. A. G. Mariano Rodríguez, Elasticidad y resistencia de materiales 1, Madrid: Universidad Nacional de Educación a Distancia, 2012.
- [29] J. M. M. García, Apuntes de Diseño de Máquinas, San Vicente: Editorial Club Universitario, 2008.
- [30] J. L. F. R. J. E. F. R. M. d. R. Cortizo Rodriguez, Elementos de máquinas teoría y problemas, Universidad de Oviedo, 2004.
- [32] Á. F. C. F. S. S. Javier Castany Valeri, Análisis de la funcionalidad de los elementos de máquinas, Zaragoza: Prensas Universitarias de Zaragoza, 2008.
- [33] R. C. Hibbeler, Mecánica de materiales, Naucalpan de Juárez: Pearson Educación de México, S.A., 2006.
- [34] J. E. S. Trujillo, Resistencia de materiales básica para estudiantes de ingeniería, Bogotá: Centro de publicaciones Universidad Nacional de Colombia, 2007.
- [35] J. F. M. S. Zapata, Diseño de elementos de máquinas I, Piura: Universidad Nacional de Piura, 2013.
- [36] A. P. G. J. L. S. B. P. J. R. C. Francisco T. Sánchez Marín, Mantenimiento mecánico de máquinas, Castelló de la Plana: Publicacions de la Universitat Jaume, 2007.
- [37] E. S. F. V. F. L. J. V. G. R. C. A. M. S. Jorge Bedolla Hernández, Estimación de factores de intensidad de esfuerzos en sistemas mecánicos con fricción, Bloomington: Palibrio LLC, 2014.
- [39] H. Gerling, Alrededor de las máquinas-herramientas, Barcelona: Editorial Reverté. S.A., 2006.
- [42] C. R. Asfahl, Seguridad industrial y salud, Monterrey: Pearson Educación de Mexico,

Linkografía


- [8] Beihefte, «<http://www.conabio.gob.mx/>,» 14 Agosto 2003. [En línea]. Available: http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info_especies/arboles/doctos/15-bomba6m.pdf. [Último acceso: 11 Julio 2016].
- [10] J. R. C. Olaya, «Books.Google,» 2002. [En línea]. Available: https://books.google.com.ec/books?id=-XwzAQAAAMAAJ&pg=PA4&lpg=PA4&dq=betancourt+1983+balsa&source=bl&ots=d1Cqsv4WO_&sig=WW8NZ9nNLElwhOS_DtS7Tx6RRt8&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwj9if2z1pTOAhXEQiYKHcpjDtEQ6AEIGjAA#v=onepage&q=betancourt%201983%20balsa&f=true. [Último acceso: 24 Julio 2016].
- [23] J. C. P. López, «eumed.net,» 2009. [En línea]. Available: <http://www.eumed.net/libros-gratis/2009a/483/EXTRACCION%20POR%20LIMPIEZA.htm>. [Último acceso: 19 Julio 2016].
- [25] Ecured, «EcuRed Conocimiento con todos y para todos,» [En línea]. Available: http://www.ecured.cu/Cribas_industriales. [Último acceso: 14 Julio 2016].
- [26] «Crushing Plant CRIFI,» C.R.I.F.I. S.r.l. Crushing Plant, [En línea]. Available: <http://www.crushingplants.com/es/>. [Último acceso: 14 Julio 2016].
- [31] E. Casanova, «Prof.usb.ve,» Enero 2005. [En línea]. Available: http://prof.usb.ve/aquiroga/descargas/MC2414_balanceo.pdf. [Último acceso: 24 Julio 2016].
- [38] Dunlop, «Dunlop Argentina,» [En línea]. Available: http://www.dunlop.com.ar/catalogos/Catalogo_Correas_industriales.pdf. [Último acceso: 14 Julio 2016].
- [40] Intermec, «Intermec productos mecánicos para transmisión de potencia,» [En línea]. Available: <http://lab.transmitec.com/wp-content/uploads/2014/06/manua-poleas-en-v-intermec.pdf>. [Último acceso: 14 Julio 2016].
- [41] A. C. A. P. F. P. J. M. F. Q. Manuel Jesús Falagán Rojo, Manual básico de prevención de riesgos laborales: Higiene industrial, Seguridad y Ergonomía, Oviedo: Sociedad Asturiana de medicina y seguridad en el trabajo y fundación médica Asturias., 2000.
- [43] Instituto nacional de seguridad e higiene en el trabajo, «www.insht.es,» Ministerio de trabajo y asuntos sociales de España, 2000. [En línea]. Available: http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/501a600/ntp_552.pdf. [Último acceso: 20 Julio 2016].
- [44] Facultad de ingeniería, «fio.unicen.edu,» [En línea]. Available: <http://www.fio.unicen.edu.ar/usuario/segumar/Laura/material/Mec%E1nico.pdf>. [Último acceso: 14 Julio 2016].

- [45] I. G. Bavaresco, «gabpingenieria,» [En línea]. Available: http://gabpingenieria.weebly.com/uploads/2/0/1/6/20162823/sealizacin_y_cdigo_de_colores.pdf. [Último acceso: 20 Julio 2016].


CAPITULO VII

ANEXOS


Anexo 01. Catálogo de motores WEG REMECO.



LISTA DE PRECIOS REMECO




MOTOR MONOFASICO CERRADO W21 IP55 1800RPM - 4 POLOS




| Código | Potencia | Carcasa | Voltaje VAC | Forma Construc. | Precio |
|----------|---------------|---------|-------------|-----------------|--------|
| 11268053 | 1HP (0.75kW) | 90S | 110 - 220 | B3L | 227.83 |
| 10019818 | 1HP (0.75kW) | 90S | 220 | B3L | 200.92 |
| 10362772 | 1.5HP (1.1kW) | 90L | 110 - 220 | B3L | 299.90 |
| 10019819 | 1.5HP (1.1kW) | 90L | 220 | B3L | 249.60 |
| 10019816 | 2HP (1.5kW) | 100L | 220 | B3L | 296.25 |
| 10022237 | 3HP (2.2kW) | W112M | 220 | B3L | 318.76 |
| 10022232 | 5HP (3.7kW) | W132M | 220 | B3L | 506.34 |
| 10019821 | 7.5HP (5.5kW) | 132M | 220 | B3L | 583.38 |
| 10019822 | 10HP (7.5kW) | 132M | 220 | B3L | 662.85 |

MOTOR MONOFASICO CERRADO W21 IP55 3600RPM - 2 POLOS




| Código | Potencia | Carcasa | Voltaje VAC | Forma Construc. | Precio |
|----------|--------------|---------|-------------|-----------------|--------|
| 12882205 | 1HP (0.75kW) | 90S | 220 | B3L | 176.54 |
| 10019820 | 2HP (1.5kW) | 90L | 220 | B3L | 243.64 |
| 10019817 | 3HP (2.2kW) | 100L | 220 | B3L | 279.44 |

MOTOR TRIFASICO CERRADO W22 IP55 1200RPM - 6 POLOS



| Código | Potencia | Carcasa | Voltaje VAC | Forma Construc. | Precio |
|----------|---------------|---------|-----------------|-----------------|--------|
| 12882205 | 1HP (0.75kW) | 90S | 220 - 380 - 440 | B3L | 160.40 |
| 13344542 | 5HP (3.7kW) | 132S | 220 - 380 - 440 | B3L | 396.96 |
| 13344543 | 7.5HP (5.5kW) | 132M | 220 - 380 - 440 | B3L | 492.34 |
| 13344544 | 10HP (7.5kW) | 132M | 220 - 380 - 440 | B3L | 674.77 |

MOTOR TRIFASICO CERRADO W22 IP55 1800RPM - 4 POLOS



| Código | Potencia | Carcasa | Voltaje VAC | Forma Construc. | Precio |
|----------|----------------|---------|-----------------|-----------------|----------|
| 11612486 | 0.5HP (0.37kW) | 71 | 220 - 380 | B3L | 103.70 |
| 11612562 | 1HP (0.75kW) | 80 | 220 - 380 - 440 | B3L | 112.89 |
| 11545917 | 2HP (1.5kW) | 90S | 220 - 380 - 440 | B3L | 148.34 |
| 11546050 | 3HP (2.2kW) | L90L | 220 - 380 - 440 | B3L | 185.30 |
| 11553165 | 5HP (3.7kW) | 100L | 220 - 380 - 440 | B3L | 263.35 |
| 11565450 | 7.5HP (5.5kW) | 112M | 220 - 380 - 440 | B3L | 347.93 |
| 11550597 | 10HP (7.5kW) | 132S | 220 - 380 - 440 | B3L | 446.18 |
| 11555702 | 15HP (11kW) | 132M | 220 - 380 - 440 | B3L | 601.99 |
| 11546053 | 20HP (15kW) | 160M | 220 - 380 - 440 | B3L | 803.07 |
| 11526544 | 25HP (18.5kW) | 160L | 220 - 380 - 440 | B3L | 1,032.14 |
| 11565495 | 30HP (22kW) | 180M | 220 - 380 - 440 | B3L | 1,248.18 |
| 11565519 | 40HP (30kW) | 200M | 220 - 380 - 440 | B3L | 1,623.23 |
| 11565522 | 50HP (37kW) | 200L | 220 - 380 - 440 | B3L | 1,830.40 |
| 11567761 | 60HP (45kW) | 225SM | 220 - 380 - 440 | B3L | 2,421.49 |

Precios incluyen descuentos Precios no incluyen IVA

Quilic, Av. Atahualpa 1118 y Amazonas
Telefonos (PBX) 243 71 88 / 226 16 48
www.remezo.net

Anexo 02. Propiedades Acero AISI SAE 1018.

ACERO AISI-SAE 1018 (UNS G10180)

1. Descripción: este acero de bajo - medio carbono tiene buena soldabilidad y ligeramente mejor maquinabilidad que los aceros con grados menores de carbono. Se presenta en condición de calibrado (acabado en frío). Debido a su alta tenacidad y baja resistencia mecánica es adecuado para componentes de maquinaria.

2. Normas involucradas: ASTM A 108

3. Propiedades mecánicas: Dureza 126 HB (71 HRb)
Esfuerzo de fluencia 370 MPa (53700 PSI)
Esfuerzo máximo 440 MPa (63800 PSI)
Elongación máxima 15% (en 50 mm)
Reducción de área 40%
Modulo de elasticidad 205 GPa (29700 KSI)
Maquinabilidad 76% (AISI 1212 = 100%)

4. Propiedades físicas: Densidad 7.87 g/cm³ (0.284 lb/in³)

5. Propiedades químicas: 0.15 – 0.20 % C
0.60 – 0.90 % Mn
0.04 % P máx
0.05 % S máx

6. Usos: se utiliza en operaciones de deformación plástica como remachado y extrusión. Se utiliza también en componentes de maquinaria debido a su facilidad para conformarlo y soldarlo. Piezas típicas son los pines, cuñas, remaches, rodillos, piñones, pasadores, tornillos y aplicaciones de lámina

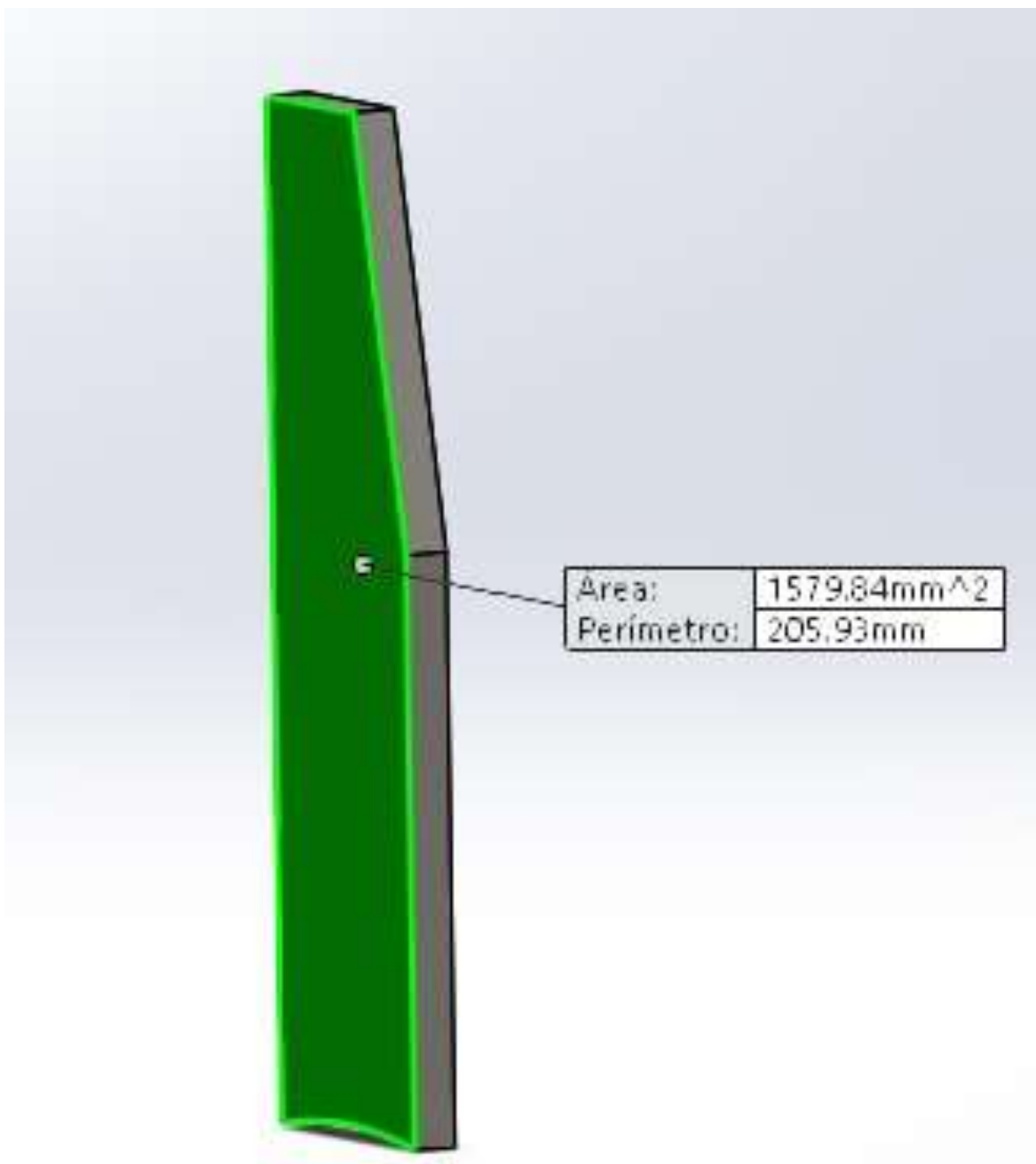
NOTA:

Los valores expresados en las propiedades mecánicas y físicas corresponden a los valores promedio que se espera cumple el material. Tales valores son para orientar a aquella persona que debe diseñar o construir algún componente o estructura pero en ningún momento se deben considerar como valores estrictamente exactos para su uso en el diseño.

ACERO MAQUINARIA -AISI 1018

Fuente: SUMITEC S.A., suministros técnicos.

Anexo 03. Area de placa desgranadora.



Fuente: Autor (SolidWorks).

Anexo 04. Propiedades Acero ASTM A 36.

Material X

solidworks materials

- Acero
 - 1023 Chapa de acero al carbono (SS)
 - 201 Acero inoxidable recocido (SS)
 - A286 Súper aleación a base de hierro
 - AISI 1010 Barra de acero laminada en c
 - AISI 1015 Acero estirado en frío (SS)
 - AISI 1020
 - AISI 1020 Acero laminado en frío
 - AISI 1035 Acero (SS)
 - AISI 1045 Acero estirado en frío
 - AISI 304
 - AISI 316 Barra de acero inoxidable reco
 - AISI 316 Chapa de acero inoxidable (SS)
 - AISI 321 Acero inoxidable recocido (SS)
 - AISI 347 Acero inoxidable recocido (SS)
 - AISI 4130 Acero recocido a 865C
 - AISI 4130 Acero normalizado a 870C
 - AISI 4340 Acero recocido
 - AISI 4340 Acero normalizado
 - AISI 316L Acero inoxidable
 - AISI Acero para herramientas tipo A2
 - Acero aleado
 - Acero aleado (SS)
 - ASTM A36 Acero**
 - Acero aleado fundido
 - Acero al carbono fundido
 - Acero inoxidable fundido
 - Acero inoxidable al cromo

Propiedades Apariencia Rayado Personalizado Datos de aplicación Favoritos

Propiedades de material

No se pueden editar los materiales en la biblioteca predeterminada. Para editar un material, cópielo primero a una biblioteca personalizada.

Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal

Unidades: SI - N/mm² (MPa)

Categoría: Acero

Nombre: ASTM A36 Acero

Descripción:

Origen:

Sostenibilidad: Definido

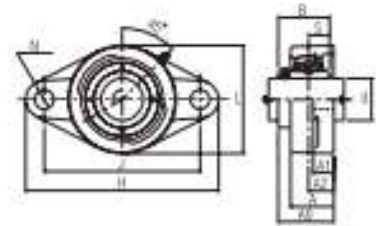
| Propiedad | Valor | Unidades |
|--|--------|-------------------|
| Módulo elástico | 200000 | N/mm ² |
| Coefficiente de Poisson | 0.26 | N/D |
| Módulo cortante | 79300 | N/mm ² |
| Densidad | 7850 | kg/m ³ |
| Límite de tracción | 400 | N/mm ² |
| Límite de compresión | | N/mm ² |
| Límite elástico | 250 | N/mm ² |
| Coefficiente de expansión térmica | | /K |
| Conductividad térmica | | W/(m·K) |
| Calor específico | | J/(kg·K) |
| Cociente de amortiguamiento del material | | N/D |

Fuente: Listado de materiales (SOLIDWORKS).

Anexo 05. Catálogo Chumaceras NTN.

ntnamericas.com

ULTRA-CLASS
SERIES UCFLU



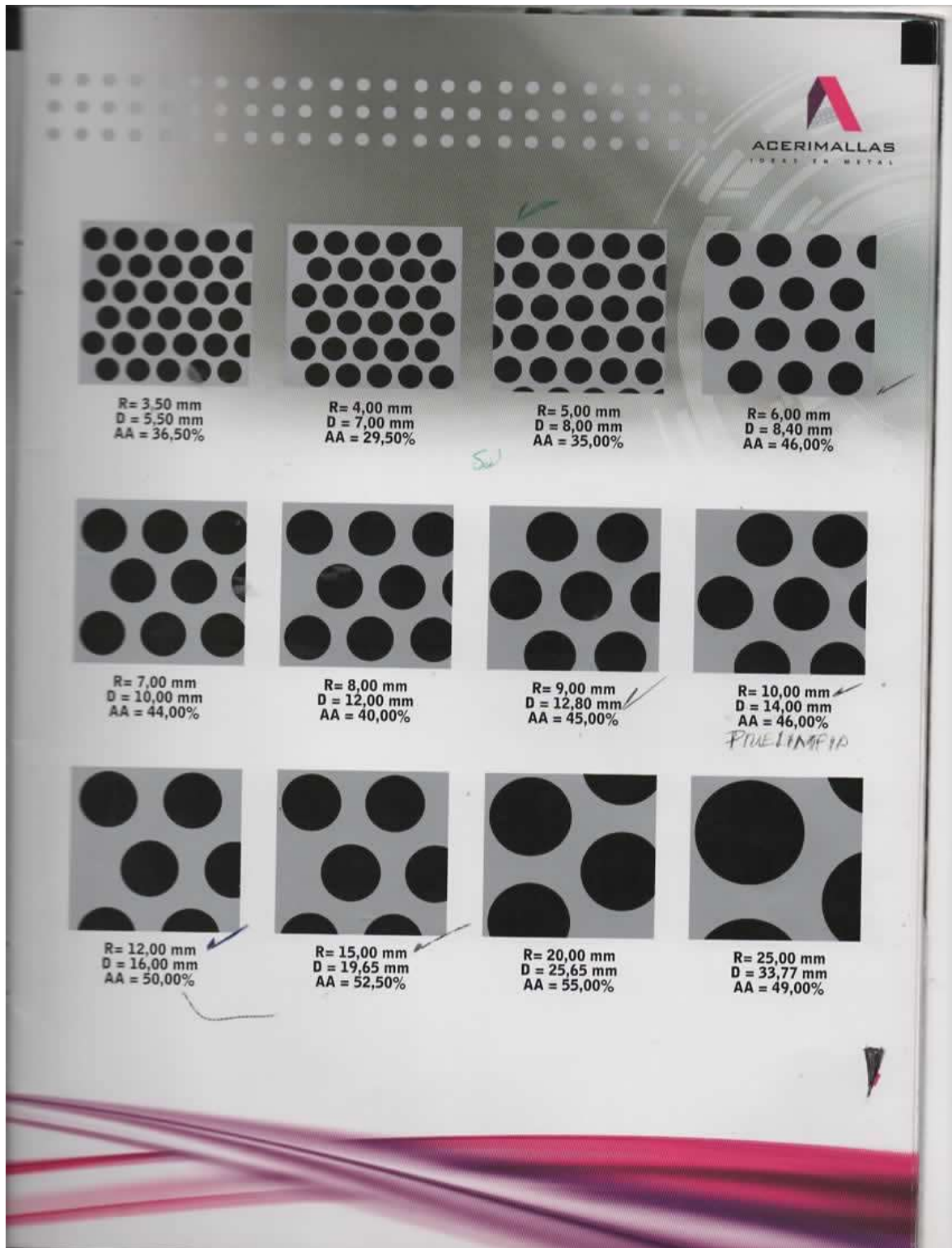
| Units | Shaft Dia. |
|----------|---------------|
| Metric | 20 - 55 mm |
| Standard | 8 - 2 1/4 in. |

2 BOLT FLANGED – SET SCREW TYPE, BLACK OXIDE COATING

| Shaft Dia. φ | Part Number | Nominal Dimensions | | | | | | | | | | Lube Hole of Housing | Insert Number | Housing Number | | |
|-----------------|---------------|--------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----------------------|--|----------------|--|--|
| | | K | J | K2 | g1 | g | R | L | K1 | g | g | | | | | |
| 5/8 | UCFLU-5/8M | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3/4 | UCFLU-3/4M | 95 | 78 | 17 | 13 | 28 | 8.9 | 81 | 32.9 | 27.4 | 11.3 | | | | | |
| 1 | UCFLU-1M | 37 1/2 | 3 | 1 1/4 | 1 1/4 | 1 1/4 | 1 1/4 | 2 1/4 | 1 1/4 | 1.875 | 0.453 | W-28URF | A-UC201X-08801M A-UC202X-08901M A-UC202X-01001M A-UC203X-01101M | FLU20101V50 | | |
| 1 1/8 | UCFLU-1 1/8M | 110 | 90 | 19 | 15 | 29.5 | 10.7 | 81 | 37.3 | 31.0 | 12.7 | | | | | |
| 1 1/2 | UCFLU-1 1/2M | 125 | 99 | 19 | 1E | 30 | 11.9 | 70 | 38.9 | 34.1 | 14.3 | | | | | |
| 1 3/4 | UCFLU-1 3/4M | 142 | 116.5 | 20 | 16 | 33 | 11.5 | 83 | 42.1 | 38.1 | 15.3 | | | | | |
| 2 | UCFLU-2M | 162 | 136.5 | 21 | 17 | 36 | 13.1 | 96 | 48.4 | 42.3 | 17.3 | | | | | |
| 2 1/4 | UCFLU-2 1/4M | 183 | 148.5 | 24 | 18 | 40 | 13.1 | 111 | 54.4 | 49.3 | 19.0 | | | | | |
| 2 1/2 | UCFLU-2 1/2M | 190 | 157 | 28 | 20 | 48 | 17.1 | 116 | 60.7 | 51.8 | 19.0 | | | | | |
| 2 3/4 | UCFLU-2 3/4M | 217 | 184 | 31 | 20.5 | 48 | 17.1 | 124 | 64.3 | 55.8 | 22.2 | | | | | |
| 3 | UCFLU-3M | 237 | 204 | 34 | 22 | 54 | 18.1 | 135 | 71.3 | 61.3 | 24.1 | | | | | |
| 3 1/2 | UCFLU-3 1/2M | 267 | 234 | 37 | 24 | 60 | 19.1 | 146 | 78.3 | 68.3 | 26.1 | | | | | |
| 4 | UCFLU-4M | 297 | 264 | 40 | 26 | 66 | 20.1 | 157 | 85.3 | 75.3 | 28.1 | | | | | |
| 4 1/2 | UCFLU-4 1/2M | 327 | 294 | 43 | 28 | 72 | 21.1 | 168 | 92.3 | 82.3 | 30.1 | | | | | |
| 5 | UCFLU-5M | 357 | 324 | 46 | 30 | 78 | 22.1 | 179 | 99.3 | 89.3 | 32.1 | | | | | |
| 5 1/2 | UCFLU-5 1/2M | 387 | 354 | 49 | 32 | 84 | 23.1 | 190 | 106.3 | 96.3 | 34.1 | | | | | |
| 6 | UCFLU-6M | 417 | 384 | 52 | 34 | 90 | 24.1 | 201 | 113.3 | 103.3 | 36.1 | | | | | |
| 6 1/2 | UCFLU-6 1/2M | 447 | 414 | 55 | 36 | 96 | 25.1 | 212 | 120.3 | 110.3 | 38.1 | | | | | |
| 7 | UCFLU-7M | 477 | 444 | 58 | 38 | 102 | 26.1 | 223 | 127.3 | 117.3 | 40.1 | | | | | |
| 7 1/2 | UCFLU-7 1/2M | 507 | 474 | 61 | 40 | 108 | 27.1 | 234 | 134.3 | 124.3 | 42.1 | | | | | |
| 8 | UCFLU-8M | 537 | 504 | 64 | 42 | 114 | 28.1 | 245 | 141.3 | 131.3 | 44.1 | | | | | |
| 8 1/2 | UCFLU-8 1/2M | 567 | 534 | 67 | 44 | 120 | 29.1 | 256 | 148.3 | 138.3 | 46.1 | | | | | |
| 9 | UCFLU-9M | 597 | 564 | 70 | 46 | 126 | 30.1 | 267 | 155.3 | 145.3 | 48.1 | | | | | |
| 9 1/2 | UCFLU-9 1/2M | 627 | 594 | 73 | 48 | 132 | 31.1 | 278 | 162.3 | 152.3 | 50.1 | | | | | |
| 10 | UCFLU-10M | 657 | 624 | 76 | 50 | 138 | 32.1 | 289 | 169.3 | 159.3 | 52.1 | | | | | |
| 10 1/2 | UCFLU-10 1/2M | 687 | 654 | 79 | 52 | 144 | 33.1 | 300 | 176.3 | 166.3 | 54.1 | | | | | |
| 11 | UCFLU-11M | 717 | 684 | 82 | 54 | 150 | 34.1 | 311 | 183.3 | 173.3 | 56.1 | | | | | |
| 11 1/2 | UCFLU-11 1/2M | 747 | 714 | 85 | 56 | 156 | 35.1 | 322 | 190.3 | 180.3 | 58.1 | | | | | |
| 12 | UCFLU-12M | 777 | 744 | 88 | 58 | 162 | 36.1 | 333 | 197.3 | 187.3 | 60.1 | | | | | |
| 12 1/2 | UCFLU-12 1/2M | 807 | 774 | 91 | 60 | 168 | 37.1 | 344 | 204.3 | 194.3 | 62.1 | | | | | |
| 13 | UCFLU-13M | 837 | 804 | 94 | 62 | 174 | 38.1 | 355 | 211.3 | 201.3 | 64.1 | | | | | |
| 13 1/2 | UCFLU-13 1/2M | 867 | 834 | 97 | 64 | 180 | 39.1 | 366 | 218.3 | 208.3 | 66.1 | | | | | |
| 14 | UCFLU-14M | 897 | 864 | 100 | 66 | 186 | 40.1 | 377 | 225.3 | 215.3 | 68.1 | | | | | |
| 14 1/2 | UCFLU-14 1/2M | 927 | 894 | 103 | 68 | 192 | 41.1 | 388 | 232.3 | 222.3 | 70.1 | | | | | |
| 15 | UCFLU-15M | 957 | 924 | 106 | 70 | 198 | 42.1 | 399 | 239.3 | 229.3 | 72.1 | | | | | |
| 15 1/2 | UCFLU-15 1/2M | 987 | 954 | 109 | 72 | 204 | 43.1 | 410 | 246.3 | 236.3 | 74.1 | | | | | |
| 16 | UCFLU-16M | 1017 | 984 | 112 | 74 | 210 | 44.1 | 421 | 253.3 | 243.3 | 76.1 | | | | | |
| 16 1/2 | UCFLU-16 1/2M | 1047 | 1014 | 115 | 76 | 216 | 45.1 | 432 | 260.3 | 250.3 | 78.1 | | | | | |
| 17 | UCFLU-17M | 1077 | 1044 | 118 | 78 | 222 | 46.1 | 443 | 267.3 | 257.3 | 80.1 | | | | | |
| 17 1/2 | UCFLU-17 1/2M | 1107 | 1074 | 121 | 80 | 228 | 47.1 | 454 | 274.3 | 264.3 | 82.1 | | | | | |
| 18 | UCFLU-18M | 1137 | 1104 | 124 | 82 | 234 | 48.1 | 465 | 281.3 | 271.3 | 84.1 | | | | | |
| 18 1/2 | UCFLU-18 1/2M | 1167 | 1134 | 127 | 84 | 240 | 49.1 | 476 | 288.3 | 278.3 | 86.1 | | | | | |
| 19 | UCFLU-19M | 1197 | 1164 | 130 | 86 | 246 | 50.1 | 487 | 295.3 | 285.3 | 88.1 | | | | | |
| 19 1/2 | UCFLU-19 1/2M | 1227 | 1194 | 133 | 88 | 252 | 51.1 | 498 | 302.3 | 292.3 | 90.1 | | | | | |
| 20 | UCFLU-20M | 1257 | 1224 | 136 | 90 | 258 | 52.1 | 509 | 309.3 | 300.3 | 92.1 | | | | | |
| 20 1/2 | UCFLU-20 1/2M | 1287 | 1254 | 139 | 92 | 264 | 53.1 | 520 | 316.3 | 307.3 | 94.1 | | | | | |
| 21 | UCFLU-21M | 1317 | 1284 | 142 | 94 | 270 | 54.1 | 531 | 323.3 | 314.3 | 96.1 | | | | | |
| 21 1/2 | UCFLU-21 1/2M | 1347 | 1314 | 145 | 96 | 276 | 55.1 | 542 | 330.3 | 321.3 | 98.1 | | | | | |
| 22 | UCFLU-22M | 1377 | 1344 | 148 | 98 | 282 | 56.1 | 553 | 337.3 | 328.3 | 100.1 | | | | | |
| 22 1/2 | UCFLU-22 1/2M | 1407 | 1374 | 151 | 100 | 288 | 57.1 | 564 | 344.3 | 335.3 | 102.1 | | | | | |
| 23 | UCFLU-23M | 1437 | 1404 | 154 | 102 | 294 | 58.1 | 575 | 351.3 | 342.3 | 104.1 | | | | | |
| 23 1/2 | UCFLU-23 1/2M | 1467 | 1434 | 157 | 104 | 300 | 59.1 | 586 | 358.3 | 349.3 | 106.1 | | | | | |
| 24 | UCFLU-24M | 1497 | 1464 | 160 | 106 | 306 | 60.1 | 597 | 365.3 | 356.3 | 108.1 | | | | | |
| 24 1/2 | UCFLU-24 1/2M | 1527 | 1494 | 163 | 108 | 312 | 61.1 | 608 | 372.3 | 363.3 | 110.1 | | | | | |

Fuente: ntnamericas.com.

Anexo 06. Catálogo de mallas industriales.



Fuente: Acerimallas.4

Anexo 07. Constante de servicio para motores eléctricos.

| Máquinas motrices | Motores eléctricos cd = 2 cn Motores térmicos multicilindros > 600 rpm | | | | Motores eléctricos c maxi > 2 cn Monocilindro < 600 rpm | | |
|---|---|------------|-------------|---------|--|-------------|--|
| | < 6 h/d | 6 a 16 h/d | 16 a 24 h/d | < 6 h/d | 6 a 16 h/d | 16 a 24 h/d | |
| Cargas uniformes ligeras: Agitadores para líquidos, bombas y compresores centrifugos-ventiladores hasta 7,5 Kw Pequeños transportadores | 1,0 | 1,1 | 1,2 | 1,1 | 1,2 | 1,3 | |
| Cargas uniformes medias: Transportadoras de cinta (arena, grano) Ventiladores superiores 7,5 Kw Generadores-alternadores, máquinas herramientas Maquinaria artes gráficas, prensas, cizallas, lavadoras, bombas rotativas. | 1,1 | 1,2 | 1,3 | 1,2 | 1,3 | 1,4 | |
| Cargas irregulares con sobrecargas: Maquinaria para ladrillos y cerámica Elevadores con canchilones. Compresores y bombas de pistones. Maquinaria papel. Pulverizadores. Maquinaria textil. | 1,2 | 1,3 | 1,4 | 1,4 | 1,5 | 1,6 | |
| Cargas irregulares y sobrecargas importantes: Molinos, machacadoras, laminadoras, calandras mezcladoras, Gruas, dragas. | 1,3 | 1,4 | 1,5 | 1,5 | 1,6 | 1,8 | |
| Cargas muy irregulares y grandes sobrecargas. | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | |

Fuente: <http://ingemecanica.com/>

Anexo 08. Prestación Base de Correa.

TABLA Nº 2 - SECCION A

| H.P.P.M. De la polea motor | Tabla Nº 2 - Sección A | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------------|--|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | Prestación Base (en HP) | | | | | | | | | | | | | |
| | Diámetro del furo de la polea motor (mm) | | | | | | | | | | | | | |
| | 66 | 71 | 76 | 81 | 86 | 91 | 96 | 102 | 107 | 112 | 117 | 122 | 127 | |
| 1100 | 0,54 | 0,60 | 0,66 | 0,73 | 0,79 | 1,13 | 1,28 | 1,42 | 1,56 | 1,70 | 1,84 | 1,98 | 2,12 | 2,26 |
| 1750 | 0,88 | 0,90 | 1,11 | 1,32 | 1,53 | 1,73 | 1,93 | 2,13 | 2,33 | 2,53 | 2,72 | 2,91 | 3,10 | 0,00 |
| 3450 | 0,85 | 1,21 | 1,57 | 1,91 | 2,25 | 2,57 | 2,89 | 3,19 | 3,48 | 3,76 | 4,02 | 4,28 | 4,52 | 0,00 |
| 2000 | 0,16 | 0,19 | 0,22 | 0,25 | 0,28 | 0,31 | 0,34 | 0,37 | 0,40 | 0,43 | 0,46 | 0,48 | 0,51 | 0,00 |
| 4000 | 0,25 | 0,32 | 0,38 | 0,43 | 0,49 | 0,55 | 0,60 | 0,66 | 0,71 | 0,77 | 0,82 | 0,88 | 0,93 | 0,00 |
| 6000 | 0,35 | 0,43 | 0,52 | 0,60 | 0,68 | 0,76 | 0,84 | 0,92 | 1,00 | 1,08 | 1,16 | 1,23 | 1,31 | 0,00 |
| 8000 | 0,43 | 0,53 | 0,64 | 0,75 | 0,85 | 0,95 | 1,06 | 1,16 | 1,26 | 1,37 | 1,47 | 1,57 | 1,67 | 0,00 |
| 10000 | 0,49 | 0,62 | 0,75 | 0,88 | 1,01 | 1,14 | 1,26 | 1,39 | 1,51 | 1,64 | 1,76 | 1,88 | 2,00 | 0,00 |
| 12000 | 0,55 | 0,71 | 0,86 | 1,01 | 1,16 | 1,31 | 1,46 | 1,60 | 1,75 | 1,89 | 2,04 | 2,19 | 2,32 | 0,00 |
| 14000 | 0,61 | 0,78 | 0,96 | 1,13 | 1,30 | 1,47 | 1,64 | 1,81 | 1,97 | 2,14 | 2,30 | 2,46 | 2,62 | 0,00 |
| 16000 | 0,65 | 0,85 | 1,05 | 1,24 | 1,43 | 1,62 | 1,81 | 2,00 | 2,18 | 2,37 | 2,55 | 2,73 | 2,90 | 0,00 |
| 18000 | 0,69 | 0,91 | 1,13 | 1,34 | 1,56 | 1,77 | 1,97 | 2,18 | 2,38 | 2,58 | 2,78 | 2,97 | 3,17 | 0,00 |
| 20000 | 0,73 | 0,97 | 1,21 | 1,44 | 1,67 | 1,90 | 2,12 | 2,35 | 2,57 | 2,78 | 2,99 | 3,20 | 3,41 | 0,00 |
| 22000 | 0,76 | 1,02 | 1,28 | 1,53 | 1,78 | 2,02 | 2,26 | 2,50 | 2,74 | 2,97 | 3,19 | 3,42 | 3,64 | 0,00 |
| 24000 | 0,79 | 1,07 | 1,34 | 1,61 | 1,88 | 2,14 | 2,39 | 2,65 | 2,89 | 3,14 | 3,38 | 3,61 | 3,84 | 0,00 |
| 26000 | 0,81 | 1,11 | 1,40 | 1,69 | 1,97 | 2,24 | 2,51 | 2,78 | 3,04 | 3,29 | 3,54 | 3,78 | 4,02 | 0,00 |
| 28000 | 0,83 | 1,14 | 1,45 | 1,75 | 2,05 | 2,34 | 2,62 | 2,90 | 3,17 | 3,43 | 3,69 | 3,94 | 4,18 | 0,00 |
| 30000 | 0,84 | 1,17 | 1,49 | 1,81 | 2,12 | 2,42 | 2,72 | 3,00 | 3,28 | 3,55 | 3,81 | 4,07 | 4,31 | 0,00 |
| 32000 | 0,85 | 1,19 | 1,53 | 1,86 | 2,18 | 2,49 | 2,80 | 3,09 | 3,38 | 3,66 | 3,92 | 4,18 | 4,42 | 0,00 |
| 34000 | 0,85 | 1,21 | 1,56 | 1,90 | 2,24 | 2,56 | 2,87 | 3,17 | 3,46 | 3,74 | 4,01 | 4,28 | 4,50 | 0,00 |
| 36000 | 0,85 | 1,22 | 1,59 | 1,94 | 2,28 | 2,61 | 2,93 | 3,23 | 3,52 | 3,80 | 4,07 | 4,32 | 4,56 | 0,00 |
| 38000 | 0,84 | 1,23 | 1,60 | 1,95 | 2,31 | 2,65 | 2,97 | 3,28 | 3,57 | 3,85 | 4,11 | 4,36 | 4,59 | 0,00 |
| 40000 | 0,83 | 1,22 | 1,61 | 1,96 | 2,33 | 2,67 | 3,00 | 3,31 | 3,60 | 3,87 | 4,13 | 4,38 | 4,59 | 0,00 |
| 42000 | 0,81 | 1,22 | 1,61 | 1,99 | 2,35 | 2,69 | 3,01 | 3,32 | 3,61 | 3,87 | 4,12 | 4,34 | 4,54 | 0,00 |
| 44000 | 0,78 | 1,20 | 1,60 | 1,98 | 2,35 | 2,69 | 3,01 | 3,31 | 3,59 | 3,85 | 4,08 | 4,29 | 4,47 | 0,00 |
| 46000 | 0,75 | 1,18 | 1,58 | 1,97 | 2,33 | 2,68 | 3,00 | 3,29 | 3,56 | 3,80 | 4,02 | 4,21 | 4,37 | 0,00 |
| 48000 | 0,72 | 1,15 | 1,56 | 1,95 | 2,31 | 2,65 | 2,95 | 3,25 | 3,50 | 3,73 | 3,93 | 4,09 | 4,23 | 0,00 |
| 50000 | 0,67 | 1,11 | 1,53 | 1,91 | 2,27 | 2,61 | 2,91 | 3,19 | 3,43 | 3,64 | 3,81 | 3,95 | - | 0,00 |
| 52000 | 0,63 | 1,07 | 1,48 | 1,87 | 2,23 | 2,55 | 2,84 | 3,10 | 3,33 | 3,51 | 3,66 | - | - | 0,00 |
| 54000 | 0,57 | 1,02 | 1,43 | 1,81 | 2,16 | 2,48 | 2,76 | 3,00 | 3,20 | 3,36 | - | - | - | 0,00 |
| 56000 | 0,51 | 0,96 | 1,37 | 1,75 | 2,09 | 2,39 | 2,65 | 2,87 | 3,05 | 3,19 | - | - | - | 0,00 |
| 58000 | 0,44 | 0,89 | 1,30 | 1,67 | 2,00 | 2,28 | 2,53 | 2,72 | 2,87 | - | - | - | - | 0,00 |
| 60000 | 0,37 | 0,81 | 1,21 | 1,57 | 1,89 | 2,15 | 2,38 | 2,55 | - | - | - | - | - | 0,00 |

Fuente: Dunlop Argentina.

Anexo 09. Corrección en función de la longitud de la correa.

TABLA Nº 4 - FACTOR DE CORRECCION EN FUNCION DE LA LONGITUD DE LA CORREA

| Tabla Nº 4 | | Sección de la correa | | | | |
|-----------------|------|----------------------|------|------|------|------|
| Longitud correa | Z | A | B | C | D | E |
| 16 | 0.80 | - | - | - | - | - |
| 24 | 0.83 | - | - | - | - | - |
| 26 | 0.84 | 0.81 | - | - | - | - |
| 31 | 0.89 | 0.84 | - | - | - | - |
| 35 | 0.92 | 0.87 | 0.81 | - | - | - |
| 38 | 0.93 | 0.88 | 0.83 | - | - | - |
| 42 | 0.95 | 0.90 | 0.85 | - | - | - |
| 46 | 0.97 | 0.92 | 0.87 | - | - | - |
| 51 | 0.99 | 0.94 | 0.89 | 0.80 | - | - |
| 55 | 1.00 | 0.96 | 0.90 | 0.81 | - | - |
| 60 | - | 0.98 | 0.92 | 0.82 | - | - |
| 68 | - | 1.00 | 0.95 | 0.85 | - | - |
| 75 | - | 1.02 | 0.97 | 0.87 | - | - |
| 80 | - | 1.04 | 0.98 | 0.89 | - | - |
| 81 | - | 1.04 | 0.98 | 0.89 | - | - |
| 85 | - | 1.05 | 0.99 | 0.90 | - | - |
| 90 | - | 1.06 | 1.00 | 0.91 | - | - |
| 96 | - | 1.08 | 1.02 | 0.92 | - | - |
| 97 | - | 1.08 | 1.02 | 0.92 | - | - |
| 105 | - | 1.10 | 1.04 | 0.94 | - | - |
| 112 | - | 1.11 | 1.05 | 0.95 | - | - |
| 120 | - | 1.13 | 1.07 | 0.97 | 0.86 | - |
| 128 | - | 1.14 | 1.08 | 0.98 | 0.87 | - |
| 144 | - | - | 1.11 | 1.00 | 0.90 | - |
| 158 | - | - | 1.13 | 1.02 | 0.92 | - |
| 173 | - | - | 1.15 | 1.04 | 0.93 | - |
| 180 | - | - | 1.16 | 1.05 | 0.94 | 0.91 |
| 195 | - | - | 1.18 | 1.07 | 0.96 | 0.92 |
| 210 | - | - | 1.19 | 1.08 | 0.98 | 0.94 |
| 240 | - | - | 1.22 | 1.11 | 1.00 | 0.96 |
| 270 | - | - | 1.25 | 1.14 | 1.03 | 0.99 |
| 300 | - | - | 1.27 | 1.16 | 1.05 | 1.01 |
| 330 | - | - | - | 1.19 | 1.07 | 1.03 |
| 360 | - | - | - | 1.21 | 1.09 | 1.05 |
| 390 | - | - | - | 1.23 | 1.11 | 1.07 |
| 420 | - | - | - | 1.24 | 1.12 | 1.09 |
| 480 | - | - | - | - | 1.16 | 1.12 |
| 540 | - | - | - | - | 1.18 | 1.14 |
| 600 | - | - | - | - | 1.20 | 1.17 |
| 660 | - | - | - | - | 1.23 | 1.19 |

Fuente: Dunlop Argentina.

Anexo 10. Manual de uso y mantenimiento.

UNIVERSIDAD TECNICA ESTATAL DE QUEVEDO

INGENIERÍA MECÁNICA

MANUAL DE USO Y FUNCIONAMIENTO

DESGRANADORA DE FRUTO DE Balsa.



Autores: Carlos Fernando Castro Valdiviezo, Ing. Rodolfo Najarro Quintero.

INFORMACIÓN GENERAL.

Es importante leer detenidamente las instrucciones de funcionamiento, los consejos de proceso/seguridad y advertencias que deben respetarse del manual.

En la mayor parte de los casos los accidentes laborales suceden por no respetar las reglas elementales de seguridad. Estos se pueden evitar identificando con anterioridad las situaciones potenciales de peligro.

En el presente manual en el apartado "SEGURIDAD" se detallan las reglas de seguridad durante la operación de la máquina.

Advertencias: Antes de utilizar la desgranadora de fruto de balsa lea detenidamente las instrucciones indicadas en el presente manual.

I. Índice.

Contenido

| | |
|---|-----|
| 0. Consideraciones previas..... | 122 |
| 0.1. Como leer y utilizar el manual de uso y mantenimiento..... | 4 |
| 1. Proceso de funcionamiento y mantenimiento..... | 123 |
| 1.1. Identificación del equipo y componentes..... | 5 |
| 1.2. Uso previsto de la desgranadora de fruto de balsa..... | 6 |
| 1.3. Proceso de mantenimiento por componentes..... | 7 |

0. Consideraciones previas.

0.1. Cómo leer y utilizar el manual de uso y mantenimiento.

0.1.1. Importancia del manual.

El presente manual de instrucciones constituye una guía para uso y mantenimiento de la maquina desgranadora de fruto de balsa.

Se aconseja seguir detalladamente los consejos del manual ya que el buen funcionamiento y la duración del equipo dependen del uso correcto y de la buena aplicación de las instrucciones de mantenimiento contenidas en este manual.

El fabricante declina todo tipo de responsabilidad en caso de uso incorrecto o de mantenimiento inadecuado en la máquina.

0.1.2. Cómo consultar el manual.

- Portada con la identificación de la máquina.
- Índice.
- Instrucciones y/o notas sobre el equipo.

En la portada se muestra el equipo del que se habla en el manual de uso y mantenimiento.

En el índice se puede ver el capítulo y al apartado en el cual se puede consultar un tema en concreto.

Todas las instrucciones y/o notas sobre el equipo se redactan con la finalidad de advertir sobre seguridad y procedimientos inadecuados.

0.1.3. Simbología y colores utilizados.

Los riesgos presentes se pueden interpretar mediante los colores asignados en la máquina.



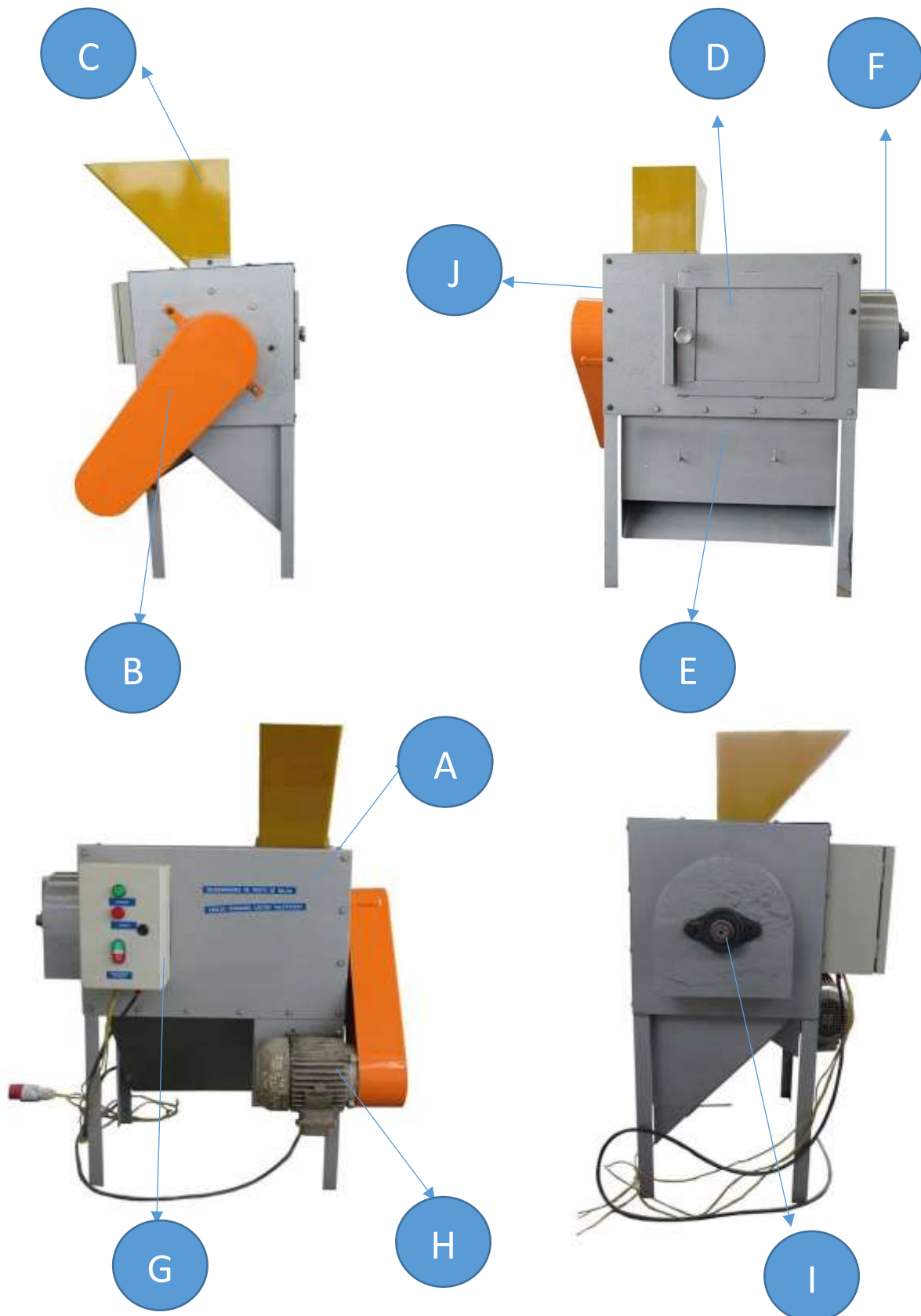
Color naranja: El color naranja representa un peligro que debe ser cubierto por una guarda protectora y que generalmente se utiliza en el recubrimiento de bandas y mecanismos de transmisiones.



Color amarillo: este color presente en el equipo se utiliza para Señalar un peligro que exige precaución al usuario de la máquina.

1. Proceso de funcionamiento y mantenimiento.

1.1. Identificación del equipo y componentes.



Listado de componentes.

- A.- Cuerpo de la desgranadora.
- B.- Guarda de seguridad para banda.
- C.- Tolva de ingreso de los frutos.
- D.- Compartimiento de limpieza.
- E.- Tolva de salida de semillas procesadas.
- F.- Compartimiento de salida para desecho.
- G.- Tablero de control eléctrico.
- H.- Motor eléctrico monofásico.
- I.- Chumacera.
- J.- Carcasa.

1.2. Uso previsto de la desgranadora de fruto de balsa.

Esta desgranadora fue diseñada y construida para cumplir con la demanda de cosecha de la empresa PLANTABAL S.A., se requiere de dos personas para operar la máquina y su mantenimiento se detalla a continuación.

1.3. Proceso de mantenimiento por componentes.

A, E, F.- Estructura principal de la desgranadora.



La estructura principal debe tener una limpieza diaria y antes de cada proceso, la cual se realizara con aire comprimido, esto para evitar la acumulación de desperdicio y para comprobar que ningún cuerpo ajeno a los frutos de balsa ingrese o se encuentre en el interior del equipo.

Los componentes de la estructura principal son:
Cuerpo de la desgranadora, Criba, Compartimiento de salida para desecho y la Tolva de salida

Precauciones de seguridad:

Verificar que todos los componentes del equipo se encuentren correctamente colocados y fijados a la estructura antes de iniciar un proceso.

B.- Guarda de seguridad para banda.



Esta protección conocida como guarda de seguridad se encarga de cubrir y evitar el riesgo de accidentes laborales relacionados con el sistema de transmisión de potencia, su mantenimiento debe realizarse semanalmente y consta de una limpieza interna para evitar la acumulación de desperdicio en su interior, dicha operación debe realizarse con el equipo apagado.

Precauciones de seguridad:

Nunca se debe realizar un proceso sin este elemento ya que un accidente con la banda de transmisión puede generar accidentes graves.

C.- Tolva de ingreso de los frutos.



La tolva de ingreso requiere un mantenimiento diario el cual consta de revisión y limpieza, lo cual permite constatar que no exista una obstrucción en la alimentación de la máquina la cual podría generar una obstrucción del producto

Precauciones de seguridad:

No meter la mano en el interior de la tolva mientras el equipo se encuentre en funcionamiento, ya que existe riesgo de amputación por el contacto con las cuchillas.

G.- Tablero de control eléctrico.





El tablero eléctrico de mando es una parte fundamental del equipo y conlleva los siguientes cuidados.


- Maniobra de des-energización y puesta a tierra.
- Revisión y limpieza del gabinete, cables, interruptores electromagnéticos y demás componentes de este.
- Revisiones del sistema de tierras y apriete de conexiones en general.
- Para revisión y sustitución de elementos de control se recomienda la revisión por parte de un electricista.
- Revisión final, retiro de puesta a tierra y energización.

Precauciones de seguridad:

No manipular sin antes des-energizar el tablero ya que existen riesgos eléctricos.

| Banda de transmisión | |
|---|---|
|  | <p>La banda con perfil A debe ser cambiada aproximadamente cada 5000 horas ya que esta no se encuentra bajo grandes esfuerzos y se estima que cumplirá con la vida útil impuesta por el fabricante.</p> |
| <p>Precauciones de seguridad: La banda siempre debe mantener su guarda de seguridad, por tratarse de un componente de transmisión de potencia.</p> | |

| Polea de transmisión | |
|---|--|
|  | <p>Una polea de aluminio su mantenimiento se centra en la inspección del cuerpo de la polea y la revisión de los canales, su mantenimiento es netamente correctivo</p> |
| <p>Precauciones de seguridad: La polea siempre debe estar cubierta por guarda de seguridad para evitar accidentes.</p> | |

| H.- Motor eléctrico monofásico. | |
|--|---|
|  | <p>Los rodamientos del motor para bajas cargas como la que se aplicará en la desgranadora describen una relubricación cada 24 meses, la grasa a utilizar y la cantidad esta especificada en la placa del motor.</p> |
| <p>Precauciones de seguridad: Asegurar que los componentes de protección para el motor se encuentren en óptimo estado (guardamotor, Contactor).</p> | |

I.- Chumacera.



Las chumaceras el catalogo del fabricante describe una relubricación para chumaceras estándar y con temperaturas de trabajo de -15°C a 80°C cada 1500 horas o cada 6 meses de funcionamiento con 2.7 gramos en cada chumacera.

Precauciones de seguridad:

Asegurarse que la chumacera este siempre engrasada correctamente.

Anexo 11. Prueba de funcionamiento.



Fuente: Autor.

Anexo 12. Planos Generales.