



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

**“OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE TRILLADO Y VENTILADO
MEDIANTE LA REPOTENCIACIÓN DE MAQUINARIA EN LA
EMPRESA ASUALINIUM DE LA CIUDAD DE AMBATO”**

LLIGUAY CALDERÓN LUIS DANIEL

TRABAJO DE TITULACIÓN
TIPO: PROYECTO TECNOLÓGICO

Previo a la obtención del Título de:
INGENIERO INDUSTRIAL

RIOBAMBA – ECUADOR

2019

**CERTIFICADO DE APROBACIÓN DEL TRABAJO
DE TITULACIÓN**

2017-06-29

Yo recomiendo que el Trabajo de Titulación preparado por:

LLIGUAY CALDERÓN LUIS DANIEL

Titulado:

**“OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE TRILLADO Y VENTILADO
MEDIANTE LA REPOTENCIACIÓN DE MAQUINARIA EN LA EMPRESA
ASUALINIUM DE LA CIUDAD DE AMBATO”**

Sea aceptada como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

INGENIERO INDUSTRIAL



Ing. Carlos José Santillán Mariño.

DECANO FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:



Ing. Eduardo Francisco García Cabezas

DIRECTOR



Ing. Alcides Napoleón García Flores

MIEMBRO

ESPOCH

Facultad de Mecánica

EXAMINACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: LLIGUAY CALDERÓN LUIS DANIEL

TRABAJO DE TITULACIÓN: “OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE TRILLADO Y VENTILADO MEDIANTE LA REPOTENCIACIÓN DE MAQUINARIA EN LA EMPRESA ASOALINIUM DE LA CIUDAD DE AMBATO”

Fecha de Examinación: 2019-04-05

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Jácome Valdez Marcelo Antonio. PRESIDENTE TRIB. DEFENSA	✓		
Ing. Eduardo Francisco García Cabezas. DIRECTOR	✓		
Ing. Alcides Napoleón García Flores. MIEMBRO	✓		

* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

RECOMENDACIONES: _____

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.



Ing. Jácome Valdez Marcelo Antonio
PRESIDENTE TRIB. DEFENSA

DERECHOS DE AUTORÍA

El Trabajo de Titulación que presento, es original y basado en el proceso de investigación y/o adaptación tecnológica establecido en la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. En tal virtud, los fundamentos teóricos-científicos y los resultados son de exclusiva responsabilidad del autor. El patrimonio intelectual le pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.



Lliguay Calderón Luis Daniel

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, **LLIGUAY CALDERÓN LUIS DANIEL** declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otra fuente están debidamente citados y referenciados. Como autor, asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación. El patrimonio intelectual le pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.



Lliguay Calderón Luis Daniel
Cédula de Identidad:060411438-9

DEDICATORIA

El presente trabajo de titulación está dedicado con mucho esfuerzo y cariño aquellos, quienes estuvieron presentes en los mejores momentos de mi vida, los que también me supieron ayudar en los momentos difíciles durante mi trayecto académico.

A mi abuelita Angelita, que desde el cielo me supo proteger, guiar por un buen camino y desde allá de donde quiera que estese me supo bendecir durante muchas pruebas difíciles que así me sirvió mucho para mi vida personal y laboral, siempre te recuerdo en mi corazón.

A mis padres, con esfuerzo, cariño, amor y sobre todo paciencia me brindaron ese apoyo incondicional, sobre todo en lo emocional y económico, que dio lugar a este anhelado logro, a mis hermanas que supieron estar en las buenas y malas a mi lado, a mi hermano Joel por darme todo su apoyo y brindarme su confianza.

Luis Daniel Lliguay Calderón

AGRADECIMIENTO

A DIOS por la oportunidad de vida y mirar el mundo que me fue concedido. Agradezco al Ing. Eduardo García y al Ing. Alcides García por la fe y la confianza que han depositado en mí, en el desarrollo de este proyecto de titulación aportando en mí, conocimientos para la terminación del mismo y en especial el poder ver más allá de mis alcances y expectativas.

Al Ing. Marco Almendariz y al Ing. Julio Moyano, por estar apoyándome hasta el final y en la travesía de este proyecto me brindo su amistad y la oportunidad de aprender junto a él, conocimientos académicos nuevos y ser cada día un profesional ejemplar en la vida con sus valores impartidos.

Luis Daniel Lliguay Calderón

TABLA DE CONTENIDOS

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN

Pág.

CAPÍTULO I

1 MARCO REFERENCIAL

1.1	Antecedentes	1
1.2	Planteamiento del problema.....	1
1.3	Justificación.....	2
1.3.1	<i>Justificación teórica</i>	2
1.3.2	<i>Justificación práctica</i>	3
1.3.3	<i>Justificación metodológica</i>	3
1.4	Objetivos	4
1.4.1	<i>Objetivo general</i>	4
1.4.2	<i>Objetivos específicos</i>	4

CAPÍTULO II

2 MARCO TEÓRICO

2.1	Quinua: Generalidades	5
2.2	Historia y evolución de la trilladora de quinua	6
2.3	Características de la quinua y su cosecha.....	7
2.4	Proceso de cosecha de quinua	8
2.4.1	<i>Cosecha</i>	8
2.4.2	<i>Siega</i>	9
2.4.3	<i>Emparvado</i>	10
2.4.4	<i>Trilla</i>	11
2.4.5	<i>Máquinas trilladoras</i>	12
2.4.6	<i>Almacenamiento tradicional de la quinua</i>	17

2.4.7	<i>Trilla tradicional</i>	18
2.5	Marco tecnológico.....	19
2.5.1	<i>Trillado mecánico</i>	20
2.6	Componentes principales de un motor de combustión interna.....	21
2.6.1	<i>Características del ciclo Otto</i>	21

CAPÍTULO III

3 ALTERNATIVAS DE DISEÑO

3.1	Descripción del diseño	24
3.2	Mecanismo de trillado	24
3.2.1	<i>Elementos que forman la trilladora estacionaria</i>	24
3.2.2	<i>Existe dos tipos de cilindros de tipo transversal</i>	25
3.2.3	<i>Elementos de separación y limpia</i>	26
3.2.4	<i>Pérdidas y regulaciones</i>	27
3.3	Metodología de diseño	29
3.3.1	<i>Venteo Artesanal</i>	29
3.3.2	<i>Trilladora venteadora</i>	34
3.4	Evaluación y diagnóstico	35
3.4.1	<i>Estado general de la trilladora y ventiladora</i>	35
3.4.2	<i>Identificación de sistemas (trilladora)</i>	35
3.4.3	<i>Evaluación de los componentes de los sistemas</i>	35
3.4.4	<i>Identificación de sistemas (ventiladora)</i>	41
3.4.5	<i>Evaluación de los componentes de los sistemas</i>	41
3.4.6	<i>Conclusiones de la evaluación</i>	47

CAPÍTULO IV

4 DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN

4.1	Parámetros y variables del diseño	48
4.1.1	<i>Propiedades del cultivo</i>	48
4.1.2	<i>Sistema mecánico</i>	49
4.1.3	<i>Sistema de ventilado (aventadora)</i>	50

4.2	Diseño del equipo (trilladora)	51
4.2.1	<i>Selección de bandas y poleas para el sistema de trillado de quinua</i>	51
4.2.2	<i>Relación de transmisión trilla – zaranda</i>	64
4.3	Diseño del eje de transmisión de movimiento del cilindro trillador	72
4.3.1	<i>Cálculo del peso del cilindro trillador</i>	72
4.3.2	<i>Cálculo de la carga distribuida en el cilindro trillador en función del peso</i>	73
4.3.3	<i>Diseño del eje de transmisión de movimiento del cilindro trillador</i>	75
4.3.4	<i>Diseño estático</i>	78
4.3.5	<i>Factor de seguridad estático</i>	80
4.3.6	<i>Diseño dinámico</i>	80
4.3.7	<i>Resistencia a la fatiga de un elemento o pieza</i>	80
4.3.8	<i>Factor de seguridad dinámico</i>	82
4.3.9	<i>Cálculo de durabilidad del eje de transmisión</i>	82
4.4	Diseño de las barras de corte.....	84
4.4.1	<i>Cálculo de las barras de corte</i>	84
4.4.2	<i>Cálculo de la resistencia del material de aporte</i>	86
4.4.3	<i>Cálculo de esfuerzo permisible</i>	86
4.4.4	<i>Cálculo del esfuerzo cortante</i>	87
4.4.5	<i>Longitud de soldadura</i>	88
4.5	Diseño del cóncavo	89
4.6	Ventadora de Quinua “V- M”	90
4.6.1	<i>Cálculo del sistema de alimentación</i>	92
4.6.2	<i>Cálculos del venteado</i>	93
4.6.3	<i>Número de paletas</i>	94
4.6.4	<i>Variación de área y velocidad de alimentación</i>	95
4.6.5	<i>Diseño del sistema de transmisión (aventadora)</i>	97
4.7	Diseño de rodamientos	104
4.7.1	<i>Selección de rodamientos para el eje centrifugo</i>	104
4.7.2	<i>Diagrama de curvas de momento cortante y esfuerzo cortante</i>	105

4.7.3	<i>Resultantes radiales</i>	106
4.8	Construcción del equipo.....	109
4.8.1	<i>Repotenciación trilladora</i>	109
4.8.2	<i>Repotenciación aventadora</i>	115
4.9	Pruebas de funcionamiento (trilladora).....	121
4.9.1	<i>Análisis y resultados del trillado de quinua</i>	124
4.10	Pruebas de funcionamiento (ventiladora).....	127
4.10.1	<i>Análisis y resultados del ventilado de quinua</i>	129
4.11	Procedimiento seguro de manejo de la máquina trilladora de quinua Tr-c.....	133
4.12	Objetivo.....	133
4.13	Alcance.....	134
4.14	Definiciones y abreviaciones.....	134
4.15	Responsabilidades.....	134
4.16	Procedimiento.....	135
4.16.1	<i>Antecedentes</i>	135
4.16.2	<i>Realización de actividad segura</i>	137
4.16.3	<i>Normas generales</i>	137
4.16.4	<i>Identificación de riesgos durante el proceso de trillado</i>	138
4.16.5	<i>Equipos de protección personal</i>	141

CAPÍTULO V

5 COSTOS DE REPOTENCIACIÓN

5.1	Costos directos.....	144
5.1.1	<i>Costos mecánicos</i>	144
5.1.2	<i>Costos de mantenimiento de motores de combustión interna</i>	145
5.1.3	<i>Costo de mano de obra</i>	145
5.1.4	<i>Costo de transporte de material</i>	145
5.1.5	<i>Costo directo total</i>	146
5.1.6	<i>Costos indirectos</i>	146
5.1.7	<i>Costo Total</i>	146

CONCLUSIONES	147
RECOMENDACIONES	148
BIBLIOGRAFÍA	
ANEXOS	

LISTA DE TABLAS

Tabla 1-2:	Rendimiento de la trilladora tubular en tres variedades de quinua.....	14
Tabla 1-3:	Pérdidas medias en los órganos de una trilladora estacionara.....	28
Tabla 2-3:	Causas del mal funcionamiento y regulaciones para corregirlas.....	28
Tabla 3-3:	Porcentaje de componentes en la mezcla a trabajar.....	30
Tabla 4-3:	Identificación de sistemas (trilladora).....	35
Tabla 5-3:	Evaluación del sistema estructural.....	36
Tabla 6-3:	Evaluación del sistema de transmisión.....	37
Tabla 7-3:	Evaluación del cilindro y cóncavo.....	38
Tabla 8-3:	Evaluación del sistema de sacudidores y cribas.....	38
Tabla 9-3:	Evaluación del motor Briggs Stratton.....	40
Tabla 10-3:	Identificación de sistemas (ventiladora).....	41
Tabla 11-3:	Evaluación de la estructura y partes de la maquinaria.....	42
Tabla 12-3:	Evaluación del sistema de transmisión.....	43
Tabla 13-3:	Evaluación del cilindro centrífugo.....	44
Tabla 14-3:	Evaluación del sistema de ventilación.....	45
Tabla 15-3:	Evaluación del motor de combustión interna.....	46
Tabla 16-3:	Evaluación de la situación actual.....	47
Tabla 1-4:	Criterios de las fuerzas.....	58
Tabla 2-4:	Características de la quinua.....	91
Tabla 3-4:	Características del ventilador.....	93
Tabla 4-4:	Datos del eje ventilador.....	94
Tabla 5-4:	Variación de áreas para el ventilado de quinua.....	95
Tabla 6-4:	Criterios de las fuerzas.....	102
Tabla 7-4:	Codificación de las partes de la trilladora.....	109
Tabla 8-4:	Equipos utilizados para la construcción.....	109
Tabla 9-4:	Evaluación del sistema estructural.....	110
Tabla 10-4:	Evaluación del sistema de transmisión.....	111
Tabla 11-4:	Evaluación del cilindro y cóncavo.....	112
Tabla 12-4:	Evaluación del sistema de sacudidores y cribas.....	113
Tabla 13-4:	Evaluación del motor Briggs Stratton.....	114
Tabla 14-4:	Identificación de sistemas (ventiladora).....	115
Tabla 15-4:	Evaluación de la estructura y partes de la maquinaria.....	116
Tabla 16-4:	Evaluación del sistema de transmisión.....	117
Tabla 17-4:	Evaluación del cilindro centrífugo.....	118

Tabla 18-4:	Evaluación del sistema de ventilación.....	119
Tabla 19-4:	Evaluación del motor de combustión interna	120
Tabla 20-4:	Identificaciones de cambios.....	133
Tabla 1-5:	Costos mecánicos	144
Tabla 2-5:	Mantenimiento de motores de combustión interna.....	145
Tabla 3-5:	Costo de mano de obra	145
Tabla 4-5:	Costo de transporte de material	145
Tabla 5-5:	Costo Directo total.....	146
Tabla 6-5:	Costos indirectos.....	146
Tabla 7-5:	Costo Total	146

LISTA DE FIGURAS

Figura 1-2:	Parcelas de Quinua.....	6
Figura 2-2:	Trilladora Mc Cormick Deering de los años 30.....	7
Figura 3-2:	Quinua Real Blanca en madurez fisiológica.....	9
Figura 4-2:	Corte de plantas con hoz.....	10
Figura 5-2:	Parvas de quinua negra cortadas en línea.....	11
Figura 6-2:	Trilla tradicional de quinua en ladera.....	11
Figura 7-2:	Trilladora TR-C.....	12
Figura 8-2:	Trilladora Vencedora modificada.....	13
Figura 9-2:	Trilladora Tubular.....	14
Figura 10-2:	Labor de harneado.....	15
Figura 11-2:	Venteo de quinua.....	15
Figura 12-2:	Limpieza y venteo de quinua.....	16
Figura 13-2:	Venteadora V-M.....	16
Figura 14-2:	Cosechadora combinada.....	17
Figura 15-2:	Almacenamiento de la quinua emparvada.....	18
Figura 16-2:	Trillado de quinua por fricción.....	18
Figura 17-2:	Trillado por golpeo.....	19
Figura 18-2:	Trilladora estacionaria.....	20
Figura 19-2:	Componentes principales de combustión interna.....	21
Figura 20-2:	Primera Etapa ciclo Otto, admisión.....	21
Figura 21-2:	Segunda Etapa. ciclo Otto, compresión.....	22
Figura 22-2:	Tercera Etapa ciclo Otto, combustión.....	22
Figura 23-2:	Cuarta Etapa ciclo Otto, escape.....	23
Figura 1-3:	Cilindro de dientes de dedos.....	25
Figura 2-3:	Cilindro desgranador de barras.....	26
Figura 3-3:	Diferentes tipos de zarandas.....	27
Figura 4-3:	Funciones de las zarandas.....	27
Figura 5-3:	Venteadora de Quinua.....	30
Figura 6-3:	Producto final de un proceso de venteado.....	31
Figura 7-3:	Esquema general del proceso.....	31
Figura 8-3:	Campesinos haciendo venteado artesanal.....	32
Figura 9-3:	Zaranda Manual y Zarandas en serie.....	33
Figura 10-3:	Zaranda Cilíndrica Rotativa.....	33

Figura 11-3:	Venteadora Artesanal	34
Figura 12-3:	Máquina trilladora venteadora accionada por un motor de CI	34
Figura 1-4:	Sistema de transmisión por bandas	51
Figura 2-4:	El ángulo abrazado por la correa sobre la polea menores $< 180^\circ$	55
Figura 3-4:	Fuerzas que actúan en la polea 1 y 2	60
Figura 4-4:	El ángulo abrazado por la correa sobre la polea menores $< 180^\circ$	67
Figura 5-4:	Fuerzas que actúan en la polea 3 y 4	69
Figura 6-4:	Fuerzas que actúan en la polea 3 y 4	70
Figura 7-4:	Cilindro Trillador	73
Figura 8-4:	Diagrama del cuerpo libre	74
Figura 9-4:	Distribución de las cargas puntuales y distribuidas en el eje xy	75
Figura 10-4:	Gráficas de fuerzas cortantes y momentos flectores	76
Figura 11-4:	Distribución de las cargas puntuales y distribuidas en el eje X-Z	76
Figura 12-4:	Distribución de las cargas puntuales y distribuidas en el eje X-Z	78
Figura 13-4:	Sección transversal de soldadura y terminología	84
Figura 14-4:	Propiedades mínimas del metal de aporte	85
Figura 15-4:	Barra de corte	85
Figura 16-4:	Esfuerzos permisibles del Código AISC para metal de aporte	86
Figura 17-4:	Cóncavo en relación al tambor trillador	89
Figura 18-4:	Diseño del cóncavo	89
Figura 19-4:	Barras de corte en el cóncavo	90
Figura 20-4:	Partes de la Ventadora	91
Figura 21-4:	Tolva de alimentación	92
Figura 22-4:	Aventadora de quinua	96
Figura 23-4:	Diagrama de fuerzas	104
Figura 24-4:	Diagrama de fuerza cortante	105
Figura 25-4:	Diagrama de momento flector	106
Figura 26-4:	Sistema de trillado de quinua	121
Figura 27-4:	Ingreso de panoja	121
Figura 28-4:	Trillado de la panojas de quinua	122
Figura 29-4:	Proceso de zaranda de quinua	122
Figura 30-4:	Salida de quinua ya trillada	123
Figura 31-4:	Salida de quinua ya trillada	123
Figura 32-4:	Ventilado de quinua	127
Figura 33-4:	Encendido del motor	127
Figura 34-4:	Ingreso de quinua a la tolva de alimentación	128

Figura 35-4:	Salida del grano.....	128
Figura 36-4:	Salida de impurezas	129
Figura 37-4:	Grano libre de impurezas	129
Figura 38-4:	Equipo de protección personal.....	137

LISTA DE ABREVIACIONES

i	Relación de transmisión
P_D	Potencia de diseño
i_f	Flexiones por segundo
e	Constante logarítmica
S₀	Fuerza por tensado estatico
A	Área
q	Peso específico
g	Gravedad
H	Duración
F	Fuerza
T	Torque
m	masa
p	peso
σ_x	diseño estático
τ_{xy}	esfuerzo cortante
N	número de ciclos
a	constante de esfuerzo
b	constante de regresión
f	fricción de resistencia

LISTA DE ANEXOS

- A** Sistema de transmisión de la máquina trilladora
- A1** Tabla del factor
- A2** Gráfica de selección de los diferentes tipos de bandas
- A3** Tabla de longitudes primitivas de correas
- A4** Tabla de factores de corrección según el tipo de banda escogida.
- A5** Factor de corrección de potencia
- A6** Coeficientes de rozamiento
- A7** Tabla de coeficientes según el perfil de la correa
- A8** Tabla de datos específicos de dimensiones de cada perfil de correa
- A9** Especificaciones y características de las correas.

- B** Parámetros para calcular y diseñar ejes de transmisión

- B1** Eje de transmisión para el cilindro trillador

- B2** Factor de acabado superficial

- B3** Factor de tamaño

- B4** Factor de corrección por confiabilidad (K_c)

- B5** Factor de corrección K_e de acabado superficial

- C** Factores que intervienen en la soldadura

- C1** Cargas constante permisibles

- C2** Límite de fluencia de los diferentes tipos de material

D Selección del sistema de transmisión aventadora

D1 Factor C_1 de acuerdo a las horas de trabajo

D2 Selección del tipo de correa

D3 Identificación de la correa adecuada.

D4 Factor de corrección

D5 Factor de corrección

E Selección de rodamientos

E1 Factor de vida del rodamiento

E2 Factor de velocidad

E3 Rodamientos solicitados estáticamente

RESUMEN

El presente trabajo describe el proceso de repotenciación de una trilladora y una ventiladora con el fin de optimizar el proceso de trillado de la quinua para la empresa ASUALINIUM. Se partió de la visita in situ para evaluación de los sistemas mecánicos de la maquinaria determinando el mal estado, así como el diseño inapropiado de algunos de sus elementos. Para llevar a cabo la repotenciación se analizó el estado inicial de las partes mecánicas, para así determinar cuál debe ser reemplazado o requieren un diseño apropiado. Para la selección de bandas y poleas se rediseño el tipo de banda y el diámetro adecuado de la polea, lo cual ejercerá una transmisión óptima y así mejora la vida útil de los rodamientos. Se investigó los diferentes materiales para el eje del tambor trillador en función a las propiedades mecánicas y aplicaciones seleccionando el acero AISI 1018 (Transmisión). Se realizó el cálculo de durabilidad del eje y fue aceptable dentro de los rangos establecidos. Optimizando de esta forma el sistema de trillado y ventilado de quinua. Repotenciada las máquinas, se realizaron pruebas para la determinación de su correcto funcionamiento y se efectuó la comparación con el proceso de trillado y ventilado manual, determinándose la efectividad de la trilladora y ventiladora, al trillar 46,80 kg de quinua en 16 minutos comparándose con el tiempo de trillado manual para la misma cantidad con un resultado de 4 horas 28 minutos y 30 segundos, mientras que al aventar la misma cantidad de trillado en 7 minutos y 30 segundos comparándose con el tiempo de aventado manual para la misma cantidad con un resultado de 3 horas 30 minutos y 20 segundos. En conclusión, la repotenciación de la trilladora y la ventiladora de quinua presenta una reducción considerable de tiempos de producción y reducción de recurso humano, obteniendo un grano limpio y sin impurezas.

PALABRAS CALVE: <TECNOLOGIA Y CIENCIAS DE LA INGENIERIA>, <OPTIMIZACIÓN>, <REDISEÑO>, <QUINUA (CHENOPODIUM QUINOA)>, <SOLIDWORKS (SOFTWARE) >, <RESISTENCIA DE MATERIALES>.



ABSTRACT

The present degree work of Repowering of the Thresher and Ventilator for the optimization process of the threshing of the Quinoa for the company ASUALINIUM, is repowering said machines that are inoperative due to the initial damages in its mechanical system, this accompanied by a lack of interest for its immediate repair that led to the progressive deterioration of it. This project seeks the start-up of the thresher and ventilator through the repowering of its systems. To carry out the repowering, the initial state of the mechanical parts was analyzed, in order to determine which, one should be replaced or require an appropriate design. For the selection of belts and pulleys, the type of belt and the appropriate diameter of the pulley are redesigned, which will exert an optimal transmission and thus improve the service life of the bearings. The different materials for the threshing drum shaft were investigated according to the mechanical properties and applications, which was an AISI 1018 (Transmission) steel. The durability calculation of the axis was performed and it was acceptable within the established ranges. Optimizing the threshing and ventilating system of quinoa in this way. The machines were repowered, tests were carried out to determine their correct operation and the comparison with the threshing and manual ventilation process was carried out, determining the effectiveness of the thresher and fan, when threshing 46,80 kg of quinoa, comparing with the time of manual threshing for the same amount with a result of 4 hours 28 minutes and 30 seconds, while when throwing, the same amount of threshing in 7 minutes and 30 seconds compared with the manual winnowing time for the same amount with a result of 3 hours 30 minutes and 20 seconds. Among the advantages of the thresher and the quinoa fan are the considerable reduction of production times and the number of operators, in order to obtain a clean grain without impurities.

KEYWORDS: <TECHNOLOGY AND SCIENCE OF ENGINEERING>, <OPTIMIZATION>, <REDESIGN >, <QUINOA (CHENOPODIUM QUINOA)>, <SOLID WORKS (SOFTWARE)>, < MATERIALS RESISTANCE>.



INTRODUCCIÓN

La empresa ASUALINIUM dedicada a la producción y comercialización de productos a base de la quinua, al momento se encuentra en etapa de implementación de maquinaria para el procesamiento de la quinua; se define el trillado y ventilado del producto como bases del proceso. La mecanización de los trabajos en la agricultura tiene un porcentaje relativamente bajo debido a los elevados costos que relaciona la adquisición de maquinaria, la misma que resulta alcanzable únicamente para grandes empresarios obstaculizando el desarrollo de pequeños y medianos productores que no pueden cubrir el capital suficiente requerido para este tipo de adquisición. Considerando, además, que la inserción de maquinaria agrícola puede ayudar a mejorar la calidad de productos y optimizar la productividad.

La presente investigación tiene como fin la repotenciación de una trilladora y ventiladora agrícola, la empresa ASUALINIUM encaminada a dar un aporte al desarrollo agroindustrial, fomentando así la mecanización de la agricultura en el sector, actualmente la trilladora y ventiladora se encuentra inoperante debido a los daños que se ha ido acumulando con el pasar del tiempo y el abandono, principalmente en el sistema de trillado donde el cilindro y el cóncavo juega un principal papel para que se dé el trillado a su vez la ventiladora el daño principal es el eje centrífugo entre otras cosas, daños que perduraron hasta en la actualidad, añadido a esto la falta de un plan de mantenimiento llevó a que la maquinaria se encuentre en mencionada situación.

El desarrollo de este trabajo comprenderá, un breve análisis de la historia del trillado, un capítulo dedicado al conocimiento de la repotenciación de la maquinaria, lo cual permitirá una mejora en los tiempos de operación en que dura el proceso y una mejor obtención de producto de mejor calidad; aplicando los conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera, acompañado de un capítulo dedicado a la parte financiera donde se evaluarán los costos y gastos de la implementación.

CAPÍTULO I

1 MARCO REFERENCIAL

1.1 Antecedentes

Es un hecho comprobado que la quinua representa un alimento importante por sus propiedades nutritivas de alta calidad y más aún por cuanto está empezando a formar parte del grupo de alimentos de uso masivo e inclusive de exportación. (Soria, 1990)

Una de las principales limitantes de la producción de la quinua en el Ecuador es la carencia de recursos tecnológicos para el proceso de post-cosecha, pues al realizarse en forma empírica y manual genera pérdida, debido a que la panoja de la quinua no se procesa totalmente y el desecho contiene aún grano de quinua que resulta desperdiciado.

De esta forma, el presente proyecto se realiza con el objetivo principal de encontrar la solución de reducir tiempos de operación de trillado y ventilado de quinua de lo artesanal con la repotenciación, de la misma que sea eficiente y fácil de adoptar por los agricultores medianos o pequeños que son los que tradicionalmente producen este cultivo.

También se ha considerado que, al repotenciar este tipo de máquina, se obtendrá una disminución de requerimientos de horas de trabajo por parcela, permitiendo al agricultor utilizar el tiempo marginal en otras actividades productivas. Además, se solucionará los problemas actuales de trillado tradicional y ventilado de quinua, que se realizan en forma manual, lo que representa trabajo laborioso y tedioso.

1.2 Planteamiento del problema.

La Asociación de Emprendedores Nutriandina ASOALINIUM se crea con el objetivo principal de dar un valor agregado a la quinua, años atrás, sus agricultores vienen cultivando, cosechando y comercializando quinua en pequeñas cantidades debido al problema que resulta el trillado y ventilado de quinua de manera manual.

La cosecha del grano de quinua en áreas productoras de Tungurahua, es mayormente tradicional y está sujeta a las condiciones climáticas. La siega, el traslado del material cortado, la trilla, el venteado y el embolsado, son operaciones que se realizan en el proceso de la cosecha de granos, de estas cinco operaciones la trilla y el venteado son las más arduas y difíciles de realizar, también en este proceso existe mayor riesgo de pérdida de grano.

Con la finalidad de dar respuestas a este problema se han difundido en algunas zonas quinueras máquinas trilladoras y venteadoras de diferentes tamaños y capacidades. El trabajo que realiza la trilladora es trillar la panoja, una vez trillado conjuntamente con la venteadora es la limpieza y/o separación del grano de la cáscara, esto es un problema para el agricultor al no contar con una máquina eficiente depende de procesos manuales y del fenómeno natural que es el viento. Otro de los problemas es que, al no tener una máquina eficiente en el trillado, el venteado no podrá ser óptimo, no se podrá obtener un grano 100% libre de paja o cáscara. Una solución al problema al trillar y limpiar el grano es repotenciar la maquinaria para obtener una mejor calidad del grano.

Dada la correcta administración de recursos y reducir la fatiga laboral del agricultor, estas máquinas deben ser eficientes e implicar un mantenimiento sea de bajo costo.

1.3 Justificación

1.3.1 *Justificación teórica.*

El presente trabajo es realizado a base de la información tomada de varios libros, sitios webs etc. A través del conocimiento adquirido durante el transcurso de la carrera junto a ello la información necesaria que permitirá el desarrollo de nuevas técnicas en la innovación tecnológica y el conocimiento acumulado por años de experiencia de autores cuyas obras se mencionan en la sección bibliográfica del presente documento, es así que se muestra la información necesaria, bien decir acompañado de la información y el conocimiento que sirve de aporte para el desarrollo de las bases teóricas del presente trabajo y adquisición de nuevos conocimientos, técnicas aplicables para el desarrollo del presente trabajo.

1.3.2 *Justificación práctica.*

Dentro del sector agroindustrial, la implementación de este proyecto ayuda a generar una mejora en la producción, calidad y disponibilidad de alimentos nativos, en base al estudio previo de maquinaria y proceso de post-cosecha específicamente la optimización al proceso de trillado y ventilado.

Los principios de Resistencia de Materiales aplicados al área operativa se hacen visibles en el dimensionamiento del cilindro cóncavo que existen factores a ser reajustados principalmente el diseño del cóncavo en la trilladora, dando así un mejor trillado de quinua, acompañado de un mantenimiento de elementos móviles en los sistemas de transmisión, haciendo énfasis a un mejor funcionamiento de máquinas.

La respuesta por parte de la escuela de Ingeniería Industrial a solicitud de dicha problemática demuestra la capacidad y actualidad de la carrera, haciendo énfasis ante cualquier circunstancia, cabe recalcar que tanto la mejora de tiempos en la producción y un mejor diseño en la maquinaria es posible dar a conocer un mejoramiento efectivo durante la producción.

1.3.3 *Justificación metodológica.*

La presente investigación se enfocará en estudiar los parámetros de diseño en el mecanismo de trilla de una máquina trilladora de quinua, donde se logrará mejorar el mecanismo para que este sea mucho más eficiente, aportando a la producción de los agricultores.

Así también mejorando los parámetros del mecanismo de trilla y ventilado, se logrará ayudar a la fomentación de producción de calidad para lograr un producto de mejor calidad, optimizando el proceso de la trilla y ventilado reduciendo tiempos, incluso realizando convenios con cantones y parroquias de la provincia de Chimborazo donde realicen la cosecha de la quinua para lograr la elaboración de alimentos a base de quinua.

1.4 Objetivos

1.4.1 *Objetivo general.*

“Optimizar el proceso de trillado y ventilado por medio de la repotenciación de maquinaria en la empresa ASOALINIUN de la ciudad de Ambato” para mejorar el tiempo y cantidad de producción.

1.4.2 *Objetivos específicos*

- Caracterización del proceso de trillado y ventilado agrícola de la quinua para la generación de requerimientos dentro de su tecnificación de los procesos.
- Realizar la evaluación de la situación actual de la maquinaria de trillado y ventilado disponible en la empresa para establecer parámetros de rediseño.
- Implementar los aspectos correctivos de rediseño para efectivizar la repotenciación de maquinaria.
- Evaluar el funcionamiento de la maquinaria repotenciada con la comparación de tiempos respecto a la acción manual para verificar la eficiencia del trabajo.

CAPÍTULO II

2 MARCO TEÓRICO

2.1 Quinua: Generalidades

La quinua es considerado unos de los cultivos más delicados, en cuanto al manejo y cuidado de la cosecha, la cosecha de quinua debe realizarse con el debido cuidado para lo cual se evitara no solo perdidas por factores adversos al clima o ataques de aves sino que también el deterioro del grano consecuente a una mala calidad de la quinua, si a la madurez del cultivo se encuentra con un porcentaje superior al 70% del periodo de humedad ambiental, se produce la germinación de los granos en la panoja, que produciría una pérdida de la cosecha adverso a una oxidación o cambio de color de los granos y todo esto afectaría a la calidad de la cosecha. La quinua debe ser cosechada cuando se haya defoliado la planta, presente un color amarillo pálido en los granos y así el grano obtenga una consistencia aceptable que pueda resistir la presión de las uñas, en la sierra norte del Ecuador y sur de Colombia son áreas húmedas, que es aconsejable coincidir con el tiempo de cosecha de la quinua con la época seca del año (Junio-Septiembre), esto nos permitirá evitar pérdidas y deterioro de los granos por efecto de humedad ambiental. (Soria, 1990)

En la zona andina es totalmente manual la cosecha tradicional de quinua, es común el desprendimiento de plantas, al momento de la trilla las raíces acarrear tierra, se mezcla con el grano desmejorando su calidad, la siega se realiza con una hoz, las gavillas se trasladan a eras, en el que son trilladas a golpes por garrote o pisoteo de animales. (Soria, 1990)

La trilla manual es muy común, aunque este sistema se realiza con quinua recién cortada, refregando las panojas sobre piedras o superficies duras, es decir cuando las plantas y panojas están blandas y no lastiman las manos. En otros casos las panojas son almacenadas en parvas o secadas en el campo, en hileras junto a tapiales, cercas o paredes de las viviendas, para luego ser trilladas. La formación de arcos o parvas, también se hace en Perú y Bolivia, para evitar que la cosecha se malogre por la presencia de lluvias o nevadas que manchan el grano. Las plantas se ordenan en estos arcos o parvas en forma de techo a dos aguas, luego se cubre con paja, para esperar una o dos semanas hasta que las plantas tengan la humedad conveniente para la trilla. (Soria, 1990)



Figura 1-2: Parcelas de Quinua
Fuente: Autor

La utilización de trilladoras estacionarias ayuda a obtener un sistema mejorado de cosecha de quinua, aunque la siega y transporte de las gavillas se realiza manualmente. Para la trilla de quinua han sido adaptados varios modelos de trilladoras de cereales, en otros casos se han diseñado modelos específicos para quinua, todos con admisible eficacia y rendimiento. Los principales ajustes a realizarse en las trilladoras de cereales son, en el dispositivo de salida de granos se debe colocar una malla metálica adecuada, rediseño de los dientes o ganchos trituradores en el cilindro-cóncavo y adecuar la velocidad necesaria que debe girar el cilindro trillador, para evitar atascamientos en los compartimientos de trilla y de salida de desperdicios es importante en este caso es que las panojas a trillar deben estar completamente secas. Las pérdidas de este son excesivas cuando las panojas están húmedas o verdes, se obtiene grano sucio durante en el proceso de trilla. El uso de estas trilladoras ayuda a obtener un trillado de mejor calidad, a su vez tiene sus ventajas que son: la facilidad de transporte, el fácil manejo, para agricultores, asociaciones o cooperativas de productores pueden ser adquiridas a precios relativamente razonables. (Soria, 1990)

2.2 Historia y evolución de la trilladora de quinua

En 1834 Mc Cormick obtuvo la patente de su segadora trilladora tirada por caballos. Las primeras prácticas de trillado fueron realizadas en Egipto y en la Antigua Roma; las trilladoras que eran importadas desde Australia se comenzaron a difundir por la década del siglo XX. en el siglo XVIII, los primeros intentos de construir una trilladora se

realizaron en Escocia donde se verificaron dichas pruebas, con el principio de un tambor forrado de madera, montado sobre un armazón en forma de cajón, con dientes de hierro, fue indicios del escocés Meckie, su función de su prototipo era el desgrane del cereal, en los Estados Unidos en 1840, ya existía fábricas de trilladoras de cierta importancia. (Rodríguez, 2017 págs. 13-14)

Las trilladoras están formadas por un cilindro hueco que gira a gran velocidad que sirve para desprender y separar los granos, mediante frotación y choques repetidos, Las primeras trilladoras tienen uno o más ventiladores en relación a otras máquinas agrícolas. (Rodríguez, 2017 págs. 13-14)

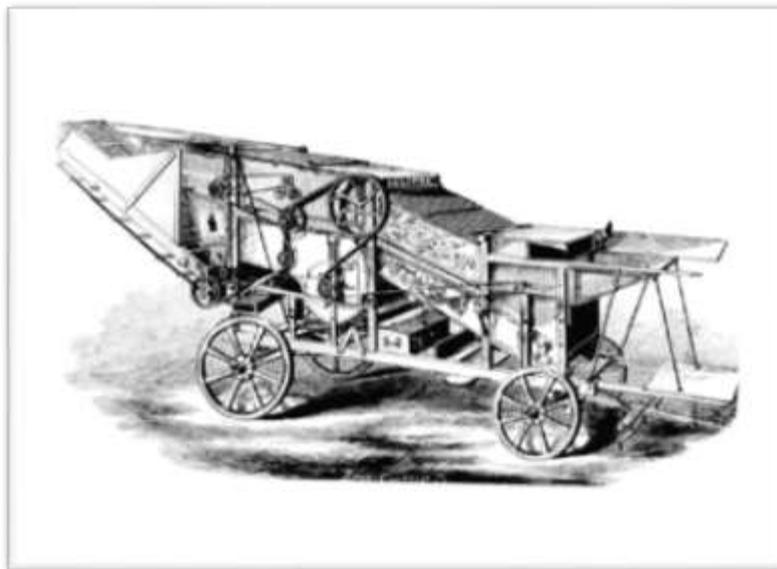


Figura 2-2: Trilladora Mc Cormick Deering de los años 30
Fuente: <http://historiasdetrabajo.blogspot.com/2008/05/>

2.3 Características de la quinua y su cosecha

En la zona andina la quinua crece entre los 2500 y 4200 m.s.n.m., donde se cultiva como producto alimenticio de primer orden, especialmente en Bolivia y Perú mientras en Ecuador, el cultivo ha persistido entre los campesinos de las áreas de Pichincha, Carchi, Imbabura, Chimborazo y Cotopaxi, que prospera en regiones marginales para otros cultivos que puede crecer a grandes altitudes, mucho mejor que otras plantas soporta las heladas y otros fenómenos climáticos adversos, densas de hasta 60 cm de tamaño sobre las cuales están impregnados los granos agrupados en glómérulos y se caracterizan hasta 2,5 m de altura y poseen panojas terminales o laterales (Rodríguez, 2017 págs. 12-13).

En Ecuador, una de las principales limitantes de la producción de la quinua es a no dudar la falta de tecnología para la cosecha, la misma que debe realizarse con mucha delicadeza para evitar pérdidas de granos en el campo. Utilizando para el efecto varios tipos de trilladoras de cereales o leguminosas, la mecanización de la labor de trilla ha sido intentada, con relativo éxito (Rodríguez, 2017 págs. 13-14).

el objetivo principal del presente trabajo se ejecutó, para encontrar un método mecanizado de trilla de quinua, que sea más económico, más eficiente con materiales duraderos al igual y especialmente fácil de adoptar por los agricultores pequeños o medianos que son los que tradicionalmente producen este cultivo (Rodríguez, 2017 págs. 13-14).

2.4 Proceso de cosecha de quinua

Para la obtención de la calidad comercial del grano la cosecha es una labor de mucha importancia en el proceso productivo, de ella depende el éxito. Este proceso consta de cinco etapas, cuando se efectúa utilizando trilladoras estacionarias o en forma manual: siega o corte, emparvado o formación de arcos, trilla, aventado o limpieza del grano, secado, selección, envasado y almacenamiento.

2.4.1 Cosecha

La cosecha se efectúa cuando las plantas han alcanzado la madurez fisiológica, característica que se reconoce cuando cambian de coloración, tornándose en un color amarillo típico, rojizo, rosado, púrpura, negro según los ecotipos y/o variedades. Esta madurez se confirma, que ofrece el grano a la presión de las uñas con el efecto de dureza o resistencia, a fin de evitar pérdidas por desgrane, ataque de aves o el deterioro de la calidad del grano por lluvias, granizadas o nevadas inesperadas, la cosecha debe realizarse dentro del periodo recomendado del ciclo productivo (Escalera, 2013 págs. 260-261).

Los distintos eco tipos de Quinua Real cultivados en el Ecuador en su etapa de madurez fisiológica de variedades mejoradas, al final del ciclo vegetativo respectivo. El grano de quinua tiene un rango de humedad entre 10 y 13 % en su fase de madurez fisiológica y la planta entre 16 y 20 %. Puede facilitar a la toma de decisión respecto a la oportunidad de la cosecha, son gran de ayuda estas características, existe alta posibilidad de pérdidas significativas de grano por el desgrane causado por el viento (rozamiento entre plantas y

panojas) y el desgrane durante el corte y el emparve, todo esto se da, si se retarda la cosecha en dos a tres semanas (Escalera, 2013 págs. 260-261).



Figura 3-2: Quinoa en madurez fisiológica
Fuente: (Escalera, 2013 págs. 260-261)

2.4.2 Siega

En el sistema manual, la siega se la puede efectuar de varias maneras, según una encuesta realizada, el 57 % de los productores ejercían el arrancado de plantas, el 42 % efectuaba el corte con hoz y un 2 % empleaba motosegadora. El arrancado de plantas realizada particularmente donde los suelos son arenosos se lo hace desde la raíz, es una práctica ancestral. En este método, son parcialmente removidos mediante sacudones consecutivos y cuidadosos o una ligera fricción entre raíces los terrones que se adhieren generalmente a la raíz de la planta. Luego las plantas se colocan en el suelo en forma de gavillas. (Escalera, 2013 pág. 263)

El corte o siega se realiza a una altura que varía entre 10 y 15 cm desde la superficie del suelo de la planta madura. Esta práctica permite, protegiéndolo de la erosión, restos de tallo y raíz queden en el suelo, a través de un proceso natural de compostaje para que luego se conviertan en materia orgánica. Disminuye significativamente la contaminación del grano con arena, piedrecilla y tierra, aspecto que es sumamente importante en el proceso favorecido posterior del grano, los productores de quinua paulatinamente van incorporando la práctica de la siega mediante el uso de hoces, azadones o segadoras mecánicas, con estas pequeñas innovaciones se ilustra en la siguiente figura las prácticas de siega con hoz y con segadora mecánica operada manualmente. (Escalera, 2013 pág. 263)



Figura 4-2: Corte de plantas con hoz
Fuente: (Escalera, 2013 pág. 263)

2.4.3 *Emparvado*

El emparvado de la quinua consiste en formar arcos o parvas de esta manera, con la finalidad de secar las plantas, panojas y apilar las plantas segadas que pueden ocasionar manchas en el grano, evitando que se malogre la cosecha. (Escalera, 2013 pág. 264)

En el altiplano Sur, el emparvado es la práctica más generalizada en arcos con las plantas colocadas en forma de “X” y las panojas dispuestas en la parte superior. Existe variedad de formas o métodos de emparve, la más común consiste o implica en realizar el emparve en forma lineal con las panojas dispuestas a un solo lado, otra forma es en pequeños montículos dispuestos en el interior de la parcela; otra también que se pueden hacer parvas en forma circular con las panojas orientadas al interior del círculo. Esta forma de emparvado permite el secado más rápido comparado con las otras formas una buena aireación. Las parvas deben permanecer en el campo el tiempo rigurosamente necesario, de lo contrario se acrecentará el ataque de roedores y aves. (Escalera, 2013 pág. 264)

Empleando polietileno para cubrir la parte superior de las parvas (panojas), el emparvado en línea, círculo y arcos, proporciona la protección de las lluvias retrasadas, un descuido en esta práctica puede ocasionar muchas pérdidas porque la lluvia moja el grano y provoca la germinación de los granos en la misma panoja. En la siguiente figura muestra los diferentes emparvados. (Escalera, 2013 pág. 264)



Figura 5-2: Parvas de quinua cortadas en línea
Fuente: (Escalera, 2013 pág. 264)

2.4.4 *Trilla*

Antes de iniciar la trilla, es importante verificar que la humedad del grano no exceda el 15 %. La trilla consiste en la separación del grano de la panoja (glomérulos), esta labor se efectúa de acuerdo a la disponibilidad de equipo y la topografía del lugar, todavía es posible observar la práctica de la trilla tradicional, utilizando una “huajtana” que es un palo macizo con el que se golpea las panojas para desprender el grano en la producción de quinua en laderas, también se puede dar la trilla este realiza con pases consecutivos de un tractor durante en la producción de quinua en planicie otro tipo de vehículo o trillas estacionarias. La trilla se realiza sobre carpas dispuestas en el suelo apisonado (plataforma) utilizando un tractor u otro tipo de vehículo. La carpa debe alcanzar toda la superficie necesaria, de tal forma que las llantas del vehículo no entren en contacto continuo con tierra y/o arena y contaminen el grano. (Escalera, 2013 págs. 264-265)



Figura 6-2: Trilla tradicional de quinua
Fuente: (Escalera, 2013 págs. 264-265)

2.4.5 Máquinas trilladoras

En el pasado reciente se han tenido poca aceptación, debido a su costo y porque rompen el grano, experimentando varios tipos de trilladoras estacionarias como las mismas que han tenido mayor acogida a nivel agrícola por los agricultores. En la actualidad se manifestaron otros equipos de los cuales se mencionan los siguientes:

2.4.5.1 Trilladora TR-C

El equipo está combinado por un tambor trillador constituido por barras y un cóncavo acompañado de un sistema de zarandas que separan la parte gruesa de la planta del grano. Por el tamaño menor frente a otras de su tipo, se puede trasladar en un vehículo liviano (camioneta, motocultor y otros). El equipo, incluye 2 zarandas cambiables y su rendimiento es de 276 a 368 kg/h, es apropiado para ser operado por mujeres, posee un motor a gasolina estacionario de fácil manejo y bajo consumo (5,5 hp y 1 L/h). (Escalera, 2013 págs. 264-265)



Figura 7-2: Trilladora TR-C
Fuente: (Escalera, 2013 págs. 264-265)

2.4.5.2 *Trilladora Vencedora modificada*

Para las condiciones del altiplano requiere de una trilladora Vencedora, es un equipo de fabricación brasilera con rendimiento de 320 kg/h, para transportar o remolcar se necesita de un tractor o camión por estas razones la máquina, a nivel local, es poco apropiada para las condiciones de los pequeños productores con parcelas dispersas el equipo se ha adaptado reduciendo su tamaño y manteniendo los principios de trilla y ventilación (Figura 7), se realizaron en el Altiplano Norte y Centro de Bolivia las pruebas con este equipo su rendimiento fue de 180 a 210 kg/h, 15 % de jipi (hojas y perigonio triturado) y con una efectividad de 85 % de grano. (Escalera, 2013 pág. 266)



Figura 8-2: Trilladora Vencedora modificada

Fuente: (Escalera, 2013 pág. 266)

2.4.5.3 *Trilladora tubular*

Tiene los siguientes componentes: plataforma de alimentación, zaranda de salida de granos, cuerpo de trilla, salida de broza, colector de grano trillado, motor a gasolina de 5 hp y base del motor, puede ser trasladada en una camioneta, es un equipo muy liviano con toma de fuerza independiente y tiene una vida útil mayor a 10 años, (Figura 8).

Se separa mediante el venteado del grano, la zaranda de salida permite obtener un grano casi limpio evitando la labor de tamizado posterior, el rendimiento promedio de la trilladora tubular es de 95 kg/h en el proceso de granos de quinua con un 15 % de jipi, como ocurre en el caso de otras trilladoras. En la siguiente tabla se muestra el rendimiento de la máquina en la trilla de tres variedades de quinua. (Escalera, 2013 pág. 267)



Figura 9-2: Trilladora Tubular

Fuente: (Escalera, 2013 pág. 267)

Tabla 1-2: Rendimiento de la trilladora tubular en tres variedades de quinua.

Cultivares de quinua	Peso de plantas secas (kg.)	Grano trillado (kg)	Broza (kg)	Tiempo de trillado (min)	Rendimiento de trilla (kg/h)
Línea Purpura	50	16	34	10	96
Jacha Grano	56	19	37	12	95
Surumi	33	11	22	7	94
Promedio	46	15	31	10	95

Realizado por: Luis Lliguay 2019

Fuente: (Escalera, 2013 pág. 267)

2.4.5.4 Harneado o zarandeo.

Para esta labor manual se utilizan zarandas generalmente de 0,80 m x 1,50 m que pueden ser de malla o planchas perforadas con orificios de 3,5 a 4 mm. Reside en separar el grano de la broza que incluye fragmentos de hojas, perigonio, inflorescencias, pedicelos y pequeñas ramas. (Escalera, 2013 pág. 267) Los operadores realizan movimientos de vaivén para separar los granos y jipi de la broza, el viento puede ser perjudicial o beneficioso dependiendo de su intensidad, además el harneado es una labor muy tediosa y polvorienta.



Figura 10-2: Labor de harneado

Fuente: (Escalera, 2013 pág. 268)

2.4.5.5 *Venteado*

El venteo tradicional se efectúa manualmente utilizando platos o recipientes para recoger una porción de quinua harneada y dejar caer en chorro en dirección transversal a la dirección del viento. El venteado de grano consiste en separar las impurezas pequeñas y livianas aprovechando la energía del viento en la práctica tradicional o el trabajo mecánico de un soplador/ventilador en las venteadoras mecánicas. Este método, es poco efectivo y el producto que se obtiene es heterogéneo y contiene impurezas al ser dependiente de ocurrencia y la variabilidad de dirección e intensidad del viento. (Escalera, 2013 pág. 268). Las venteadoras poseen una tolva de alimentación de donde cae el grano en una cantidad constante y regulable, utilizan venteadoras mecánicas operadas manualmente o mediante un motor, el rendimiento de las máquinas es de 5 a 8 qq/h. En el venteo mejorado generan corrientes normales de aire mediante aspas giratorias (Figura 11). Estos equipos son relativamente económicos; sin embargo, lo más importante es que permiten realizar el venteo en cualquier época del año sin depender del viento. (Escalera, 2013 pág. 268)



Figura 11-2: Venteo de quinua

Fuente: (Escalera, 2013 pág. 268)

Este equipo de mayor rendimiento (16 qq/h) fue diseñado por la Consultora y Taller Mecánico Aroni en Uyuni Bolivia, se observa la venteadora a motor que realiza el venteado del material (grano + jipi + broza). La venteadora lleva incluso un mecanismo que además de ventear separa la broza. (Escalera, 2013 pág. 268)



Figura 12-2: Limpieza y venteo de quinua
Fuente: (Escalera, 2013 pág. 269)

2.4.5.6 *Venteadora V-M.*

Esta máquina, es perfecta para las circunstancias de trabajo en Bolivia, posee un motor a gasolina de 5 hp, 1 L/h y procesa 600 a 650 kg de grano y granza por hora a una rotación apropiada de las aspas de 550 a 600 rpm. La venteadora V-M (Figura 12), está constituido por un cilindro giratorio al interior de la tolva de alimentación que garantiza la continua caída de los granos de quinua y también permite que los granos de quinua más pequeños sean rescatados en el proceso de venteo. (Escalera, 2013 pág. 269)



Figura 13-2: Venteadora V-M
Fuente: (Escalera, 2013 pág. 269)

2.4.5.7 Cosechadoras combinadas

Las cosechadoras CLAAS y DIMA, son prototipos pequeños diseñados para trabajar en parcelas de tamaño mediano a grande. En la gestión agrícola 2012-2013 se han probado dos tipos de cosechadoras combinadas accionadas por motor propio en las localidades de Challapata y El Choro del departamento de Oruro, Bolivia. Este tipo de cosechadoras combinadas realizan el corte, el zarandeo, la trilla y la limpieza simultáneamente, evitando la contaminación con impurezas. En lo referente al manejo del cultivo, la preparación de suelos debe ser mejorada especialmente en la nivelación o emparejado, maduración homogénea del cultivo, plantas con panoja única, densidades de siembra apropiadas, utilizar variedades de hábito de crecimiento simple. Por otra parte, las máquinas también requieren ajustes en el sistema de corte, puesto que tienen alto porcentaje de pérdida por desgrane y caída de panojas cortadas que quedan en el suelo, los resultados de las pruebas conducen a hacer algunos ajustes en el manejo del cultivo y también en el equipo. (Escalera, 2013 pág. 270)



Figura 14-2: Cosechadora combinada

Fuente: (Escalera, 2013 pág. 270)

2.4.6 Almacenamiento tradicional de la quinua

En las parvas, las panojas se ubican al centro en forma de techo inclinado, y se cubren con paja, así manteniéndose hasta que los granos obtengan la humedad adecuada para el siguiente paso (12 – 15%) y el tiempo adecuado es de 7 a 15 días. Las pérdidas que se encuentran en el emparvado se deben a la germinación del grano esto se da por el ataque de pájaros y/o roedores todo este perdido se da en un 5 y 10%. (Quinua pág. 8)



Figura 15-2: Almacenamiento de la quinua emparvada

Fuente: (Quinoa pág. 8)

2.4.7 Trilla tradicional

La trilla es llamada, también, golpeo o garroteo. Se efectúa sacando las panojas secas de la parva; la cual se extiende sobre mantas preparadas apropiadamente para este fin. En algunos lugares, se apisona un terreno plano, formando eras, con arcilla bien apisonada, a manera de una losa liza y consistente. Luego, se procede a efectuar el golpeo de las panojas colocadas en el suelo, en forma ordenada; generalmente, panoja con panoja, cuyos golpes rítmicos permitirán desprender el grano de la inflorescencia. En el caso de usar trilladoras estacionarias, se saca la planta seca de la parva y se coloca solo la panoja en el mecanismo de entrada de la trilladora; esto para evitar mayor esfuerzo de la máquina en triturar los tallos, que generalmente son duros y gruesos, por el alto contenido de lignina (Quinoa pág. 10). La trilla tiene la función de separar los granos de la panoja y de desprenderlos del perigonio. Antes de iniciarla, importante tener en cuenta la humedad del grano, que no debe ser ni muy seco ni muy húmedo (12-15%). (Quinoa pág. 10)



Figura 16-2: Trillado de quinua por fricción.

Fuente: (Quinoa. pág. 10)

La trilla tradicional de quinua por fricción manual de las panojas se fricciona la panoja sobre una superficie plana áspera a base de piedra o teja este método no es muy recomendable porque se maltrata mucho los granos debido a la superficie a la que se fricciona (Quinua pág. 11).

Otro método usual es la del golpeo de la panoja con palos sobre una superficie dura o el mismo suelo, otra de los métodos manuales de fricción de panojas es por medio animales, estos animales pisotean las panojas varias corridas de acuerdo con la superficie en la que se encuentren las panojas o lo más común con el tractor y por último el trillado con trilla manual, otra forma de trillado es golpeando las panojas con palos o varas o también amontonando las panojas sobre un tendal en cementado y haciendo pasar un tractor varias veces, este proceso se desprende a lo que llaman los agricultores perigonios de las semillas y la paja (Quinua pág. 11).



Figura 17-2: Trillado por golpeo
Fuente: (Quinua pág. 11)

2.5 Marco tecnológico

La labor de trilla consiste en el conjunto de operaciones encaminadas a obtener granos limpios, libres de paja, hojas, cubiertas de grano, tallos y otras partes de la planta, empleando para tal efecto métodos tales como: fricción, golpeo o apisonado, siempre y cuando las espigas, vainas a panojas de los cultivos hayan alcanzado por lo menos su madurez fisiológica.

En el caso de la quinua la trilla es una operación generalizada en los lugares donde se explota este cultivo y consiste en golpear las panojas secas con garrotes sobre ellas o en

hacer caminar acémilas sobre las plantas secas, para luego proceder al venteado y así obtener granos libres de impurezas. La trilla tradicional también se realiza manualmente, refregando las panojas sobre una superficie dura (piedras a tejas), para luego recoger el grano en lonas a esteras y proceder a la limpieza mediante la acción del viento. (Rodríguez, Octubre-Marzo 2017 pág. 14)

2.5.1 Trillado mecánico

Existen dos tipos de trillado mecánico donde actúan máquinas accionadas por motores eléctricos, diésel, gasolina o por toma de fuerza de tractores. La trilladora agrícola es una máquina mecánica que se la utiliza para desgranar o trillar ciertas clases de cereales mediante la frotación del cereal entre dos elementos mecánicos incorporados en dicha máquina principalmente se los denomina cilindro desgranador y cóncavo. Los campesinos preparan el terreno donde se colocarán la mies formando chozas o parvas que anticipadamente ya fueron cortadas con la hoz o guadaña como ya se relató anteriormente, formando cargas de gavillas los campesinos acarrear en sus espaldas la mies hasta la era.

La máquina trilladora es posicionada en una parte plana apegada a la parva buscando que esta quede muy cerca de la tolva o mesa de ingreso del cereal a la máquina, los jornaleros van colocando las mies en la trilladora y parten empujando cargas pequeñas de gavilla por la tolva o boca de entrada a un cilindro y cóncavo desgranador donde se va triturando los mies y mediante una serie de pasos se va separando el cereal, la paja gruesa y delgada por tanto el grano trillado cae por gravedad hacia un reservorio para ser embolsado o ensacado y la paja sale por la parte posterior de la máquina. (Rodríguez, Octubre-Marzo 2017 págs. 14-15)



Figura 18-2: Trilladora estacionaria

Fuente: (Rodríguez, Octubre-Marzo 2017 págs. 14-15)

2.6 Componentes principales de un motor de combustión interna

En la siguiente figura se muestra los componentes principales de un motor de combustión interna.

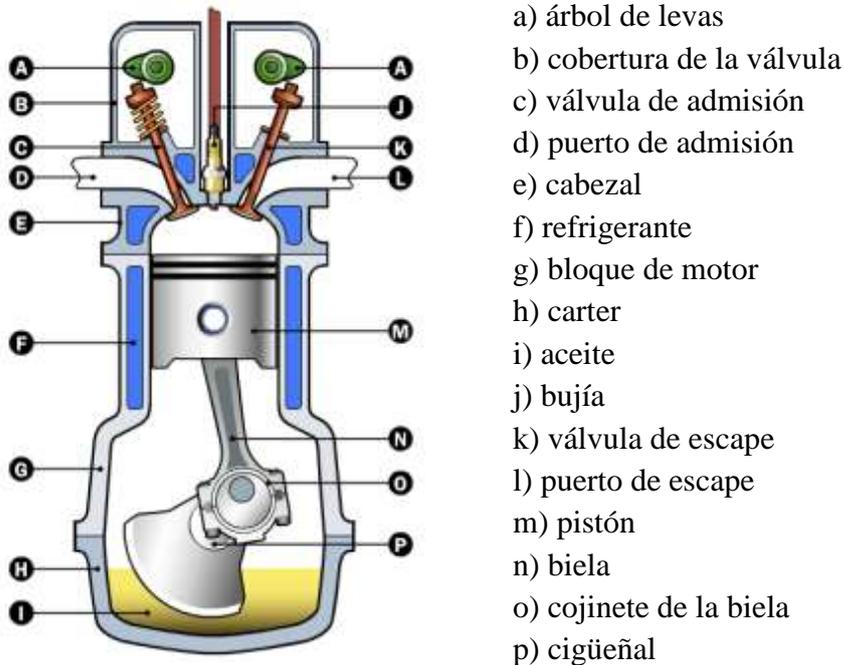
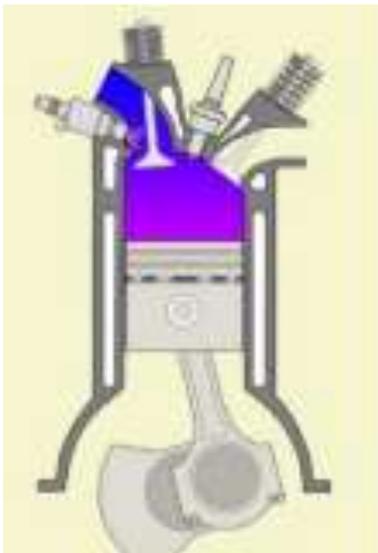


Figura 19-2: Componentes principales de combustión interna

Fuente: (Martínez, 2014 pág. 2)

2.6.1 Características del ciclo Otto

2.6.1.1 Admisión



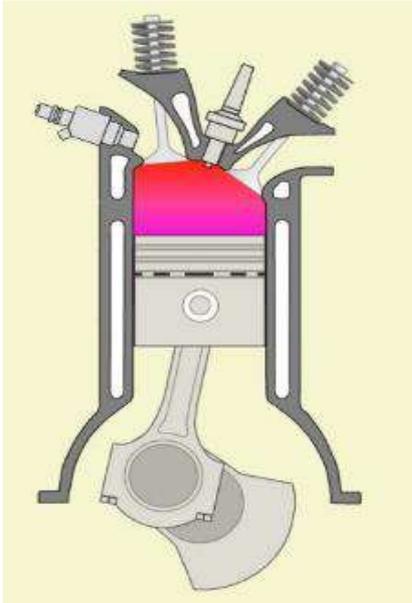
En esta primera fase el pistón ejecuta una carrera negativa (hacia el punto muerto inferior o PMI). En la siguiente figura se ilustra el proceso consecuente a las siguientes características que se presentan:

1. La válvula de admisión está abierta.
2. La válvula de escape se encuentra cerrada.
3. Se presenta una caída de presión; lo cual permite que la mezcla aire-combustible sea aspirada al interior de la cámara de combustión. (Martínez, 2014 pág. 2)

Figura 20-2: Primera Etapa ciclo Otto, admisión.

Fuente: (Martínez, 2014 pág. 2)

2.6.1.2 Compresión



En este segundo tiempo la válvula de admisión se cierra y el pistón se encuentra en una carrera positiva hacia el PMS (punto muerto superior) comprimiendo la mezcla aire-combustible. (Martinez, 2014 págs. 2-3)

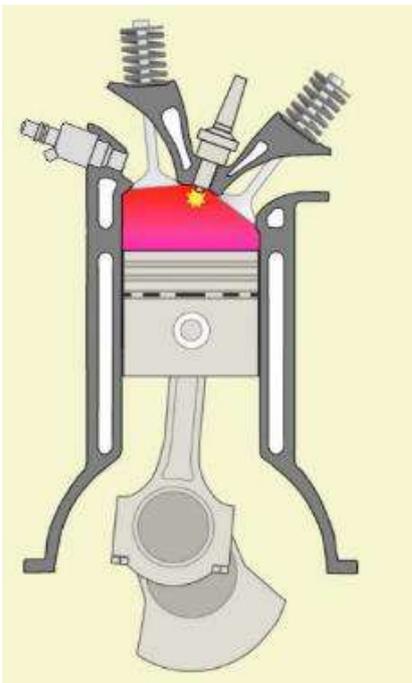
En la figura 20 se ejemplifica esta etapa. Se presentan las siguientes características:

- La presión aumenta.
- La temperatura aumenta.

Figura 21-2: Segunda Etapa. Ciclo Otto, compresión

Fuente: (Martínez, 2014 págs. 2-3)

2.6.1.3 Combustión



En este tercer tiempo, justo antes de que el pistón termine su carrera positiva hacia el PMS la bujía ejecuta la ignición de la mezcla preliminarmente comprimida, lo cual forma que los gases de combustión se expandan y que a su vez el pistón empiece su carrera negativa al PMI. (Martinez, 2014 pág. 4)

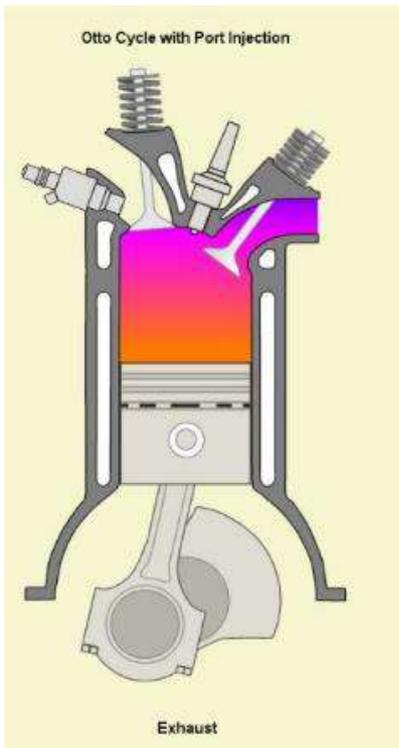
En la siguiente figura se ejemplifica el proceso. Se presentan las siguientes características:

- La presión en el cilindro disminuye.
- La temperatura disminuye.

Figura 22-2: Tercera Etapa ciclo Otto, combustión

Fuente: (Martinez, 2014 pág. 4)

2.6.1.4 Escape



El cuarto tiempo es crítico en la eficiencia del motor; ya que se busca desplazar fuera del cilindro todos los gases remanentes de la combustión, con la finalidad de que cuando una nueva mezcla aire-combustible sea inducida en la cámara de combustión no se tenga la presencia de gases contaminantes. (Martinez, 2014 pág. 4) En la figura 22 se ejemplifica esta etapa.

- La válvula de escape se encuentra abierta.

Figura 23-2: Cuarta Etapa ciclo Otto

Fuente: (Martínez, 2014 pág. 4)

CAPÍTULO III

3 ALTERNATIVAS DE DISEÑO

3.1 Descripción del diseño

En áreas productoras es mayormente tradicional la cosecha del grano de quinua y está sujeta a las condiciones climáticas. La trilla, la siega, el traslado del material cortado, el venteado y el embolsado, de estas cinco operaciones la trilla y el venteado son las más arduas y difíciles de realizar, son actividades que se hacen en el proceso de la cosecha de granos, también en este proceso ocurre mayor trance de pérdida de grano. Por último, la aplicación de nuevas técnicas de repotenciación, optimicen la producción y mejoren la calidad del producto final.

3.2 Mecanismo de trillado

La trilladora constituye de dos partes fundamentales para el proceso que son: el sistema de trilla, la unidad de separación o de limpieza, cada uno de estos sistemas son dependientes entre sí durante el funcionamiento de la máquina. El sistema de trillado se encarga específicamente en la separación de los granos de la panoja, mediante la acción de fricción y golpeteo, que consta de un cilindro trillador que gira a una determinada velocidad permitiendo el trillado del grano conjuntamente con el cóncavo que está constituido por una regulación separación dependiendo del grano (Vimos, Marzo, 1992 pág. 7).

Después del proceso de trillado, donde ahí se separa el grano de las panojas, el sistema constituye por sacudidores convencional que es aquel que está formado por un conjunto de rejillas calibradas que permiten el paso del grano ya trillado dejando atrás desperdicios, este sistema está accionado por un cigüeñal que permite el movimiento oscilatorio de las cribas o bandejas (Vimos, Marzo, 1992 pág. 8).

3.2.1 *Elementos que forman la trilladora estacionaria*

- a) **Bastidor.** - Es la que forma toda la estructura metálica de la trilladora donde soporta los demás elementos y órganos de trabajo.

- b) **Mecanismo de accionamiento.** - Es aquel motor de accionamiento que sirve para suministrar energía a la relación de transmisión diseñada.
- c) **Bandeja de alimentación.** - Es una plataforma formada de una malla metálica donde la quinua trillada es sacudida dependiendo el diámetro el grano se va seleccionando de impurezas.
- d) **Sistema de trilla.** - Consta de un cilindro trillador de gran masa que gira a varios rpm, permitiendo ser que sea equilibrarlo tanto estáticamente como dinámicamente por las fuerzas de fricción y las cargas ejercidas, de este modo se obtendrá un mejor rendimiento de trillado así protegiendo la vida útil de los cojinetes y demás componentes que provocaría vibraciones al momento de utilizar (Rodríguez, Octubre-Marzo 2017 pág. 16).

3.2.2 *Existe dos tipos de cilindros de tipo transversal*

3.2.2.1 *Cilindro de dientes de dedos*

Está constituido de unos dientes en forma de dedos que pasan por entre cada dos fijos del cóncavo, provocando el desgranado por fricción de las espigas. (J. Ortiz-Cañavate)

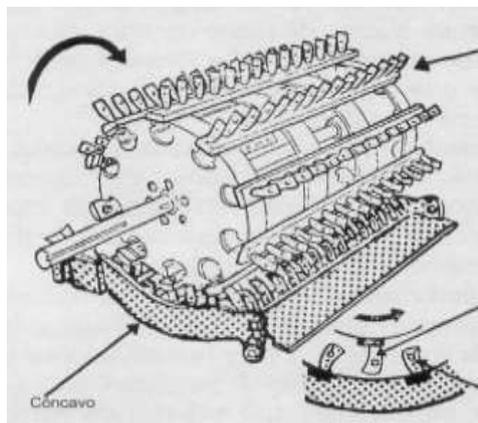


Figura 1-3: Cilindro de dientes de dedos.

Fuente: (Recolección de maíz y otros cultivos de grano pág. 2)

3.2.2.2 *Cilindro de barras*

Es el más utilizado, está constituido de 6 a 10 barras de aceros de forma rectangular redondeada y compuestas de estrías, el modelo viene dado por los europeos y su característica fundamental son el diámetro que se encuentra entre 400 y 600 mm, la longitud varía entre 0,80 y 1.80 m y su velocidad generalmente entre 400 y 1600 rpm,

regularmente las modificaciones que se pueden hacer se refiere a la velocidad adecuada del cilindro y acompañado de la separación entre el cilindro y el cóncavo. Estas modificaciones se dan debido a las causas externas, cuando el grano se encuentra húmedo la velocidad del cilindro debe ser aumentada, cuando el grano es seco es conveniente bajar las revoluciones, cuando el grano se parte es mejor separar el cóncavo del tambor trillador, mientras que si se pierde con la paja es necesario acercarlo el cóncavo está dado por con un ángulo de trillado que se encuentra entre 100° y 120° , desde la entrada hasta la descarga y la longitud comprendida entre 50 a 65 cm, según los parámetros de diseño del cilindro (J. Ortiz-Cañavate).

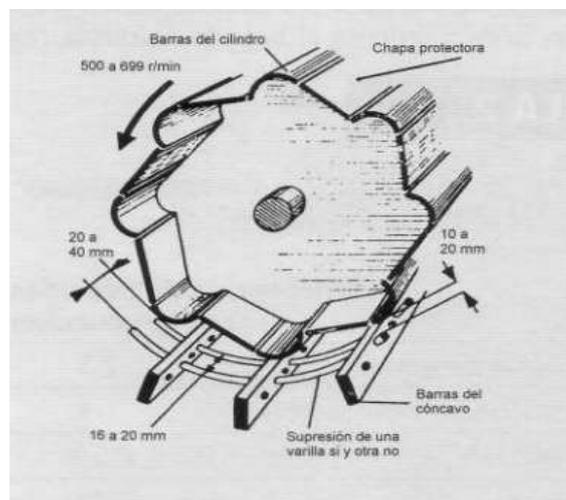


Figura 2-3: Cilindro desgranador de barras
Fuente: (Recolección de maíz y otros cultivos de grano pág. 6)

3.2.3 Elementos de separación y limpia

Los órganos de separación de una trilladora son los sacudidores es un conjunto de rampas con agujeros que permiten el paso del grano y de la paja corta, estas rampas están accionadas a un cigüeñal en su parte inferior cuyo radio es de 4 y 10 cm ejerciendo un movimiento de sacudidas de vaivén a un ritmo de 150 a 200 oscilaciones por minuto, que sirve para separar el resto del grano (10%) que queda entre la paja y para empujar a esta hacia afuera, el grano y la paja corta e impurezas son vertidos al sistema de limpia donde se lleva a cabo la separación del grano, con un juego de cribas la una superior e inferior todas ellas forman el cajón de cribas. Las cribas van provistas de agujeros redondos, ovalados, triangulares, alargados o tienen forma de malla con orificios cuadrados o rectangulares, la superficie de la criba superior está constituido entre $1,70$ y $2,20 m^2$ por

metro de anchura del cilindro, mientras que la inferior oscila entre 1,20 y 1,40 m² (J. Ortiz-Cañavate).

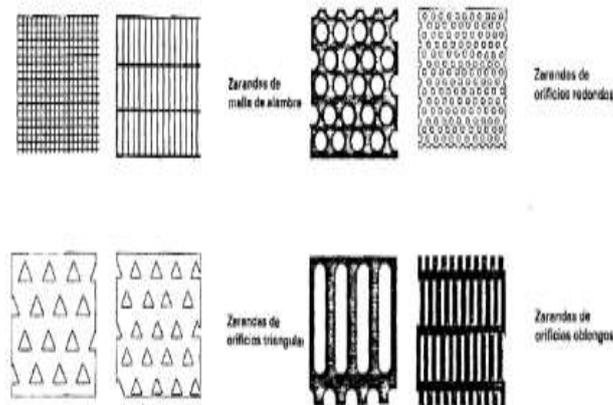


Figura 3-3: Diferentes tipos de zarandas.
Fuente: (Acosta pág. 18)

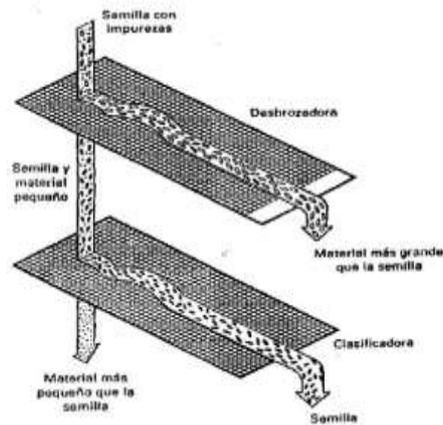


Figura 4-3: Funciones de las zarandas.
Fuente: (Acosta pág. 18)

3.2.4 Pérdidas y regulaciones

Es muy importante considerar las pérdidas que se producen en las trilladoras, que pueden representar valores importantes, los estándares internacionales fijan en el 1% el valor aceptable de pérdidas es frecuente en el campo obteniendo valores del 2 – 6 %, pudiendo incluso llegar al 10% el nivel de las perdidas viene muy influido por las condiciones atmosféricas y por el método de recolección, pero siempre se aprecian claras diferencias a favor de los sistemas más mecanizadas (J. Ortiz-Cañavate).

Tabla 1-3: Pérdidas medias en los órganos de una trilladora estacionara.

Sistema donde se produce las perdidas	Órganos	Porcentaje sobre el grano recolectado (%)	Síntoma:
Trilla	Cilindro desgranador	0,1 - 0,2	Granos no trillados Granos partidos
Separación	Sacudidores	0,3 - 2,0	Sale grano con la paja
Limpia	Cribas	0,1 - 0,3	Sale grano con el tamo
Total		0,5 – 2,5	

Realizado por: Luis Lliguay, 2019

Fuente: (J. Ortiz-Cañavate)

En cualquier caso, es necesario adecuar a la máquina bajo los siguientes parámetros que se muestre en la siguiente tabla consta de una serie de incidencias que se pueden producir, con sus posibles causas y soluciones, además infiere un factor importante el operador que opera la trilladora debe ser personal entrenado, ya que el operador debe adecuar a las condiciones a lo que se encuentra el cultivo y su recolección (J. Ortiz-Cañavate).

Tabla 2-3: Causas del mal funcionamiento y regulaciones para corregirlas en una trilladora estacionaria.

Incidencia	Causa	Solución
El cilindro desgranador se atasca	Velocidad excesiva de avance Velocidad lenta del cilindro cóncavo muy apretado Mies húmeda Sacudidor no da salida a la paja	Reducirla Aumentar Ajustarlo Esperar a que se seque Tensar las correas Aumentar revoluciones o quitar talones, si lo hay
Se cae el grano al suelo sin entrar en la máquina	Molinete muy adelantado Molinete bajo Velocidad del molinete excesiva Barra de corte muy alta	Retrasarlo Subirlo Reducirla Bajarla
Pérdidas de grano en el sacudidor	Trilla insuficiente Velocidad del sacudidor muy reducida Excesiva cantidad de paja Orificios de cóncavo o del sacudidor obturados	Ajustar cilindro o cóncavo Tensar correa Reducir la velocidad de avance o subir el corte Limpiarlos
Pérdidas de grano en las cribas	Orificios de las cribas demasiado cerrados Velocidad reducida de las cribas	Abrirlos si son regulables Tensar correa
Grano perdido	Trilla excesiva Criba inferior muy pequeña o demasiado cerrada (el grano	Reducir velocidad del cilindro o separar cóncavo

	retorna con las granzas al cilindro desgranador)	Abrir orificios o cambiar la criba
Grano sucio	Criba superior muy abierta Máquina sobrecargada	Cerrar orificios o cambiarla Reducir velocidad de avance o subir el corte

Realizado por: Luis Lliguay, 2019

Fuente: (J. Ortiz-Cañavate)

3.3 Metodología de diseño

Varios métodos de diseño no solo comprenden el tema de los cálculos, diseño y manufactura de la máquina sino también aspectos relacionados a la concepción de exigencias y requisitos que la máquina, es decir también analizan el entorno de la máquina en sí, variando entre sí por las diferentes aplicaciones a las que se destinan (J. Ortiz-Cañavate).

3.3.1 *Venteo Artesanal*

Este proceso al ser llevado a cabo artesanalmente, estipula que la producción final dependa, entre otros, el tiempo de trabajo, de la cantidad de personas que participan y el clima. La limpieza de los granos desde hace mucho tiempo consiste en usar al aire corriente por lo que la actividad se denomina Venteo y para tal efecto usualmente se acondicionan ciertos lugares al aire libre. Se puede afirmar que el proceso artesanal de limpieza es influenciado por el clima, es poco productivo, es un proceso lento, exige un desgaste físico y además el campesino se expone accidental el ingreso de las partículas a boca, ojos y oídos (Cruz, 2007 págs. 6-7).

Los equipos para estas actividades son llamadas Aventadoras o Limpiadoras, como habrá de suponerse esta alternativa es medianamente moderna pues a finales del siglo XIX ya se usaban efectivamente estas máquinas cuentan con diferentes accesorios, uno de ellos es la zaranda. Los procesos que se usan en los equipos son diferentes, algunos tienen por finalidad optimizar el proceso, otros elevar la calidad del producto final y otros sencillamente agilizar y/o hacer más fácil el trabajo que ayuda notoriamente a optimizar el proceso de limpieza (Cruz, 2007 págs. 6-7).

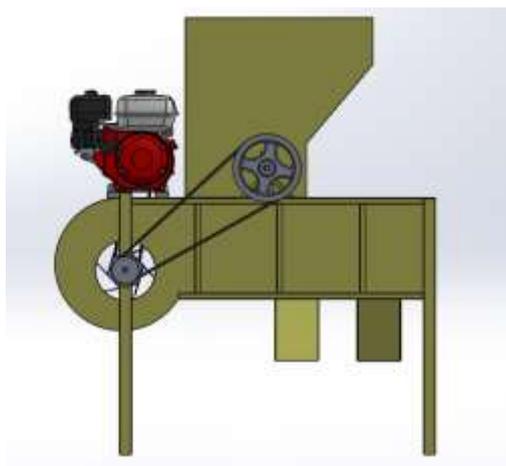


Figura 5-3 Venteadora de Quinua

Fuente: (Cristhel pág. 11)

3.3.1.1 Características de la mezcla sin limpiar

En un trabajo previo se indica detalladamente la obtención de información referida para la obtención de 300 Kg/h de grano limpio a partir de una mezcla de grano y paja procedentes de una trilladora. La investigación al respecto es insuficiente y muy variable, pues está sujeta a diversos factores como la humedad, el tipo de producto, la finalidad del proceso, etc. (Cruz, 2007 pág. 7). Se indica que esta información se obtuvo experimentalmente, se pudo corroborar que de 1 hectárea se obtiene (se cosecha) aproximadamente 500 Kg de grano limpio lo cual permite usar la información brindada en dicho trabajo para las características de la mezcla, que son:

Tabla 3-3: Porcentaje de componentes en la mezcla a trabajar.

Grano limpio (quinua)	18 %
Broza corta y cascarilla	8 %
Broza larga (tallos)	74 %

Realizado por: Luis Lliguay, 2019

Fuente: (Cruz, 2007 pág. 7)

La técnica que se aplique de siega y del proceso anterior al venteado (el trillado) el volumen de la broza puede modificar entre 15 a 60 cm, que se considera broza larga la cual es compleja de separar de los granos en una corriente de aire, por ello son retirados con anticipación de la mezcla, en los procesos de venteado, las cascarillas pueden ser retiradas con facilidad en el venteado, la broza corta (longitud menor a 15 cm) y por ello se asume que la mezcla que ha de ingresar a la máquina, estará libre de broza larga, llegándose a obtener casi un 50% de grano limpio de la mezcla a trabajar. Al final del

venteador se deberá obtener granos limpios y pajilla como desecho que se puede observar en la siguiente figura (Cruz, 2007 págs. 7-8).



Figura 6-3: Producto final de un proceso de venteador
Fuente: Autor

La densidad del grano de quinua es de 1420 Kg/m³ mientras que la densidad de la mezcla (grano y broza) es relativa pues dependerá de la condición de aplastamiento de la mezcla, de la humedad, etc. Indica que para un porcentaje de 30% de broza corta la densidad de la mezcla es aproximadamente 200 Kg/m³. Con la información presentada se podrá entender el siguiente esquema (Cruz, 2007 pág. 8).

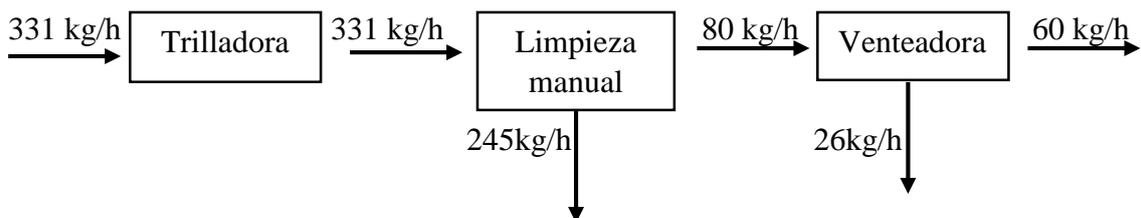


Figura 7-3: Esquema general del proceso
Fuente: (Cruz, 2007 pág. 8)

3.3.1.2 Métodos y equipos utilizados en la actualidad

Muchos de los métodos una distinción de ellos de manera general se presenta a continuación, y podrá diferenciar los métodos usados hoy en día son iguales o con algunas innovaciones a los usados hace tiempo y los más comunes: (Cruz, 2007 pág. 8)

3.3.1.3 Limpieza con Viento

Consiste en elevar la mezcla (granos con broza) a una explícita altura y dejarlos caer para permitir que el viento transporte impurezas más livianas que el mismo grano, al mismo tiempo de la cascarilla y la broza que se puede visualizar en la siguiente figura. La desventaja de este método es que está afectado por el clima y que además no se puede separar impurezas más pesadas que los granos, como por ejemplo piedrecillas, este método se usa en la limpieza artesanal (Cruz, 2007 pág. 9).



Figura 8-3: Campesinos haciendo venteado artesanal
Fuente: (Cruz, 2007 pág. 9)

3.3.1.4 Limpieza con Zarandas Manuales

A través de los orificios no solo pasan los granos, sino también algunas impurezas (en algunos casos), estas se van separando según la cantidad de mallas y el tamaño de sus orificios. Para ello se usa una malla o mallas en serie como se muestra en la siguiente figura, sobre la cual ubicamos la mezcla (granos con broza) y luego la elevamos; el aire retira parte de las impurezas pequeñas y las más grandes son retiradas en la (s) malla (s) con movimientos vibratorios (“zarandeo”), además el campesino está expuesto a las partículas ligeras del proceso. Esta actividad tiene como gran ventaja que las mallas pueden ser construidas en situaciones por los mismos campesinos obteniéndose buenos resultados y notorias cantidades de producto, la desventaja es que requiere de tiempo y gran esfuerzo físico. (Cruz, 2007 pág. 9)

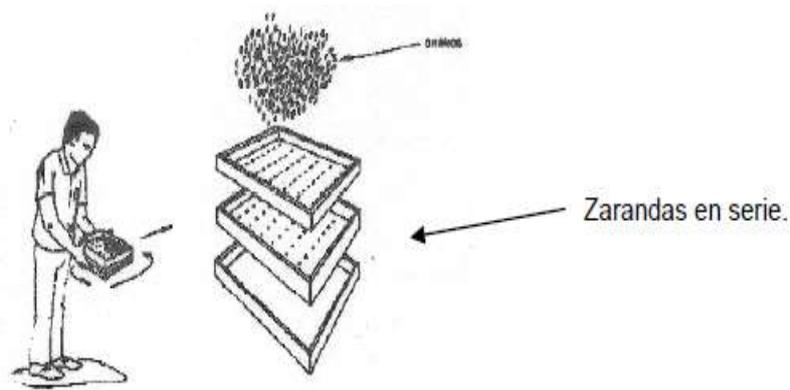


Figura 9-3: Zaranda Manual y Zarandas en serie.
Fuente: (Cruz, 2007 pág. 10)

3.3.1.5 Limpieza con Zarandas Cilíndricas Rotativas

Consisten básicamente en dos mallas cilíndricas concéntricas. Tienen gran capacidad de limpieza y consumen relativamente poca potencia, en la parte interior tiene forma de cono para que los granos se deslicen cuando se opera el equipo a una velocidad más baja. Estas máquinas se utilizan en la industria para las grandes producciones (Cruz, 2007 pág. 10).

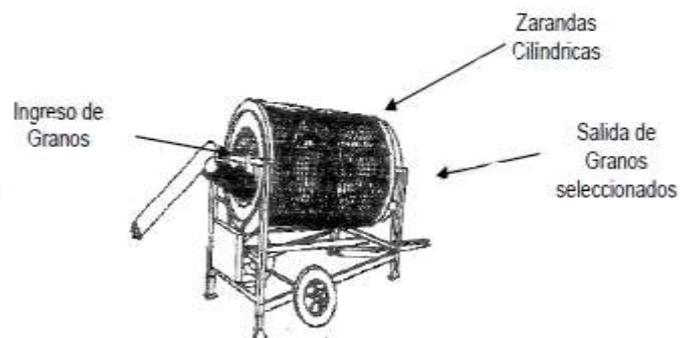


Figura 10-3: Zaranda Cilíndrica Rotativa.
Fuente: (Cruz, 2007 pág. 10)

3.3.1.6 Limpieza con Ventiladores

El proceso consiste en pasar a la mezcla por una corriente de aire generada por el ventilador (accionado manual o mecánicamente), las impurezas (más ligeras que el grano) serán arrastradas una distancia mayor que los granos. El fluido de trabajo sigue siendo el aire, el principio es: la diferencia entre la velocidad del grano y la velocidad de las impurezas. Estos equipos cuentan con ciertos accesorios como una **Escotilla**, que es por donde se alimenta la mezcla a la corriente de aire (ver Fig. 34) y una **Tolva** donde se deposita la mezcla, la desventaja de este método es no separar impurezas más pesadas que el grano. (Cruz, 2007 pág. 10)



Figura 11-3: Venteadora Artesanal

Fuente: Autor

3.3.2 *Trilladora venteadora*

Esta máquina en específico es accionada por un motor de combustión interna, posee un diseño grande lo cual dificulta su transporte que junto a la demanda de combustible dificultan su uso a zonas rurales alejadas. Estas máquinas son de manualidad común en zonas cercanas a áreas urbanas en las que la agricultura esta semi industrializada, tiene un gran volumen de trabajo (1000 Kg/h) y como su nombre lo indica elabora 2 procesos que es: el trillado y el venteado (Cruz, 2007 pág. 20).

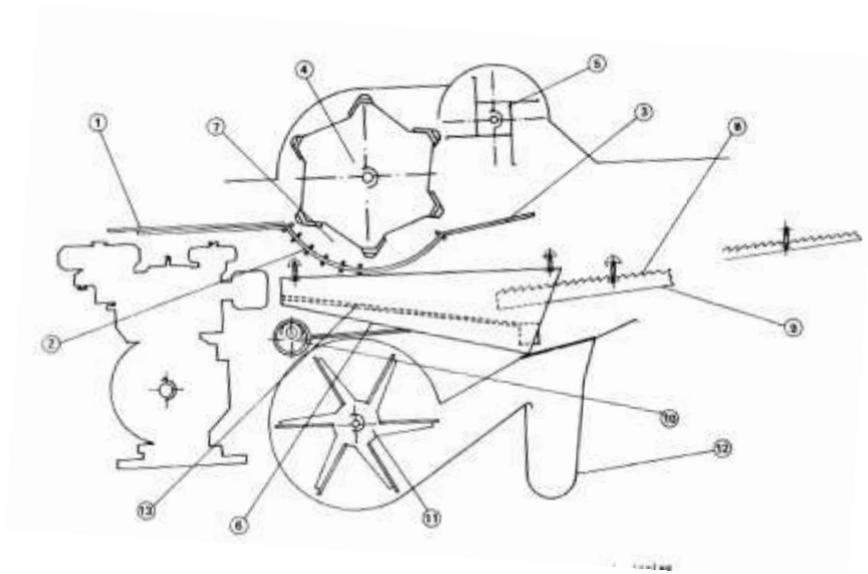


Figura 12-3: Máquina trilladora venteadora accionada por un motor de CI.

Fuente: (Soria, 1990 pág. 5)

3.4 Evaluación y diagnóstico

3.4.1 Estado general de la trilladora y ventiladora

La ASOCIACIÓN ASUALINIUM de la ciudad de Ambato es una empresa orientada a la elaboración y comercialización de productos a base de quinua, la maquinaria se encuentra inoperante por averías principalmente en el sistema de trillado con cilindro y cóncavo es un órgano de gran masa que gira a una elevada velocidad, por lo que es necesario equilibrarlo no solo estática, sino también dinámicamente, de este modo se protege la vida útil de los cojinetes y apoyos, así evita la presencia de fuerza perturbadoras causantes de vibraciones, de ruidos molestos y la ausencia de un plan de mantenimiento ocasionaron el abandono de la trilladora, posteriormente el de la ventiladora que son dos máquinas importantes en el proceso.

3.4.2 Identificación de sistemas (trilladora)

Realizada una evaluación preliminar de todo el sistema de trillado, se accede a identificar los diferentes sistemas con los que consta la maquinaria, asignándole a cada sistema una variable de identificación:

Tabla 4-3: Identificación de sistemas (trilladora)

SISTEMA	CÓDIGO
Estructura	A
Transmisión	B
Sistema de trilla con cilindro y cóncavo	C
Sacudidores y cribas o bandejas	D
Motor de combustión interna	E

Realizado por: Luis Lliguay, 2019

Fuente: Autor

3.4.3 Evaluación de los componentes de los sistemas

Identificados los distintos sistemas se da inicio al análisis del estado de todos sus componentes, el propósito de esta actividad es determinar la obsolescencia de los sistemas con el fin de identificar las áreas de repotenciación, además con esta actividad se busca definir qué elementos deben ser reemplazados y cuales se puede reutilizar:

Tabla 5-3: Evaluación del sistema estructural.

	EVALUACIÓN DEL SISTEMA ESTRUCTURAL	1/1
Preparado por: Luis Lliguay	Fecha de elaboración: 2019/02/15	Código: A
ELEMENTOS	Estructura - Carcasa	
MATERIAL	-Ángulo de 1”1/2*2mm: Tubo estructural de 2” *2mm. -Plancha en caliente calidad: ASTM A 36 - SAE J 403 1008	
OBSERVACIONES GENERALES: La estructura presenta deformaciones, oxidación debido al abandono de la máquina, acompañado de la carcasa que presenta varias rupturas en la entrada y salida del trillado, también soldaduras hechas en varias partes de la estructura y de la carcasa.		
Características de uso: La estructura es el sistema fundamental de la máquina, en donde se sujetan todos los soportes de todos los elementos, conjuntamente con la carcasa que se adhiere para formar un solo elemento.		
Función: Se apoyan todos los elementos, protege a la máquina y para unir a otros elementos.		
Mantenimiento: No se ha realizado ningún tipo de mantenimiento.		

Realizado por: Luis Lliguay, 2019

Fuente: Autor

Tabla 6-3: Evaluación del sistema de transmisión

	EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE TRANSMICIÓN	1/2
Preparado por: Luis Lliguay	Fecha de elaboración: 2019/02/15	Código: B
ELEMENTOS	Poleas-Bandas-Cojinetes	
MATERIAL	-Cojinetes NTN -Poleas de aluminio -Correas trapeciales clásicas DIN 2215 / ISO 4184	
OBSERVACIONES GENERALES: Las poleas se encuentran desgastadas debido al uso y al tiempo de trabajo que tenía operando la máquina, conjuntamente con la banda de transmisión. Al no contar con un mantenimiento preventivo a provocado que los cojinetes se deterioren a un punto en que se atasque el eje de transmisión.		
Características de uso: Las poleas, las bandas y los cojinetes conjuntamente es el órgano principal de la máquina, permitiendo la transmisión de una fuerza oscilatoria para dicha función.		
Función: Permite el movimiento oscilatorio tanto para el tambor trillador y las zarandas.		
Mantenimiento: No se ha realizado ningún tipo de mantenimiento.		

Realizado por: Luis Lliguay, 2019

Fuente: Autor

Tabla 7-3: Evaluación del cilindro y cóncavo

	EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE TRILLA CILINDRO Y CÓNCAVO	1/3
Preparado por: Luis Lliguay	Fecha de elaboración: 2019/02/15	Código: C
ELEMENTOS	Barras trilladoras-Eje de transmisión-Cóncavo	
MATERIAL	-Eje de transmisión AISI 4340 -Planchas de acero negro laminadas en caliente, Calidad ASTM A 36.	
OBSERVACIONES GENERALES: Desgaste de las barras adheridas al tambor trillador debido al uso y al tiempo de abandono, se a producido daños considerables, conjuntamente con el cóncavo que constituye de barras trilladoras que también se encuentra en el mismo estado existe daños irreversible. El eje se encuentra maltratado debido al esfuerzo, acompañado de un mal mantenimiento.		
Características de uso: El tambor trillador y el cóncavo deben estar conjuntamente bien para que exista un buen trillado de quinua con las debidas especificaciones.		
Función: El tambor trillador con el cóncavo cumple la función de trillar la quinua es el órgano vital de la máquina ya que ella depende un grano de buena calidad.		
Mantenimiento: No se ha realizado ningún tipo de mantenimiento.		

Realizado por: Luis Lliguay, 2019

Fuente: Autor

Tabla 8-3: Evaluación del sistema de sacudidores y cribas

	<p align="center">EVALUACIÓN DEL SISTEMA SACUDIDORES Y CRIBAS O BANDEJAS</p>	<p align="center">1/4</p>
<p>Preparado por: Luis Lliguay</p>	<p>Fecha de elaboración: 2019/02/15</p>	<p align="center">Código: D</p>
<p>ELEMENTOS</p>	<p>Plancha de aceros especiales.</p>	
<p>MATERIAL</p>	<p>-Acero negro (SAE 1010 bajo en carbono)</p>	
<p>OBSERVACIONES GENERALES:</p> <p>Se encuentra las zarandas en mal estado por el abandono de la máquina, este elemento ayuda al sistema de limpieza donde se produce la separación del grano de la paja, que es accionado por un cigüeñal para el movimiento oscilatorio, al momento se encuentra averiado.</p>		
<p>Características de uso:</p> <p>Los sacudidores deben estar acoplado a un cigüeñal para ejercer el movimiento oscilatorio, así produciendo la separación del grano trillado con la paja de la quinua.</p>		
<p>Función: Separa el grano trillado de la paja de la quinua.</p>		
<p>Mantenimiento:</p> <p>No se ha realizado ningún tipo de mantenimiento.</p>		

Realizado por: Luis Lliguay, 2019

Fuente: Autor

Tabla 9-3: Evaluación del motor Briggs Stratton

	<p>EVALUACIÓN DEL MOTOR BRIGGS & STRATTON</p>	<p>1/5</p>
<p>Preparado por: Luis Lliguay</p>	<p>Fecha de elaboración: 2019/02/15</p>	<p>Código: E</p>
<p>ELEMENTOS</p>	<p>Motor-Polea de arranque</p>	
<p>MATERIAL</p>	<p>-----</p>	
<p>OBSERVACIONES GENERALES:</p> <p>El motor Briggs & Stratton se encuentra inoperante debido al abandono necesita un mantenimiento correctivo y preventivo para su mejor desempeño, además la polea motriz se encuentra en mal estado acompañado a una mala elección de la banda.</p>		
<p>Características de uso: Acoplado a la máquina trilladora para dar la fuerza motriz necesaria.</p>		
<p>Función: Brinda fuerza motriz al tambor trillador y a los sacudidores.</p>		
<p>Mantenimiento: No se ha realizado ningún tipo de mantenimiento.</p>		

Realizado por: Luis Lliguay, 2019

Fuente: Autor

3.4.4 *Identificación de sistemas (ventiladora)*

Después de una evaluación de todo el sistema de ventilado, se procede a identificar los diferentes sistemas con los que consta el ventilado, para esto asignamos a cada sistema una variable de identificación:

Tabla 10-3: Identificación de sistemas (ventiladora)

SISTEMA	CODIGO
Estructura	A
Transmisión	B
Cilindro centrífugo al interior de la tolva	C
Sistema de ventilación	D
Motor de combustión interna	E

Realizado por: Luis Lliguay, 2019

Fuente: Autor

3.4.5 *Evaluación de los componentes de los sistemas*

El propósito de esta actividad es determinar los sistemas afectados por el abandono y descuido en su mantenimiento, con el fin de identificar las áreas a ser repotenciadas, que nos ayudara a identificar qué elementos deben ser arreglados o reemplazarlos en su mejor caso cambiar para su mejor eficiencia, y un mejor producto de calidad.

Tabla 11-3: Evaluación de la estructura y partes de la maquinaria.

	EVALUACIÓN DE LA ESTRUCTURA Y PARTES DE LA MAQUINARIA	1/1
Elaborado por: Luis Lliguay	Fecha de elaboración: 2019/02/15	Código: A
ELEMENTOS	Tolva - Partes de la máquina.	
MATERIAL	-Planchas de acero negro laminadas en frio JIS 3141 SPCC SD	
OBSERVACIONES GENERALES: La aventadora se encuentra maltratada debido al abandono a la falta de un mantenimiento para controlar todos estos factores, ha provocado daños irreversibles y demás partes de la maquinaria.		
Características de uso: Acoplada a la estructura permite la entrada de la quinua trillada.		
Función; Acceso directo al cilindro centrífugo para la aventada de la quinua trillada.		
Mantenimiento: No se ha realizado ningún tipo de mantenimiento.		

Realizado por: Luis Lliguay, 2019

Fuente: Autor

Tabla 12-3: Evaluación del sistema de transmisión

	EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE TRANSMICIÓN	1/2
Preparado por: Luis Lliguay	Fecha de elaboración: 2019/02/15	Código: B
ELEMENTOS	Poleas-bandas-cojinetes	
MATERIAL	-Cojinetes NTN -Poleas de aluminio -Correas trapeciales clásicas DIN 2215 / ISO 4184	
OBSERVACIONES GENERALES: Las poleas se encuentran desgastadas debido al uso y al tiempo de trabajo que tenía operando la máquina, conjuntamente con la banda de transmisión. Al no contar con un mantenimiento preventivo a provocado que los cojinetes se deterioren a un punto en que se atesque el eje de transmisión.		
Características de uso: Las poleas, las bandas y los cojinetes conjuntamente es el órgano principal de la máquina, permitiendo la transmisión de una fuerza oscilatoria para dicha función.		
Función: La función principal es proporcionar energía oscilatoria al cilindro centrífugo y al ventilador		
Mantenimiento: No se ha realizado ningún tipo de mantenimiento.		

Realizado por: Luis Lliguay, 2019

Fuente: Autor

Tabla 13-3: Evaluación del cilindro centrífugo

	EVALUACIÓN DEL CELINDRO CENTRIFUGO	1/3
Preparado por: Luis Lliguay	Fecha de elaboración: 2019/02/15	Código: C
ELEMENTOS	Eje de limpieza-criba	
MATERIAL	-Eje de transmisión AISI 4340 -Acero negro (SAE 1010 bajo en carbono)	
OBSERVACIONES GENERALES: El eje de limpieza se encuentra en mal estado óxidado debido a una mala elección del tipo de eje y demás componentes conjuntamente con la criba que esta en mal estado y demás componentes que hacen un solo componente que es el cilindro centrífugo.		
Características de uso: El eje debe estar diseñado a altas velocidades para que cumpla con las especificaciones indicadas		
Función: La función principal es, al entrar el grano trillado por la tolva el cilindro centrífugo permite una limpieza más eficiente, un grano más limpio.		
Mantenimiento: No se ha realizado ningún tipo de mantenimiento.		

Realizado por: Luis Lliguay, 2019

Fuente: Autor

Tabla 14-3: Evaluación del sistema de ventilación

	<p>EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE VENTILACION DE CUATRO PALETAS</p>	<p>1/4</p>
<p>Preparado por: Luis Lliguay</p>	<p>Fecha de elaboración: 2019/02/15</p>	<p>Código: D</p>
<p>ELEMENTOS</p>	<p>Aspas-Eje del ventilador</p>	
<p>MATERIAL</p>	<p>-Eje de transmisión AISI 4340 -Planchas de acero negro laminadas en frio JIS 3141 SPCC SD</p>	
<p>OBSERVACIONES GENERALES:</p> <p>El eje del ventilador se encuentra atascado debido a una mala elección de rodamientos, producto de esto se averiaron los rodamientos y así permitiendo el deterioro del eje.</p>		
<p>Características de uso:</p>		
<p>El ventilador es el órgano principal de la limpieza de la quinua recién trillada.</p>		
<p>Función: Permite una limpieza más garantizada para el grano, mucho más limpio y de mejor calidad.</p>		
<p>Mantenimiento:</p>		
<p>No se ha realizado ningún tipo de mantenimiento.</p>		

Realizado por: Luis Lliguay, 2019

Fuente: Autor

Tabla 15-3: Evaluación del motor de combustión interna

	EVALUACIÓN DEL MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA	1/5
Preparado por: Luis Lliguay	Fecha de elaboración: 2019/02/15	Código: E
ELEMENTOS	Motor de combustión interna	
MATERIAL	-----	
<p>OBSERVACIONES GENERALES:</p> <p>El motor Briggs & Stratton se encuentra inoperante debido al abandono necesita un mantenimiento correctivo y preventivo para su mejor desempeño, además la polea motriz se encuentra en mal estado acompañado a una mala elección de la banda.</p>		
<p>Características de uso:</p> <p>Acoplado a la máquina ventiladora para dar la fuerza motriz necesaria.</p>		
<p>Función:</p> <p>Brinda la fuerza motriz necesaria.</p>		
<p>Mantenimiento:</p> <p>No se ha realizado ningún tipo de mantenimiento.</p>		

Realizado por: Luis Lliguay, 2019

Fuente: Autor

3.4.6 Conclusiones de la evaluación

Una vez realizada la evaluación del estado inicial de la trilladora y la aventadora se identificaron los elementos a rediseñar y la preparación adecuada de la maquinaria que nos permitirá una optimización de producción aceptable mejorando tiempos de trillado, mejor calidad de grano y tiempos de entrega aceptable para satisfacer el mercado.

Tabla 16-3: Evaluación de la situación actual

Máquina Trilladora	Máquina Ventiladora
Deterioro estructural	Deterioro estructural
Cilindro- cóncavo	Eje centrífugo
Sistema de transmisión	Sistema de transmisión
Sistema de limpieza	Sistema de ventilación
Mantenimiento del motor	Mantenimiento del motor

Realizado por: Luis Lliguay, 2019

Fuente: Autor

CAPÍTULO IV

4 DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN

4.1 Parámetros y variables del diseño

4.1.1 *Propiedades del cultivo*

4.1.1.1 *Tipo y variedad*

La disposición de la separación de las espigas o panojas varía de acuerdo a las propiedades mecánicas de los cultivos y a la ubicación de los granos en una misma planta.

Por lo tanto, el desgrane se da aun en la parte final de la superficie del cóncavo, provocando una menor cantidad de granos que puede ser tamizada a través de dicha superficie

- Grado de madurez

Se distingue dos clases: fisiológicas y comercial

La madurez fisiológica de los cereales acontece cuando no se incrementa la masa seca del grano y alcanza alrededor del 50%, un contenido de humedad de cuando las plantas llegan a este estado, es época de cosecha.

La madurez comercial es posterior a la fisiológica, por lo cual ocurre disminución del contenido de humedad, llegando a un punto que es estimado para realizar la trilla con buenos resultados. Los granos de la parte central de las espigas maduran más pronto que los granos de los extremos, por lo cual, tienen diferentes propiedades físico-mecánicas y biológicas. Los granos maduros no consiguen estar más firmemente a la espiga como los menos maduros o insuficientemente desarrollados, por lo cual, en el primer caso se requieren velocidades periféricas de 20 m/seg, mientras que, en el segundo, de hasta 30 m/seg.

- Humedad

Influye en las perdidas de trilla, separación del grano a través del cóncavo y ruptura de la paja, mayor ruptura y menor germinación del grano se deben a sus más bajos porcentajes

de humedad respecto del intervalo de seguridad para realizar la trilla, percibido entre el 17 y 20 por ciento.

El incremento del valor de los coeficientes de rozamientos cinético referentes a la paja y materiales de la máquina, disminuye la simetría del grano separado a través de la rejilla del cóncavo, sin una variación práctica, depende del cultivo y la variedad que se pueda dar la rotura de la paja acontece en menores cantidades de humedad.

- Relación de grano a grano

Esta relación influye sobre el daño del grano, pérdidas de trilla, la relación de grano no grano es el cociente de la masa del grano para la masa de broza o no grano (conjunto de tallos, cascaras, ramas y otros despojos de la planta), que determina la separación a través del cóncavo, limpieza de zarandas, carga de granos a la saca pajas, consumo de potencia y forma de alimentación.

En gran porcentaje de este coeficiente de relación reduce la potencia consumida por el cilindro, debido a que las pajas cortas absorben menos energía durante su deformación en el espaciamiento de trilla y disminuye aún más aumentando la velocidad periférica al aminorar la altura de la capa de material de trilla para la misma masa de alimentación por unidad de tiempo.

4.1.2 Sistema mecánico

4.1.2.1 Parámetros de diseño

- *Potencia del motor de combustión interna.*

La fuente de potencia de la máquina trilladora es un motor de combustión interna a gasolina de 10 HP de potencia, esta fuerza motriz es transmitido a un sistema de poleas-bandas tipo V que se encuentra acoplado a un cilindro trillador que conjuntamente con el cóncavo forman un solo sistema para dicha función, este cilindro cóncavo está conformado por cuchillas de acero negro, un eje de transmisión para que cumplan la función del desgrane del grano con la panoja.

4.1.2.2 Variables de diseño

- *Sistema de transmisión de poleas*

El sistema de transmisión por poleas se encarga de transmitir potencia mecánica entre dos ejes (o más) que se encuentran separados entre sí y que se componen de un elemento flexible o correa, dos o más elementos portadores o poleas (uno conductor-uno o más conducido), conjuntamente con un elemento tensor.

- *Sistema de trillado (cilindro-cóncavo)*

El cilindro está constituido por varias barras montados sobre un eje transversal, a su vez acoplado en cojinetes de esfera, de seis u ochos barras corrugadas con estrías oblicuas, la característica más importante de un cilindro trillador es su velocidad periférica, diámetro y longitud.

Referente al cóncavo, se caracteriza por el ángulo de trilla α que varía entre 100° y 120° , determinado por el sector que abarca desde la entrada hasta la descarga.

- *Sistema del mecanismo de limpieza*

La unidad de limpieza consta de una o dos zarandas con perforaciones de tamaño apropiado según el tipo de grano, el grano sucio proveniente de la unidad trilladora y del sacudidor cae sobre la zaranda, quedando perfectamente limpio. La limpieza y clasificación del grano permite la eliminación de impurezas y mejorar la calidad.

4.1.3 Sistema de ventilado (aventadora)

4.1.3.1 Parámetros del diseño

- *Sistema de pelado del grano de quinua por rodillo*

El mecanismo empieza con la alimentación de la tolva con la quinua trilladora, la tolva desemboca al mecanismo de escarificado que tiene un rodillo concéntrico con el eje del tambor, la distancia que habrá entre el rodillo, la quinua ya trillada ingresa al sistema mediante la rotación del rodillo en dirección interna a la cámara de venteado, con la ayuda del cilindro centrifugo facilita el retiro de la saponina que recubre al grano de quinua, retirando mediante el movimiento de rotación con la fuerza necesaria para remover la saponina sin romper el grano.

4.1.3.2 Variables de diseño

- *Tolva de alimentación.*

Se encuentra en la parte superior de la máquina, tiene una capacidad de 40 - 50 kilos, forma cuadrangular con una caída piramidal y un regulador de caída para material a ventear.

- *Selección de grano*

Parte del sistema que se encuentra ubicado en la parte inferior, el tamaño del grano se selecciona por el aire que se genera en las aspas que se encuentran diseñadas en la máquina, por lo cual el ventilador esta adherido a una polea la cual está conectada a la toma de fuerza del motor.

4.2 Diseño del equipo (trilladora)

4.2.1 Selección de bandas y poleas para el sistema de trillado de quinua

Uno de los principales sistemas de transmisión, empleados en máquinas, es el sistema de transmisión por correas. Este sistema está compuesto por un juego de poleas y un número definido de correas que se determina en el proceso de diseño del sistema, además caracteriza por que incluye poco mantenimiento, es de fácil montaje y adicional a esto sus componentes son relativamente económicos con respecto a otros sistemas de transmisión.

4.2.1.1 Diseño del sistema de transmisión (Trilladora)

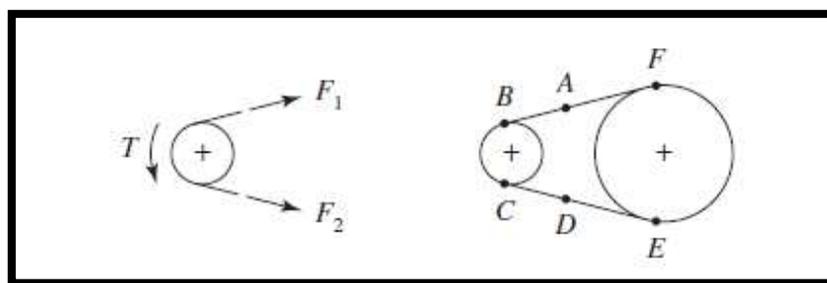


Figura 1-4: Sistema de transmisión por bandas
Fuente: (Nisbett pág. 861)

4.2.1.2 Relación de velocidad

La polea motriz esta acoplada al eje del motor de combustión interna, que toma el mismo el valor del rpm que es de 3600, la relación de transmisión se calcula mediante la siguiente ecuación

$$i = \frac{\text{diametro de la polea conducida}}{\text{diametro de la polea motriz}} \quad (1)$$

$$i = \frac{\text{diametro de la polea conducida}}{\text{diametro de la polea motriz}}$$

$$i = \frac{300}{100} = 3$$

- Para calcular las revoluciones por minuto de la polea conducida se calcula por la siguiente ecuación.

$$i = \frac{\text{rpm de la polea motriz}}{\text{rpm de la polea conducida}}$$

$$N_p = \frac{n_p}{i} = \frac{3600 \text{ rpm}}{3}$$

$$N_p = 1200 \text{ rpm}$$

4.2.1.3 Cálculo de la potencia de diseño

Se considera un factor de servicio de acuerdo al tipo de servicio, tiempo de trabajo y tipo de accionamiento.

$$P_D = P * C_1 \quad (2)$$

Donde:

P = Potencia del motor de combustion interna hp

$C_1 =$

Valor escogido según el motor o la maquina que más se asemeja a su diseño.

(ANEXO A1)

$$P_D = 10hp * 1,2$$

$$P_D = 12 hp$$

4.2.1.4 Escoger la sección de correa más adecuada

Para determinar el tipo de banda es necesario los siguiente datos obtenidos $P_D = 12 hp$ y $n_p = 3600 rpm$ bajo estos parámetros se procede a elegir el tipo de correa, para este caso es de **TIPO A**. Ver (ANEXO A2).

4.2.1.5 Determinar la distancia entre ejes

Para el cálculo de la distancia entre ejes debe estar bajo el siguiente criterio:

Debe ser $\geq D_p$ pero no $\geq 3(d_p + D_p)$ en este caso de no estar dicha distancia determinada por exigencia de instalación se debe tomar en cuenta.

$$C \geq \frac{(i + 1)d_p}{2} + d_p \quad (3)$$

Donde:

$d_p =$ Diametro de la polea motriz

$$C \geq \frac{(3 + 1) * 100mm}{2} + 100mm$$

$$C \geq 300 mm$$

Criterio: $D_p \leq C \leq 3(d_p + D_p)$

$$300 \leq 300 \leq 3 (100 + 300)$$

$$300 \leq 300 \leq 1200$$

$$C = 300 \text{ mm}$$

4.2.1.6 Determinación de la longitud primitiva de la banda

Una vez obtenido el valor de C se puede calcular el largo L aproximado de la correa que se necesita que viene expresada por la siguiente ecuación:

$$L = (2 * C) + (1,57 * (D_P + d_p)) + \frac{(D_P - d_p)^2}{4 * C} \quad (4)$$

Donde:

$L =$ Longitud de la correa

$C =$ Distancia tentativa entre ejes

$D_p, d_p =$ Diametros primitivos de las poleas

$$L = (2 * 300) + (1,57 * (300 + 100)) + \frac{(300 - 100)^2}{4 * 300}$$

$$L = 1361,33 \text{ mm.}$$

Determinado el valor de L se consulta en la siguiente tabla, que entrega la identificación de la correa adecuada. Esta identificación es una letra y un número, que representa el largo que se aproxima lo más posible. Ver (ANEXO A3)

$L_n = 1325 \text{ mm}$ (longitud normalizada)

Correa N.- 51

Se debe recalcular definitivamente la distancia entre centros de poleas con la siguiente fórmula:

$$C_c = C \pm \left| \frac{L - Ln}{2} \right| \quad (5)$$

Criterios:

Signo (+) cuando $L < Ln$

Signo (-) cuando $L > Ln$

$$C_c = 300 - \left| \frac{1361,33 - 1325}{2} \right|$$

$$C_c = 281,84 \text{ mm}$$

4.2.1.7 Determinar el arco de contacto menor

Para una transmisión con correa abierta se determina con:

$$\alpha_1 = 180 - 57 * \left(\frac{D_p - d_p}{C_c} \right) > 120^\circ \quad (6)$$

$$\alpha_1 = 180 - 57 * \frac{300 - 100}{281,84}$$

$$\alpha_1 = 139,55^\circ > 120^\circ \text{ si cumple}$$

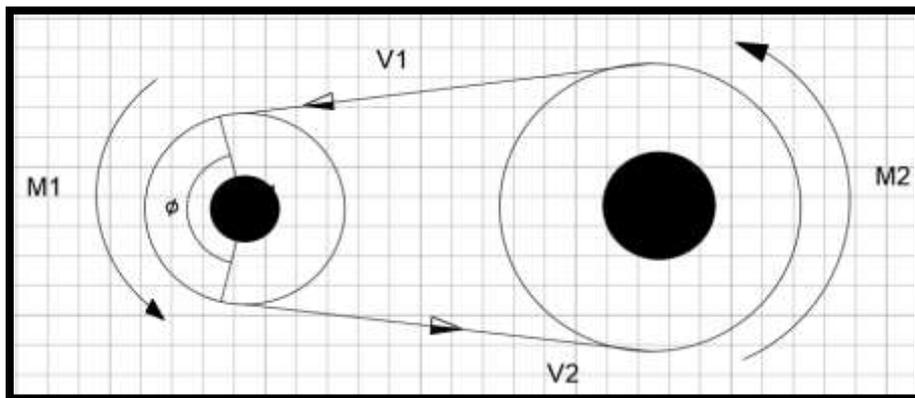


Figura 2-4: El ángulo abrazado por la correa sobre la polea menores $< 180^\circ$
Fuente: Autor

4.2.1.8 Determinar la potencia que transmite una correa

La potencia de la banda viene dada por la siguiente ecuación:

$$P_1 = P_D * C_2 \quad (7)$$

Donde:

P_D = Potencia de diseño

C_2 = Factor de correccion de longitud de la correa Ver (ANEXO A4)

$$P_1 = 12hp * 0,94$$

$$P_1 = 11,28hp$$

4.2.1.9 Cálculo de la cantidad de correas necesarias

Para determinar el número de bandas necesarias se determina con la siguiente ecuación considerando el factor de corrección $C_3 = 0,94$ considera el arco de contacto entre la correa y las poleas y se consulta en la siguiente tabla: Ver (ANEXO A5).

$$\frac{D_p - d_p}{C_c} \quad (8)$$

$$\frac{300 - 100}{300} = 0,6$$

Se calcula:

$$Z = \frac{P_D}{C_2 * C_3 * P_1} \quad (9)$$

$$Z = \frac{12hp}{0,94 * 0,91 * 11,68}$$

$$Z = 1,54 \text{ bandas} \sim 2 \text{ bandas}$$

4.2.1.10 Velocidad de la banda

Para el cálculo de la velocidad de la banda debe ser mayor para disminuir la cantidad de correas necesarias en la transmisión para lo cual se considera dos criterios de velocidad y se expresa de la siguiente manera:

- **Velocidad de la polea motriz:**

$$v = \frac{n_1 * \pi * d_p}{60000} \quad (10)$$

$$v = \frac{3600 \text{ rpm} * \pi * 100 \text{ mm}}{60000}$$

$$v = 18,84 \text{ m/s} \sim 3707,71 \text{ ft/min}$$

- **Velocidad de la polea conducida:**

$$v = \frac{0.052 * n_2 * D_p}{1000} \quad (11)$$

$$v = \frac{0.052 * 1200 \text{ rpm} * 300 \text{ mm}}{1000}$$

$$v = 18,72 \text{ m/s} \sim 3684,09 \text{ ft/min}$$

4.2.1.11 Flexiones por segundo de un segmento de correa (seg^{-1})

Es muy necesario verificar que las correas no superen un determinado ciclo de flexión por segundo, puesto que si es muy elevado la misma tiende a calentarse y esto afecta directamente a la vida útil de la correa. Los ciclos de flexión se calculan mediante la siguiente ecuación:

$$i_f = 1000 * n_p * \frac{v}{L_n} \quad (12)$$

Donde:

$n_p =$ Cantidad de poleas en contacto con la correa.

$v =$ Velocidad de la correa (m/s).

$L_n =$ Longitud normalizada de la correa (mm).

$$i_f = 1000 * 2 * \frac{18,72 \text{ m/s}}{1325 \text{ mm}}$$

$$i_f = 28,26$$

4.2.1.12 Cálculo de las fuerzas en la transmisión por bandas

Para calcular las fuerzas que se producen durante la transmisión por banda se han tomado dos criterios:

Tabla 1-4: Criterios de las fuerzas

Criterios	Ecuación
<ul style="list-style-type: none"> • Producido con la potencia y la velocidad lineal 	$(F_{1t} - F_{2t}) = \frac{330000H}{v}$
<ul style="list-style-type: none"> • Las fuerzas con el ángulo de contacto y el coeficiente de fricción entre la banda y la polea 	$\frac{F_{1t}}{F_{2t}} = e^{\mu\beta}$

Realizado: Luis Lliguay, 2019

Fuente: Autor

Donde:

$F_1 =$ Tension del lado tenso [N]

$F_2 =$ Tension del lado flojo [N]

$H =$ Potencia del motor [hp]

$\mu = 0,35$ coeficiente de fricción entre la banda y la polea (**ANEXO A6**)

$\alpha = 139,55^\circ = 2,44 \text{ rad}$ ángulo de contacto

$e =$ constante logaritmica

Criterios a conocer:

- En la siguiente ecuación del primer criterio se reemplaza los siguiente valores

$$(F_{1t} - F_{2t}) = \frac{330000H}{v} \quad (13)$$

$$(F_{1t} - F_{2t}) = \frac{330000(10hp)}{3684,09 \text{ ft}/\text{min}}$$

$$(F_{1t} - F_{2t}) = 895,74 \text{ lb}$$

Ecuación 1

- En la ecuación del segundo criterio reemplazando los siguientes valores:

$$\frac{F_{1t}}{F_{2t}} = e^{0,25*2,44} \quad (14)$$

$$\frac{F_{1t}}{F_{2t}} = 1,84$$

$$F_{1t} = 1,84 F_{2t}$$

Ecuación 2

- **Resolviendo el siguiente sistema de ecuaciones reemplazando el valor de F_1 en la ecuación 1**

$$(F_{1t} - F_{2t}) = 895,74 \text{ lb}$$

$$(1,84 F_{2t} - F_{2t}) = 895,74 \text{ lb}$$

$$0,84 F_{2t} = 895,74 \text{ lb}$$

$$F_{2t} = 1066,36 \text{ lb} - 4743,41 \text{ Newton}$$

- **En la ecuación 2 se reemplaza el valor de F_2**

$$F_{1t} = 1,84 F_{2t}$$

$$F_{1t} = 1,84 * 1066,36 \text{ lb}$$

$$F_{1t} = 1962,09 \text{ lb} - 8727,81 \text{ Newton}$$

Como el sistema de transmisión está constituido por dos bandas por lo tanto las fuerzas ejercidas se dividen por el número de bandas.

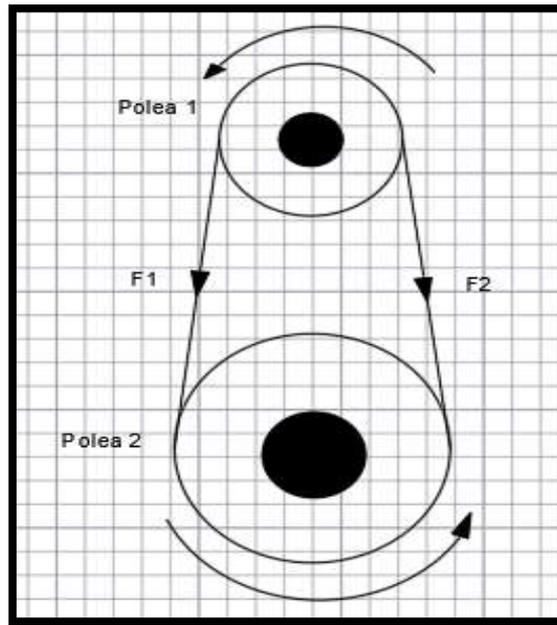


Figura 3-4: Fuerzas que actúan en la polea 1 y 2
Fuente: Autor

$$F_1 = \frac{F_{1t}}{N_{bandas}}$$

$$F_1 = \frac{1962,09lb}{2}$$

$$F_1 = 981,05 lb \sim 4363,93 \text{ Newton}$$

$$F_2 = \frac{F_{2t}}{N_{bandas}} = \frac{1066,36 lb}{2}$$

$$F_2 = 533,18 lb \sim 2371,70 \text{ Newton}$$

- **Cálculo de la fuerza resultante de cada banda**

$$F_{t1} = F_1 + F_2 \tag{15}$$

$$F_{t1} = 4363,93 N + 2371,70 N$$

$$F_{t1} = 6735,63 N$$

4.2.1.13 Reacciones en el eje

$$\alpha = \frac{180^\circ - \sigma}{2} \quad (16)$$

$$\alpha = \frac{180^\circ - 139,55^\circ}{2}$$

$$\alpha = 20,23$$

- **Reacción en x**

$$R_x = (T_1 + T_2) + \cos \alpha \quad (17)$$

$$R_x = (981,05 lb + 533,18 lb) + \cos 20,23^\circ$$

$$R_x = 1515,16lb$$

- **Reacción en y**

$$R_y = (T_1 + T_2) + \sin \alpha \quad (18)$$

$$R_y = (981,05 lb - 533,18 lb) + \sin 20,23^\circ$$

$$R_y = 448,21lb$$

4.2.1.14 Durabilidad de la banda

Para encontrar la durabilidad de la banda se debe tomar encuentra algunos factores que nos permitirá el número de horas de vida útil y esta expresada por la siguiente ecuación:

- **Para la siguiente ecuación se considera los siguientes datos:**

$$S_0 = 500 * \left(\frac{f_t - C_\alpha}{C_\alpha} \right) * \frac{N_b}{z * v} + \rho * v^2 \quad [N] \quad (19)$$

Donde:

$f_t =$ valor fijo 2,5

$C_\alpha =$ flexion normal (ANEXO A7)

$N_b =$ Potencia corregida en kw

$z =$ Numero de bandas

$v =$ velocidad de la banda

$\rho =$ densidad kg/m (ANEXO A7)

$$S_0 = 500 * \left(\frac{2.5 - 399}{399} \right) * \frac{0,017 \text{ kwatts}}{2 * 18,72 \text{ m/s}} + 0.11 * (18,72 \text{ m/s})^2$$

$$S_0 = 38,32 \text{ N}$$

4.2.1.15 Esfuerzo por tensado estático

$$\sigma_0 = \frac{S_0}{A} \quad (\text{MPa}) \quad (20)$$

Donde:

$S_0 =$ Fuerza por tensado estatico en una correa (N)

$A =$ Área de la seccion transversal (mm^2) (ANEXO A8)

$$\sigma_0 = \frac{38,32 \text{ N}}{81 \text{ mm}^2}$$

$$\sigma_0 = 0,47 \text{ MPa}$$

4.2.1.16 Esfuerzo por el efecto de la fuerza centrifuga

$$\sigma_v = \frac{q * v^2}{1000 * g} \quad (\text{MPa}) \quad (21)$$

Donde:

$q =$ Peso especifico de la correa (N/dm^3) Generalmente es aceptado $q = 12,5 \text{ N/dm}^3$

$v =$ Velocidad de la correa ($m/2$)

$g =$ Aceleracion de la gravedad $g = 9,81 \text{ m/s}^2$

$$\sigma_v = \frac{12,5 \text{ N/dm}^3 * (18,84 \text{ m/2})^2}{1000 * 9,81 \text{ m/s}^2}$$

$$\sigma_v = 0,45 \text{ MPa}$$

4.2.1.17 Esfuerzo por fuerza útil

$$\sigma_p = \frac{1000 * N_D}{z * v} \quad (\text{MPa}) \quad (22)$$

Donde:

N_D = Potencia de diseño (kW)

z = Cantidad de correas

$$\sigma_p = \frac{1000 * 0,017 \text{ kWatts.}}{1 * 18,84 \text{ m/2}}$$

$$\sigma_p = 0,90 \text{ MPa}$$

4.2.1.18 Esfuerzo por flexión de la correa

$$\sigma_{flex} = E_{flex} * \frac{2 * y_0}{d} \quad (\text{MPa}) \quad (23)$$

Donde:

y_0 = Distancia desde la línea neutra (cord) y la capa superior de la correa (mm). En cálculos aproximados puede ser aceptado como $0,5 * h$, el valor de h esta dado Ver (ANEXO A8) es la altura de la sección.

E_{flex} = Modulo de elasticidad longitudinal de la correa. En cálculos prácticos, puede ser considerado entre 80.....100 MPa.

d = Diametro de la polea sobre la que la correa se dobla (mm).

$$\sigma_{flex} = 90 * \frac{2 * (0,5 * 8) \text{ mm}}{85 \text{ mm}}$$

$$\sigma_{flex} = 8,47 \text{ MPa.}$$

4.2.1.19 Esfuerzo máximo

$$\sigma_{max} = \sigma_0 + \frac{\sigma_p}{2} + \sigma_v + \sigma_{flex1} \text{ (MPa)} \quad (24)$$

$$\sigma_{max} = 0,47 \text{ MPa} + \frac{0,90 \text{ MPa}}{2} + 0,45 \text{ MPa} + 8 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{max} = 9,47 \text{ MPa}$$

- De aquí la duración de la correa será:

$$H = \frac{N_b}{3600_{if}} \left(\frac{\sigma_{fat}}{\sigma_{max}} \right)^m \text{ [horas]} \quad (25)$$

Donde:

ANEXO A9

H = Duracion en horas.

N_b = Numero de ciclos basicos para el deterior.

$$N_b = 10^7 \text{ correas trapeciales normales}$$

$$N_b = 10^9 \text{ correas trapeciales estrechas}$$

σ_{fat} = Esfuerzo limite de fatiga.

m = Exponente de la curva de fatiga.

$$H = \frac{10^7}{3600 * 28,26} * \left(\frac{12 \text{ MPa}}{9,47 \text{ MPa}} \right)^{10}$$

$$H = 1049,15 \text{ horas}$$

4.2.2 Relación de transmisión trilla – zaranda

Para el cálculo de la relación de transmisión se utiliza la siguiente formula:

$$n_1 * d_1 = n_2 * d_2 \quad (26)$$

$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{1200}{750} = 1,6$$

Se utiliza una polea conductora de 23 cm. de diámetro:

$$D_p = i * d_p \quad (27)$$

$$D_p = 1,6 * 0,23m$$

$$D_p = 0,37m$$

4.2.2.1 Escoger la sección de correa más adecuada

Para determinar el tipo de banda es necesario los siguiente datos obtenidos $P_D = 13$ hp y $n_p = 1200$ rpm bajo estos parámetros se elige una correa de tipo **B** Ver (ANEXO A2).

4.2.2.2 Determinar la distancia entre ejes

Para el cálculo de la distancia entre ejes debe estar bajo el siguiente criterio:

Debe ser $\geq D_p$ pero no $\geq 3(d_p + D_p)$ en este caso de no estar dicha distancia determinada por exigencia de instalación se debe tomar en cuenta.

$$C \geq \frac{(i + 1)d_p}{2} + d_p \quad (28)$$

$$C \geq \frac{(1,6 + 1) * 230mm}{2} + 230mm$$

$$C \geq 529 \text{ mm}$$

Criterio: $D_p \leq C \leq 3(d_p + D_p)$

$$370 \leq 529 \leq 3(230 + 370)$$

$$370 \leq 529 \leq 1800$$

$$C = 600 \text{ mm}$$

4.2.2.3 Determinación de la longitud primitiva de la banda

Una vez obtenido el valor de C se puede calcular el largo L aproximado de la correa que se necesita que viene expresada por la siguiente ecuación:

$$L = (2 * C) + (1.57 * (D_P + d_p)) + \frac{(D_P - d_p)^2}{4 * C} \quad (29)$$

Donde:

L = Longitud de la correa.

C = Distancia tentativa entre ejes.

D_P, d_p = Diametros primitivos de las poleas.

$$L = (2 * 600) + (1.57 * (370 + 230)) + \frac{(370 - 230)^2}{4 * 600}$$

$$L = 2150,17 \text{ mm}$$

Determinado el valor de L se consulta en la siguiente tabla, que entrega la identificación de la correa adecuada. Esta identificación es una letra y un número, que representa el largo que se aproxima lo más posible. Ver (ANEXO A3)

$L_n = 2202 \text{ mm}$ (Longitud normalizada)

Correa N.- 85

Se debe recalcular definitivamente la distancia entre centros de poleas con la siguiente fórmula:

$$C_c = C \pm \left| \frac{L - L_n}{2} \right| \quad (30)$$

Criterios:

Signo (+) cuando $L < L_n$

Signo (-) cuando $L > L_n$

$$C_c = 600 + \left| \frac{2150,17 - 2202}{2} \right|$$

$$C_c = 574,09 \text{ mm}$$

4.2.2.4 Determinar el arco de contacto menor

Para una transmisión con correa abierta se determina con:

$$\alpha_1 = 180 - 57 * \left(\frac{D_P - d_P}{C_c} \right) > 120^\circ \quad (31)$$

$$\alpha_1 = 180 - 57 * \frac{370 - 230}{574,92}$$

$$\alpha_1 = 166,12^\circ > 120^\circ \text{ si cumple}$$

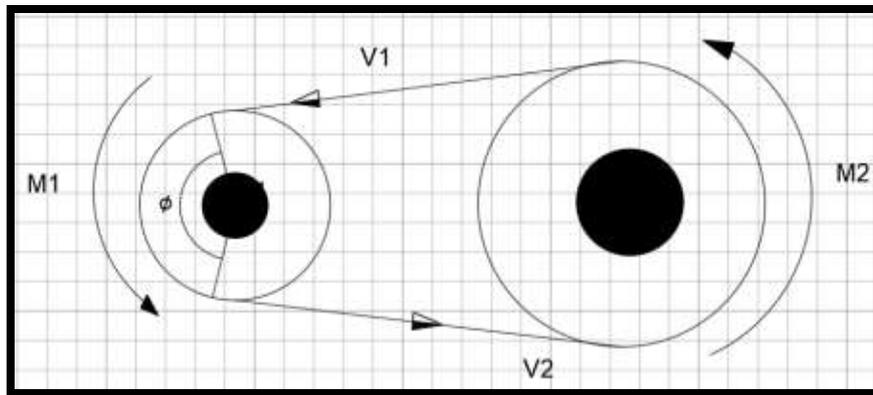


Figura 4-4: El ángulo abrazado por la correa sobre la polea menores $< 180^\circ$
Fuente: Autor

4.2.2.5 Determinar la potencia que transmite una correa

La potencia de la banda viene dada por la siguiente ecuación

$$P_1 = P_D * C_2 \quad (32)$$

Donde:

$P_D =$ Potencia de diseño

$C_2 =$ Factor de correccion de longitud de la correa (ANEXO A4)

$$P_1 = 12hp * 0,99$$

$$P_1 = 11,88hp$$

4.2.2.6 Cálculo de la cantidad de correas necesarias

Para determinar el número de bandas necesarias se determina con la siguiente ecuación considerando el factor de corrección $C_3 = 0,94$ considera el arco de contacto entre la correa y las poleas y se consulta en la siguiente tabla: Ver (ANEXO A5).

$$\frac{D_p - d_p}{C_c} \quad (33)$$

$$\frac{370 - 230}{370} = 0,4$$

- Se calcula:

$$Z = \frac{P_D}{C_2 * C_3 * P_1} \quad (34)$$

$$Z = \frac{12hp}{0,94 * 0,99 * 11,88}$$

$$Z = 1,08 \text{ banda} \sim 1 \text{ banda}$$

4.2.2.7 Cálculo de las fuerzas aplicadas en las poleas 3 y 4

$$P_{motor} = 10hp * \frac{745.7 \text{ watt}}{1hp} * \frac{J/s}{1 \text{ watts}} * \frac{Nm}{1J}$$

$$P_{motor} = 7457 \text{ Nm/s}$$

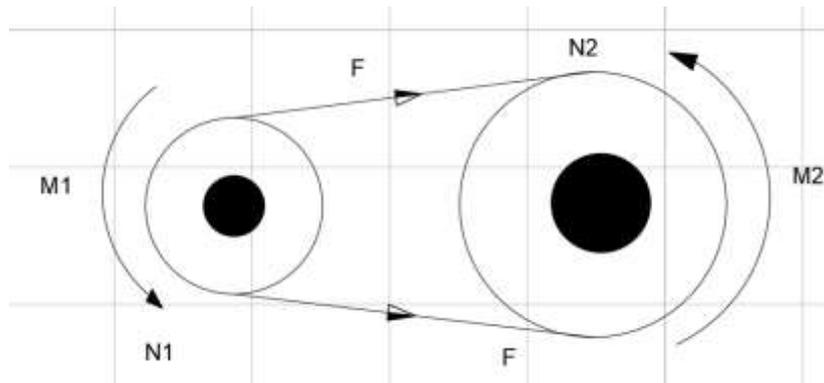


Figura 5-4: Fuerzas que actúan en la polea 3 y 4
Fuente: Autor

$$N_1 = 1200 \frac{rev}{min} * \frac{2\pi rad}{1 rev} * \frac{1 min}{60s}$$

$$N_1 = 125,66 \text{ rad/s}$$

- **Calculo del torque de la polea 3**

$$T_{polea3} = \frac{P_{motor}}{n}$$

$$T_{polea3} = \frac{7457 \text{ Nm/s}}{125,66 \text{ rad/s}}$$

$$T_{polea3} = 59,34 \text{ Nm}$$

- **Calculo de las fuerzas ejercidas por la banda**

$$T_{polea3} = (F_3 - F_4) * r_2 \tag{35}$$

Donde:

T_{polea3} = Torque de la polea 3 [Nm]

F_3 = Tensión e el lado tirante de la banda [N]

F_4 = Tensión en el lado flojo de la banda [N]

r_2 = Radio de la polea 3

$$(F_3 - F_4) = \frac{T_{polea\ 3}}{r_2}$$

$$(F_3 - F_4) = \frac{59,34\ Nm}{0,115m}$$

$$(F_3 - F_4) = 516\ N$$

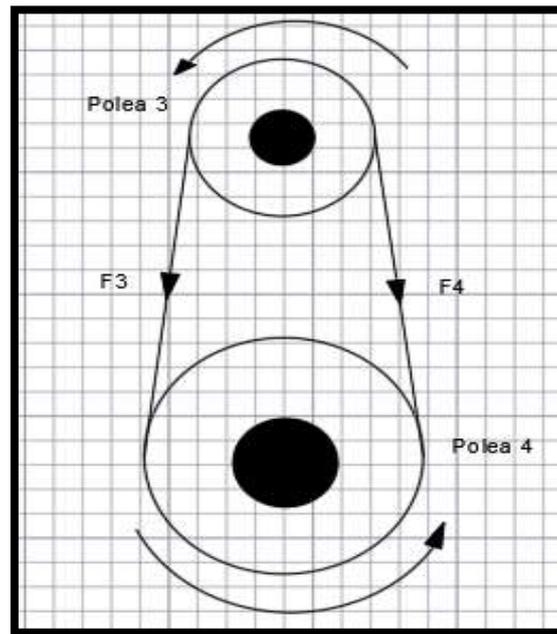


Figura 6-4: Fuerzas que actúan en la polea 3 y 4
Fuente: Autor

- **Calculo del torque de la polea 4**

$$T_{polea\ 4} = (F_3 - F_4) * r_3 \quad (36)$$

Donde:

$T_{polea\ 3}$ = Torque de la polea 4 [Nm]

$(F_3 - F_4)$ = Fuerzas generadas en la banda [N]

r_3 = Radio de la polea 4

Reemplazando los datos de la ecuación

$$T_{polea\ 4} = 516N * 0,185m$$

$$T_{polea\ 4} = 95,46\ Nm$$

- **Cálculo de la F_3 y F_4 que actúan en la banda**

$$\frac{F_3}{F_4} = e^{\mu\beta} \quad (37)$$

Donde:

$F_4 =$ Tension del lado flojo [N]

$F_3 =$ Tension del lado tenso [N]

$\mu = 0.35$ coeficiente de fricción entre la banda y la polea **ANEXO 6**

$\alpha = 166.12^\circ = 2,89$ rad ángulo de contacto

$e =$ constante logaritmica

Reemplazando en la ecuación nos queda:

$$\frac{F_3}{F_4} = e^{0,35*2,89}$$

$$\frac{F_3}{F_4} = 2,74$$

$$F_3 = 2,74 F_4$$

- Reemplazando el valor de F_3 en la Ecuación 1 se encuentra cada una de las fuerzas (F_3 y F_4) que actúan en la banda de las poleas.

$$\textbf{Ecuación 1: } (F_3 - F_4) = 516\ N$$

$$\textbf{Ecuación 2: } F_3 = 2,74 F_4$$

- Resolviendo nos queda:

$$(2,74 F_4 - F_4) = 516\ N$$

$$1,74F_4 = 516 N$$

$$F_4 = \frac{516N}{1,74}$$

$$F_4 = 296,55N$$

$$F_3 = 2,74 * 296,55 N$$

$$F_3 = 812,547 N$$

- **Cálculo de la fuerza resultante en la banda**

$$F_{t2} = F_3 + F_4$$

$$F_{t2} = 812,55 N + 296,55N$$

$$F_{t2} = 1109,1 N$$

4.3 Diseño del eje de transmisión de movimiento del cilindro trillador

Para el dimensionamiento del eje del sistema de trillado actúan varias fuerzas como fuerzas estáticas, torques que en el eje deberá soportar y los momentos producidos por el motor de combustión interna que presenta varias características de velocidad variable, permitiendo un diseño apropiado del mismo, que estará sometido a dos esfuerzos que son esfuerzos cortantes y esfuerzo de flexión.

4.3.1 Cálculo del peso del cilindro trillador.

Para el cálculo del peso del cilindro de la siguiente figura se determina la masa del cilindro, las barras de corte y las tapas del mismo.



Figura 7-4: Cilindro Trillador
Fuente: Autor

Debido a su forma irregular del cilindro de forma pentagonal, con la ayuda del software “SolidWorks” se procederá a rediseñar la maquina mediante el cual nos permitirá agregar el tipo de material e así se busca un peso aproximado incluyendo el peso de los pernos, el peso de las barras se acudió a la ayuda del **SOLIDWORKS** para lo cual ya nos proporciona el valor de masa.

$$m = 29633,53 \text{ gr}$$

$$v = 4101542,34 \text{ mm}^3$$

- Peso del cilindro

$$P_{cilindro} = masa * gravedad$$

$$P_{cilindro} = 26,63kg * 9,8 \text{ m/s}^2$$

$$P_{cilindro} = 260,97 \text{ Newton}$$

4.3.2 Cálculo de la carga distribuida en el cilindro trillador en función del peso

4.3.2.1 Diagrama del cuerpo libre del cilindro trillador

En la siguiente figura se observa las cargas distribuidas que actúan en el cilindro además en la parte inferior se observa el momento torsor que requiere el sistema de trillado.

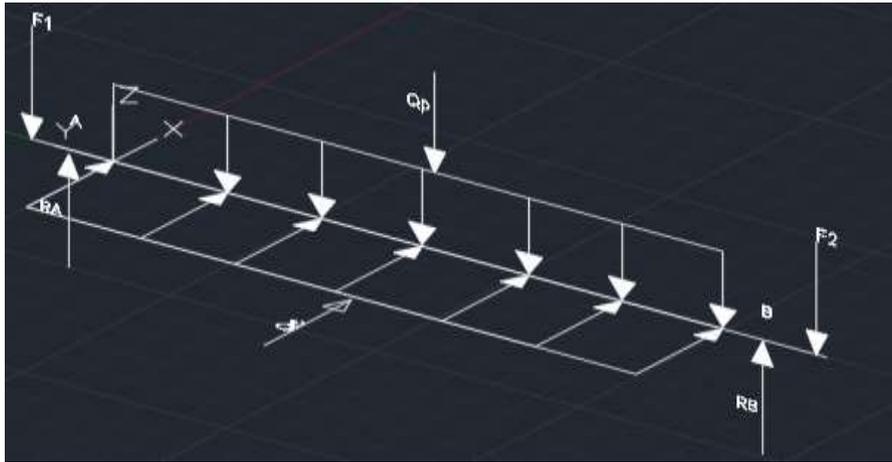


Figura 8-4: Diagrama del cuerpo libre
Fuente: Autor

Las barras ubicadas en el cilindro actúan en todo el cilindro por lo tanto el peso de cada una de ellas se presenta como carga distribuida, el cual se determina por la siguiente ecuación:

$$Q_p = \frac{P_c}{L} \quad (38)$$

Donde:

$$Q_p = \text{Carga distribuida en función del peso} \left[\frac{N}{m} \right]$$

$$Q_p = \frac{260,97 \text{ [N]}}{0,3m}$$

$$Q_p = 869,9 \frac{[N]}{m}$$

4.3.2.2 Cálculo del esfuerzo de corte del cilindro trillador

Una de las fuerzas que actúan como carga distribuida Q_c en el cilindro de trillador es la fuerza de corte, debido a la escasa información con respecto a la fuerza de corte que se necesita para el trillado de la quinua, se asume un valor promedio realizado por (Benalcazar, 2012), que es de **124,75 [N]**.

$$Q_c = \frac{N_b * F_c}{L} \quad (39)$$

Donde:

Q_c : Carga distribuida en función de la fuerza de corte

F_c : Fuerza de corte 124,75 [N]

$$Q_c = \frac{5 * 124,75[N]}{0,3[m]}$$

$$Q_c = 2079,17 \frac{[N]}{[m]}$$

4.3.3 Diseño del eje de transmisión de movimiento del cilindro trillador

4.3.3.1 Análisis en plano xy

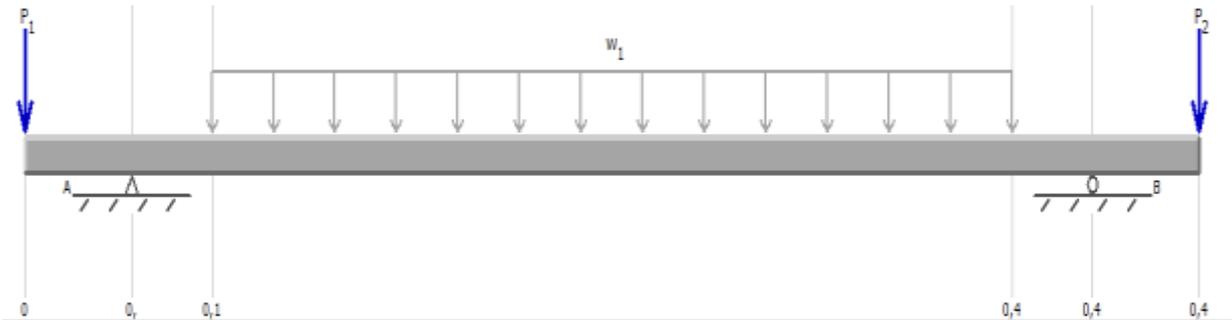


Figura 9-4: Distribución de las cargas puntuales y distribuidas en el eje xy
Fuente: Autor

- Empezando con el análisis de las fuerzas en el plano X-Y

$$+\circlearrowleft \sum M_B = 0$$

$$F_{t1} * 0,04m - Q_p * 0,18m + R_E * 0,36m - F_{t2} * 0,44m = 0$$

$$6735,63 * 0,04m - Q_p * 0,18m + R_E * 0,36m - F_{t2} * 0,44m = 0$$

$$269,43 - 46,97 + R_E * 0,36m - 488,004 = 0$$

$$-265,54 + R_E * 0,36m = 0$$

$$R_E = \frac{265,54 \text{ N/m}}{0,36m}$$

$$R_E = 737,62 \text{ N}$$

- Sumatoria de fuerzas en el eje Y

$$+\uparrow \sum F_y = 0$$

$$-F_{t1} + R_B - Q_p + R_E - F_{t2} = 0$$

$$-6735,63 + R_B - 260,97 + 737,62 - 1109,1 = 0$$

$$-7368,08 + R_B = 0$$

$$R_B = 7368,08$$

4.3.3.2 Gráficas de fuerza cortante y momento cortante en el plano X-Y

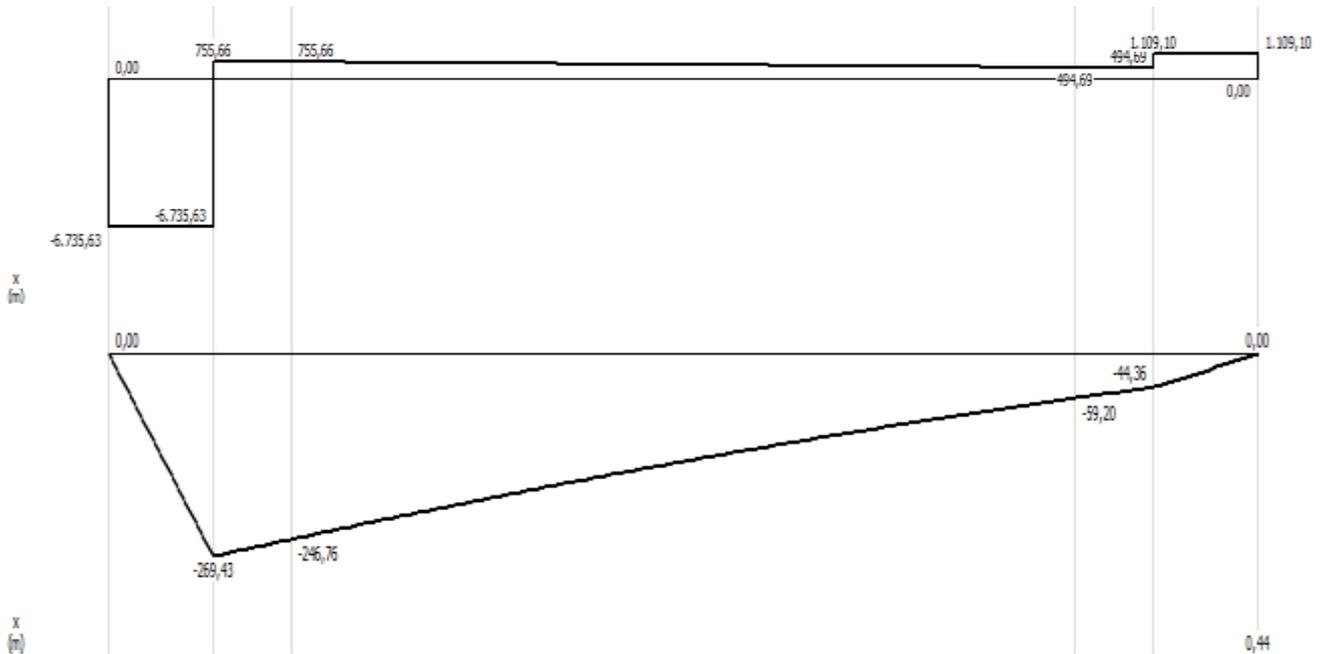


Figura 10-4: Gráficas de fuerzas cortantes y momentos flectores

Fuente: Autor

4.3.3.3 Análisis de las fuerzas en el plano X-Z

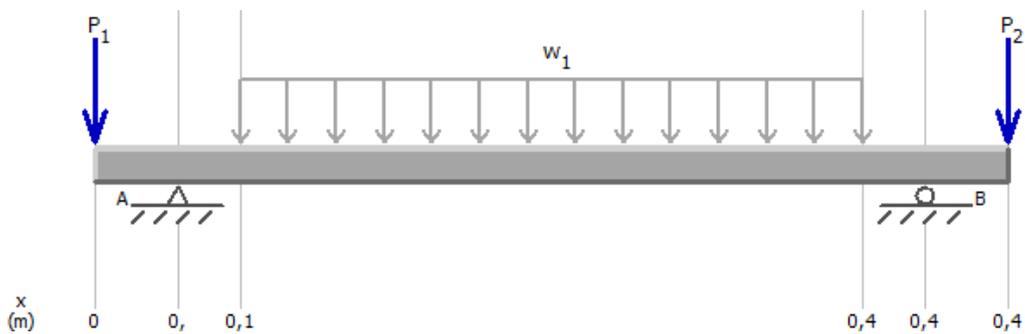


Figura 11-4: Distribución de las cargas puntuales y distribuidas en el eje X-Z

Fuente: Autor

- Empezando con el análisis de las fuerzas en el plano X-Z

$$+\circlearrowleft \sum M_B = 0$$

$$F_{t1} * 0,04m - Q_c * 0,18m + R_E * 0,36m - F_{t2} * 0,44m = 0$$

$$6735,63 * 0,04m - 623,75 * 0,18m + R_E * 0,36m - 1109,1 * 0,44m = 0$$

$$-330,85 + R_E * 0,36m = 0$$

$$R_E = \frac{330,85 \text{ N/m}}{0,36m}$$

$$R_E = 919,04 \text{ N}$$

- Sumatoria de fuerzas en el eje Y

$$+\circlearrowleft \sum F_y = 0$$

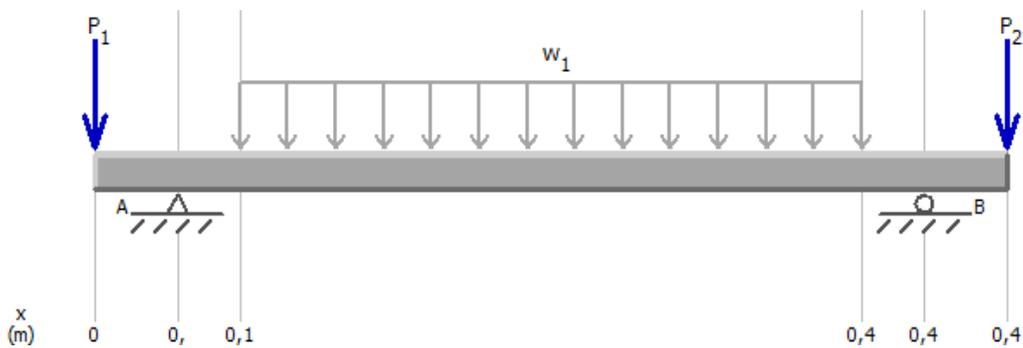
$$-F_{t1} + R_B - Q_c + R_E - F_{t2} = 0$$

$$-6735,63 + R_B - 623,75 + 919,04 - 1109,1 = 0$$

$$-7549,44 + R_B = 0$$

$$R_B = 7549,44 \text{ N}$$

4.3.3.4 Gráficas de fuerza cortante y momento cortante en el plano X-Z



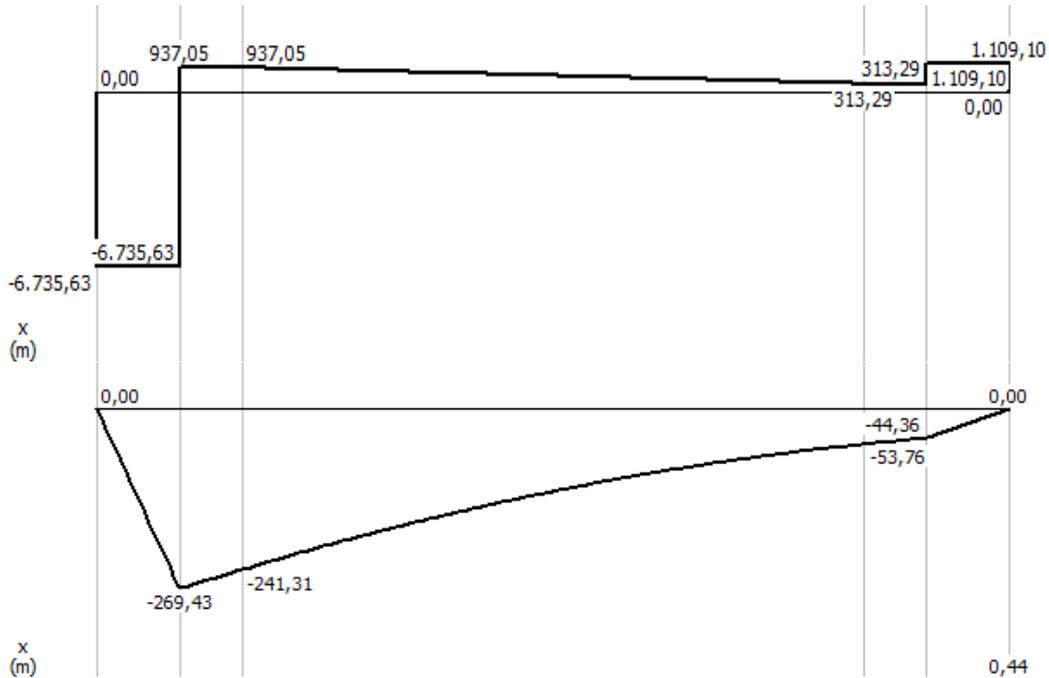


Figura 12-4: Distribución de las cargas puntuales y distribuidas en el eje X-Z
Fuente: Autor

- Para obtener el valor del momento flector máximo se consideró los valores de los momentos flectores de los diferentes planos.

$$M_{maximo} = \sqrt{(M_{xy})^2 + (M_{xz})^2} \quad (40)$$

$$M_{maximo} = \sqrt{269,43^2 + 269,43^2}$$

$$M_{maximo} = 381,03 \text{ N/m}$$

El punto más crítico para el análisis es en el 0,04m

4.3.4 Diseño estático

El eje de transmisión tiene un diámetro de 2 pulgadas se plantea el esfuerzo máximo de flexión mediante la ecuación.

$$\sigma_x = \frac{32 M}{\pi d^3} \quad (41)$$

Donde:

$\sigma_x =$ Esfuerzo maximo de flexion del eje [MPa]

$M_{\text{maximo}} = \text{Momento flector maximo } [N/m]$

$d^3 = \text{diametro del eje propuesto} [m]$

$$\sigma_x = \frac{32 (381,03 \text{ N/m})}{\pi(0,0508m)^3}$$

$$\sigma_x = 26,60 \text{ MPa}$$

- El esfuerzo cortante máximo está dado por la siguiente ecuación.

$$\tau_{xy} = \frac{16T}{\pi d^3} \quad (42)$$

Donde:

$\tau_{xy} = \text{Esfuerzo cortante maximo } [MPa]$

$T = \text{Torque ejercido por la fuerza en el eje } [N/m]$

$$\tau_{xy} = \frac{16 * 19,78 \text{ N/m}}{\pi(0,0508m)^3}$$

$$\tau_{xy} = 0,768 \text{ MPa}$$

- Se aplica la ecuación de Von Mises para obtener el factor de seguridad.

$$\sigma' = \sqrt{(\sigma_x)^2 + 3(\tau_{xy})^2} \quad (43)$$

$$\sigma' = \sqrt{(26,60 \text{ MPa})^2 + 3 * (0,768 \text{ MPa})^2}$$

$$\sigma' = 26,63 \text{ MPa}$$

- Mediante los cálculos obtenidos se utiliza un eje AISI 1018 que representa características altamente resistentes a la tracción, torsión y a cambios de flexión.
Ver (ANEXO B1)

$$S_y = 370 \text{ MPa}$$

$$S_{ut} = 440 \text{ MPa}$$

4.3.5 Factor de seguridad estático

Para determinar el factor estático se aplicaba la siguiente ecuación

$$n_e = \frac{S_y}{\sigma} \quad (44)$$

$$n_e = \frac{370 \text{ MPa}}{26,63 \text{ MPa}}$$

$$n_e = 13,89$$

Una vez calculado el factor estático, nos permite determinar el eje de transmisión no presenta riesgo alguno a fallar.

4.3.6 Diseño dinámico

Según Goodman se determina el coeficiente de seguridad mediante la siguiente ecuación.

$$n_f = \frac{1}{\frac{\sigma_m}{S_{ut}} + \frac{\sigma_a}{S_e}} \quad (45)$$

- El esfuerzo medio se determina mediante la siguiente ecuación

$$\sigma_m = \sqrt{3(\tau_{xy})^2}$$

$$\sigma_m = \sqrt{3 * (0,768 \text{ MPa})^2}$$

$$\sigma_m = 1,33 \text{ [MPa]}$$

$$\sigma_a = \sigma_x = 26,60 \text{ MPa}$$

4.3.7 Resistencia a la fatiga de un elemento o pieza

$$S_e = k_a * k_b * k_c * k_d * k_e * S_e'' \quad (46)$$

4.3.7.1 Factores que modifican

Mediante la siguiente ecuación se encuentra el límite de resistencia a la fatiga. Ver (ANEXO B1).

$$S_e'' = 0,504 * S_{ut}$$

$$S_e'' = 0,504 * 440MPa$$

$$S_e'' = 220 MPa$$

4.3.7.2 Determinación del factor de superficie

Depende de la calidad del acabado de la superficie de la pieza y de la resistencia a la tensión. Ver (ANEXO B2)

$$K_a = a * S_{ut}^b \quad (47)$$

$$K_a = 4,51 * 440^{-0,265}$$

$$K_a = 0.898$$

4.3.7.3 Determinación del factor de tamaño

Para un eje de diametro 2 pulgadas valor comprendido en el rango $2 \leq d \leq 10$ pulgadas. Ver (ANEXO B3)

$$K_b = 0,859 - 0,02125d$$

$$K_b = 0,859 - 0,02125 * 2,5''$$

$$K_b = 0,81$$

Factor de corrección de confiabilidad Ver (ANEXO B4)

$$K_c = 0,868 \text{ (Confiabilidad del 95\%)}$$

$$K_d = 1$$

4.3.7.4 Factor de efectos diversos

El límite de resistencia a la fatiga se puede reducir debido a varios factores.

- Corrosión
- Recubrimiento eléctrico

- Metalizado por asperción
- Concentración de esfuerzos

Mediante la siguiente gráfica se escoje el valor de factor de efectos diversos dependiendo la geometria del eje. Ver (ANEXO B5)

$$K_e = 1$$

Sustituyendo en la ecuacion los valores obtenidos.

$$S_e = k_a * k_b * k_c * k_d * k_e * S_e''$$

$$S_e = 0,898 * 0,81 * 0,868 * 1 * 1 * 220MPa$$

$$S_e = 138,90 MPa$$

4.3.8 Factor de seguridad dinámico

Se detremina el factor de seguridad mediante la siguiente ecuacion

$$n_f = \frac{1}{\frac{\sigma_m}{S_{ut}} + \frac{\sigma_a}{S_e}}$$

$$n_f = \frac{1}{\frac{1,33 MPa}{440 MPa} + \frac{26,60 MPa}{138,90 MPa}}$$

$$\underline{n_f = 5,14 \text{ (lo cual indica que el eje no fallara por fatiga)}}$$

4.3.9 Cálculo de durabilidad del eje de transmisión

Según el criterio de Goodman se calcula el número de ciclos que permitirá si el eje está sometido a bajos o altos ciclos de trabajo para la cual nos permitirá conocer la durabilidad del eje.

$$N = \left(\frac{\sigma_{inv}}{a}\right)^{1/b} \quad (48)$$

Donde:

N = Número de ciclos

σ_{inv} = Esfuerzo invertido [MPa]

a = Constante del esfuerzo invertido [MPa]

$b =$ Constante de regresión

4.3.9.1 Cálculo del valor de a

$$a = \frac{(f * S_{ut})^2}{S_e}$$

Donde:

$f =$ Fricción de resistencia a la fatiga Ver (ANEXO B6)

$$a = \frac{(0,9 * 440 \text{ MPa})^2}{138,90 \text{ MPa}}$$

$$a = 1128,98 \text{ MPa}$$

- Se determina el valor de b mediante la siguiente ecuación

$$b = -\frac{1}{3} * \log\left(\frac{f * S_{ut}}{S_e}\right) \quad (49)$$

$$b = -\frac{1}{3} * \log\left(\frac{0,9 * 440 \text{ MPa}}{138,90 \text{ MPa}}\right)$$

$$b = -0,15$$

- Para el cálculo del esfuerzo invertido se plantea la siguiente ecuación

$$\sigma_{inv} = \frac{\sigma_a}{1 - \frac{\sigma_m}{S_{ut}}} \quad (50)$$

$$\sigma_{inv} = \frac{26,60 \text{ MPa}}{1 - \frac{1,33 \text{ MPa}}{440 \text{ MPa}}}$$

$$\sigma_{inv} = 26,68 \text{ MPa}$$

- Una vez obtenido los valores necesarios se procede a calcular el número de ciclos mediante la siguiente ecuación.

$$N = \left(\frac{26,68 \text{ MPa}}{1128,98 \text{ MPa}}\right)^{1/-0,15} \quad (51)$$

$$N = 6,96 * 10^{10} \text{ ciclos}$$

Criterios:

$$N_{\text{ciclos}} < 10^6: \text{no aceptable}$$

$$N_{\text{ciclos}} \geq 10^6: \text{aceptable}$$

Conclusión: La fatiga a altos ciclos tiene relación con ciclos de esfuerzos mayores a 10^6 ciclos en conclusión el eje fallaría en un considerado número de ciclos de vida.

4.4 Diseño de las barras de corte

4.4.1 Cálculo de las barras de corte

Al diseñar componentes soldadas es preferible seleccionar un acero que proporcione una soldadura rápida y económica, en condiciones apropiadas, todos los aceros se pueden soldar, pero se obtendrán mejores resultados si se eligen aceros con una especificación UNS entre G10140 y G10230, es decir dichos aceros tienen una resistencia a la tensión en la condición laminada en caliente, en el intervalo de 60 a 70 kpsi.

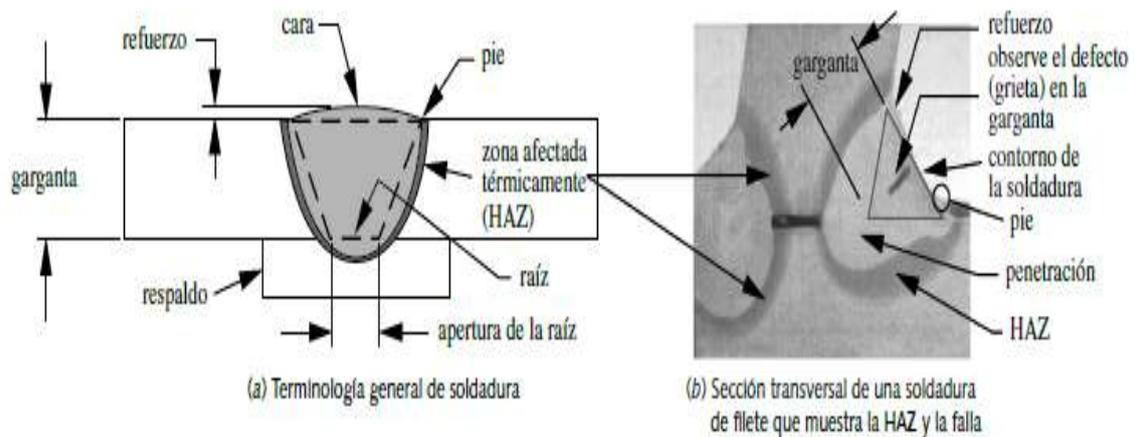


Figura 13-4: Sección transversal de soldadura y terminología

Fuente: Diseño de máquinas cuarta edición Robert L. Norton

El diseñador puede elegir factores de seguridad o esfuerzos permisibles de trabajo con más confianza si está consciente de los valores que otros han empleado en la siguiente figura se muestra el material de aporte que se va a utilizar.

Número de electrodo AWS*	Resistencia a la tensión, kpsi (MPa)	Resistencia a la fluencia, kpsi (MPa)	Elongación porcentual
E60xx	62 (427)	50 (345)	17-25
E70xx	70 (482)	57 (393)	22
E80xx	80 (551)	67 (462)	19
E90xx	90 (620)	77 (531)	14-17
E100xx	100 (689)	87 (600)	13-16
E120xx	120 (827)	107 (737)	14

*Sistema de numeración del código de especificaciones de la American Welding Society (AWS) para electrodos. En este sistema se usa como prefijo la letra E, en un sistema de numeración de cuatro o cinco dígitos en el cual los primeros dos o tres números designan la resistencia aproximada a la tensión. El último dígito incluye variables en la técnica de soldadura, como la fuente de corriente. El penúltimo dígito indica la posición de la soldadura, por ejemplo, plana, vertical o sobre la cabeza. El conjunto completo de especificaciones se puede obtener solicitándolo a la AWS.

Figura 14-4: Propiedades mínimas del metal de aporte

Fuente: (Nisbett pág. 472)

Una barra de acero ASTM A36 SAE 1008 de sección rectangular de 1”1/2” *1/4 plg se encuentra soldada a una varilla cuadrada de 10, para así formar la barra de trillado como se muestra en la siguiente figura.



Figura 15-4: Barra de corte

Fuente: Autor

Debido a la escasa información con respecto a la fuerza de corte que se necesita para el trillado de la quinua, se asume un valor promedio realizado por (Benalcazar, 2012) que es de **124,75 [N]**.

4.4.2 Cálculo de la resistencia del material de aporte

Del ANEXO C1 la fuerza permisible por longitud unitaria de un electrodo de metal E70 de 3/8 de 5,57 kip/plg de soldadura y con 1”1/2” de pulgada ambos lados de la varilla cuadrada de 10. Para encontrar el esfuerzo en la soldadura se determina con la siguiente ecuación.

$$F_{uperm} = 5,57 \text{kip/plg} * l \quad (52)$$

Donde:

$$F_{uperm} = \text{Fuerza unitaria permisible en la soldadura de filite} \left[\frac{\text{kip}}{\text{pulg}} \right] (\text{ANEXO C1})$$

$$l = \text{Longitud de soldadura [plg]}$$

$$F = 5,57 * (1" 1/2" * 2 * 13) \text{ pulg}$$

$$F = 217,23 \text{ kip}$$

217,23 kip > 124,75 kip el material de aporte es satisfactorio

4.4.3 Cálculo de esfuerzo permisible

El esfuerzo permisible del material no debe exceder de 0,4 S_y del metal base y el límite de fluencia de material es de 24 kpsi del material soldado.

Tipo de carga	Tipo de soldadura	Esfuerzo permisible	n^*
Tensión	A tope	$0.60S_y$	1.67
Aplastamiento	A tope	$0.90S_y$	1.11
Flexión	A tope	$0.60-0.66S_y$	1.52-1.67
Compresión simple	A tope	$0.60S_y$	1.67
Cortante	A tope o de filete	$0.30S_{ut}^\dagger$	

*El factor de seguridad n se ha calculado mediante la teoría de la energía de distorsión.

†El esfuerzo cortante en el metal base no debe exceder de $0.40S_y$ del metal base.

Figura 16-4: Esfuerzos permisibles del Código AISC para metal de aporte

Fuente: (Nisbett pág. 438)

$$\tau_{perm} = 0,4 S_y \quad (53)$$

Donde:

$\tau_{perm} = \text{Esfuerzo permisible del material}$

$S_y = \text{Límite de fluencia de material (ANEXO C2)}$

$$\tau_{perm} = 0,4 * 24 \text{ kpsi}$$

$$\tau_{perm} = 9,6 \text{ kpsi}$$

4.4.4 Cálculo del esfuerzo cortante

Para calcular el esfuerzo cortante del material base adyacente se encuentra mediante la siguiente ecuación.

$$\tau = \frac{F}{2hl} \quad (54)$$

Donde:

$\tau = \text{Esfuerzo cortante [Kpsi]}$

$F = \text{Fuerza total resultante [Psi]}$

$h = \text{Altura de la soldadura [plg]}$

$l = \text{Longitud de la soldadura [plg]}$

$$\tau = \frac{0,03 \text{ kip}}{2(0,375) * (1" 1/2")}$$

$\tau_{perm} \geq \tau$ la unión resulta satisfactoria cerca de los cordones de soldadura. El esfuerzo de tensión en el cuerpo de la unión σ es:

$$\sigma = \frac{F}{tl} \quad (55)$$

Donde:

$\sigma = \text{esfuerzo de tension [Kpsi]}$

$F = \text{Fuerza resultante [psi]}$

$t = \text{Longitud de la garganta [plg]}$

$l = \text{Longitud de soldadura [plg] (ANEXOC2)}$

$$\sigma = \frac{F}{\left(\frac{1}{2}\right) * (1" 1/2")}$$

El esfuerzo de tensión permisible σ_{perm} es igual a 0,6 S_y según la figura tal y conserva el nivel de seguridad del código de soldadura.

$$\sigma_{perm} = 0,6 S_y \quad (56)$$

Donde:

σ_{perm} = *Esfuerzo permisible*

S_y = *Limite de fluencia del material*

$$\sigma_{perm} = 0,6 * 24 \text{ kpsi}$$

$$\sigma_{perm} = 14,4 \text{ kpsi}$$

$$\sigma_{perm} \geq \sigma \text{ es satisfactorio}$$

4.4.5 Longitud de soldadura

En soldadura los cordones laterales y paralelos al esfuerzo cuyo movimiento es axial entre las piezas unidas, la longitud mínima deberá ser.

$$L > b \text{ ó } 15 * a \quad (57)$$

Donde:

b = *Anchura de la pieza*

- Para el diseño de la barra de corte el espesor mínimo de la chapa a soldar es de ½ mm, por lo tanto.

$$L = 15 * 0,5 \text{ mm}$$

$$L = 7,5 \text{ mm}$$

Es el total de todas las barras a soldar en cada base rectangular

4.5 Diseño del cóncavo

Las dos regulaciones que pueden hacerse en la trilla son la velocidad del cilindro y la separación entre cilindro y cóncavo como se muestra en la siguiente figura, cuando el grano esta húmedo es conveniente aumentar la velocidad tangencial v , mientras que cuando está seco el cóncavo, mientras que si se pierde con la paja es necesario acercarlo, la separación entre el cilindro y el cóncavo es distinta a la entrada y la salida, la separación en la salida es $S_1 = 13 - 18 \text{ mm}$ y en la salida $S_2 = < d$ siendo d el diámetro medio de los granos.



Figura 17-4: Cóncavo en relación al tambor trillador

Fuente: Autor

- La longitud de dicho sector y su anchura establecen la superficie de trilla. Dicha longitud viene a estar comprendida entre 65 y 90 cm y su ancho según el diámetro del cilindro.



Figura 18-4: Diseño del cóncavo

Fuente: Autor

A mayor número de revoluciones del cilindro, la eficiencia de trilla es mayor y las pérdidas de grano menores, aunque también hay más peligro de daños por rotura del grano. El cóncavo o parrilla metálica curva se encuentra colocada bajo y ligeramente hacia atrás del cilindro trillador, el cóncavo consiste en una serie de barras paralelas de acero, mantenidas juntas por varillas curvas de acero dispuestas una al lado de la otra en semicírculo.



Figura 19-4: Barras de corte en el cóncavo
Fuente: Autor

4.6 Ventadora de Quinua “V- M”

La cosecha del grano de quinua en lugares productoras de Tungurahua es mayormente tradicional y está sujeta a las condiciones climáticas. El traslado del material cortado, la siega, el embolsado, la trilla y el venteado son actividades que se practican en el transcurso de la cosecha de granos, de las cuales estas cinco operaciones la trilla y el venteado son las más principales y difíciles de realizar, a su vez existe mayor riesgo de pérdida de grano.

Con la finalidad de dar respuestas a este problema se ha optado en repotenciar la maquinaria tanto las trilladoras y venteadoras mejorando, así sus componentes mecánicos.



Figura 20-4: Partes de la Ventadora
Fuente: Autor

Mediante las características de la quinua nos permite analizar varios factores que intervienen en el mecanismo de la máquina, en la siguiente tabla se muestra las diferentes características que permitirá el cálculo adecuado de las diferentes partes mecánicas.

Tabla 2-4: Características de la quinua

	
Características	
Nivel de humedad	15 – 20%
Densidad	375 kg/m ³
Planta (Quinua)	
Tamaño	1000 – 2000 mm
Tamaño de panoja	300 – 500 mm
Diámetro del tallo	15- 20 mm
Peso	80 gr
Grano	

Diámetro	2 - 2,8 mm
Espesor	0,8 – 1,5 mm
Peso específico	0,7 gr

Realizado: Luis Lliguay, 2019

Fuente: (Colque)

4.6.1 Cálculo del sistema de alimentación

La aventadora cuenta con un sistema de alimentación que tiene una capacidad de 40 -50 kilos, forma cuadrangular, con una caída piramidal y un regulador de caída para material a ventear.

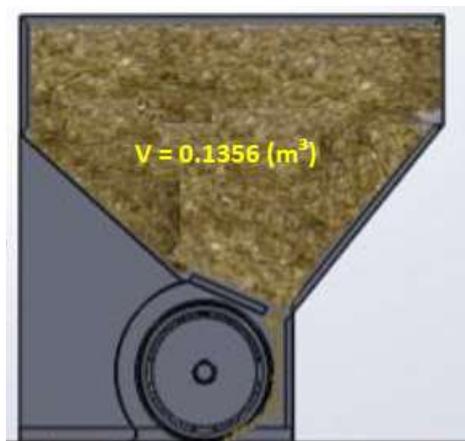


Figura 21-4: Tolva de alimentación

Fuente: (Colque pág. 7)

- Para calcular la cantidad máxima que ingresa a la tolva se utiliza la siguiente fórmula para saber la cantidad necesaria para el proceso de aventado.

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (58)$$

Donde:

$V =$ Volúmen de la tolva

$\rho =$ Densidad de la quinua

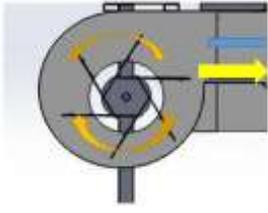
$$m = \rho * v$$

$$m = 375 \left(\frac{kg}{m^3} \right) * 0,1356m^3$$

$$m = 50,85 \text{ kg}$$

4.6.2 Cálculos del venteado

Tabla 3-4: Características del ventilador

Datos	
Velocidad	14 m/s
Base de salida del viento	0,64 m
Altura de salida del viento	0,2 m

Realizado: Luis Lliguay, 2019

Fuente: (Colque)

La velocidad del viento ejercida por el ventilador diseñado fue medida por un anemómetro de manera experimental, así se obtuvo la velocidad adecuada conveniente para el venteado de la Quinua.

Para calcular el área se determina por la siguiente ecuación

$$A = b * h \quad (59)$$

$$A = 0,64 \text{ m} * 0,2\text{m}$$

$$A = 0,128 \text{ m}^2$$

Para calcular el caudal generado se determina la siguiente ecuación

$$\varphi = v * A \quad (60)$$

Donde:

$v =$ Velocidad del viento

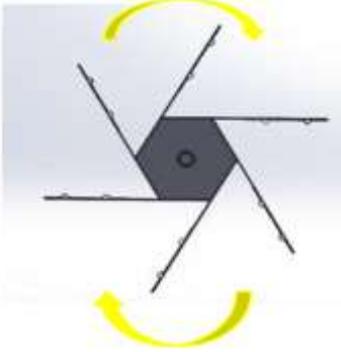
$A =$ Área del ventilador

$$\varphi = 14 \frac{\text{m}}{\text{s}} * 0,128 \text{ m}^2$$

$$\varphi = 1,792 \text{ m}^3/\text{s}$$

4.6.3 Número de paletas

Tabla 4-4: Datos del eje ventilador

Datos	
Diámetro Interno	0,014 m
Diámetro externo	0,028 m

Realizado: Luis Lliguay, 2019

Fuente: (Colque)

- Para calcular el número de paletas se calcula la relación entre diámetros ya que la maquina se encuentra diseñada se toma las medidas diseñadas para llevar a tal cálculo.

$$a = \frac{D_i}{D_e} \quad (61)$$

$$a = \frac{0,014 \text{ m}}{0,028 \text{ m}}$$

$$a = 0,5$$

- Número de paletas se determina mediante la siguiente ecuación:

$$z = \frac{6a}{1 - a} \quad (62)$$

$$z = \frac{6 * 0,5}{1 - 0,5}$$

$$z = 6 \text{ paletas}$$

4.6.4 Variación de área y velocidad de alimentación

Tabla 5-4: Variación de áreas para el ventilado de quinua

Datos		
Capacidad de la tolva	M	50 kg
Velocidad	V	14 m/s
Densidad quinua	ρ	375 kg/m ³
Área 1	A1	0,128 m ²
Área 2	A2	0,206 m ²
Área 3	A3	0,125 m ²
Área 4	A4	0,206 m ²
Área 5	A5	0,127m ²

Realizado: Luis Lliguay, 2019

Fuente: Autor

4.6.4.1 Para determinar el flujo másico de cada área se determina mediante la siguiente ecuación

$$\dot{m} = v * A * \rho \quad (63)$$

Despejando la velocidad de cada área

$$v = \frac{\dot{m}}{A * \rho}$$

- Flujo másico y velocidad del área 1

$$\dot{m}_1 = 14 \frac{m}{s} * 0,128 m^2 * 375 kg/m^3$$

$$\dot{m}_1 = 672 kg/s$$

$$v_2 = \frac{672 \text{ kg/s}}{0,206 \text{ m}^2 * 375 \text{ kg/m}^3}$$

$$v_2 = 8,70 \text{ m/s}$$

- Flujo másico y velocidad del área 2

$$\dot{m}_2 = 8,70 \frac{\text{m}}{\text{s}} * 0,125 \text{ m}^2 * 375 \text{ kg/m}^3$$

$$\dot{m}_2 = 407,16 \text{ kg/s}$$

$$v_3 = \frac{407,16 \text{ kg/s}}{0,206 \text{ m}^2 * 375 \text{ kg/m}^3}$$

$$v_3 = 5,27 \text{ m/s}$$

- Flujo másico y velocidad del área 3

$$\dot{m}_3 = 5,27 \text{ m/s} * 0,127 \text{ m}^2 * 375 \text{ kg/m}^3$$

$$\dot{m}_3 = 251,695 \text{ kg/s}$$

Se determinó el flujo másico y la velocidad de cada área de venteado como se puede apreciar en la siguiente figura.

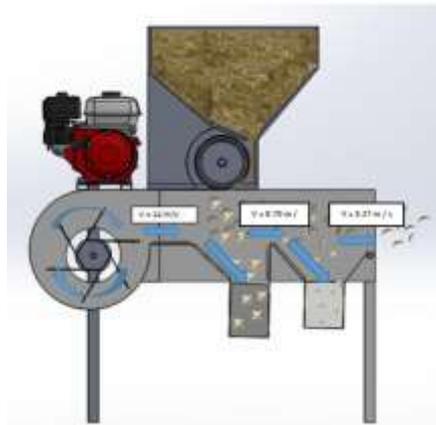


Figura 22-4: Aventadora de quinua
Fuente: Autor

4.6.5 *Diseño del sistema de transmisión (aventadora)*

4.6.5.1 *Relación de velocidad*

Se obtiene la relación de transmisión entre ejes "i", mediante los diámetros de las poleas ya establecidas una vez encontrado i se podrá encontrar los rpm de la polea conducida.

$$i = \frac{\text{diámetro de la polea conducida}}{\text{diámetro de la polea motriz}} \quad (64)$$

$$i = \frac{23}{10} = 2,3$$

$$N_p = \frac{n_p}{i} = \frac{2000 \text{ rpm}}{2,3}$$

$$N_p = 869,6 \text{ rpm}$$

4.6.5.2 *Cálculo de la potencia de diseño*

Estas situaciones se consideran a través de un factor de servicio C_1 que aumenta la potencia a transmitir para obtener la potencia de diseño que se considera las características de la máquina y el motor utilizado.

$$P_D = P * C_1 \quad (65)$$

Donde:

P = Potencia del motor de combustion interna hp

C_1 = Valor escojido según el motor o la máquina. (ANEXO D1)

$$P_D = 6,5hp * 1,3$$

$$P_D = 8,45 \text{ hp}$$

4.6.5.3 Escoger la sección de correa más adecuada

Para determinar el tipo de banda es necesario los siguiente datos obtenidos $P_D = 8,45$ hp y $n_p = 2000$ rpm con estos se obtiene una banda **TIPO A VER (ANEXO D2)**.

4.6.5.4 Determinar la distancia entre ejes

La distancia entre ejes debe cumplir que debe ser mayor o igual D_p pero no mayor o igual a $3(d_p + D_p)$, en este caso de no estar dicha distancia determinada por exigencia de instalación se debe tomar en cuenta.

$$C \geq \frac{(i + 1)d_p}{2} + d_p \quad (66)$$

$$C \geq \frac{(2,3 + 1) * 100mm}{2} + 100mm$$

$$C \geq 265 \text{ mm}$$

$$D_p \leq C \leq 3(d_p + D_p)$$

$$230 \leq 265 \leq 3(100 + 230)$$

$$230 \leq 265 \leq 990$$

$$C = 300 \text{ mm}$$

4.6.5.5 Determinación de la longitud primitiva de la banda

Con estos valores se puede calcular el largo **L** aproximado de la correa que se necesita

$$L = (2 * C) + (1,57 * (D_p + d_p)) + \frac{(D_p - d_p)^2}{4 * C} \quad (67)$$

Donde:

$L =$ Longitud de la correa

$C =$ Distancia tentativa entre ejes

$D_p, d_p =$ Diametros primitivos de las poleas

$$L = (2 * 300) + (1,57 * (230 + 100)) + \frac{(230 - 100)^2}{4 * 300}$$

$$L = 1132,18 \text{ mm}$$

Conociendo este valor y la sección utilizada se consulta la tabla siguiente, que entrega la identificación de la correa adecuada. Esta identificación es una letra y un número, la letra indica el tamaño de la sección transversal de la correa (A, B, C, D, E) y el numero representa el largo de la correa cuyo largo se aproxima lo más posible. Ver **(ANEXO D3)**

Una vez calculada la longitud L de la correa y ser seleccionada $L_n = 1097 \text{ mm}$ (longitud normalizada) **correa N.- 42** se debe recalcular definitivamente la distancia entre centros de poleas con la siguiente fórmula:

$$C_c = C \pm \left| \frac{L - L_n}{2} \right| \quad (67)$$

Signo (+) cuando $L < L_n$

Signo (-) cuando $L > L_n$

$$C_c = 300 - \left| \frac{1132,18 - 1097}{2} \right|$$

$$C_c = 282,41 \text{ mm}$$

4.6.5.6 Determinar el arco de contacto menor

Para una transmisión con correa abierta se determina con:

$$\alpha_1 = 180 - 57 * \left(\frac{D_p - d_p}{C_c} \right) > 120^\circ \quad (68)$$

Polea pequeña: $\alpha_1 = 180 - 57 * \left(\frac{230 - 100}{282,41} \right) > 120^\circ$

Polea pequeña: $\alpha_1 = 153,76^\circ > 120^\circ$ si cumple

Polea grande: $\alpha_1 = 180 + 57 * \left(\frac{230 - 100}{282,41} \right) > 120^\circ$

Polea grande: $\alpha_1 = 206,23^\circ > 120^\circ$ si cumple

4.6.5.7 Determinar la potencia que transmite una correa

La potencia de la banda viene dada por la siguiente ecuación

$$P_1 = P_D * C_2 \quad (69)$$

Donde:

$P_D =$ Potencia de diseño

$C_2 =$ Factor de corrección de longitud de la correa (ANEXO D4)

$$P_1 = 8,45 * 0,90$$

$$P_1 = 7,60 \text{ hp}$$

4.6.5.8 Cálculo de la cantidad de correas necesarias

Para determinar el número de bandas necesarias se determina con la siguiente ecuación considerando el factor de corrección $C_3 = 0,94$ considera el arco de contacto entre la correa y las poleas y se consulta en la siguiente tabla: Ver (ANEXO D5).

$$\frac{D_p - d_p}{C_c} \quad (70)$$

$$\frac{230 - 100}{300} = 0,4$$

Se calcula:

$$Z = \frac{P_D}{C_2 * C_3 * P_1} \quad (71)$$

$$Z = \frac{8,45}{0,92 * 0,94 * 7,60}$$

$$Z = 1,28 \text{ bandas} \sim 1 \text{ banda}$$

4.6.5.9 Velocidad de la banda

Para el cálculo de la velocidad de la banda debe ser mayor para disminuir la cantidad de correas necesarias en la transmisión para lo cual se considera dos criterios de velocidad y se expresa de la siguiente manera:

- **Velocidad de la polea motriz:**

$$v = \frac{n_1 * \pi * d_p}{60000} \quad (72)$$

$$v = \frac{2000 \text{ rpm} * \pi * 100 \text{ mm}}{60000}$$

$$v = 10,47 \text{ m/s}$$

- **Velocidad de la polea conducida:**

$$v = \frac{0,052 * n_2 * D_p}{1000} \quad (73)$$

$$v = \frac{0,052 * 869,6 \text{ rpm} * 230 \text{ mm}}{1000}$$

$$v = 10,40 \text{ m/s}$$

4.6.5.10 Cálculo de las fuerzas en la transmisión por bandas

Para calcular las fuerzas que se producen durante la transmisión por banda se han tomado dos criterios:

Tabla 6-4: Criterios de las fuerzas

Criterios	Ecuación
<ul style="list-style-type: none"> • Producido con la potencia y la velocidad lineal 	$(F_1 - F_2) = \frac{330000H}{v}$
<ul style="list-style-type: none"> • Las fuerzas con el ángulo de contacto y el coeficiente de fricción entre la banda y la polea 	$\frac{F_1}{F_2} = e^{\mu\beta}$

Realizado: Luis Lliguay, 2019

Fuente: (Benalcazar, 2012)

Donde:

$F_1 =$ Fuerza del lado flojo

$F_2 =$ Fuerza del lado tenso

$H =$ Potencia del motor

$\mu = 0,25$ coeficiente de fricción entre la banda y la polea

$\alpha = 153,76^\circ = 2,68$ rad ángulo de contacto

$e =$ constante logarítmica

- En la siguiente ecuación del primer criterio se reemplaza los siguiente valores

$$(F_1 - F_2) = \frac{330000H}{v}$$

$$(F_1 - F_2) = \frac{330000(6,5 \text{ hp})}{2061,023 \text{ } f^t/\text{min}}$$

$$(F_1 - F_2) = 1040,78 \text{ lb}$$

Ecuación 3

En la ecuación del segundo criterio reemplazando los siguientes valores:

$$\frac{F_1}{F_2} = e^{0,25*2,68}$$

$$\frac{F_1}{F_2} = 1,9542$$

$$F_1 = 1,9542 F_2$$

Ecuacion 4

Reemplazando la ecuación 4 en la ecuación 5 se encuentra cada una de las fuerzas a buscar:

$$F_1 = 2131,48 \text{ lb} \quad (1065,74 \text{ lb/banda})$$

$$F_2 = 1090,69 \text{ lb} \quad (545,345 \text{ lb/banda})$$

- **Calculo de la fuerza resultante en la banda**

$$F_{t1} = F_1 + F_2$$

$$F_{t1} = (1065,74 + 545,345) \text{ lb}$$

$$F_{t1} = 1611,085 \text{ lb}$$

4.6.5.11 Reacciones en el eje

$$\alpha = \frac{180^\circ - \sigma}{2} \quad (74)$$

$$\alpha = \frac{180^\circ - 153,76^\circ}{2}$$

$$\alpha = 13,12^\circ$$

- **Reacción en x**

$$R_x = (F_1 + F_2) + \cos \alpha \quad (75)$$

$$R_x = (1065,74 \text{ lb} + 545,345 \text{ lb}) + \cos 13,12^\circ$$

$$R_x = 1612,058 \text{ lb}$$

- **Reacción en y**

$$R_Y = (F_1 + F_2) + \sin \alpha \quad (76)$$

$$R_Y = (1065,74 \text{ lb} + 545,345 \text{ lb}) + \sin 13,12^\circ$$

$$R_Y = 1611,31 \text{ lb}$$

4.7 Diseño de rodamientos

4.7.1 Selección de rodamientos para el eje centrífugo

Para cada tipo de rodamiento presenta propiedades características que dependen de su diseño y su manejo, lo que permite en si el uso adecuado para cada aplicación, la selección de rodamientos se debe considerar las cargas a las que está sometido sean estas cargas dinámicas, cargas estáticas o radiales.

Existen algunos factores que se deben considerar y que son los más importantes a la hora de seleccionar un rodamiento estándar.

- Espacio disponible
- Cargas
- Precisión
- Funcionamiento
- Montaje y desmontaje

En la selección de los rodamientos de la máquina, se utilizan las reacciones generadas el eje centrífugo que se encuentra ubicado en la tolva de alimentación las cuales se pueden calcular mediante las gráficas de esfuerzo cortante y momento flector que se mostrara a continuación:

4.7.1.1 Relación de transmisión

$$N_p = \frac{n_p}{i}$$

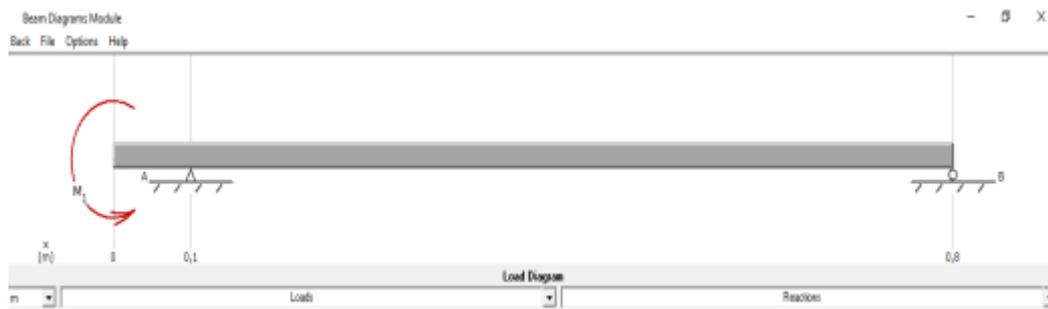


Figura 23-4: Diagrama de fuerzas

Fuente: Autor

$$N_p = \frac{869,6rpm}{2}$$

$$N_p = 434,8 rpm$$

$$N_p = 434,8 \frac{rev}{min} * \frac{2\pi}{1rev} * \frac{1min}{60s} = 45,53 rad/s$$

$$P_{motor} = 6,5 hp * \frac{745,7 watt}{1hp} * \frac{\frac{J}{s}}{1watt} * \frac{Nm}{1J}$$

$$P_{motor} = 4847,05 Nm/s$$

$$\tau = \frac{P_{motor}}{N_p} \quad (77)$$

$$\tau = \frac{4847,05 Nm/s}{45,53 rad/s}$$

$$\tau = 106,45 Nm$$

4.7.2 Diagrama de curvas de momento cortante y esfuerzo cortante.

En la siguiente figura se observa el comportamiento de las curvas esfuerzo y momento flectores para el plano xy.

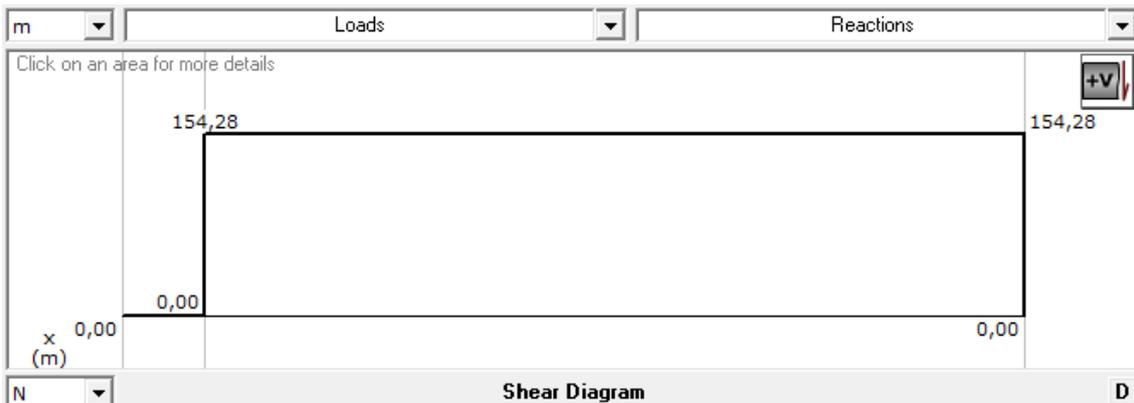


Figura 24-4: Diagrama de fuerza cortante

Fuente: Autor

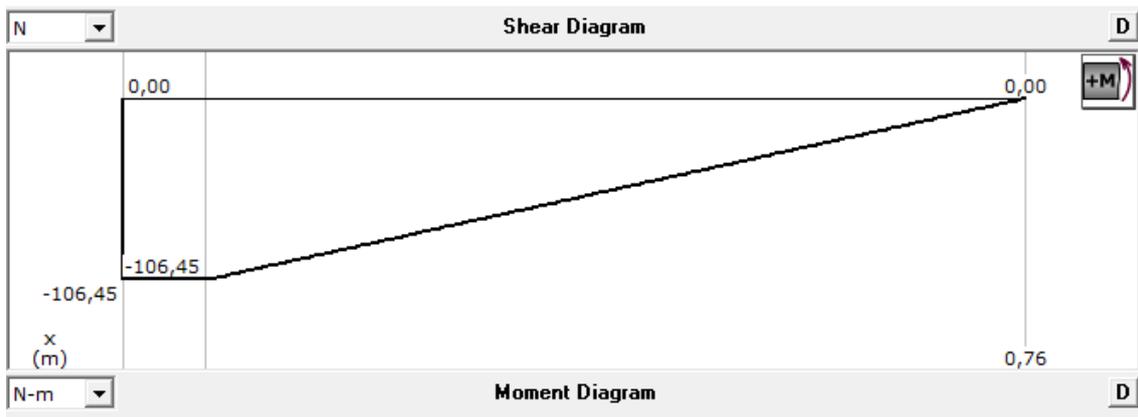


Figura 25-4: Diagrama de momento flector

Fuente: Autor

4.7.3 Resultantes radiales

Mediante el MD Solids 3.5 nos permitió calcular las reacciones que interviene en el eje centrifugo que se encuentra ubicado en la tolva, en este caso existe resultantes radiales debido.

$$A_y = 9,54kN$$

$$B_y = 9,54kN$$

4.7.3.1 Rodamiento A

- Carga dinámica equivalente

Para el diseño el diseño de la máquina aventadora se trabajará con un valor crítico de 6000 horas de servicio, y la velocidad angular de la polea es 434,8 rpm.

$$P = 0,35F_r + 0,57F_a \quad (78)$$

Donde:

$P =$ Carga dinamica

$F_r =$ Fuerza radial

$F_a =$ Fuerza axial

$$P = 0,35 * 9,54N + 0,57F_a$$

$$P = 3,34kN$$

En este caso no existe carga axial solamente radial

- Carga Dinámica

$$f_l = \frac{C}{P} * f_n \quad (79)$$

Donde:

f_l = Factor de esfuerzos dinámicos **VER ANEXO E1**

C = Capacidad de carga

P = Carga equivalente

f_n = factor de velocidad **VER ANEXO E2**

Despejando C nos queda:

$$C = \frac{f_l * P}{f_n}$$

$$C = \frac{2,29 * 3,34kN}{0,423}$$

$C = 18,08 \text{ kN}$ Esta carga es para 60000 horas

- Ahora se procede a verificar con el catálogo cuantas horas más nos va entregar.

$$C = 13,4kN$$

$$C_0 = 7,65kN$$

Denominación abreviada FAG = 7204B.TVP

$$f_l = \frac{13,4 \text{ kN}}{3,34kN} * 0,423$$

$$f_l = 2,41$$

Con este nuevo valor obtenido se observó de nuevo el catálogo, un valor aproximado al calculado tomando en cuenta el número de horas que nos entrega en el catálogo.

Ver **ANEXO E1**

$$f_l = 2,41 \rightarrow 7000 \text{ horas}$$

- **Carga estática equivalente.** - Rodamientos de bolas de contacto angular, serie 72B y 73B con un ángulo de contacto $\alpha = 40^\circ$ se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$P_0 = F_r \quad [kN] \text{ para } \frac{F_a}{F_r} \leq 1,9$$

$$P_0 = 9,54 \text{ kN}$$

4.7.3.2 Rodamientos solicitados estáticamente

Bajo una carga estática, se calcula el factor de esfuerzos estáticos f_s , para demostrar que se ha elegido un rodamiento con suficiente capacidad de carga.

$$f_s = \frac{C_0}{P_0} \quad (80)$$

Donde:

$f_s =$ factor de esfuerzos estáticos **Ver ANEXO E3**

$C_0 =$ capacidad de carga estática [kN]

$P_0 =$ carga estática equivalente [kN]

Despejando la carga estática nos queda:

$$C_0 = f_s * P_0$$

$$C_0 = 2,5 * 9,54 \text{ kN}$$

$$C_0 = 23,85 \text{ kN}$$

4.8 Construcción del equipo

Para describir el proceso de construcción se identifica a cada sistema con una letra, se utilizarán las mismas letras designadas para la evaluación de situación inicial tanto de la trilladora y aventadora.

Tabla 7-4: Codificación de las partes de la trilladora

SISTEMA	CÓDIGO
Estructura	A
Transmisión	B
Sistema de trilla con cilindro y cóncavo	C
Sacudidores y cribas o bandejas	D
Motor de combustión interna	E

Realizado por: Luis Lliguay, 2019

Fuente: Autor

El proceso de repotenciación y construcción se detalla en base a las actividades realizadas a cada elemento que constituye en cada sistema, se le asignó a cada elemento un código, lo cual facilitará la identificación de cada elemento dentro tanto de la trilladora y la ventiladora.

4.8.1 Repotenciación trilladora

4.8.1.1 Equipos utilizados en la construcción.

En el proceso de construcción de la trilladora y ventiladora de quinua se utilizó varios equipos para las diferentes operaciones que a continuación se detallan.

Tabla 8-4: Equipos utilizados para la construcción.

EQUÍPOS	CÓDIGO
Soldadora de Arco Eléctrico	E1
Torno	E2
Baroladora	E3
Taladradora de Pedestal	E4
Esmeril	E5
Taladro de mano	E6
Pulidora	E7

Realizado por: Luis Lliguay, 2019

Fuente: Autor

Tabla 9-4: Evaluación del sistema estructural

	EVALUACIÓN DEL SISTEMA ESTRUCTURAL	1/1
Preparado por: Luis Lliguay	Fecha de elaboración: 2019/03/17	Código: A
ELEMENTOS:	Estructura - Carcasa	
MATERIAL:	-Angulo de 1”1/2*2mm: Tubo estructural de 2” *2mm. -Plancha en caliente calidad: ASTM A 36 - SAE J 403 1008	
OBSERVACIONES GENERALES: Se procede a cambiar parte de la estructura en plancha de acero, en varias secciones de la máquina trilladora para brindar homogeneidad y así poder acoplar luego las regulaciones del cóncavo, tomando en cuenta que a esta estructura se adosara elementos fijos y móviles para efectuar la mecanización del cereal.		
Características de uso: La estructura es el sistema fundamental de la máquina, por lo cual es en donde se sujetan todos los soportes de todos los elementos, conjuntamente con la carcasa que se adhiere para formar un solo elemento.		
Función: Es todo en sí de la máquina.		
Mantenimiento: No se ha realizado ningún tipo de mantenimiento.		

Realizado por: Luis Lliguay, 2019

Fuente: Autor

Tabla 10-4: Evaluación del sistema de transmisión

	EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE TRANSMICIÓN	1/2
Preparado por: Luis Lliguay	Fecha de elaboración: 2019/03/17	Código: B
ELEMENTOS:	Poleas-Bandas-Cojinetes	
MATERIAL:	-Cojinetes NTN -Poleas de aluminio -Correas trapeciales clásicas DIN 2215 / ISO 4184	
OBSERVACIONES GENERALES: Los ejes son rectificadas sus puntos de contacto con las poleas, se reemplazo las chumaceras y rodamientos para brindar un movimiento suave y sin interferencias a los componentes externos en la máquina trilladora, conjuntamente se realizo el cambio de bandas respectivamente de acuerdo al calculo y tambien se acoplo un templador de banda adecuado para que no exista deslizamiento	 	
Características de uso: Las poleas, las bandas y los cojinetes conjuntamente es el órgano principal de la máquina, permitiendo la transmisión de una fuerza oscilatoria para dicha función.		
Función: Permite el movimiento oscilatorio tanto para el tambor trillador y las zarandas.		

Realizado por: Luis Lliguay, 2019

Fuente: Autor

Tabla 11-4: Evaluación del cilindro y cóncavo

	<p align="center">EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE TRILLA CILINDRO Y CÓNCAVO</p>	<p align="center">1/3</p>
<p>Preparado por: Luis Lliguay</p>	<p>Fecha de elaboración: 2019/03/17</p>	<p align="center">Código: C</p>
<p>ELEMENTOS:</p>	<p>Barras trilladoras-Eje de transmisión-Cóncavo</p>	
<p>MATERIAL:</p>	<p>-Varilla de acero cuadrada, calidad ASTM A36 -Eje de transmisión AISI 4340 -Planchas de acero negro laminadas en caliente, Calidad ASTM A 36.</p>	
<p>OBSERVACIONES GENERALES: El cilindro es la parte principal del funcionamiento de la trilladora agrícola, conjuntamente con el cóncavo hacen un solo órgano como se indicó en un capítulo anterior este realiza el desgranado del cereal, por tanto tiene que estar en perfecto estado sus barras para ello se procede a rellenar cada uno utilizando un material de aporte como es varilla de hierro de ¼ y soldadura con electrodo E-7018 o a su vez cambiar cada barra que este fuera de tolerancia comparándolo uno a uno y realizando una medida visual con el cóncavo desgranador.</p>	 	
<p>Características de uso: El tambor trillador y el cóncavo deben estar conjuntamente bien para que exista un buen trillado de quinua con las debidas especificaciones.</p>		
<p>Función: El tambor trillador con el cóncavo cumple la función de trillar la quinua es el órgano vital de la maquina ya que ella depende un grano de buena calidad.</p>		

Realizado por: Luis Lliguay, 2019

Fuente: Autor

Tabla 12-4: Evaluación del sistema de sacudidores y cribas

	EVALUACIÓN DEL SISTEMA SACUDIDORES Y CRIBAS O BANDEJAS	1/4
Preparado por: Luis Lliguay	Fecha de elaboración: 2019/03/17	Código: D
ELEMENTOS:	Plancha de aceros especiales.	
MATERIAL:	-Acero negro (SAE 1010 bajo en carbono)	
OBSERVACIONES GENERALES: Las zarandas se arregló la parte superior del movimiento oscilatorio donde permite que no se derrame la quinua trillada ya que este elemento ayuda al sistema de limpieza donde se produce la separación del grano de la paja, que es accionado por un cigüeñal para el movimiento oscilatorio.		
Características de uso: Las zarandas deben estar acoplado a un cigüeñal para ejercer el movimiento oscilatorio, así produciendo la separación del grano trillado con la paja de la quinua.		
Función: Separa el grano trillado de la paja de la quinua.		

Realizado por: Luis Lliguay

Fuente: Autor

Tabla 13-4: Evaluación del motor Briggs Stratton

	EVALUACIÓN DEL MOTOR BRIGGS & STRATTON	1/4
Preparado por: Luis Lliguay	Fecha de elaboración: 2019/03/17	Código: E
ELEMENTOS:	Motor-Polea de arranque	
MATERIAL:	-----	
OBSERVACIONES GENERALES: El motor Briggs & Stratton se encuentra operando al momento, esto se dio gracias a una reparación y a su vez se realizó un mantenimiento correctivo y preventivo para su mejor desempeño, se realizó el cambio adecuado de bandas mediante cálculos.		
Características de uso: Acoplado a la maquina trilladora para dar la fuerza motriz necesaria.		
Función: Brinda fuerza motriz al tambor trillador y a los sacudidores.		
Mantenimiento: Mantenimiento preventivo y correctivo.		

Realizado por: Luis Lliguay, 2019

Fuente: Autor

4.8.2 Repotenciación aventadora

Se toma como base fundamental la reconstrucción de la máquina trilladora agrícola en su totalidad tomando como punto clave la estructura original y sus aditamentos principales, ya que estos sirven como guía a seguir para desarrollar el proyecto que se presenta a continuación.

Tabla 14-4: Identificación de sistemas (ventiladora)

SISTEMA	CÓDIGO
Estructura	A
Transmisión	B
Cilindro centrífugo al interior de la tolva	C
Sistema de ventilación	D
Motor de combustión interna	E

Realizado por: Luis Lliguay, 2019

Fuente: Autor

4.8.2.1 Evaluación de los componentes de los sistemas

El propósito de esta actividad es repotenciar los sistemas afectados por el abandono y descuido en su mantenimiento, mediante este sistema de evaluación nos ayuda a identificar las áreas a ser repotenciadas, que nos ayudara a identificar qué elementos deben ser arreglados o reemplazarlos en su mejor caso cambiar para su mejor eficiencia.

Tabla 15-4: Evaluación de la estructura y partes de la maquinaria

	<p>EVALUACIÓN DE LA ESTRUCTURA Y PARTES DE LA MAQUINARIA</p>	<p>1/1</p>
<p>Elaborado por: Luis Lliguay</p>	<p>Fecha de elaboración: 2019/03/17</p>	<p>Código: A</p>
<p>ELEMENTOS:</p>	<p>Tolva - Partes de la máquina.</p>	
<p>MATERIAL:</p>	<p>-Planchas de acero negro laminadas en frío JIS 3141 SPCC SD</p>	
<p>OBSERVACIONES GENERALES:</p> <p>Se procedido al cambio de partes de la carcasa que se encontraba deteriorado sobre todo la base de la tolva, además se realizó una adaptación de seguridad en las compuertas de salida de grano ya aventado con una mayor facilidad de adaptación para el operario.</p>		
<p>Características de uso: Acoplada a la estructura permite la entrada de la quinua trillada.</p>		
<p>Función: Acceso directo al cilindro centrifugo para la aventada de la quinua trillada.</p>		
<p>Mantenimiento: No se ha realizado ningún tipo de mantenimiento.</p>		

Realizado por: Luis Lliguay, 2019

Fuente: Autor

Tabla 16-4: Evaluación del sistema de transmisión

	EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE TRANSMICIÓN	1/2
Preparado por: Luis Lliguay	Fecha de elaboración: 2019/03/17	Código: B
ELEMENTOS:	Poleas-bandas-cojinetes	
MATERIAL:	-Cojinetes NTN -Poleas de aluminio -Correas trapeciales clásicas DIN 2215 / ISO 4184	
OBSERVACIONES GENERALES: Se procedio al cambio y torneado de las poleas tanto del ventilador y del eje centrifugo de acuerdo a los cálculos realizados se procedio a la fabricación de las poleas y conjuntamente a la selección de bandas adecuadas para que no exista deslizamientos y con el pasar del tiempo no se tricen las poleas y se dañen los rodamientos	 	
Características de uso: Las poleas, las bandas y los cojinetes conjuntamente es el órgano principal de la máquina, permitiendo la transmisión de una fuerza oscilatoria para dicha función.		
Función: La función principal es proporcionar energía oscilatoria al cilindro centrífugo y al ventilador		

Realizado por: Luis Lliguay, 2019

Fuente: Autor

Tabla 17-4: Evaluación del cilindro centrífugo

	EVALUACIÓN DEL CILINDRO CENTRÍFUGO	1/3
Preparado por: Luis Lliguay	Fecha de elaboración: 2019/03/17	Código: C
ELEMENTOS:	Eje de limpieza-criba	
MATERIAL:	-Eje de transmisión AISI 4340 -Acero negro (SAE 1010 bajo en carbono)	
OBSERVACIONES GENERALES: Se rediseño la criba que se encontraba en mal estado y los demás componentes que conforman el eje centrífugo, el eje se rectificó y se realizó adaptaciones para el mejor de caída de grano a ser aventado que es el cilindro centrífugo.	 	
Características de uso: El eje debe estar diseñado a altas velocidades para que cumpla con las especificaciones indicadas		
Función: La función principal es, al entrar el grano trillado por la tolva el cilindro centrífugo permite una limpieza más eficiente, un grano más limpio.		
Mantenimiento No se ha realizado ningún tipo de mantenimiento.		

Realizado por: Luis Lliguay, 2019

Fuente: Autor

Tabla 18-4: Evaluación del sistema de ventilación

	<p>EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE VENTILACION DE CUATRO PALETAS</p>	<p>1/4</p>
<p>Preparado por: Luis Lliguay</p>	<p>Fecha de elaboración: 2019/03/17</p>	<p>Código: D</p>
<p>ELEMENTOS:</p>	<p>Aspas-Eje del ventilador</p>	
<p>MATERIAL:</p>	<p>-Eje de transmisión AISI 4340 -Planchas de acero negro laminadas en frio JIS 3141 SPCC SD</p>	
<p>OBSERVACIONES GENERALES:</p> <p>Se realizó el cambio de rodamientos, poleas y demás componentes que conforman el ventilador, se rectificó el eje para que se acople de acuerdo al diámetro de la polea además para mayor sujeción. Las aspas del ventilador se realizó una limpieza adecuada para que tenga mayor libertad de ventilación</p>		
<p>Características de uso:</p> <p>El ventilador es el órgano principal de la limpieza de la quinua recién trillada.</p>		
<p>Función: Permite una limpieza más garantizada para el grano, mucho más limpio y de mejor calidad.</p>		

Realizado por: Luis Lliguay, 2019

Fuente: Autor

Tabla 19-4: Evaluación del motor de combustión interna

	EVALUACIÓN DEL MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA	<p>1/5</p>
Preparado por: Luis Lliguay	Fecha de elaboración: 2019/03/17	Código: E
ELEMENTOS:	Motor de combustión interna	
MATERIAL:	-----	
OBSERVACIONES GENERALES: El motor Briggs & Stratton se encuentra operando al momento, esto se dio gracias a una reparación y a su vez se realizó un mantenimiento correctivo y preventivo para su mejor desempeño, se realizó el cambio adecuado de bandas mediante cálculos.	 	
Características de uso: Acoplado a la maquina trilladora para dar la fuerza motriz necesaria.		
Función: Brinda la fuerza motriz necesaria.		
Mantenimiento: Preventivo y correctivo		

Realizado por: Luis Lliguay, 2019

Fuente: Autor

4.9 Pruebas de funcionamiento (trilladora)

- Las pruebas de funcionamiento, fueron realizadas con varias cargas de quinua para lo cual se obtendrá el quintal de quinua (46,80 kg.)



Figura 26-4: Sistema de trillado de quinua
Fuente: Autor

- Se procede el encendido de la máquina trilladora mediante el arranque del motor de combustión interna a gasolina, de ahí se procede al tensado de la banda mediante un templador guía hasta que obtenga más potencia.



Figura 27-4: Ingreso de panoja
Fuente: Autor

- Una vez encendida la máquina se procede a insertar las panojas de quinua dentro de la tolva de ingreso de la trilladora para ser trillada.



Figura 28-4: Trillado de la panojas de quinua
Fuente: Autor

- Durante el tiempo de ingreso de la panoja, se está trillando la quinua y se observa en la tolva de salida los desperdicios de la panoja trillada.



Figura 29-4: Proceso de zaranda de quinua
Fuente: Autor

- Mientras se está realizando el proceso de trillado se observa como el grano trillado sale sin impurezas por el canal de salida de grano limpio.



Figura 30-4: Salida de quinua ya trillada
Fuente: Autor

- Se espera el llenado de quinua trillada en los sacos estandarizados de 100 lb.



Figura 31-4: Salida de quinua ya trillada
Fuente: Autor

En las siguientes figuras se muestra el peso de 46,80 kg. de quinua trillada.

4.9.1 Análisis y resultados del trillado de quinua

A continuación, se realiza la comparación de tiempos de trillado, con un proceso manual y con un proceso mecánico mediante la trilladora de quinua.

4.9.1.1 Tiempo de trillado manual

Para la obtención de estos tiempos de trillado manual se realizó con una porción de 20 kg de peso, se utilizó un tractor para la fricción o golpeteo de las panojas, siempre y cuando las espigas, vainas o panojas de los cultivos hayan alcanzado por lo menos su madurez fisiológica que ayudara al desprendimiento del grano.

Diagrama de Procesos			
Empresa: ASUALINIUM 		Proceso: Trillado de Quinua	
		Departamento: Producción	
		Hoja N.- 1 de 2	
		Fecha:	
		Operario: 1,2,3,4,5	Método: Actual
		Analiza:	Operación: Trillado manual
		Luis Daniel Lliguay Calderón	
Distancia (m)	Tiempo (min)	Simbolos del diagrama	Descripción del proceso
	20	○	Reunir los operarios necesarios para realizar la siega.
20	10	→	Dirigirse al terreno a ser cosechado.
	5	○	Preparar las herramientas necesarias.
	5	○	Distribuir la gente por todo el terreno.
	40	○	Proceso de siega
	10	▽	Apilar las panojas segadas.
	10	□	Inspeccionar la panoja.
	2	○	Instalar una carpa sobre la superficie necesaria.
	5	○	Ubicar las panojas sobre la carpa.
8	5	→	Dirigirse al tractor.
	30 s	○	Encender el tractor.
	45	○	Avance y retroceso del tractor sobre las panojas.
	15	□	Inspeccionar el desprendimiento de la quinua.
	20	○	Retirar los desperdicios.
	50	○	Recoger en sacos la quinua.
	55	▽	Almacenar

- Cuadro de resumen

Símbolo	Nombre	Número	Distancia (m)	Tiempo (min)
	Operación	10		147,3
	Transporte	2	28	15
	Inspección	2		25
	Almacenaje	2		65
Total		16	28	252,3

Nota: El tiempo de trillado manual de la quinua es de 4 horas 28 minutos y 30 segundos.

4.9.1.2 Tiempo de trillado mecánico

Las pruebas se realizaron según el número de carga de panojas de quinua que está cortada manualmente y se trillo mediante un tiempo de 17 minutos 1 quintal.

Diagrama de Procesos				
Empresa: ASUALINIUM		Proceso: Trillado de Quinua		Departamento: Producción
		Operario: 1,2,3,4,5		Hoja N.- 2 de 2
		Analiza: Luis Daniel Lliguay Calderón		Método: Actual
		Operación: Trillado mecánico.		Fecha: 25/3/2019
Distancia (m)	Tiempo (min)	Símbolos del diagrama	Descripción del proceso	
			Emparvado de la panoja.	
15	4		Dirigirse al terreno con la máquina.	
	2		Instalación de la máquina.	
	1		Encendido de la máquina.	
	2		Tensado de la banda.	
	10 s		Ubicación de la tolva de entrada.	
	5 s		Ubicar lonas en las salidas del grano.	
	2		Insertar las panojas varias veces.	
	2		Sacar los desperdicios.	
	2		Observar como sale el grano trillado.	
	1		Almacenaje del producto terminado.	

- Cuadro de resumen

Símbolo	Nombre	Número	Distancia (m)	Tiempo (min)
	Operación	7		9,15
	Transporte	1	15	4
	Inspección	1		2
	Almacenaje	2		1
Total		11	15	17

Nota: El tiempo de trillado mecánico de la quinua es de 17 minutos.

4.9.1.3 Análisis de resultados

- **Trillado manual.** - Con el estudio e interpretación del diagrama de proceso manual se concluye que varias cargas de panojas recién cortadas, se trillo en un tiempo de 4 horas 28 minutos y 30 segundos y se requiere de varios operarios.
- **Trillado en la máquina trilladora de quinua.** -Con los resultados del proceso de trillado mediante la máquina se llegó a una conclusión que, en un tiempo de 17 minutos, se trillo 46,80 kg de quinua. Y se requiere de un solo operario que sea el encargado del trabajo en la máquina.

Conclusión:

La capacidad de trilla por el método manual, como era de esperarse fue inferior en comparación a la capacidad del prototipo ya reajustado, esta puede trillar 10 veces más panojas que el método manual.

Al observar el porcentaje de desperdicios generado por el trillado manual en comparación con la máquina ya repotenciada presentó un porcentaje aceptable considerado para el agricultor.

4.10 Pruebas de funcionamiento (ventiladora)

- Las pruebas de funcionamiento, fueron realizadas con el mismo quintal de quinua recién trillada, lo cual tiene un peso aproximado de (46,80 kg.)



Figura 32-4: Ventilado de quinua

Fuente: Autor

- Se procede con el encendido de la máquina ventiladora mediante el arranque del motor de combustión interna a gasolina.



Figura 33-4: Encendido del motor

Fuente: Autor

- Una vez encendida la máquina se insertar la quinua trillada.



Figura 34-4: Ingreso de quinua a la tolva de alimentación
Fuente: Autor

- Una vez ingresada la quinua trillada se espera que se dé el proceso de aventado de quinua y se observa cómo sale el grano libre de impurezas.



Figura 35-4: Salida del grano
Fuente: Autor



- Durante el proceso de aventado se observa como se desprende las impurezas, desperdicio ingresado generado por el trillado.



Figura 36-4: Salida de impurezas

Fuente: Autor

- Se obtuvo un grano libre de impurezas y de mejor calidad



Figura 37-4: Grano libre de impurezas

Fuente: Autor



4.10.1 *Análisis y resultados del ventilado de quinua*

A continuación, se realiza la comparación de tiempos de aventado de quinua, con un proceso manual y con un proceso mecánico mediante la aventadora de quinua.

4.10.1.1 Tiempo de aventado manual

Para la obtención de estos tiempos de aventado manual se realizó con la misma quinua trillada manualmente, se utilizó un recipiente para recoger la quinua trillada y proceder a ser removido a una altura determinada que pueda darse a las brisas del viento.

Diagrama de Procesos				
Empresa: ASUALINIUM		Proceso: Trillado de Quinua		Departamento: Producción
		Operario: 1,2,3,4,5		Hoja N.- 1 de 2
		Analiza:		Método: Actual
		Luis Daniel Lliguay Calderón		Operación: Aventado manual
Distancia (m)	Tiempo (min)	Símbolos del diagrama	Descripción del proceso	
			Almacenaje de la quinua trillada.	
25	17		Dirigirse al terreno con la quinua trillada.	
	8		Preparar en montones la quinua.	
	5		Observamos el estado del clima de la zona.	
	30		Con la ayuda de un recipiente recogemos la quinua.	
	30		A una altura determinada hacemos caer la quinua recogida mientras se propague rafagas de viento.	
	50		Realizamos el mismo procedimiento varias veces.	
	4		Observamos la quinua libre de impurezas.	
	15		Recogemos toda la quinua que va saliendo.	
	2		Observar el grano limpio.	
	1		Almacenaje del producto terminado.	

- Cuadro de resumen

Símbolo	Nombre	Número	Distancia (m)	Tiempo (min)
	Operación	7		133
	Transporte	1	15	17
	Inspección	1		7
	Almacenaje	2		1
Total		11	15	167

Nota: El tiempo de aventado manual de la quinua es de 2 horas 10 minutos y 20 segundos.

4.10.1.2 Tiempo de aventado mediante la aventadora de quinua

Las pruebas se realizaron según la cantidad de quinua que se pudo extraer del trillado de quinua que se realizó anteriormente.

Diagrama de Procesos				
Empresa: ASUALINIUM		Proceso: Trillado de Quinua		Departamento: Producción
		Operario: 1,2,3,4,5		Hoja N.- 2 de 2
		Analiza: Luis Daniel Lliguay Calderón		Método: Actual
		Operación: Aventado mecánico		Fecha: 25/3/2019
Distancia (m)	Tiempo (min)	Símbolos del diagrama	Descripción del proceso	
		▽	Almacenaje de la quinua trillada.	
6	1	→	Dirigirse máquina ventiladora.	
	1	○	Encender la máquina.	
	1	□	Observamos la regulación de impurezas en la máquina.	
	35 s	○	Ubicamos sacos en la salidas de grano de la máquina.	
	2	○	Introducimos la quinua dentro de la tolva.	
	2	○	Realizamos el mismo procedimiento varias veces.	
	25 s	□	Observamos como la máquina expulsa las impurezas.	
	3	○	Recogemos toda la quinua que va saliendo.	
	30 s	□	Observamos como sale el grano limpio.	
	30 s	▽	Almacenaje del producto terminado.	

- Cuadro de resumen

Símbolo	Nombre	Número	Distancia (m)	Tiempo (min)
○	Operación	5		8,35
→	Transporte	1	6	1
□	Inspección	3		1,55
▽	Almacenaje	2		30 s
Total		11	6	12

Nota: El tiempo de aventado de la quinua es de 12 minutos.

4.10.1.3 Análisis de resultados

- **Aventado manual.** - Con el estudio e interpretación del diagrama de proceso manual se dedujo que varias cargas de 20 kg de peso ya trilladas manualmente se procedió aventar con un tiempo de 2 horas 10 minutos y 20 segundos, se requiere de varios operarios conjuntamente las condiciones climáticas que permita un flujo de viento aceptable.
- **Aventado en la máquina aventadora de quinua.** -Con los resultados del proceso de aventado mediante la máquina se determinó con un tiempo de 12 minutos, al aventar la misma cantidad de trillado de quinua, con mejor calidad de grano y menos impurezas.

Conclusión:

La capacidad de aventado por el método manual, como era de esperarse fue inferior en comparación a la capacidad del prototipo ya reajustado. Al observar el porcentaje de desperdicios de la máquina aun no repotenciada presento la mayor cantidad de impurezas, en comparación a la repotenciada que fue mínimo la cantidad de desperdicios.

- **Capacidad de la maquinaria**

El parámetro fundamental que se requiere para optimizar el proceso de trillado es la capacidad de la maquinaria mediante la repotenciación, en nuestro caso se buscó satisfacer las necesidades específicas de los agricultores.

$$Productividad = \frac{Producción}{Tiempo}$$

Se hace relación de cuantos quintales se produce en 1 hora, si 1 quintal de quinua se demora 15 minutos en ser trillado entonces:

$$N_{quintales} = \frac{60 \text{ minutos}}{17 \text{ minutos}}$$

$$N_{quintales} = 3,52 \text{ quintales}$$

$$Productividad = 3 \frac{\text{quintales}}{\text{hora}}$$

Asumiendo que la máquina trabajara 8 horas diaria entonces la productividad diaria de trillado de quinua es:

$$Producción_{diaria} = 3 \frac{\text{quintales}}{\text{hora}} * 8 \frac{\text{horas}}{\text{diarias}}$$

$$Producción_{diaria} = 24 \frac{\text{quintales}}{\text{diarias}}$$

4.11 Procedimiento seguro de manejo de la máquina trilladora de quinua Tr-c

Tabla 20-4: Identificaciones de cambios

Identificación de Cambios			
Edición	Fecha	Cambio	Página / Numeral
01	10-Jun-2019	Creación y Aprobación del Documento	NA

Fuente: Autores

4.12 Objetivo

Formar y fortalecer una serie de requisitos a seguir para el correcto funcionamiento de la máquina trilladora de quinua TR-C, durante el proceso de trillado o actividades de mantenimiento con el fin de proteger la integridad del personal que opere la máquina.

4.13 Alcance

Este proceso es factible a los operarios involucrados en la utilización de la máquina trilladora de quinua TR-C mediante el funcionamiento de la máquina la misma que realiza el proceso de trillado o actividades de mantenimiento, en la parroquia Huambalo, Cantón Pelileo, Provincia de Tungurahua.

4.14 Definiciones y abreviaciones

- a) **Bastidor.** - Es la que forma toda la estructura metálica de la trilladora donde soporta los demás elementos y órganos de trabajo.
- b) **Mecanismo de accionamiento.** - Es aquel motor de accionamiento que sirve para suministrar energía a la relación de transmisión diseñada.
- c) **Bandeja de alimentación.** - Es una plataforma formada de una malla metálica donde la quinua trillada es sacudida dependiendo el diámetro el grano se va seleccionando de impurezas.
- d) **Sistema de trilla.** - Consta de un cilindro trillador de gran masa que gira a varios rpm, permitiendo ser que sea equilibrarlo tanto estáticamente como dinámicamente por las fuerzas de fricción y las cargas ejercidas, de este modo se obtendrá un mejor rendimiento de trillado así protegiendo la vida útil de los cojinetes y demás componentes que provocaría vibraciones al momento de utilizar. (Rodriguez, Octubre-Marzo 2017 pág. 16)

4.15 Responsabilidades

Los responsables de la implementación de este Procedimiento:

Carlos Jiménez

Presidente de la Asociación ASUALINIUM

Ing. Alex Leguizamón

Coordinador CEFA-Cadenas de Valor Inclusivas y Sostenibles

El responsable del mantenimiento de este procedimiento es:

Sr. Miguel Toa

4.16 Procedimiento

4.16.1 Antecedentes

La Asociación de Emprendedores Nutriandina ASOALINIUM deberá designar a una persona como supervisor del proceso de trillado mediante la máquina trilladora de quinua TR-C.

Realizar capacitaciones a los productores de quinua encargados de la trilladora, sobre la formación teórica – práctica relacionada con la prevención de accidentes al manipular la máquina. Deberá ser analizado, comprobado durante el tiempo que se conlleve

Responsabilidad del técnico la Asociación ASOALINIUM:

- Revisión de la máquina mediante el check list.
- Coordinación preliminar con el encargado de la maquina trilladora multigrano T2100.
- Realizar una pequeña capacitación acerca del trabajo a realizar y dar a conocer del procedimiento para el manejo de la máquina a los trabajadores experimentados.
- Revisión de todos los implementos de protección personal; gafas, botas o zapatos puntas de acero, mandil, orejeras, tapa oídos, mascara cubre cara, mascarilla respiratoria, casco, guantes.
- Analizar los peligros asociados con el manejo de la trilladora y evaluarlos, posteriormente hacérselos conocer a todo el personal que realice las actividades específicas.

- Antes de iniciar el trillado se elaborará el ordenamiento y planificación de la cantidad de panoja a trillar, la que contará con las medidas de protección de las zonas adyacentes.
- Inspeccionar el área de trabajo antes de comenzar el trabajo, durante el proceso de trillado.

Responsabilidad del personal:

- El responsable de la máquina verificará el estricto cumplimiento de los Estándares y Procedimiento de Trabajo Seguro.
- Encender la máquina sólo después que el técnico ha dado el visto bueno.
- Inspección general y limpieza de la trilladora después de cada proceso de trillado.
- Verificar y/o señalar el área de trabajo.
- Mantener en todo momento el área de trabajo libre de residuos que no corresponden a la actividad.
- Realizar el proceso de trillado con la participación de por lo menos 03 trabajadores.
- Usar gafas, orejeras, mascarilla, botas o zapatos puntas de acero.
- Usar sacos o lonas, para recoger el grano trillado.
- Verificar que no se apilone los desperdicios de la panoja al momento del trillado.
- Señalar el área de trabajo de la trilladora, para evitar accidentes en el proceso del trillado.
- Realizar el orden debido de los instrumentales a utilizar y la limpieza del área de trabajo.

4.16.2 *Realización de actividad segura*



Figura 38-4: Equipo de protección personal
Fuente: Autor

La labor de trilla consiste en el conjunto de operaciones encaminadas a obtener granos limpios, libres de paja, hojas, cubiertas de grano, tallos y otras partes de la planta, empleando para tal efecto métodos tales como: fricción, golpeteo o apisonado, siempre y cuando las espigas, vainas o panojas de los cultivos hayan alcanzado por lo menos su madurez fisiológica. (Cosiansi, 1998)

En el caso de la quinua la trilla es una operación generalizada en los lugares donde se explota este cultivo y consiste en golpear las panojas secas con garrotes sobre ellas o en hacer caminar acémilas sobre las plantas secas, para luego proceder al venteado y así obtener granos libres de impurezas. (Gogh, B. N. 1986.)

4.16.3 *Normas generales.*

- Tener en cuenta las instrucciones de montaje, desmontaje y mantenimiento del fabricante.
- El uso obligatorio de equipos de protección personal antes de cualquier operación.
- Regular adecuadamente los rpm del motor de combustión interna de acuerdo al estado de humedad de la quinua que se vaya a trillar.

- Apilar las panojas de forma ordenada en lugares adecuados, en zonas de que no interfiera el paso.
- En situaciones de viento fuerte o muy fuerte se tienen que paralizar los trabajos.
- Mantener las zonas de trabajo limpias y ordenadas.
- Deben evitarse o minimizarse las posturas forzadas y los sobreesfuerzos durante el trabajo.

4.16.4 Identificación de riesgos durante el proceso de trillado

4.16.4.1 Riesgos Mecánicos

Es aquél que puede producir lesiones debidas principalmente a los elementos móviles de la máquina, en nuestro caso en los sistemas de transmisión el nivel de consecuencia es grave dando así atrapamiento de extremidades superiores ocasionando arrastre mediante ropa de trabajo suelta ocasionando aplastamiento o mutilación de la parte afectada lo recomendable es diseñar y ubicar resguardos de protección en los sistemas móviles para así salvaguardar la integridad física del operario.

El atrapamiento o arrastre de las manos se da en la máquina trilladora en donde más probable es en el sistema de trillado al ingresar la panoja en el rodillo trillador el nivel de consecuencia es muy grave, provocando corte o mutilaciones de las extremidades superiores, lo recomendable es rediseñar una tolva adecuada con las características de la quinua como el tamaño de la panoja permitiendo estándares de seguridad así manteniendo una distancia prudente entre las manos del operario y el rodillo trillador conjuntamente utilizar guantes de cuero TE04.

4.16.4.2 Riesgos Químicos

Éstos pueden ocasionar en el procesado de trillado, al momento de ingresar la panoja en la tolva de alimentación, para lo cual trille el rodillo trillador generando desprendimiento de partículas (paja), la sobreexposición al polvo afectando al sistema respiratorio ocasionando riesgo higiénico para los operarios que pudieran inhalarlos o entrar en

contacto con ello. Lo recomendable es utilizar mascarillas 8577 para evitar el ingreso de polvos o partículas que afecten a la integridad del operario.

La proyección de partículas al momento del trillado se debe evitar usando equipo de protección como usar mono gafas 334AF.

4.16.4.3 Riesgos Físicos

Vibraciones. - Este riesgo físico se identificó en el sistema de zarandas que se encuentra instalado en la máquina trilladora, este sistema permite la separación del grano trillado con las impurezas, este funcionamiento requiere de un mecanismo en donde se visualiza claramente el vain ven de las zarandas he ahí donde se genera vibraciones de baja frecuencia afectando al operario, ocasionando trastornos musculares (mano, lumbago, ciática), además de trastornos de tipo neurológico y vascular.

Criterios preventivos básicos

Para disminuir la exposición a vibraciones podemos tomar medidas que tienden a disminuir la magnitud de la aceleración transmitida, ya sea a la mano o a todo el cuerpo, o bien disminuir los tiempos de exposición a las mismas.

Para disminuir el nivel de vibración de una máquina se deberán tomar medidas técnicas con el objeto de:

Evitar la generación de vibraciones en la fuente, debidas a desgaste de superficies, holguras, cojinetes dañados, giro de los ejes, etc. Programar acciones de mantenimiento.

Aislamiento de vibraciones

El uso de aislantes de vibración, tales como muelles o elementos elásticos en los apoyos de las máquinas, masas de inercia, plataformas aisladas del suelo, son acciones, aunque no disminuyen la vibración original, impiden que pueda transmitirse al cuerpo, con lo que se evita el riesgo de daños a la salud.

Equipos de protección individual

Si no es posible reducir la vibración transmitida al cuerpo o como medida de precaución suplementaria, se debe recurrir al uso de equipos de protección individual (guantes, botas) que aíslen la transmisión de vibraciones. Al seleccionar estos equipos, hay que tener en cuenta su eficacia frente al riesgo, educar a los trabajadores en su forma correcta de uso y establecer un programa de mantenimiento sustitución.

Ruido. - Es generado por el accionamiento de la máquina, existe varios sistemas dentro de la máquina que generan ruido como el del motor de combustión, también los elementos mecánicos como es el accionamiento de las zarandas su movimiento genera ruido, lo recomendable es utilizar es usar EPP, tapones 1270 y orejeras peltor.

4.16.4.4 Riesgos ergonómicos

Principales factores de riesgo

Unas de las condiciones de trabajo que exijan la adopción de posturas forzadas, movimientos repetidos, manipulación manual de cargas, exposición a vibraciones mecánicas, etc. Acarrean una alta probabilidad de producir TME. Si, además, a estas situaciones de riesgo que denominamos factores biomecánicos, sumamos:

- La exposición a factores psicosociales derivados de una inadecuada organización del trabajo.
- Unas condiciones ambientales desfavorables (temperatura, humedad, iluminación, ruido)
- Unas características deficientes en el entorno de trabajo (espacio de trabajo, orden, limpieza)
- Las variables individuales de cada trabajador y trabajadora (dimensiones corporales, sexo, edad, experiencia, formación) el nivel de riesgo ergonómico global del puesto de trabajo, se verá incrementado considerablemente.

Medidas preventivas para evitar los sobreesfuerzos

- Rotación de puestos de trabajo y cambio de tareas de los trabajadores.
- Realizar pausas de trabajo durante la jornada laboral, que permitan recuperar tensiones y descansar.
- Tener en cuenta la necesidad de espacio libre en el puesto de trabajo, facilitando más de 2m² de superficie libre por trabajador.
- Tener en cuenta el diseño ergonómico del puesto de trabajo, adaptar el mobiliario (mesas, sillas, tableros, etc.) disponer de planos de trabajo adecuados en altura y la distancia de alcance de los materiales (herramientas, objetos, etc.) a las características personales de cada individuo (edad, estatura, etc.)

4.16.5 Equipos de protección personal

- Casco de seguridad H-700 de 3M, está diseñado para proveer protección, balance y confort al mismo tiempo que provee protección de pequeños objetos que puedan caer, golpeando la parte superior del casco.
- Los tapones protectores auditivos desechables 1100 y 1110, fabricados con materiales hipo alérgicos de poliuretano, brindan una efectiva e higiénica protección a los trabajadores que se desempeñan en áreas donde los niveles de ruido superan los 85 dB(A).
- Bota Rainfair Amarilla fabricadas en PVC, este material y su diseño ergonómico les otorgan gran flexibilidad y suavidad, sin perder resistencia o impermeabilidad.
- Guante de cuero delgado que permite un fácil movimiento de las manos.
- Los lentes de seguridad VIRTUA de 3M, han sido diseñados para proveer el nivel de protección ocular requerido contra altos impactos, y se encuentra entre las opciones más livianas disponibles en el mercado.
- Trajes para lluvia impermeables de dos piezas (chaqueta con capucha y pantalón con o sin pechera), industriales y semi industriales 100% termo sellados, elaborados en tela de PVC que cuenta con soporte textil de poliéster.

4.16.5.1 Medidas preventivas

- Revisar el tensado de las bandas al momento del encendido del motor
- Regular los rpm del motor adecuadamente.
- Ubicar adecuadamente la tolva de entrada de la panoja para ser trillado.
- No aproximarse demasiado al rodillo trillador.
- Utilizar la panoja para empujar las ramas hacia el rodillo trillador – cóncavo.
- Capacitar de forma adecuada al operario sobre el uso adecuado de herramientas, con el fin de evitar golpes, cortes e incluso sobreesfuerzos.
- Se debe hacer uso de protección personal de forma obligatoria.

4.16.5.2 Diagrama de proceso del trillado de quinua

Diagrama de Procesos				
Empresa: ASUALINIUM		Proceso: Trillado de Quinua		Departamento: Producción
		Operario: 1,2,3,4,5		Hoja N.- 2 de 2
		Analiza: Luis Daniel Liguay Calderón		Método: Actual
				Fecha: 25/3/2019
		Operación:		Trillado mecánico.
Distancia (m)	Tiempo (min)	Símbolos del diagrama	Descripción del proceso	
		▽	Emparvado de la panoja.	
15	4	→	Dirigirse al terreno con la máquina.	
	2	○	Instalación de la máquina.	
	1	○	Encendido de la máquina.	
	2	○	Tensado de la banda.	
	10 s	○	Ubicación de la tolva de entrada.	
	5 s	○	Ubicar lonas en las salidas del grano.	
	2	○	Insertar las panojas varias veces.	
	2	○	Sacar los desperdicios.	
	2	□	Observar como sale el grano trillado.	
	1	▽	Almacenaje del producto terminado.	

Cuadro de resumen

Símbolo	Nombre	Número	Distancia (m)	Tiempo (min)
	Operación	7		9,15
	Transporte	1	15	4
	Inspección	1		2
	Almacenaje	2		1
Total		11	15	17

4.16.5.3 Registros

N/A

4.16.5.4 Otros

Decreto Ejecutivo 2393

Instituto de Seguridad e Higiene en el Trabajo

CAPÍTULO V

5 Costos de repotenciación

Se realizará un análisis de los costos que intervino en la repotenciación de la maquinaria de la quinua.

5.1 Costos directos

5.1.1 Costos mecánicos

Tabla 1-5: Costos mecánicos

Cantidad	Descripción	V. unitario (USD)	V. Total (USD)
1	Platina de 1"1/2*1/4 ASTM A36	12,00	12,00
1/2	Plancha SAE 1008 3mm.	33,00	33,00
1/2	Plancha perforada D106 D106G de 0,9 mm	12,00	12,00
1/2	Varilla cuadrada ASTM A36	8,00	8,00
1/2	Varilla micro aleada ACI318	10,00	10,00
20	Perno de acero negro cabeza hexagonal 5/8"*1 1/2"	0,40	8,00
8	Perno de acero negro cabeza hexagonal de 3/8"*2 1/2"	0,25	2,00
8	Pernos de acero negro cabeza hexagonal de 1/4"*1/2"	0,20	1,60
12	Pernos de acero negro cabeza hexagonal de 1/8"*1/2"	0,15	1,80
20	Arandelas planas de 5/8"	0,10	2,00
8	Arandelas de presión de 5/16"	0,15	1,20
2 galones	Pintura sintético azul para maquinaria agrícola	23,00	23,00
1 galón	Tiñer sintético	6,00	6,00
1 funda	Suelda AGA E6011	23,00	23,00
1/2 funda	Suelda AGA E7018	18,00	18,00
1/2 funda	Suelda AGA E6013	15,00	15,00
3	Poleas trapezoidales perfil A/B	15,00	45,00
5	Bandas trapezoidales tipo A	5,50	27,50
2	Chumaceras de pared NTN 204	27,50	55,00
		TOTAL	304,1

Realizado por: Luis Lliguay, 2019

Fuente: Autor

5.1.2 Costos de mantenimiento de motores de combustión interna

Tabla 2-5: Mantenimiento de motores de combustión interna

Cantidad	Descripción	V. unitario (USD)	V. Total (USD)
1	Mantenimiento del Motor Briggs Stratton de 10 HP	70,00	70,00
1	Mantenimiento del Motor Briggs Stratton de 10 HP	70,00	70,00
		TOTAL	140,00

Realizado por: Luis Lliguay, 2019

Fuente: Autor

5.1.3 Costo de mano de obra

Tabla 3-5: Costo de mano de obra

Cantidad	Descripción	V. unitario (USD)	V. Total (USD)
1	Soldador	200,00	150,00
1	Mecánico Industrial	260,00	150,00
1	Tornero	120,00	80,00
1	Barolado	20,00	20,00
		TOTAL	400,00

Realizado por: Luis Lliguay, 2019

Fuente: Autor

5.1.4 Costo de transporte de material

Tabla 4-5: Costo de transporte de material

Cantidad	Descripción	V. unitario (USD)	V. Total (USD)
1	Flete de la traída de maquinaria	40,00	40,00
1	Flete de traída de materiales	10,00	10,00
1	Flete de ida a dejar los maquinaria	40,00	40,00
		TOTAL	100,00

Realizado por: Luis Lliguay, 2019

Fuente: Autor

5.1.5 Costo directo total

Tabla 5-5: Costo Directo total

Descripción	V. Total
Costos Mecánicos	304,10
Costos de mantenimiento de motores	140,00
Costo de mano de obra	400,00
Costo de transporte del material	100,00
Costo directo total	944,10

Realizado por: Luis Lliguay, 2019

Fuente: Autor

5.1.6 Costos indirectos

Tabla 6-5: Costos indirectos

N.-	Descripción	V. unitario (USD)	V. Total (USD)
1	Ingenieriles (supervisión)	150,00	150,00
1	Imprevistos	100,00	100,00
		TOTAL	250,00

Realizado por: Luis Lliguay, 2019

Fuente: Autor

5.1.7 Costo Total

Tabla 7-5: Costo Total

N.-	Descripción	V. unitario (USD)	V. Total (USD)
1	Costo directos totales	944,10	944,10
1	Costo indirectos totales	250,00	250,00
		TOTAL	1194,10

Realizado por: Luis Lliguay, 2019

Fuente: Autor

CONCLUSIONES

- Durante la repotenciación se logró optimizar en gran parte el proceso de trillado y ventilado, así aumentando la productividad acorde a la capacidad de la empresa.
- Mediante un diagrama de procesos se comparó los procesos de trillado y ventilado tanto manualmente y mecánico para lo cual se analizaron los tiempos de producción.
- Se calculó y se rediseño los elementos que conforman los diferentes sistemas evaluados en la situación actual, permitiendo un mejor funcionamiento de las máquinas.
- Se realizaron las pruebas pertinentes de funcionamiento de cada una de las máquinas que nos servirá como un análisis de evaluación de cada uno de los procesos mencionados.

RECOMENDACIONES

- Capacitar el personal encargado de la operación tanto de la trilladora y ventiladora en cuanto al uso y mantenimiento de sus sistemas.
- Dar un adecuado mantenimiento a los elementos que conforman cada uno de los sistemas para que la maquinaria opere sin falla alguna.
- Inspeccionar el sistema mecánico con técnicos que tenga el conocimiento adecuado y concientizar al operario sobre el tensado de las bandas de la trilladora al momento de encender el motor de combustión interna.
- Capacitar e implementar instrumentos de protección personal al operario que se encuentre a cargo de la maquinaria.

BIBLIOGRAFÍA

RAMÍREZ, Ernesto Noe. *Elaboracion de manual para la limpieza de granos y el área de empaclado de granos.* [en línea]. El Salvador-San Miguel: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2016. [Consulta: 22 enero 2019]. Disponible en: <http://quinua.pe/wp-content/uploads/2014/02/Potencial-Agroindustrial-de-la-quinua-1.pdf>

LLANGARÍ TZAQUI, Edison Fernando & BENALCAZAR SORIA, Eduardo Javier. Diseño y Construcción de una Trilladora y Limpiadora de Quinua.[En línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniero Mecánico) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Mecánica, Escuela de Ingeniería Mecánica. Riobamba-Ecuador. 2012. pp. 65-90. [Consulta: 2019-04-17]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/2335/1/15T00502.pdf>

COLQUE MIRANDA, Rubén Ramiro. Post cosecha y beneficiado de la quinua. Equipos y maquinaria [En línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniero Mecánico) Universidad Católica del Perú, Facultad de Ciencias e Ingeniería. Lima-Perú. 2007. pp 55-77. [Consulta: 2019-05-01]. Disponible en: [http://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/7C6565F4108500A205257E8A00600A7A/\\$FILE/262_299_Estado_ArteDeLaQuinuaEnElMundoEn2013.pdf](http://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/7C6565F4108500A205257E8A00600A7A/$FILE/262_299_Estado_ArteDeLaQuinuaEnElMundoEn2013.pdf)

CORRALES VENEROS, Nathaly, & GALARZA VARGAS, Diego, Escarificadora [En Línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniero Industrial) Universidad Mayor de San Simón, Facultad de Ciencias y Tecnología. Cochobamba-Bolivia. 2017. pp. 15-25. [Consulta: 2019-04-17]. Disponible en: <http://quinua.pe/wp-content/uploads/2013/12/86860.pdf>

LLUMIPANTA TORO, César Paúl. Diseño y Simulación de una Trilladora de Quinua de hasta 350 kg/h para el proceso de Pos Cosecha del Sector Agrícola [En línea] (Trabajo de titulación). (Maestría) Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito. Quito-Ecuador. 2016. pp. 66-88. [Consulta: 2019-04-02]. Disponible en: <https://vdocuments.mx/escarificadora-venteadora-de-quinua.html>

Carla Quiroga, R. *Procesos Tradicionales e Innovaciones Tecnológicas en la Cosecha, Beneficiada e Industrialización de la Quinua* [en línea]. Cochabamba-

Bolivia:Universidad Privada Boliviana, 2013.[Consulta: 1 de abril 2019]. Disponible en:
<http://www.cabicompendium.org/cpc/report.asp?Criteria=T/NAM;T/TX1&CCODE=EUR64/6/006>.

J. Ortiz-Cañavate. *Las Máquinas Agrícolas y su Aplicación* [en línea]. Madrid-España: Ediciones Mundi-Prensa, 2003. [Consulta: 20 mayo 2019]. Disponible en:
http://redbiblio.unne.edu.ar/pdf/0603-001098_I.pdf

MARTÍNEZ SANCHES, Abraham. Instrumentacion y Control para la Conversion De Un Motor de Combustion Interna A BI-Combustible [En línea] (Trabajo de titulación). (Maestría) Universidad Nacional Autónoma de México, Monterrey-México. 2010. pp. 20-37. [Consulta: 2019-02-10]. Disponible en:
[file:///C:/Users/USER/Downloads/Diseno_de_maquina_trilladora%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/USER/Downloads/Diseno_de_maquina_trilladora%20(1).pdf)

Richard G. Budynas, J. Keith Nisbett *Diseño en ingeniería mecánica de SHIGLEY* [en línea]. Monterrey-México: McGraw-Hill, 2012. [Consulta: 21 marzo 2019]. Disponible en:
<https://termoaplicadaunefm.files.wordpress.com/2015/03/disec3b1o-eningenierc3ada-mecc3a1nica-de-shigley-8-edicic3b3n-budynas.pdf>

MERA ARANA, Victor Oswaldo. Diseño de máquina trilladora portátil [En Línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniero Mecánico) Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias de la Ingeniería, Escuela de Ingeniería Civil Mecánica. Valdivia-Chile. 2009. pp. 60-85 [Consulta: 2019-04-06]. Disponible en: http://oa.upm.es/6384/1/Valero_74.pdf

RODRIGUEZ,Jorge, & PILCO, Michael. Parametros de diseño del mecanismo de la trilladora de quinua (Trabajo de titulación).(Maestría) Escuela Superior Politécnica De Chimborazo, Facultad de Mecánica, Escuela de Ingeniería Mecánica. Riobamba. 2017. pp. 14-18 [Consulta: 2019-02-06]. Disponible en:
<http://www.rlc.fao.org/es/agricultura/produ/cdrom/contenido/libro14/cap2.3.htm#Top>.

Nieto Carlos, M. *Procesamiento de quinua en Ecuador* [en línea]. Quito-Ecuador: 1990.[Consulta: 20 marzo 2019]. Disponible en:
<http://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/140/1/iniapscb224.pdf>

Vimos Carlos, C. *La Quinua, Cosecha y Poscosecha Algunas Experienciaas en Ecuador.*[en línea]. Quito-Ecuador:1992. [Consulta: 20 de marzo 2019]. Disponible en:
<http://quinua.pe/wp-content/uploads/2013/12/86860.pdf>