



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE MECÁNICA**

**ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**OPTIMIZACIÓN DEL DESAPONIFICADO DE LA QUINUA PARA  
LA ELABORACIÓN DE PRODUCTOS DERIVADOS MEDIANTE  
IMPLEMENTACIÓN DE UNA MÁQUINA ESCARIFICADORA EN  
LA EMPRESA ASOALIENU**

**SHUNTA RONQUILLO, JUAN CARLOS**

**TRABAJO DE TITULACIÓN**

**TIPO: PROPUESTA TECNOLÓGICA**

Previa a la obtención del Título de:

**INGENIERO INDUSTRIAL**

**RIOBAMBA – ECUADOR**

**2018**

# ESPOCH

Facultad de Mecánica

---

## **CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN**

---

2017-05-24

Yo recomiendo que el Trabajo de Titulación preparado por:

**SHUNTA RONOUILLO JUAN CARLOS**

Titulado:

**“OPTIMIZACIÓN DEL DESAPONIFICADO DE QUINUA PARA LA  
ELABORACIÓN DE PRODUCTOS DERIVADOS MEDIANTE LA  
IMPLEMENTACIÓN DE UNA MÁQUINA ESCARIFICADORA EN LA  
EMPRESA ASOALIENU”**

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  
**TUTOR**

---

Ing. Jhonny Marcelo Orozco Ramos  
**ASESOR**

---

## CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN

---

**NOMBRE DEL ESTUDIANTE:** SHUNTA RONQUILLO JUAN CARLOS

**TRABAJO DE TITULACIÓN:** “OPTIMIZACIÓN DEL DESAPONIFICADO DE QUINUA PARA LA ELABORACIÓN DE PRODUCTOS DERIVADOS MEDIANTE LA IMPLEMENTACIÓN DE UNA MÁQUINA ESCARIFICADORA EN LA EMPRESA ASOALIENU”

**Fecha de Examinación:** 2018-05-23

**RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:**

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Ángel Guamán Mendoza <b>PRESIDENTE TRIB. DEFENSA</b>			
Ing. Eduardo García Cabezas <b>TUTOR</b>			
Ing. Jhonny Orozco Ramos <b>ASESOR</b>			

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

**RECOMENDACIONES:** \_\_\_\_\_

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

\_\_\_\_\_  
Ing. Ángel Rigoberto Guamán Mendoza  
**PRESIDENTE TRIB. DEFENSA**

## **DERECHOS DE AUTORÍA**

Yo, Shunta Ronquillo Juan Carlos declaro que el Trabajo de Titulación que presento, es original producto de investigación, adaptación tecnológica establecido en la Facultad de Mecánica, Escuela de Ingeniería Industrial de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. En tal virtud, los fundamentos y los resultados expuestos son de exclusiva responsabilidad del autor. El patrimonio intelectual le pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

---

Shunta Ronquillo Juan Carlos

## **DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD**

Yo, Shunta Ronquillo Juan Carlos, declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y que los resultados de este 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.

---

Juan Carlos Shunta Ronquillo

C.I. 172128808-0

## **AGRADECIMIENTO**

En mi anhelo de cumplir una meta más en mi vida, como sencillo gesto de agradecimiento, dedico mi trabajo de titulación a mis Padres quienes permanentemente fueron el espíritu alentador, para que lograrse un objetivo de vida más.

**JUAN CARLOS SHUNTA RONQUILLO**

## TABLA DE CONTENIDO

<b>CAPITULO I</b>	1
<b>1 MARCO REFERENCIAL</b>	1
1.1 <b>Introducción</b>	1
1.2 <b>Antecedentes</b>	2
1.3 <b>Planteamiento del problema</b>	3
1.4 <b>Justificación</b>	3
1.4.1 <i>Justificación teórica</i>	3
1.4.2 <i>Justificación metodológica</i>	4
1.4.3 <i>Justificación práctica</i>	4
1.5 <b>Objetivos</b>	4
1.5.1 <i>Objetivo general</i>	4
1.5.2 <i>Objetivos específicos</i>	5
1.6 <b>Situación actual de la empresa.</b>	5
1.6.1 <i>Diagrama de Flujo del Procesamiento pos cosecha de la quinua</i>	5
1.6.2 <i>Escarificado Rudimentario</i>	6
1.6.3 <i>Diagrama de Proceso General.</i>	6
1.6.4 <i>Convenio Asoalienu</i>	8
<b>CAPITULO II</b>	9
<b>2 MARCO TEORICO</b>	9
2.1 <b>La quinua</b>	9
2.1.1 <i>Fruto</i>	9
2.1.2 <i>Semilla</i>	10
2.2 <b>Proceso de escarificación de la quinua</b>	10
2.3 <b>Métodos de eliminación de saponina.</b>	11
2.3.1 <b>Método Tradicional.</b>	11
2.3.2 <i>Método mecánico por escarificación o seco</i>	11
2.3.3 <i>Método mecánico por lavado o húmedo</i>	12
2.3.4 <i>Método combinado.</i>	12
2.4 <b>Máquina escarificadora</b>	13
2.4.1 <i>Tipos de Escarificadoras en el Mercado</i>	13
2.4.2 <i>Escarificador PT – 800</i>	14
2.4.3 <i>Escarificador QUI - 300 – NACEV</i>	14
2.4.4 <i>Escarificador MAKU Industrias.</i>	15
2.5 <b>Normas para la fabricación de maquinaria.</b>	16

<b>2.5.1</b>	<b><i>Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 131.</i></b>	<b>17</b>
<b>2.5.2</b>	<b><i>Normas UNE-EN 1672-2.</i></b>	<b>17</b>
2.5.2.1	<i>Requerimientos generales para maquinaria de proceso de alimentos.</i>	17
2.5.2.2	<i>Área de alimentos</i>	18
<b>2.6</b>	<b><i>Sistema de Transmisión</i></b>	<b>18</b>
<b>2.6.1</b>	<b><i>Trasmisiones por correa trapecial</i></b>	<b>18</b>
<b>2.6.2</b>	<b><i>Factor de servicio.</i></b>	<b>19</b>
<b>2.7</b>	<b>Sistema Eléctrico</b>	<b>19</b>
<b>2.7.1</b>	<b><i>Botonera.</i></b>	<b>20</b>
<b>2.7.2</b>	<b><i>Contactor</i></b>	<b>20</b>
<b>2.7.3</b>	<b><i>Relé Térmico</i></b>	<b>21</b>
<b>2.7.4</b>	<b><i>Motor Eléctrico</i></b>	<b>21</b>
2.7.4.1	<i>Características generales</i>	22
<b>CAPITULO III</b>		<b>23</b>
<b>3</b>	<b>DISEÑO Y CONSTRUCCION.</b>	<b>23</b>
<b>3.1</b>	<b><i>Parámetros de diseño.</i></b>	<b>23</b>
<b>3.1.1</b>	<b><i>Esquema de Caja Negra.</i></b>	<b>23</b>
<b>3.1.2</b>	<b><i>Proceso Técnico.</i></b>	<b>24</b>
<b>3.1.3</b>	<b><i>Matriz Morfológica</i></b>	<b>24</b>
<b>3.1.4</b>	<b><i>Evaluación de los Conceptos de Solución</i></b>	<b>26</b>
<b>3.2</b>	<b><i>Material de la maquina escarificadora.</i></b>	<b>28</b>
<b>3.3</b>	<b><i>Sistema de escarificado.</i></b>	<b>29</b>
<b>3.3.1</b>	<b><i>Malla perforada para escarificado.</i></b>	<b>29</b>
<b>3.3.2</b>	<b><i>Paleta escarificadora.</i></b>	<b>30</b>
<b>3.4</b>	<b><i>Sistema de transmisión</i></b>	<b>32</b>
<b>3.4.1</b>	<b><i>Potencia necesaria.</i></b>	<b>32</b>
<b>3.4.2</b>	<b>Torque de eje conducido.</b>	<b>35</b>
<b>3.4.3</b>	<b><i>Selección de motor</i></b>	<b>35</b>
<b>3.4.4</b>	<b><i>Selección del sistema de trasmisiones por correa trapecial</i></b>	<b>36</b>
3.4.4.1	<i>Relación de trasmisión.</i>	36
3.4.4.2	<i>Relación de trasmisión Corregida.</i>	36
3.4.4.3	<i>Potencia de diseño.</i>	37
3.4.4.4	<i>Selección de correa más adecuada.</i>	37
3.4.4.5	<i>Distancia entre ejes</i>	38
3.4.4.6	<i>Longitud de la correa</i>	38
3.4.4.7	<i>Determinar el arco de contacto menor.</i>	40



3.4.4.8	<i>Potencia de correa (P1) y el factor de corrección (C2)</i>	40
3.4.4.9	<i>Cantidad de correas necesarias</i>	42
3.5	<i>Dimensionamiento</i>	43
3.5.1	<i>Datos del sistema de transmisión</i>	43
3.5.2	<i>Determinación de torque en el eje conducido.</i>	44
3.5.3	<i>Determinación de fuerzas actuantes sobre el eje.</i>	45
3.5.4	<i>Fuerzas en el eje XY</i>	47
3.5.5	<i>Graficas de esfuerzo cortante y momento flector eje XY.</i>	50
3.5.6	<i>Fuerzas en el eje XZ</i>	51
3.5.7	<i>Graficas de esfuerzo cortante y momento flector eje XZ.</i>	54
3.5.8	<i>Determinación de la Superposición de momentos flectores máximos</i>	55
3.5.9	<i>Determinación del esfuerzo cortante en el punto de momento máximo.</i>	55
3.5.10	<i>Determinación del esfuerzo de flexión en el punto Crítico</i>	55
3.5.11	<i>Determinación del esfuerzo equivalente según el criterio de Tresca y Von Misses</i>	
	<b>Hencky Teorías De Falla</b>	56
3.5.11.1	<i>Selección del material del eje.</i>	56
3.5.11.2	<i>Aplicando el criterio de TRESCA se tiene:</i>	56
3.5.11.3	<i>Aplicando el criterio de VON MISSES HENCKY</i>	57
3.6	<i>Selección de rodamiento</i>	58
3.7	<i>Platina de sujeción y soporte de la malla de escarificado.</i>	62
3.8	<i>Sistema de Alimentación.</i>	62
3.8.1	<i>Diseño de la tolva y tapa de alimentación.</i>	63
3.9	<i>Tapa de la cámara de escarificado.</i>	65
3.10	<i>Diseño del Cuerpo de recolección de saponina.</i>	66
3.11	<i>Caja de recolección de saponina.</i>	68
3.12	<i>Diseño de la estructura de soporte.</i>	69
3.13	<i>Análisis de la estructura</i>	70
3.14	<i>Análisis estático estructura</i>	70
3.15	<i>Sistema de Control.</i>	74
3.15.1	<i>Circuito de control y mando.</i>	75
3.15.2	<i>Circuito de potencia</i>	75
3.15.3	<i>Cálculo del relé Térmico.</i>	75
	<b>CAPITULO IV</b>	77
4	<b>MARCO DE RESULTADOS</b>	77
4.1	<i>Discusión y análisis de resultados</i>	77
4.1.1	<i>Material de la máquina Escarificadora</i>	77

4.1.1.1	<i>Material del Eje</i>	77
4.1.2	<i>Material de la estructura</i>	78
4.1.3	<i>Selección del sistema de transmisión.</i>	78
4.1.4	<i>Selección del rodamiento</i>	79
4.1.5	<i>Metodología para determinar el diámetro del eje</i>	80
4.1.6	<i>Resultado de análisis estático de la estructura.</i>	81
4.1.7	<i>Corriente nominal de Trabajo.</i>	82
4.2	<b>Construcción e implementación</b>	83
4.2.1	<i>Malla de escarificado.</i>	83
4.2.2	<i>Tolva de alimentación y Tapa de la cámara de escarificado.</i>	84
4.2.3	<i>Cuerpo y caja de recolección.</i>	85
4.2.4	<i>Máquina terminada.</i>	86
4.2.5	<i>Prueba de funcionamiento</i>	86
4.2.6	<i>Diagrama de Proceso General de la máquina escarificadora.</i>	89
4.2.7	<i>Comparación método rudimentario vs máquina escarificadora</i>	89
	<b>CAPITULO V</b>	91
5	<b>ESTUDIO DE COSTOS</b>	91
5.1	<b>Costos directos</b>	91
5.1.1	<i>Eléctricos</i>	91
5.1.2	<i>Costos mecánicos</i>	92
5.1.3	<i>Costo de mano de obra</i>	92
5.1.4	<i>Costo de transporte de material</i>	93
5.1.5	<i>Costos directos totales</i>	93
5.2	<b>Costos indirectos</b>	93
5.3	<b>Costo total</b>	93
	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	94
	<b>Conclusiones</b>	94
	<b>Recomendaciones</b>	95
	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	96
	<b>Anexos</b> ¡Error! Marcador no definido.	

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

<b>Ilustración 1-2</b> Pulsadores .....	20
<b>Ilustración 2-2</b> Contactor .....	20
<b>Ilustración 3-2</b> Guarda motor .....	21
<b>Ilustración 4-2</b> Motor.....	21
<b>Ilustración 1-3</b> Diagrama caja negra.....	23
<b>Ilustración 2-3</b> Malla escarificado .....	30
<b>Ilustración 3-3</b> Paleta escarificadora.....	31
<b>Ilustración 4-3</b> Selección de Correas.....	37
<b>Ilustración 5-3</b> Longitudes primitiva nominal .....	39
<b>Ilustración 7-3</b> Eje a dimensionar .....	43
<b>Ilustración 8-3</b> Torque Eje conducido .....	44
<b>Ilustración 9-3</b> Eje a dimensionar .....	45
<b>Ilustración 10-3</b> Fuerza Tangencial .....	45
<b>Ilustración 11-3</b> Eje XY.....	47
<b>Ilustración 12-3</b> Eje Sección AB .....	48
<b>Ilustración 13-3</b> Eje Sección AC .....	48
<b>Ilustración 14-3</b> Sección EF .....	49
<b>Ilustración 15-3</b> Esfuerzo Cortante.....	50
<b>Ilustración 16-3</b> Momento Flector.....	50
<b>Ilustración 17-3</b> Eje XZ.....	51
<b>Ilustración 18-3</b> Sección AC eje XZ.....	52
<b>Ilustración 19-3</b> Sección CE eje XZ.....	52
<b>Ilustración 20-3</b> Sección EF eje XZ .....	53
<b>Ilustración 21-3</b> Esfuerzo Cortante.....	54
<b>Ilustración 22-3</b> Momento Flector.....	54
<b>Ilustración 23-3</b> Platina de soporte .....	62
<b>Ilustración 24-3</b> Tapa escarificadora .....	66
<b>Ilustración 25-3</b> Cuerpo de Recolección .....	68
<b>Ilustración 26-3</b> Caja de salida de saponina .....	68
<b>Ilustración 27-3</b> Estructura de soporte máquina escarificadora.....	69
<b>Ilustración 28-3</b> Selección de material .....	70
<b>Ilustración 29-3</b> Peso de maquinaria .....	71
<b>Ilustración 30-3</b> Fuerza aplicada.....	72

<b>Ilustración 31-3</b> Límite de Tensiones .....	72
<b>Ilustración 32-3</b> Límite de desplazamiento de la estructura de la banda. ....	73
<b>Ilustración 33-3</b> Diagrama de Control y Mando. ....	74
<b>Ilustración 34-3</b> Elemento de Protección.....	76
<b>Ilustración 1-4</b> Tensión máxima de la estructura.....	81
<b>Ilustración 2-4</b> Guarda Motor .....	82
<b>Ilustración 3-4</b> Máquina Terminada. ....	86
<b>Ilustración 4-4</b> Pesaje de unidad de Prueba.....	86
<b>Ilustración 5-4</b> Alimentación a la zaranda dosificadora. ....	87
<b>Ilustración 6-4</b> Ingreso y Salida de Saponina .....	87
<b>Ilustración 7-4</b> Quinoa Escarificada .....	88
<b>Ilustración 8-4</b> residuo de Saponina .....	88

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1-1</b> Flujo de procesamiento post cosecha	5
<b>Gráfico 1-2</b> Quinoa	9
<b>Gráfico 2-2</b> Partes de la quina	10
<b>Gráfico 3-2</b> Lava de quinoa.	11
<b>Gráfico 4-2</b> Configuración de paletas	13
<b>Gráfico 5-2</b> Escarificadora MINOX	14
<b>Gráfico 6-2</b> Escarificadora FISHER AGRO	15
<b>Gráfico 7-2</b> Escarificadora MAKU	16

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1-1</b> Diagrama de proceso Manual .....	7
<b>Tabla 2-1</b> Resumen diagrama de proceso manual .....	7
<b>Tabla 3-1</b> Tabla de simbología .....	7
<b>Tabla 1-3</b> Matriz Morfológica.....	25
<b>Tabla 2-3</b> Matriz Propuesta .....	25
<b>Tabla 3-3</b> Matriz de análisis técnico. ....	26
<b>Tabla 4-3</b> Matriz de análisis económico .....	26
<b>Tabla 5-3</b> Tabla de conclusiones de maquinaria. ....	27
<b>Tabla 6-3</b> Selección de Material.....	28
<b>Tabla 7-3</b> Malla de escarificado ASTM.....	29
<b>Tabla 8-3</b> Paleta escarificadora. ....	30
<b>Tabla 9-3</b> Paleta escarificadora individual. ....	31
<b>Tabla 10-3</b> Sección de Correa .....	42
<b>Tabla 11-3</b> Selección de C3 para Interpolar.....	42
<b>Tabla 12-3</b> Selección de Tolva.....	63
<b>Tabla 13-3</b> Tolva.....	64
<b>Tabla 14-3</b> Dimensionamiento Tolva.....	64
<b>Tabla 15-3</b> Tapa de escarificadora .....	65
<b>Tabla 16-3</b> Selección de Cuerpo de Recolección.....	67
<b>Tabla 1-4</b> Resultado Sistema de Transmisión .....	78
<b>Tabla 2-4</b> Selección de Rodamiento A.....	79
<b>Tabla 3-4</b> Selección de Rodamiento E .....	79
<b>Tabla 4-4</b> Malla de Escarificado .....	83
<b>Tabla 5-4</b> Tolva de Alimentación.....	84
<b>Tabla 6-4</b> Cuerpo y caja de recolección de saponina. ....	85
<b>Tabla 7-4</b> Diagrama de Proceso de la máquina escarificadora.....	89
<b>Tabla 8-4</b> Resultado máquina escarificadora. ....	89
<b>Tabla 1-5</b> Costos Eléctricos .....	91
<b>Tabla 2-5</b> Costos Mecánicos .....	92
<b>Tabla 3-5</b> Costos de Mano de obra.....	92
<b>Tabla 4-5</b> Costo de Transporte de material .....	93
<b>Tabla 5-5</b> Costos Directos Totales .....	93
<b>Tabla 6-5</b> Costos Indirectos Totales.....	93
<b>Tabla 7-5</b> Costo total .....	93

## INDICE DE ANEXOS

<b>Anexo A</b>	Coeficientes de rozamiento estático y cinético.....
<b>Anexo B</b>	Selección de Motor.....
<b>Anexo C</b>	Características AISI 4140.....
<b>Anexo D</b>	Vida Útil de Rodamiento.....
<b>Anexo E</b>	Selección de Chumacera.....
<b>Anexo F</b>	Tabla de valores Fl para Rodamientos de bola.....
<b>Anexo G</b>	Valores fn Para Rodamientos de bola.....
<b>Anexo H</b>	Factor de Corrección.....
<b>Anexo I</b>	Plano Codificación: MAQ_ESQ_001.....
<b>Anexo J</b>	Plano Codificación: MAQ_ESC_QUI_EXPL.....
<b>Anexo K</b>	Plano Codificación: ESP_MAQ_ESC_001.....
<b>Anexo L</b>	Plano Codificación: ESP_MAQ_ESC_002.....
<b>Anexo M</b>	Plano Codificación: ESP_MAQ_ESC_003.....
<b>Anexo N</b>	Plano Codificación: ESP_MAQ_ESC_004.....
<b>Anexo O</b>	Plano Codificación: ESP_MAQ_ESC_005.....
<b>Anexo P</b>	Plano Codificación: ESP_MAQ_ESC_006.....
<b>Anexo Q</b>	Plano Codificación: ESP_MAQ_ESC_007.....
<b>Anexo R</b>	Plano Codificación: ESP_MAQ_ESC_008.....
<b>Anexo S</b>	Plano Codificación: ESP_MAQ_ESC_009.....
<b>Anexo T</b>	Plano Codificación: ESP_MAQ_ESC_010.....
<b>Anexo U</b>	Plano Codificación: ESP_MAQ_ESC_014.....
<b>Anexo V</b>	Plano Codificación: ESP_MAQ_ESC_017.....
<b>Anexo W</b>	Plano Codificación: ESP_MAQ_ESC_018.....
<b>Anexo X</b>	Plano Codificación: ESP_MAQ_ESC_020.....

## ABREVIATURAS

A	Amperios
C	Carga dinámica
C2	Factor de corrección
Co	Carga estática
Dp	Diámetro
Fr	Rodamiento rígido
Ft	Pies
FT	Fuerza tangencial polea
Hp	Caballo de fuerza
Kr	Cargas radiales
KW	Kilovatios
L	Longitud
Ln	Longitud normalizada
min	Minutos
mm	Milímetros
N	Newton
N m	Newton metro
Neje	Número de revoluciones del eje transmitido
P trans	Potencia transmitida
PD	Potencia de diseño
Plg	Pulgadas
Pot	Potencia a transmitir
rad	Radianes
rpm	Revoluciones por minuto
T1	Tensión lado tenso
T2	Tensión lado retorno
Tu	Tensión operación unitaria
Z	Cantidad de correas



## RESUMEN

El presente trabajo de titulación describe la optimización del desaponificado de la quinua para la elaboración de productos derivados mediante la implementación de una máquina escarificadora en la empresa ASOALIENU. Mediante un análisis de la situación en la que operaba la empresa se determinaron métodos rudimentarios para el procesamiento post cosecha de la quinua. Para la optimización del escarificado se analizaron diferentes alternativas de maquinaria que se acoplen requerimientos de producción y la capacidad económica de la empresa, determinando como mejor opción la construcción de la máquina. En tal virtud se procedió a establecer los materiales y elementos mecánicos basados en la norma UNE-EN 1672-2 y UNE-EN ISO 12100 vigentes en Ecuador. Se realizó el análisis estático de la estructura de soporte de maquinaria en el software SolidWorks para determinar si el diseño cumple con los parámetros técnicos de resistencia de materiales. Se efectuó la construcción de la escarificadora, posteriormente se realizaron pruebas de funcionamiento para determinar la capacidad de producción, determinando una capacidad de cinco quintales por hora (5qq/h), además se realizó un análisis comparativo entre el método rudimentario y el método mecánico, obteniendo como resultado la reducción del tiempo de procesamiento en un 49,18%, de esta manera se demuestra la mejora y optimizado del proceso reduciendo los tiempo en las operaciones de escarificado. Mantener un flujo constante de materia prima al ingreso de la tolva de alimentación para que la máquina pueda trabajar a su máxima capacidad.

**Palabras clave:** <TECNOLOGÍAS Y CIENCIAS DE LA INGENIERÍA>, <POST-COSECHA DE QUINUA>, <MÁQUINA ESCARIFICADORA>, < CONSTRUCCIÓN DE MÁQUINAS>, < ANÁLISIS DINÁMICO DE SOFTWARE>.

## ABSTRACT

The present graduation work describes the optimization of quinoa disaponification for the elaboration of products through the implementation of a scarifier machine in ASOALIENU Company. Through the analysis of the situation on how the company worked, rudimentary methods were determined for the post-harvest processing of quinoa. In order to optimize the scarified different alternatives of machinery were analyzed that engage with the production requirements and financial capacity of the company, determining as the best option, the construction of the machine. Consequently, the materials and mechanical components were established based on the UNE-EN 1672-2 and UNE-EN ISO 12100 actually in force in Ecuador. An static analysis of the support structure of machinery was made in SolidWorks software in order to determine if the design complies with the technical parameters of material resistant. The construction of the scarifier was carried out, later tests to determine the production capacity were done, concluding a capacity of five quintals per hour (5qq/h). Also a comparative analysis between the rudimentary method and the mechanical method was conducted, resulting in the reduction of 49.18% in processing time. In this way, the improvement and optimization in the process is proved by reducing the time in the scarified operations and maintaining a constant flow of raw material when entering into the feed hopper so that the machine can work at maximum capacity.

**Keywords:** <TECHNOLOGIES AND ENGINEERING SCIENCES>, <POST-HARVEST QUINOA>, <SCARIFIER MACHINE>, < MACHINES PRODUCTION>, <DYNAMIC ANALYSIS OF SOFTWARE>.

## CAPITULO I

### 1 MARCO REFERENCIAL

#### 1.1 Introducción

En nuestro país el Ecuador, la automatización o mecanización de los trabajos en área de la agricultura tiene un porcentaje relativamente bajo, siendo una de las limitantes y principal problema los costos de la maquinaria agrícola, las cuales solo pueden ser adquiridas básicamente por los grandes empresarios, quienes poseen el capital suficiente para su adquisición. (Alarcón Porras, 2014, p. 23). La utilización de la maquinaria agrícola puede ayudar a los pequeños y medianos productores de quinua a procesar su producto y comercializarlo directamente sin intermediarios y de esta manera obteniendo mayores ingresos, la adquisición de una tecnología para el escarificado ayuda a darle un valor agregado y mejora la calidad de los productos además optimiza la productividad de las personas quienes se dedican a la agricultura.

Existen distintos tipos de máquinas escarificadoras en el mercado, que forman parte de líneas completas de procesamiento de quinua, estas máquinas procesadoras tienen un elevado costo lo cual dificulta a muchos productores del cereal la adquisición de este sistema de procesamiento. Estas líneas de procesamiento por lo general son fabricadas para las grandes industrias, esto evita que muchas asociaciones de agricultores vendan su producto directamente, obligándolos a vender el cereal a las grandes industrias.

Es por eso que en este proyecto se realiza la implementación de una máquina escarificadora que se encuentre al alcance de la empresa ASOALIENU y así puedan elaborar, distribuir directamente su producto en el mercado nacional e internacional.

Para el diseño se elabora un diagrama de caja negra, el cual se usará para entender cómo llega el cereal a la máquina escarificadora para luego con base en estos datos adquiridos, partir al cálculo y forma de cada elemento que pertenece a la máquina, los cálculos que se desarrollados fueron la mediante la aplicación de varias asignaturas recibidas durante la formación académica, además para verificar los resultados obtenidos de algunas partes de la maquina se realiza una simulación de cargas y esfuerzos que ayuda en la visualización y comprobación del elemento diseñado, para obtener una máquina que cumpla satisfactoriamente el proceso de escarificación, para el cual fue creada.

## 1.2 Antecedentes

Una de las principales limitantes de la producción de quinua en Ecuador es la falta de tecnología para la cosecha y procesamiento, la misma que se debe realizarse en época oportuna para evitar pérdidas de grano en el campo.

Uno de los estudios más interesantes dentro de este tema es, la escarificadora diseñada y construida por (Torres, 1980., pp. 11-16). En este caso, los granos de quinua son sometidos a un proceso combinado de efecto abrasivo y golpeado, con paletas giratorias sobre tamices estacionarios, los que recogen y separan el polvillo de saponina de los granos. La máquina consta de tres cilindros dispuestos en tres rodillos, de tal forma que los granos en proceso pasan de un cilindro a otro por gravedad. Cada cilindro está provisto de 9 paletas escarificadoras y de 12 paletas transportadoras colocadas sobre el eje giratorio. Los granos que salen del último cilindro, reciben una corriente de aire, que ayuda a separar el polvo y afrechillo, antes de ser recogidos en la salida final. Según los autores, esta máquina escarificadora tiene una eficiencia del 95 % y, los contenidos de saponina en el producto final oscilan entre el 0,04 y 0,25 %, dependiendo de la variedad utilizada como materia prima. (Candia Danz, 2016, p. 17)

En el INIAP, Ecuador, se adaptó una máquina peladora de sorgo, para la escarificación de quinua, con resultados aceptables. El principio de funcionamiento de esta máquina es la fricción del grano en un cilindro cerrado, en cuyo interior están conectadas cinco piedras de carburo de silicio, las que giran en la misma dirección y accionan un movimiento circular a los granos de quinua los que se escarifican por fricción entre las paredes del cilindro y las piedras en movimiento.

En Bolivia, el Centro Promoción de tecnologías Sostenibles, desde el año 2010, tuvo la iniciativa de construir un grupo de tres sistemas de maquinarias que se encargan de procesar la quinua en la post cosecha, cabe resaltar los sistemas de limpieza de la saponina por vía seca y la húmeda, que cumplen la función de eliminar en gran porcentaje el Episperma del grano y residuos sólidos de pequeñas dimensiones. El Sistema de limpieza por vía húmeda, CPTS-LVH160 (patente pendiente) cumple la función de eliminar la saponina remanente en el grano de quinua, así como toda posible piedrecilla que no haya sido eliminada por la vía seca. (Orozco, 2014)

En Salta, Argentina, en marzo 2013, Margarita Armada, Jorge A. Chavarría y Arnaldo V. Trejo diseñaron y construyeron un prototipo escarificador de quinua, este equipo contaba un su interior un tornillo escarificador, como pieza principal, mediante movimientos giratorios en el tambor y la fricción entre granos se obtuvo los resultados de 0,05 % de concentración de saponina, valor que se encuentra dentro de los rangos permitidos para la venta y consumo humano. (Ramos, 2006)

### **1.3 Planteamiento del problema**

La Asociación de Producción y Comercialización de Productos Alimenticios Emprendedores Nutriandina. ASOALIENU de la ciudad de Ambato se dedica principalmente al cultivo, cosecha y comercialización de quinua, en la actualidad el proceso de escarificado o eliminación de saponina de la quinua emplea métodos rudimentarios siendo esto una pérdida de tiempo, esfuerzo y energía, además de obtener una baja calidad de producto e ingresos por ventas, menores a los esperados, en este sentido, el principal problema que aqueja a los agricultores es la falta de maquinaria propia que realice este proceso, por lo tanto, es prioritaria la adquisición de una máquina escarificadora de quinua para ASOALIENU.

Sin embargo, existen maquinarias de nivel industrial, como es la vencedora brasileña (trilladora y venteadora) de 400kg/h, la trilladora de quinua modelo TR-C de 650 kg/h, así como la seleccionadora de quinua modelo SQ-5t de 500kg/h de capacidad, que no están acorde con las necesidades de ASOALIENU debido a su alto costo y capacidad de producción, la mencionada empresa no tiene los recursos económicos suficientes para invertir en maquinaria de estas características y sobredimensionada, por lo cual se ve en la obligación de adquirir maquinaria acorde su capacidad de producción y requerimientos establecidos.

Este proyecto pretende dar un valor agregado al producto final, en los aspectos económicos y de calidad, debido a que se apoyara a los pequeños productores de nuestra región andina, reduciendo el tiempo de post cosecha y mejorando los rendimientos de producción actuales.

### **1.4 Justificación**

#### **1.4.1 *Justificación teórica***

La quinua es un gran alimento que posee un alto valor nutritivo. Es un buen recurso para complementar la alimentación, ya que aporta proteínas de alta calidad, aceites saludables, fibra, almidón, vitaminas y minerales especialmente importantes para los niños entre ellos el calcio, hierro, fósforo, magnesio, potasio y zinc. Todos estos nutrientes por lo general están más concentrados en la quinua que en la mayoría de cereales (MINAG, 2012).

El pelado de la quinua requerida se realiza de forma manual lo que implica un excesivo tiempo de proceso, así como condiciones de insalubridad. En base a lo antes expuesto, el presente trabajo se lleva a cabo con el objetivo principal de dar una mejora eficiente al proceso de escarificado de

quinua mediante la implementación de una máquina que ayude en el proceso productivo. (Alonso Ramos, 2016, p. 25)

#### **1.4.2 *Justificación metodológica***

En el presente proyecto se aplica un método deductivo debido a que se analiza las condiciones actuales en la que trabajan los miembros de ASOALIENU, se evaluó e implemento las mejoras, para realizar mencionadas actividades en el proceso de escarificado de la quinua, se utiliza conocimientos generales referentes a Resistencia de Materiales, elementos de máquinas y electricidad Industrial, mencionados conocimientos adquiridos durante la formación académica.

Las fases del trabajo de titulación mediante la metodología propuesta permiten llevar las actividades planteadas en un orden secuencial sistemático y lógico, de tal manera, que no se podrá pasar a la siguiente actividad de la metodología mientras no se haya culminado con éxito las actividades previas requeridas, esto permite mantener un orden en el avance del proyecto.

#### **1.4.3 *Justificación práctica***

La optimización del desaponificado de la quinua mediante la implementación de una máquina escarificadora, busca facilitar la operación de eliminación de saponina en el proceso post cosecha, optimizar su tiempo de eliminación de residuos en relación con los métodos convencionales.

Con todo esto se considera que el producto va a ser más limpio y sin granos rotos, así también habrá una disminución muy importante en el desperdicio de la quinua. Por otro lado, se busca mejorar el diseño con relación a las máquinas existentes en un proceso productivo real de aprovechamiento la quinua en el sector agrícola.

### **1.5 *Objetivos***

#### **1.5.1 *Objetivo general***

Optimización del de saponificado de la quinua para elaboración de productos derivados mediante la implementación de una máquina escarificadora en la empresa ASOALIENU.

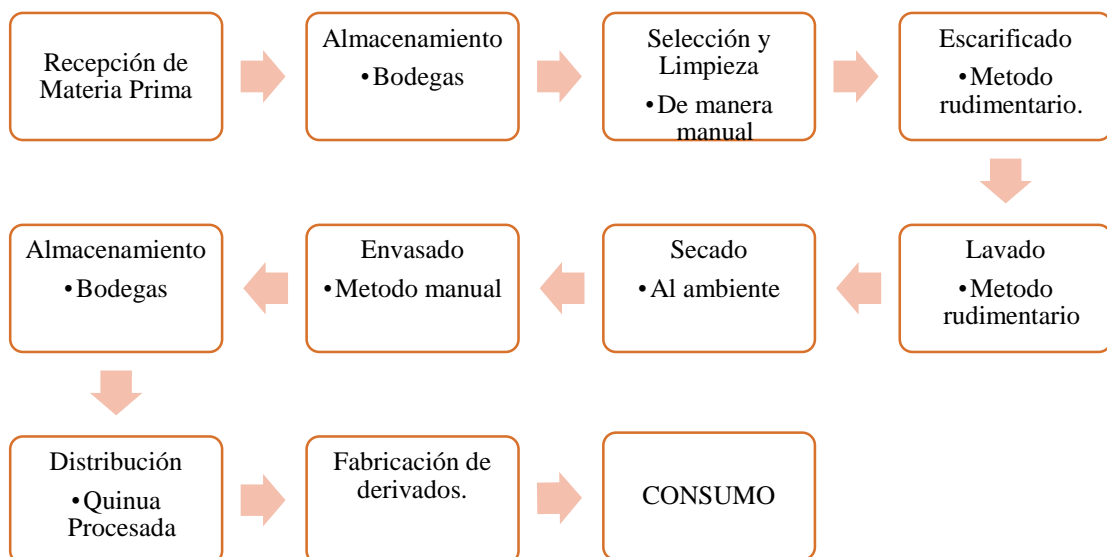
### 1.5.2 *Objetivos específicos*

- Conocer el método actual de desaponificado de quinua.
- Diseñar la máquina escarificadora acorde a la capacidad y al proceso que va a cumplir en la empresa ASOALIENU.
- Implementar los equipos y elementos necesarios el correcto funcionamiento de la maquinaria.
- Comprobar el funcionamiento de la máquina acorde a la capacidad establecida por ASOALIENU, mediante pruebas de funcionamiento.
- Determinar un análisis comparativo del proceso de desaponificado tradicional y el implementado.

### 1.6 **Situación actual de la empresa.**

La empresa Asociación de Producción y Comercialización de Productos Alimenticios Emprendedores Nutriandina. ASOALIENU de la ciudad de Ambato se dedica principalmente al cultivo, cosecha y comercialización de quinua.

#### 1.6.1 *Diagrama de Flujo del Procesamiento pos cosecha de la quinua*



**Gráfico 1-1** Flujo de procesamiento post cosecha  
Realizado Por: Juan Carlos Shunta. 2018

Actualmente la empresa no dispone de maquinaria adecuada para el procesamiento post cosecha, debido a lo que se ve en la necesidad de utilizar los métodos rudimentarios para el proceso además en temporada de bonanza de la quinua se ve en la necesidad de alquilarlos servicios de escarificado, lavado centrifugado y secado en otras empresas de la competencia.

### 1.6.2 *Escarificado Rudimentario*



Gráfico 2-1 Procesamiento manual de quinua  
Realizado Por: Juan Carlos Shunta. 2018

En la actualidad el proceso de escarificado o eliminación de saponina de la quinua emplea métodos rudimentarios siendo esto una pérdida de tiempo, esfuerzo y energía.

### 1.6.3 *Diagrama de Proceso General.*

Se describen las actividades realizadas durante el proceso, determinando el tiempo y número de operación. Tamaño de muestra 120lb.








**Tabla 1-1** Diagrama de proceso Manual

DIAGRAMA DE PROCESO GENERAL				
EMPPRESA	ASOALIENU		DEPARTAMENTO	PRODUCCIÓN
			FECHA	16/5/2017
MAQUINARIA			DIAGRAMA	PROCESO
N/A			MÉTODO	ACTUAL
N°	DESCRIPCIÓN	#		TIEMPO (s)
1	Almacenamiento	1		
2	Transporte desde almacenamiento hasta la sección de escarificado	1		15
3	Tendido de la quinua sobre el suelo	1		60
4	Golpeteo o pisoteado	2		600
5	Venteo de granos	3		120
6	Separación de residuos	4		120
7	Golpeteo o pisoteado	5		600
8	Venteo de granos	6		120
9	separación de residuos	7		120
10	Recolección	8		60
11	Transporte desde en área de escarificado a almacenamiento	3		15
12	Almacenamiento	2		

Realizado Por: Juan Carlos Shunta. 2018

Fuente: Autor.

**Tabla 2-1** Resumen diagrama de proceso manual



RESUMEN		
SÍMBOLO	NÚMERO	TIEMPO(S)
	2	30
	8	1800
	0	0
	2	0
	0	0
		1830

Realizado Por: Juan Carlos Shunta. 2018.

Fuente: Autor.

*Donde:*

**Tabla 3-1** Tabla de simbología.

NOMBRE	SÍMBOLO
Transporte	
Operación	
Demora	
Almacenamiento	
Inspección	

Realizado Por: Juan Carlos Shunta. 2018.

Fuente: Autor.

#### **1.6.4 Convenio ASOALIENU**

El 6 de julio de 2016 en la ciudad de Riobamba se desarrolló la firma para el convenio entre la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo -ESPOCH y la Asociación de Producción y Comercialización de Productos Alimenticios Emprendedores Nutriandina -"ASOALIENU".

Luis Betún, presidente de la asociación "ASOALIENU" expresó que el organismo está conformado por 700 familias de las provincias de Chimborazo y Tungurahua que se dedican a la producción y comercialización de varios productos especialmente de la quinua y el amaranto, su aspiración es llegar a tener una exportación mundial. (ESPOCH, 2016)

El Ing. Marco Vivar docente de la ESPOCH acotó que la iniciativa ha logrado vincular a las facultades de: Recursos Naturales, Informática y Electrónica, Administración de Empresas, Salud Pública y Ciencias, lo que calificó como un gran logro dentro de la academia. (ESPOCH, 2016)

Finalmente sellaron este acuerdo entre las dos instituciones que, de manera conjunta han venido trabajando por cerca de un año.

Este proyecto pretende dar un valor agregado al producto final, en los aspectos económicos y de calidad, debido a que se apoyara a los pequeños productores de nuestra región andina, reduciendo el tiempo de post cosecha y mejorando los rendimientos de producción actuales.

## CAPITULO II

### 2 MARCO TEORICO

#### 2.1 La quinua

La quinua (*Chenopodium quinoa*) tiene una antigüedad, por lo menos, de 5000 años como planta cultivada la quinua se cultiva en el Perú, en Bolivia, Ecuador, Chile, Argentina y Colombia. La quinua era considerada un alimento sagrado, siendo empleada, además, para usos medicinales. La quinua pertenece a la familia *Chenopodiaceae*. Es una planta anual de tamaño entre 1 y 2,5 metros. La panoja tiene entre 15 y 70cm y puede llegar a un rendimiento de 200 g de granos por panoja. Las semillas pueden ser blancas, cafés, amarillas, grises, rosadas, rojas o negras y se clasifican según su tamaño en grandes (2,2-2,6mm), medianas (1,8-2,1mm) y pequeñas (menos de 1,8mm). (Repo de Carrasco, 2008, p. 76)



**Gráfico 1-2** Quinua

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

##### 2.1.1 Fruto

El fruto está constituido del pericarpio (capa del fruto) y la semilla. El pericarpio está adherido a la capa de las semillas y el nivel de adherencia es variable, tiene alveolos en su superficie y la saponina que le da el sabor amargo al grano. El fruto puede alcanzar un diámetro de 1.5 a 3 mm.

### 2.1.2 Semilla

La semilla de la quinua está constituida principalmente por tres partes bien definidas que son:



**Gráfico 2-1** Partes de la quina  
Fuente: (Peralta I., 2010)

Episperma: en ella se ubica la saponina que le da el sabor amargo al grano y cuya adherencia a la semilla es variable con los genotipos (Villacorta, 1976)

Embrión: está formado por dos cotiledones y la radícula y constituye el 30% del volumen total de la semilla, el cual envuelve al perisperma como un anillo, con una curvatura de 320°, es de color amarillo, cuya longitud puede alcanzarlos 3,54 mm. y 0,36 mm. De ancho. (Aguirre, 2015).

Perisperma: está constituido principalmente por granos de almidón y posee es de color amarillento y ocupa el 60% de la superficie de la semilla. (Mujica Sánchez & Jacobsen, 2001)

## 2.2 Proceso de escarificación de la quinua

Proceso fundamental en la post cosecha, se basa en la fricción entre granos por acción mecánica (escarificado), con el propósito principal de eliminar la saponina, combinado con otras impurezas. La saponina, químicamente designada como glucósido, se halla concentrada en el pericarpio (cáscara de los granos de quinua).

Las saponinas se caracterizan por su sabor amargo, en el organismo, las saponinas ocasionan dolor estomacal, náuseas, ligera diarrea y problemas en la digestión. Sin embargo, no perjudican al hombre en las cantidades que normalmente se encuentran después del lavado de la quinua o desaponificado por vía húmeda.

## 2.3 Métodos de eliminación de saponina.

### 2.3.1 Método Tradicional.

Uno de los limitantes del consumo del grano de la quinua es sin duda, el contenido de saponinas, glicoalcaloides que se encuentran en la cubierta del mismo y que le dan un sabor amargo que impide que su consumo sea directo.

Tradicionalmente la eliminación de la saponina se realiza mediante el lavado manual labor ésta que además de ser tediosa, demanda un proceso de secado adicional para evitar la germinación o la aparición de mohos, bacterias y otros microorganismos en el grano húmedo (Nieto & Vimos, 1992).



**Gráfico 3-2** Lava de quinua.  
Fuente: (Nieto & Vimos, 1992)

### 2.3.2 Método mecánico por escarificación o seco

También se conoce como el método seco, que consiste en someter el grano a un proceso de fricción para eliminar las capas periféricas del mismo (que son las que contienen las saponinas), en forma de polvo. Según (Bacigalupo, 1990) nos indican que en Perú y Bolivia se han hecho varias pruebas de desaponificado de quinua por este método. Sin embargo, cada uno de estos intentos presentó dificultades en los procesos seguidos, los que hicieron que los métodos no fueran los más eficientes.

Uno de los estudios más interesantes dentro de este tema es la escarificadora diseñada y construida por Torres y Minaya, en 1980. En este caso, los granos de quinua son sometidos a un proceso

combinado de efecto abrasivo y golpeado, con paletas giratorias sobre tamices estacionarios, los que recogen y separan el polvillo de saponina de los granos. La máquina consta de tres cilindros dispuestos en tres bolillos, de tal forma que los granos en proceso pasan de un cilindro a otro por gravedad. Cada cilindro está provisto de 9 paletas escarificadoras y de 12 paletas transportadoras colocadas sobre el eje giratorio. Los granos que salen del último cilindro, reciben una corriente de aire, que ayuda a separar el polvo y afrechillo, antes de ser recogidos en la salida final. Según los autores, esta máquina escarificadora tiene una eficiencia del 95% y, los contenidos de saponina en el producto final oscilan entre el 0.04 y 0.25%, dependiendo de la variedad utilizada como materia prima. (Torres, 1980)

### **2.3.3 *Método mecánico por lavado o húmedo***

Consiste en someter al grano de quinua a un proceso de remojo y turbulencia, en agua circulante o fija en el recipiente de lavado, la saponina se elimina en el agua de lavado.

Consideraciones:

Tiempos prolongados de tratamiento con agua no mejoran el rendimiento de la extracción de saponina de quinua, por el contrario, incrementan la hidratación del grano, lo que dificulta o encarece el proceso de secado (Nieto & Valdivia, 2001).

Si el contenido de humedad del producto desaponificado no excede de 27%, el secado se puede hacer fácilmente con secadores solares o inclusive con exposición al ambiente (Nieto & Valdivia, 2001).

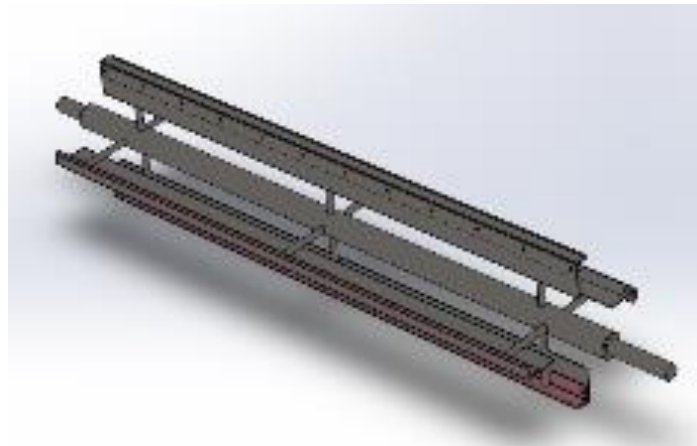
### **2.3.4 *Método combinado.***

Considerando los inconvenientes del desaponificado por el método húmedo y que el método seco no es eficiente para variedades de alto contenido de saponina, lo más aconsejado parecería ser la aplicación de un método combinado para la eliminación de saponificación de la quinua; es decir, primero se aplica un escarificado, con lo que se elimina un alto porcentaje de saponina y luego se somete a un lavado para eliminar el remanente. De esta forma, el grano no es expuesto excesivamente a la humedad y el proceso de secado es mucho más rápido y barato (Nieto & Valdivia, 2001).

## 2.4 Máquina escarificadora

Es una máquina cuya función es pelar los granos de quinua, eliminando la saponina existente en la cascara del cereal, las máquinas existentes tienen mucha similitud debido a que se componen de una tolva que permite el ingreso del grano de quinua a la máquina, un sistema escarificador compuesto por un cilindro escarificador de paletas que se encarga de pelar el grano de quinua, un sistema de ventilación y separación de impurezas compuesto por un ventilador y una malla, por último un ciclón que separa los granos del polvo, obteniendo así quinua escarificada.

En la industria la mayoría de máquinas escarificadoras, entre sus principales elementos para la escarificación de la quinua se emplea el eje con paletas, está constituido por 6 u 10 barras de acero que presentan una forma exterior redondeada y cubierta de placas paralelas al eje, este tipo de eje escarificador “europeo”, y sus características son: Diámetro D comprendido entre 400 y 600 mm; la longitud variable entre 0.80 y 1.80 m y su velocidad generalmente regulable entre 400 y 1600 RPM.



**Gráfico 4-2** Configuración de paletas  
Realizado Por: Juan Carlos Shunta. 2018.

### 2.4.1 Tipos de Escarificadoras en el Mercado

A continuación, se cita tres máquinas escarificadoras que utilizan diferentes tecnologías. Se utilizan en el campo agrícola y en la industria.

### 2.4.2 *Escarificador PT – 800*

Descripción del equipo:

Esta máquina está diseñada para el pelado o escarificado y ventilado simultaneo de la quinua, trigo, cebada y similares.

Construida en acero inoxidable.

II. DATOS TÉCNICOS	
Marca	MINOX SAC
Modelo	PT – 800
Potencia (HP)	4.0
Productividad	0.25 TM de quinua escarificada / hora
Voltaje (voltios)	220 – 380 – 440
Suministro	Trifásico
Vida útil	5.000 horas de operación
Peso (Kg)	230
Para su instalación requiere	Interruptor Termo magnético de 30 amperios



**Gráfico 5-2** Escarificadora MINOX

Fuente: (Alemana, 2013)

Funciones:

- Tolva: Tiene como función permitir el ingreso de la quinua, trigo y similares.
- Tornillo: Tiene como función trasladar la quinua hasta su escarificado.
- Cilindro con paletas: Tiene como función pelar la quinua mediante fricción.
- Mallas: encargada de separar los granos pelados de los que falta pelar y algunos residuos.
- Sistema de ventilado con mallas: Tiene como función separar la quinua de los residuos.
- Ducto de salida: Tiene como función permitir la salida de la quinua pelada.

### 2.4.3 *Escarificador QUI - 300 – NACEV*

Descripción del equipo:

Máquina para desaponificado de la quinua en seco, con opción a lavado con agua. En acero inoxidable.



II. DATOS TÉCNICOS	
Marca	FISHER AGRO
Modelo	QUI - 300 - NAC
Potencia (HP)	3.0 HP
Productividad	0.3 TM de quinua escarificada / hora
Voltaje (voltios)	220 - 380 - 440
Suministro	Monofásico o trifásico
Vida útil	5.000 horas de operación
Peso (Kg)	110
Para su instalación requiere	Interruptor termo magnético de 30 amperios



**Gráfico 6-2** Escarificadora FISHER AGRO  
Fuente: (Alemana, 2013)

Funciones:

- Tolva de carga: Tiene como función permitir el ingreso de la quinua, trigo y similares.
- Filtro: Tiene como función no permitir el paso de sustancias extrañas que pueden atorar o dañar el tornillo (piedras grandes, pedazos de metal, etc.)
- Tornillo: Tiene como función trasladar y pelar la quinua mediante las paletas incorporadas
- Zarandas: encargada de separar los granos pelados de los que falta pelar y algunos residuos.
- Ciclón: Tiene como función separar la quinua de los residuos.
- Dos tolvas de descarga: Tiene como función permitir la salida de la quinua pelada y recepcionarla en costales instalados en esta componente.

#### 2.4.4 *Escarificador MAKU Industrias.*

Descripción del equipo:

Fabricada en acero inoxidable con tambor de metal rotativo y otros detalles. La Quinua se frota entre si separándose la saponina de forma natural y seca.

II. DATOS TÉCNICOS	
<b>Marca</b>	MAKU INDUSTRIAS
<b>Modelo</b>	ESCARIFICADOR
<b>Potencia (HP)</b>	7.0
<b>Productividad</b>	0.5 TM de quinua escarificada / hora
<b>Voltaje (voltios)</b>	220 – 380 – 440
<b>Suministro</b>	Trifásico
<b>Vida útil</b>	5.000 horas de operación
<b>Peso (Kg)</b>	180
<b>Para su instalación requiere</b>	Interruptor Termo magnético de 30 amperios



**Gráfico 7-2** Escarificadora MAKU

Fuente: (Alemana, 2013)

Funciones:

- Tolva de carga: Tiene como función permitir el ingreso de la quinua, trigo y similares.
- Filtro: Tiene como función no permitir el paso de sustancias extrañas que pueden atorar o dañar el tornillo (piedras grandes, pedazos de metal, etc.)
- Tornillo: Tiene como función trasladar y pelar la quinua mediante las paletas incorporadas
- Zarandas: encargada de separar los granos pelados de los que falta pelar y algunos residuos.
- Ciclón: Tiene como función separar la quinua de los residuos.
- Dos tolvas de descarga: Tiene como función permitir la salida de la quinua pelada y deponerla en costales instalados en esta componente.

## 2.5 Normas para la fabricación de maquinaria.

De acuerdo a la resolución No. 14346 Ministerio De Industrias Y Productividad Y La Subsecretaría De La Calidad.

Se establece la reglamentación técnica que comprende la elaboración, adopción y aplicación de reglamentos necesarios para precautelar los objetivos relacionados con la seguridad, la salud de la vida humana, animal y vegetal, la preservación del medio ambiente y la protección del consumidor contra prácticas engañosas ha formulado el Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE

INEN 131 “SEGURIDAD E HIGIENE DE MAQUINARIA PARA PROCESAMIENTO DE ALIMENTOS. (RESOLUCIÓN No. 14346 Ministerio de Industrias y Productividad., 2014)

### **2.5.1 *Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 131.***

El reglamento RTE INEN 131, determina los lineamientos necesarios para las siguientes maquinarias de procesamiento de alimentos, que se comercialice en el Ecuador, sean estos, de fabricación nacional o importadas.

- Maquinaria para panadería, pastelería, galletería o la fabricación de pastas alimenticias
- Maquinaria y aparatos para confitería, elaboración de cacao o la fabricación de chocolate.
- Maquinaria para el procesado de cereales y alimentos para animales
- Maquinaria para mataderos y para el procesado de productos cárnicos.
- Máquinas para el procesado de productos del mar
- Maquinaria para el procesado de frutas y vegetales
- Maquinaria para catering y cocinas industriales
- Maquinaria para bebidas alcohólicas y no alcohólicas
- Maquinaria para la industria láctea
- Máquinas para batidos y máquinas para helados;
- Máquinas para el procesado de aceites y grasas comestibles;
- Máquinas para café y máquinas para torrefacción
- Maquinaria e instalaciones para la industria azucarera
- Maquinaria para la industria cervecera.
- Máquinas para el procesado del tabaco
- Maquinaria para la clasificación de huevos.

Para los efectos de este Reglamento Técnico, se adoptan las definiciones contempladas en la normas UNE-EN 1672-2 y UNE-EN ISO 12100 vigentes. (INEN, 2014)

### **2.5.2 *Normas UNE-EN 1672-2.***

#### **2.5.2.1 *Requerimientos generales para maquinaria de proceso de alimentos.***

- Los materiales deben ser adecuados para el uso previsto.

- Las superficies de los materiales y revestimientos deben ser duraderas, limpiables y, cuando sea necesario, puedan desinfectarse, sin roturas, resistente al agrietamiento, astillado, descamación y abrasión y previene la penetración de materia no deseada bajo el uso previsto.

#### 2.5.2.2 *Área de alimentos*

Además de los requisitos generales, bajo las condiciones de uso previstas, los materiales deberán ser:

- Resistente a la corrosión;
- No tóxico;
- No absorbente (excepto cuando sea técnica o funcionalmente inevitable).
- Los materiales deberán:
- No transferir olores indeseables, colores o manchas a los alimentos;
- No contribuir ni a la contaminación de los alimentos ni a la influencia adversa sobre los alimentos.

### 2.6 *Sistema de Transmisión*

El sistema de transmisión es un conjunto de elementos cuya misión es hacer llegar el movimiento de la fuente hacia las partes motrices de un sistema, en este caso el sistema inicia con un motor eléctrico, que es el encargado de proporcionar la potencia necesaria para el funcionamiento de la máquina.

#### 2.6.1 *Trasmisiones por correa trapecial*

La máquina escarificadora de quinua utilizará bandas trapeciales en V, debido a que este tipo de correas es menos propenso al patinaje que la banda plana. Generalmente se utiliza con poleas acanaladas y ajustables en donde la transmisión debe ser por lo menos continua.

Ventajas:

- Su funcionamiento mucho más silencioso que una transmisión por cadenas o engranajes.
- Absorber los impactos en la transmisión, debido a su elasticidad.

- Poco mantenimiento, no necesita lubricantes como las cadenas o de los engranajes.
- Son fácilmente desacoplables y acoplables.
- En caso de mal funcionamiento del eje de uno de los árboles quede bloqueado, al intentar transmitir el par a través de la polea, se produce el deslizamiento de la misma, por lo que asegura que no se produzcan daños en la máquina.

Desventajas:

- Pretensado inicial, lo cual produce una sobrecarga inicial del eje que puede producir problemas de fatiga.
- Deslizamiento en la transmisión con lo que la relación de transmisión puede sufrir pequeñas variaciones.
- Requiere revisar periódicamente el tensado de la correa.
- Una correa destensada puede tener una disminución de rendimiento de hasta el 5%, o no ser capaz de transmitir nada de potencia.

### **2.6.2 Factor de servicio.**

Este índice permite cuantificar la influencia de las condiciones externas sobre el funcionamiento del reductor. Así, en primera instancia, el factor de servicio se relaciona con las propiedades del servicio de la máquina a ser accionada.

El estudio de este factor nos permite conocer el grado de seguridad con el que operan los reductores de velocidad y depende básicamente del tiempo de operación diaria y todos los factores que indican la cuantía por la que puede sobrecargarse un motor en condiciones ambientales ideales. El factor de servicio, sirve para determinar la vida útil del producto conociendo su funcionamiento.

## **2.7 Sistema Eléctrico**

Un sistema eléctrico es el recorrido de la electricidad a través de un conductor, desde la fuente de energía hasta su lugar de consumo. Todo circuito eléctrico requiere, para su funcionamiento o puesta en marcha, de una fuente de energía y un consumidor en este caso la fuente de energía es la corriente eléctrica y el consumidor el Motor Eléctrico.

### 2.7.1 Botonera.

Una botonera es un conjunto de pulsadores que una vez instalados en un tablero de control o cualquier otro sitio de fácil acceso para el operario, debe estar a vista general los mandos permiten modificar el comportamiento del proceso de la máquina, mediante el envío de señales, generalmente eléctricas que activan o desactivan los elementos que intervienen para el funcionamiento de la máquina. Las botoneras señalizan y desempeñan un papel importante para comunicación hombre-máquina en el control de un proceso. (Ojeda Mera & Ochoa Jaramillo, 2016)



**Ilustración 1-2** Pulsadores  
Fuente: Automatización y electrónica.

### 2.7.2 Contactor

Contactor magnético. Componente electromecánico que tiene por objetivo establecer o interrumpir el paso de corriente, ya sea en el circuito de potencia o en el circuito de control, en caso de ser contactores instantáneos esto ocurre tan pronto se energice la bobina. Es un dispositivo con capacidad de cortar la corriente eléctrica de un receptor o instalación, con la posibilidad de ser accionado a distancia, tiene dos posiciones de funcionamiento: una estable o de reposo, cuando no recibe acción alguna por parte del circuito de mando, y otra inestable, cuando actúa dicha acción. (Carión González, 2013)



**Ilustración 2-1** Contactor  
Fuente: Automatización y electrónica.

### 2.7.3 Relé Térmico

Son dispositivos diseñados para interrumpir las corrientes de falla producidas en el sistema eléctrico que no excedan aquellos niveles para los que se espera que los mismos accionen exitosamente. Estos dispositivos deben ser seleccionados bajo dos criterios:

Corriente en régimen de operación normal.

Nivel máximo de corriente que debe ser capaz de interrumpir en condiciones de falla en el sistema (capacidad de interrupción). El disyuntor seleccionado debe poseer una capacidad de interrupción de corriente igual o superior a la mayor corriente de falla que pueda producirse en el punto del sistema en el cual se encuentre ubicado.



**Ilustración 3-2** Guarda motor

Fuente: Automatización y electrónica.

### 2.7.4 Motor Eléctrico

Un motor eléctrico es una máquina según sea la constitución del motor: núcleo con cable arrollado, sin cable arrollado, monofásico, trifásico, con imanes permanentes o sin ellos; la potencia depende del calibre del alambre, las vueltas del alambre y la tensión eléctrica aplicada. (ECUARED, 2012)



**Ilustración 4-2** Motor eléctrico.

Fuente: (WEG, s.f.)

#### 2.7.4.1 Características generales

Las máquinas eléctricas esgrimen distintos tipos de corriente, que fundamentalmente son: corriente nominal, corriente de vacío, corriente de arranque y corriente a rotor bloqueado.

- **Corriente nominal:** En una máquina, el valor de la corriente nominal es la cantidad de corriente que consumirá en condiciones normales de operación.
- **Corriente de vacío:** Es la corriente que consumirá la máquina cuando no se encuentre operando con carga y es aproximadamente del 20% al 30% de su corriente nominal.
- **Corriente de arranque:** Todos los motores eléctricos para operar consumen un excedente de corriente, mayor que su corriente nominal, que es aproximadamente de dos a ocho veces superior.
- **Corriente a rotor bloqueado:** Es la corriente máxima que soportara la máquina cuando su rotor esté totalmente detenido.
- **Rendimiento:** es el cociente entre la potencia útil que generan y la potencia absorbida, habitualmente se representa con la letra griega  $\eta$ .
- **Velocidad de poco giro o velocidad nominal:** es la velocidad angular del cigüeñal, es decir, el número de rotaciones por minuto (RPM) a las que gira. Se representa por la letra  $n$ .
- **Potencia:** es el trabajo que el motor es capaz de realizar en la unidad de tiempo a una determinada velocidad de giro. Se mide normalmente en caballos de vapor (CV), siendo 1 CV igual a 736 vatios. (Martínez García, 2014)
- **Par motor:** es el momento de rotación que actúa sobre el eje del motor y determina su giro. Se mide en  $\text{kg}\cdot\text{m}$  (kilogramos por metro) o lo que es lo mismo newton-metro (Nm.), siendo 1  $\text{kgm}$  igual a 9,81 Nm ( $9,81 \text{ kg}\cdot\text{f}\cdot\text{m}$ ). Hay varios tipos de pares, véanse por ejemplo el par de arranque, el par de aceleración y el par nominal.



## CAPITULO III

### 3 DISEÑO Y CONSTRUCCION.

#### 3.1 *Parámetros de diseño.*

En esta etapa del diseño se elabora el concepto de requerimientos de la maquinaria y se determina los principios tecnológicos, el orden cronológico de las operaciones, los procesos técnicos para determinar la estructura de funciones final de la máquina escarificadora.

De acuerdo a los requerimientos de la empresa se establece que la máquina debe tener una capacidad entre (250-300) Kg/h. y conexión Trifásica al sistema eléctrico.

#### 3.1.1 *Esquema de Caja Negra.*

Es la representación esquemática del Conjunto de parámetros de diseño en el cual se representan tres magnitudes básicas de entrada y salida: materia, energía y Señales.



**Ilustración 1-3** Diagrama caja negra.

Realizado por: Juan Carlos Shunta. 2018

## **Definiciones:**

### ENTRADAS:

Energía: Mecánica, proveniente de motor, energía eléctrica.

Señales: Inicia el funcionamiento de la máquina, pulso eléctrico.

Materia: Quinoa con saponina.

### SALIDAS:

Energía: Energía calorífica, cinética movimiento de quinoa, vibraciones.

Señales: Indicador de un buen funcionamiento.

Materia: Quinoa escarificada

Desperdicios: Saponina, polvo, etc.

### **3.1.2 *Proceso Técnico.***

Mediante el análisis de las máquinas escarificadoras existentes en el mercado y el esquema de la caja negra se ha identificado los procesos técnicos que realiza la escarificadora de quinoa, según sus principales funciones y secuencia de operaciones.

1. Alimentación: Colocación la quinoa en la tolva (elemento descarga).
2. Traslado: Traslado la quinoa al sistema escarificador, mediante gravedad.
3. Escarificado: Pelado de la quinoa en el sistema escarificador.
4. Expulsión: Expulsar la quinoa completamente pelada.

### **3.1.3 *Matriz Morfológica***

Definiciones:

M1= Máquina PT-800

M2= Máquina QUI-300-NACEV

M3= Máquina MAKU

MP= Máquina Propuesta

A continuación, se presenta la matriz morfológica de las máquinas existentes en el mercado, menciona nada anterior mente.

**Tabla 1-3** Matriz Morfológica

FUNCIONES	ELEMENTOS		
	M1	M2	M3
			
Alimentación	Tolva	Tolva	Tolva
Traslado	Tornillo	Tornillo	Tornillo
Escarificado	Cilindro	Rodillo	Paletas
Expulsión	Plancha	Tubería	Tubería

**Realizado por:** Juan Carlos Shunta. 2018

**Fuente:** Autor

Matriz morfológica de Propuesta.

**Tabla 2-3** Matriz Propuesta

FUNCIONES	ELEMENTOS
	MP
Alimentación	Tolva
Traslado	Gravedad
Escarificado	Paletas
Expulsión	Tubería

**Realizado por:** Juan Carlos Shunta. 2018

**Fuente:** Autor

### 3.1.4 Evaluación de los Conceptos de Solución

Mediante el análisis de la matriz morfológica de las máquinas existentes en el mercado y las especificaciones de la propuesta de diseño, se procederá a hacer un análisis técnico, económico de las posibles soluciones, de esta manera establecer la solución más adecuada.

**Tabla 3-1** Matriz de análisis técnico.

Características	M1	M2	M3	M4	MI
Función	3	3	3	3	4
Geometría	2	3	3	3	4
Cinemática	3	3	3	3	4
Fuerzas	2	1	2	2	4
Energía	2	2	2	3	4
Materia	3	3	3	3	4
Tecnología	3	3	3	2	4
Fabricación	3	3	3	3	4
Montaje	1	2	2	3	4
Transporte	1	1	1	2	4
Uso	2	2	2	3	4
Mantenimiento	3	3	3	3	4
Puntaje Total	28	29	30	33	48

Realizado por: Juan Carlos Shunta. 2018

Fuente: Autor

#### Valoraciones

0 = No satisface

1 = Aceptable a las justas

2 = Suficiente

3 = Bien

4 = Muy bien (ideal).

**Tabla 4-3** Matriz de análisis económico

Características	M1	M2	M3	M4	Mi
Costo de los Materiales	1	2	2	3	4
Costo de Fabricación	2	2	2	3	4
Costo de Montaje	3	3	3	3	4
Productividad	3	3	3	3	4
Número de Piezas	1	2	2	3	4
Costo de Mantenimiento	2	2	2	2	4
Costos de Transporte	2	2	3	3	4
Puntaje Total	14	16	17	20	28
Ponderaciones	0,5	0,57	0,61	0,71	1

Realizado por: Juan Carlos Shunta. 2018

Fuente: Autor

## Valoraciones

0 = No satisface

1 = Aceptable a las justas

2 = Suficiente

3 = Bien

4 = Muy bien (ideal).

Realizado el análisis técnico y económico se procede analizar las ponderaciones para determinar la solución factible para la mejora del proceso de escarificado.

## Matriz de solución factible

**Tabla 5-3** Tabla de conclusiones de maquinaria.

Proyecto	Valor Técnico	Valor Económico
M1	0,58	0,5
M2	0,60	0,57
M3	0,63	0,61
M4	0,69	0,71

**Realizado por:** Juan Carlos Shunta. 2018

**Fuente:** Autor

## Valoraciones:

0 = No satisface

1 = Aceptable a las justas

2 = Suficiente

3 = Bien

4 = Muy bien (ideal).

De la tabla de conclusiones obtenida mediante el análisis económico y técnico se determina que la mejor decisión para mejorar el escarificado de la quinua es mediante el diseño de la Máquina M4.

### 3.2 *Material de la maquina escarificadora.*

De acuerdo a la norma INEN 131, se analiza el material más idóneo para la fabricación de la máquina escarificadora de quinua. Teniendo en cuenta los lineamientos vigentes en la Norma UNE-EN 1672-2, en la cual especifica los requerimientos generales para maquinaria de proceso de alimentos.

**Tabla 6-3** Selección de Material

Especificación	Material		
	PP	AISI 304	ASTM A-123
Resistente a la corrosión	2	4	3
No tóxico	2	4	3
No absorbente	2	3	3
No transferir olores indeseables, colores o manchas a los alimentos	2	3	3
Ausencia de recubrimientos de fácil deterioro.	2	4	3
Óptima capacidad de limpieza y en consecuencia, elevado grado de eliminación de bacterias.	0	3	2
<b>Ponderacion</b>	<b>0,36</b>	<b>0,75</b>	<b>0,61</b>

**Realizado por:** Juan Carlos Shunta. 2018  
**Fuente:** Autor

Nota:

AISI 304: Acero inoxidable

ASTM A-123: Acero galvanizado.

PP: Polipropileno.

De acuerdo a las normas establecidas, y a el análisis de las ponderaciones de los materiales, se determina que el material más idóneo para la fabricación de la maquina Escarificadora es el Acero Inoxidable AISI 304.

### 3.3 Sistema de escarificado.

De acuerdo al análisis de la morfología de las máquinas existentes en el mercado, se referencia que el sistema de escarificado consiste de paletas u tortillos que giran en un eje friccionando los granos de quinua con una superficie rugosa, para de esta manera eliminar la saponina existente en el grano. Por consiguiente, el sistema de escarificado consta de una malla y paleta.

#### 3.3.1 Malla perforada para escarificado.

Para la selección de la malla de retención de quinua, se analiza el diámetro de la quinua, para seleccionar el tipo de malla que permita la salida de la saponina y residuos de quinua y no permita el paso de la semilla.

La clasificación del grano se realizó según la norma boliviana NB312004 (IBNORCA, 2007), empleando material obtenido de un ensayo agronómico conducido en la gestión agrícola 2013-2014 en las localidades del altiplano Central (K'iphak'iphani) y el altiplano Sur (Buena Vista), bajo el diseño experimental de Bloques Completos al Azar.

**Tabla 7-3** Malla de escarificado ASTM

Clase	Tamaño de grano	Diámetro Promedio de grano en (mm.)	Tamaño de malla
Especial	Extra grande	Mayores a 2,0	85% Retenido en la malla ASTM 10
Primera	Grande	Entre 2.0 a 1,7	85% Retenido en la malla ASTM 12
Segunda	Mediano	Entre 1,4 a 1,7	85% Retenido en la malla ASTM 14
Tercera	Pequeño	Menores a 1,4	

**Realizado por:** Juan Carlos Shunta. 2018

**Fuente:** Malla ASTM E10, 2010

Determinación de la clase de grano de quinua e función a su diámetro promedio.

**Fuente:** (IBNORCA, 2007)

Se selecciona una malla de retenido ASTM 10 de acero inoxidable, debido a que el diámetro promedio la quinua con que se trabajara es mayor a 2mm.

La malla tiene la forma de una semicircunferencia debido a que será la superficie de contacto a las paletas escarificadoras y estas giran sobre un eje. Dicha forma es más beneficiosa debido a que tiene mayor zona de contacto.



**Ilustración 2-3** Malla escarificado  
Realizado por: Juan Carlos Shunta. 2018

### 3.3.2 Paleta escarificadora.

**Tabla 8-3** Paleta escarificadora.

PALETAS ESCARIFICADORAS				
	P1	P2	P3	IDEAL
				
Funcionalidad	3	3	3	4
Superficie de contacto	2	2	3	4
Facilidad de Montaje	3	2	3	4
Número de elementos	2	3	2	4
Arrastre de carga	2	2	2	4
Facilidad de fabricación	3	2	3	4
Ponderación	0,63	0,58	0,66	1

**Realizado por:** Juan Carlos Shunta. 2018

**Fuente:** Autor

P1:P2:P3: Paletas escarificadoras.



## Valoraciones

0 = No satisface

1 = Aceptable a las justas

2 = Suficiente

3 = Bien

4 = Muy bien (ideal).

Con el análisis de la matriz se determina que la solución más idónea es la paleta escarificadora P3, debido a su mayor área de contacto, facilidad de fabricación y facilidad de montaje.

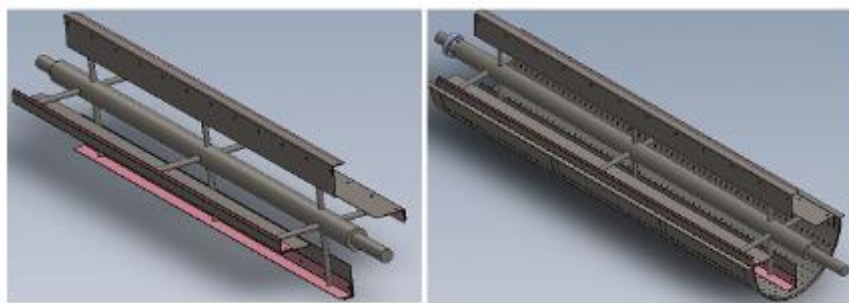
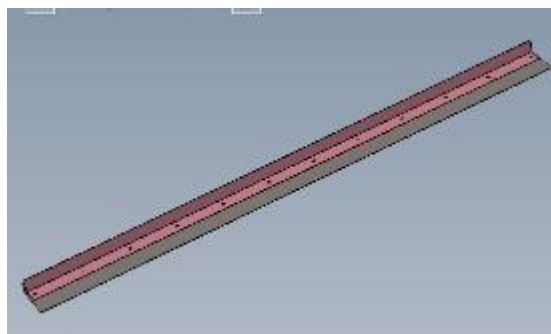


Ilustración 3-1 Paleta escarificadora  
Realizado por: Juan Carlos Shunta. 2018

Las paletas constan de:



**Tabla 9-3** Paleta escarificadora individual.  
Realizado por: Juan Carlos Shunta. 2018

De dos paletas metálicas, una grande y una pequeña, que friccionan sobre la superficie rugosa para generar abrasión entre la semilla y las paredes de la malla de esta manera eliminar la saponina de la quinua.

La paleta grande con su lado menor cumple con la función de friccionar los granos de quinua en la superficie rugosa y con su lado mayor cumple con el arrastre de los granos.

La paleta pequeña cumple con la función de reforzar la zona de fricción de la paleta debido a que el material utilizado será de un espesor de 2mm.

Las dos paletas constan con perforaciones que permitirán el paso de la quinua excedente, cuando la maquina trabaja a su máxima capacidad.

El sistema de escarificado cuenta con cuatro paletas dispuestas paralelas al eje de rotación cumplen la función de escarificar; ya que al girar friccionan al grano contra las paredes de la malla de superficie rugosa, generando el desprendimiento de la saponina y cascara excedentes de la quinua.

### **3.4 Sistema de transmisión**

#### **3.4.1 Potencia necesaria.**

Determinaremos la fuerza que se produce entre la superficie de la malla ASTM 10 que denominaremos superficie de presión y las paletas escarificadoras, se utiliza la siguiente ecuación:

Consideraciones: La presión óptima de escarificado es de 12655Pa. (Maldonado, 2013)

$$F_n = p * A_c \quad (1)$$

Donde:

$F_N$ : Fuerza Normal.

P: Presión.

$A_c$ : Área de contacto.

$$A_c = a_p * L_p * n_p \quad (2)$$

Donde:

Las unidades S y L expresadas en metros. (m)

$a_p =$  *Ancho de contacto de paleta*

$L_p =$  *Longitud de paleta*

$n_p =$  *Numero de Paletas en contacto con la superficie.*

$$A_c = (0,006 * 1,62 * 1)m^2$$

$$A_c = 9,72 \times 10^{-3} m^2$$

Se determina que el área de contacto es:  $A_c = 9,72 \times 10^{-3} m^2$  reemplazamos en la ecuación de la Fuerza Normal.

$$F_n = p * A_c \quad (3)$$

$$F_n = 12655 \frac{N}{m^2} * 9,72 \times 10^{-3} m^2$$

$$F_n = 123N$$

Para que se realice el escarificado, actúan sobre la quinua la fuerza normal y la fuerza de rozamiento entre las paletas y la malla.

Ecuación Fuerza de Rozamiento:

$$F_r = \mu_k * F_n \quad (4)$$

Donde:

$F_r =$  Fuerza de rozamiento

$\mu_k =$  Coeficiente de rozamiento. Ver Anexo A

$F_n =$  Fuerza Normal

$$F_r = 0,57 * 123N$$

$$F_r = 70,11N$$

Como el sistema se mueve con velocidad constante la Fuerza de Fricción es igual a la fuerza aplicada.

$$F_{ap} = F_r$$

$$F_{ap} = 70,11N$$

La Fuerza aplicada total, es igual a la fuerza aplicada por el número de paletas.

$$F_{apt} = F_{ap} * nps \quad (5)$$

$nps = \text{Numero de paletas del sistema}$

$$F_{apt} = 70,11 * 4$$

$$F_{apt} = 280,44 \text{ N}$$

Entonces la potencia necesaria es:

$V: \text{Velocidad}$

$$P_n = F_{apt} * V \quad (6)$$

Para determinar la velocidad, se toma como referencia el estudio de (Alonso Ramos, 2016, p. 78.79) Se determina algunos parámetros de la quinua como el alto ancho y espesos, además de una determinada cantidad de granos de quinua contenidos en un kilogramo.

Diámetro de la quinua: 2,095mm

$\# \text{Granos por Kg} = 301772$

Velocidad angular de las paletas.

$$A_c = a_p * l_p \quad (7)$$

$$CAP = \frac{275Kg}{h}$$

$$A_c = \frac{6}{2,095} * \frac{1620}{2,095}$$

$$Capg = \frac{275Kg * 301772}{60}$$

$$A_c = 2214,61 \text{ granos}$$

$$Capg = 1383122 \text{ Granos /min}$$

$$\omega = \frac{Capg}{A_c} \quad (8)$$

$$\omega = \frac{1383121 \text{ Granos/min}}{2214,61 \text{ Granos}}$$

$$\omega = 625 \text{ RPM}$$

$$\omega = 66 \text{ rad/s}$$

Cálculo Velocidad lineal

$$\omega * r = V \quad (9)$$

$$\frac{66rad}{s} * 0,191m = V$$

$$V = 12,6m/s$$

Reemplazamos V y Fat en Pn

$$P_n = F_{apt} * V$$

$$P_n = 280,44N * 12,6m/s$$

$$P_n = 3535N * m/s$$

### 3.4.2 Torque de eje conducido.

Cálculo de torque de eje

$$\tau = \frac{P_n}{\omega}$$

$$\tau = \frac{3535N * m/s}{66 \frac{1}{s}}$$

$$\tau = 54Nm$$

### 3.4.3 Selección de motor

Hemos determinado que la fuerza aplicada para que el eje empiece a moverse es de 54Nm.

Mediante los parámetros determinados seleccionamos un motor del catálogo WEG ECUADOR, un motor se satisfaga el requerimiento.

Debido a que en el catálogo no se encuentra características similares a las requeridas, es necesario implementar un sistema de poleas y bandas, mediante la selección de un motor que cumpla con características más próximas a las requeridas.

Motor seleccionado: Ver Anexo B

Potencia: 5hp

Velocidad angular: 1710 RPM

Par Nominal: 22,7Nm.

### 3.4.4 Selección del sistema de transmisiones por correa trapecial

Para diseñar un sistema de transmisión por correas, tomamos en cuenta el análisis de velocidad angular del eje conducido, la potencia necesaria, la velocidad de salida del motor el par nominal y la potencia.

- Potencia a transmitir: **Pot = 3645,72 = 5 Hp**
- Polea conducida **n2 = 625 RPM**
- Polea Conductora **n1 = 1710 RPM**
- **Dp = 4in.**
- Horario de trabajo de 8 horas al día

#### 3.4.4.1 Relación de transmisión.

Teniendo en cuenta las consideraciones del numeral anterior procedemos a calcular la relación de transmisión mediante las RPM.

$$i = \frac{n1}{n2} \quad ; \quad i = \frac{1710}{625} \quad ; \quad i = 2,73 \quad (10)$$

A continuación, se calcula la frecuencia de transmisión de la otra polea.

$$i = \frac{Dp}{dp} \quad ; \quad 2,73 = \frac{Dp}{4in} \quad ; \quad Dp = 10,94in$$

En el mercado no se encuentra una polea de 10,9in. Así que mediante los diámetros normalizados se determina que la polea más próxima es de 11in.

$$; \quad Dp = 11in$$

#### 3.4.4.2 Relación de transmisión Corregida.

Mediante la selección de las poleas podemos corregir la relación de transmisión, debido a que estos elementos tienen establecidas sus dimensiones. Y no varían como los cálculos realizados para obtener la velocidad angular del eje conducido, mediante el cual calculamos nuestra relación de transmisión aproximada.

$$i = \frac{Dp}{dp} \quad ; \quad \frac{11in}{4in} = 2,75 \quad ; \quad i = 2.75$$

### 3.4.4.3 Potencia de diseño.

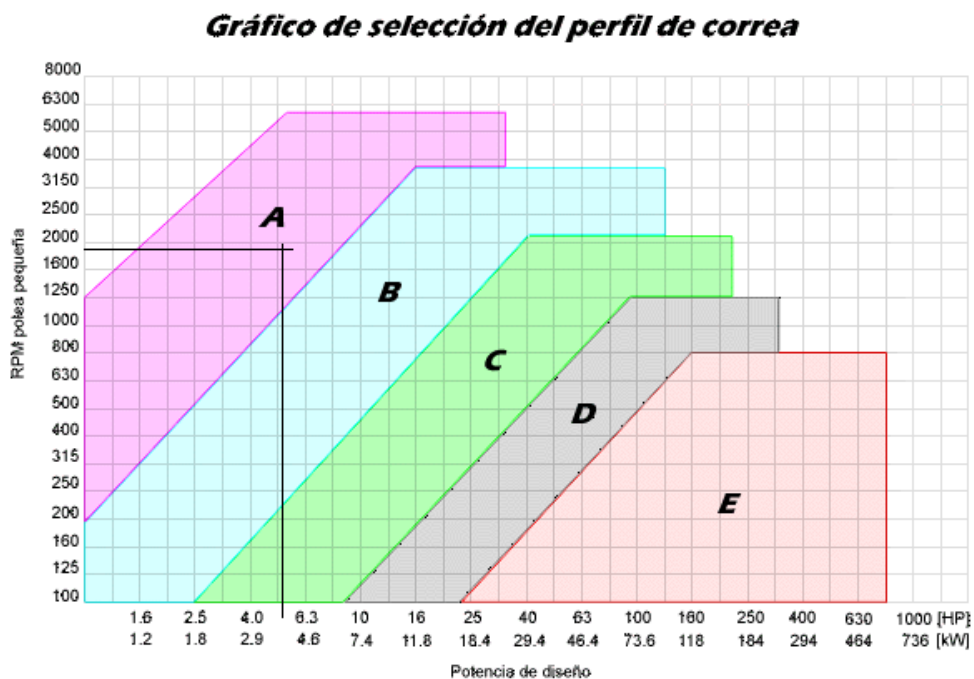
Para determinar la potencia de diseño debemos analizar el factor de servicio de la tabla 1-2 Factor de servicio en el cual se selecciona un factor de servicio de clase medio, una máquina motriz de CA, para una carga horaria de 8 horas laborables, se obtuvo un factor de servicio de  $C_1=1,1$

$$P_D = P * C_1; P_D = 5Hp * 1.1 = 5,5Hp$$

### 3.4.4.4 Selección de correa más adecuada.

Mediante el monograma y tomando en cuenta las rpm del motor seleccionado y la potencia de diseño, seleccionamos el perfil de correa más adecuado.

$$P_D = 5,5Hp \quad ; \quad RPM = 1710$$



**Ilustración 4-3** Selección de Correas.

Fuente: Catálogo Roflex de correas trapezoidales.

Con los datos mencionados anteriormente se obtiene el tipo de correa más adecuado a las necesidades del diseño.

Correa tipo "A"

#### 3.4.4.5 Distancia entre ejes

Es la distancia que se requiere en función del tamaño de las poleas.

Para  $i > a 3$   $C \geq Dp$

$C \geq 4in$

$Dp \leq C \leq 3 * (Dp + dp)$  (11)

$Dp \leq C \leq 3 * (11 + 4)$

$4in \leq C \leq 45$  ;  $101,6mm \leq C \leq 1143mm$

$C = 600mm$

#### 3.4.4.6 Longitud de la correa

La longitud de correa se calcula de acuerdo a la distancia entre centros calculada en el numeral anterior.

$L = (2 * C) + 1,57(Dp + dp) + (Dp - dp)^2 / (4 * C)$  (12)

$L = (2 * 600) + (1,57 * (279,4 + 101,6)) + [(279,4 - 101,6)]^2 / ((4 * 600))$

$L = 1811mm$



LONGITUDES PRIMITIVAS DE LAS CORREAS [mm]				
Nº	Perfil A ( 13 x 8 )	Perfil B ( 17 x 10,5 )	Perfil C ( 22 x 13.5 )	Perfil D ( 32 x 19 )
26	690			
28	741			
31	817			
35	919	932		
38	995	1008		
42	1097	1110		
46	1198	1211		
51	1325	1338	1347	
55	1427	1440		
60	1554	1567	1576	
64	1656	1669		
68	1757	1770	1779	
71	1833	1846		
75	1935	1948	1957	
80	2062	2079	2084	
81		2100	2109	
85	2189	2202	2211	
90	2316	2329	2338	
96	2468		2490	
97	2494	2507	2516	
105	2697	2710	2719	
112	2875	2888	2897	
120	3078	3091	3100	3117
128	3281	3294	3303	3320
136		3497	3506	
144		3701	3710	3727
158		4055	4065	4082

**Ilustración 5-3** Longitudes primitiva nominal

Fuente: Catálogo Roflex de correas trapecoidales.

Una vez calculada la longitud  $L$  de la correa y ser seleccionada  $L_n$ (longitud normalizada) se debe recalcular definitivamente la distancia entre centros de poleas con la siguiente formula:

Perfil A,  $L=1811$  mm,  $N^\circ 71$  y  $L_n=1833$  mm

$$C_c = C \pm \left[ \frac{L-L_n}{2} \right] \quad (13)$$

Signo (+) cuando  $L < L_n$

Signo (-) cuando  $L > L_n$

En este caso tenemos que  $1811 < 1833$ , tenemos que:

$$C_c = 600 + \left[ \frac{1811 - 1833}{2} \right]$$

$$C_c = 611 \text{ mm}$$

La distancia entre centros corregidos es de **611 mm**, debido a que se usa correas normalizadas, y estas permiten modificar la distancia de los centros.

#### 3.4.4.7 *Determinar el arco de contacto menor.*

Para una transmisión con correa abierta se determina con:

$$\alpha_1 = 180 - 57 * \left( \frac{D_p - d_p}{c_c} \right) > 120^\circ \quad (14)$$

$$\alpha_1 = 180 - 57 * \left( \frac{279,4 - 101,6}{611} \right) > 120^\circ$$

$$\alpha_1 = 163,41^\circ > 120^\circ$$

#### 3.4.4.8 *Potencia de correa (P1) y el factor de corrección (C2)*

Conociendo la velocidad del eje rápido, la relación de transmisión  $i$  y la sección, se consulta la tabla correspondiente a la sección de correa utilizada. Se obtiene de ella la potencia que es capaz de conducir una sola correa P1 en HP, este valor se comparara con la potencia de diseño para calcular cuantas correas serán necesarias en su transmisión.

Para realizar el cálculo final se necesitan dos factores de corrección. El primero es el factor C2 que considera a la longitud de la correa. Se obtiene de una tabla pequeña ubicada en la parte baja de la tabla correspondiente a la sección, se ingresa a ella por el número de correa o por la longitud.

**Ver Anexo H**

Debido a que tenemos como dato un diámetro de polea pequeña es de 4in,  **$n_1 = 1710 \text{ r.p.m}$** . Tenemos que interpolar para el diámetro de 4in y 1600RPM.

Se desarrolla de la siguiente manera.

1,5	2,59
2,75	X
3	2,66

$$\frac{3 - 1,5}{2,75 - 1,5} = \frac{2,66 - 2,59}{X - 2,59}$$

$$X = 2,65 \text{ Hp}$$

Tenemos que interpolar para el diámetro de 4in y 1800RPM.

Se desarrolla de la siguiente manera.

1,5	2,82
2,75	X
3	2,90

$$\frac{3 - 1,5}{2,75 - 1,5} = \frac{2,90 - 2,82}{X - 2,82}$$

$$X = 2,89 \text{ Hp}$$

Tenemos que interpolar para 1710 RPM,  $i = 2,75$

Se desarrolla de la siguiente manera.

1600	2,65
1710	X
1800	2,89

$$\frac{1800 - 1600}{1710 - 1600} = \frac{2,89 - 2,65}{X - 2,65}$$

$$X = 2,8 \text{ Hp}$$

$$P1 = 2,8 \text{ Hp}$$

Según estos datos se obtiene el factor de corrección para la longitud de correa a través la siguiente tabla.

Datos:

$$\checkmark N^{\circ}71 ; L_n = 1833 \text{ mm}$$

**Tabla 10-32** Sección de Correa

CORREA N°	31	38	42	46	51	55	60	64	68	75
Longitud correa mm	817	917	995	1097	1198	1325	1427	1554	1757	1935
Factor de corrección	0.84	0.87	0.88	0.90	0.92	0.94	0.96	0.98	1	1,02

**Realizado por:** Juan Carlos Shunta, 2018.

**Fuente:** Catalogo Roflex de correas trapezoidales

Como el número de rpm no se encuentra en el listado debemos interpolar, entre la correa 68 y 75. Se desarrolla de la siguiente manera.

1757	1
1833	X
1935	1,02

$$\frac{1935 - 1757}{1833 - 1757} = \frac{1.02 - 1}{X - 1}$$

$$X = 1,0085 ; C2 = 1,0085$$

#### 3.4.4.9 Cantidad de correas necesarias

El último factor de corrección C3 considera el arco de contacto entre la correa y las poleas que en definitiva la capacidad de transmisión ya que este es un sistema que trabaja por roce.

Tabla 3-3 Selección de C3 para Interpolar

(Dp-dp)/C	0.00	0.10	0.20	0.30	0.40	0.50	0.60	0.70
Arco de contacto	180°	174°	169°	163°	157°	151°	145°	139°
Factor de corrección	1.00	0.99	0.97	0.96	0.94	0.93	0.91	0.89

**Realizado por:** Juan Carlos Shunta, 2018

**Fuente:** Catalogo Roflex de correas trapezoidales

Interpolamos con los valores señalados:

163	0,96
163,42°	X
169°	0,97

$$\frac{169 - 163}{163,42 - 163} = \frac{0,97 - 0,96}{X - 0,96}$$

$$X = 0,965$$

El ángulo de contacto es de  $163^\circ$  por lo tanto el factor de corrección es 0,96

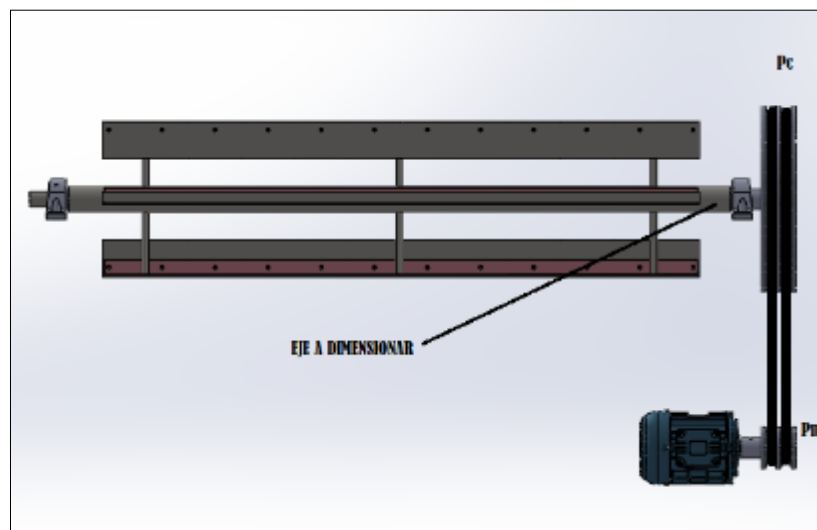
$$C_3 = 0,96$$

$$Z = \frac{P_D}{(C_2 * C_3 * P_c)} \quad Z = \frac{5,5}{(1,0085 * 0,965 * 2,77)} \quad Z = 2 \text{ correa} \quad (15)$$

Se determina que nuestro sistema de transmisión necesita 2 correas Trapezoidales Tipo A, de longitud 1833mm.

### 3.5 Dimensionamiento

#### 3.5.1 Datos del sistema de transmisión



**Ilustración 7-3** Eje a dimensionar  
Realizado por: Juan Carlos Shunta. 2018

Motor:

$$P = 5 \text{HP} = 3.730 \text{KW}$$

$$W = 1710 \text{RPM}$$

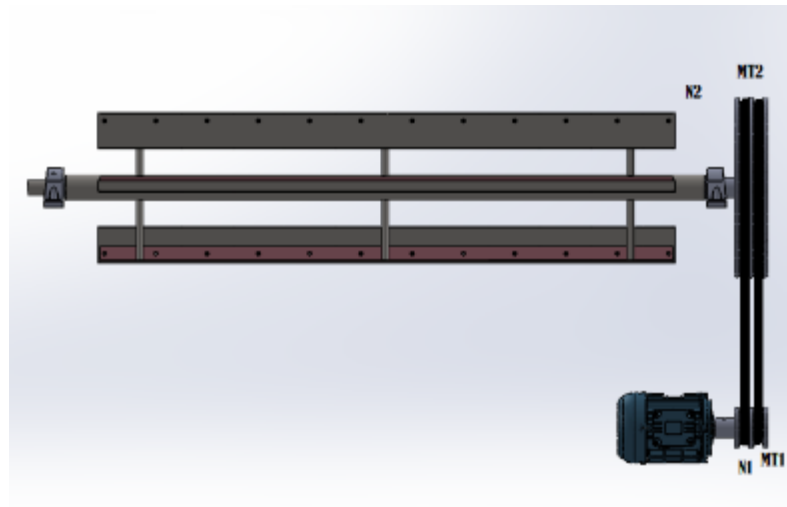
$$M_{T1} = 22,7 \text{Nm}$$

Polea Motriz:  $\phi_{epm} = 4 \text{in.}$

Polea Conducida:  $\phi_{epc} = 11 \text{in.}$

Eficiencia: 97%

### 3.5.2 Determinación de torque en el eje conducido.



**Ilustración 8-3** Torque Eje conducido  
Realizado por: Juan Carlos Shunta. 2018

$$i = 2,75 \quad i = \frac{MT_2}{MT_1} ; MT_2 = MT_1 * i$$

$$MT_2 = 22,7Nm * 2,75$$

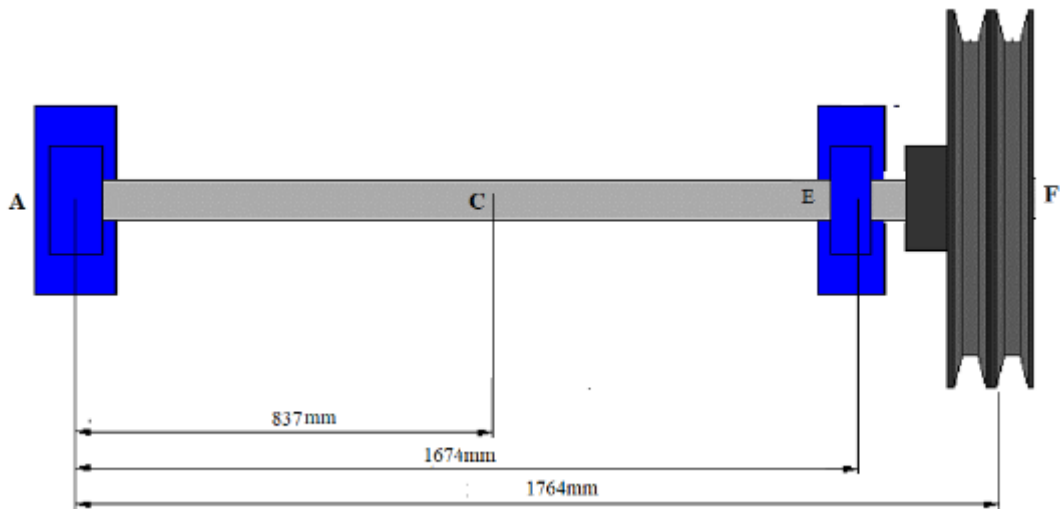
$$MT_2 = 62,425Nm.$$

Eficiencia de la correa 97%.

$$MT_2 = 62,425Nm * 0,97$$

$$MT_2 = 60,56Nm.$$

### 3.5.3 Determinación de fuerzas actuantes sobre el eje.



**Ilustración 9-3** Eje a dimensionar  
Realizado por: Juan Carlos Shunta. 2018

Fuerza polea conducida.

$$T = F_{pc} * d \quad (16)$$

$$F_{pc} = \frac{60,56Nm}{0,14m}$$

$$F_{pc} = 432,57N$$

Fuerza total Polea Conducida

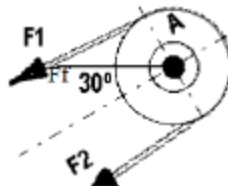
$$W_{pc} = \text{Peso de la polea}$$

$$F_{t_{pc}} = 432,57N + W_{pc}$$

$$F_{t_{pc}} = 432,57N + 32N$$

$$F_{t_{pc}} = 464,57N$$

Debido a que la polea, es influida por la tensión de las correas, se debe determinar la fuerza tangencial, de acuerdo a (BAVARESCO, 2016), se define:



**Ilustración 10-3** Fuerza Tangencial  
Fuente: (BAVARESCO, 2016)

$$F_t = \frac{T}{D/2} \quad (17)$$

Correas Trapezoidales:  $F_f = 1,5 * F_t$   $F_f = 1.5 F_t = 1.5 T / (D/2)$

Correas Planas:  $F_f = 2 * F_t$

$$F_{fy} = \cos 30^\circ F_t \quad (18)$$

$$F_{fz} = \sen 30^\circ F_t \quad (19)$$

$$F_{t_{pcy}} = F_f * \cos 30^\circ; \quad F_{t_{pcy}} = 605N$$

$$F_{t_{pcz}} = F_f * \sen 30^\circ; \quad F_{t_{pcz}} = 302,5N$$

**Donde:**

T=Torque

F<sub>f</sub>: Fuerza Tangencial de la polea

F<sub>f</sub> : Fuerza de Flexión la polea

Fuerza aplicada total calculada en el sistema de transmisión, en el cálculo de Potencia Necesaria

$$F_{apt} = 492 N$$

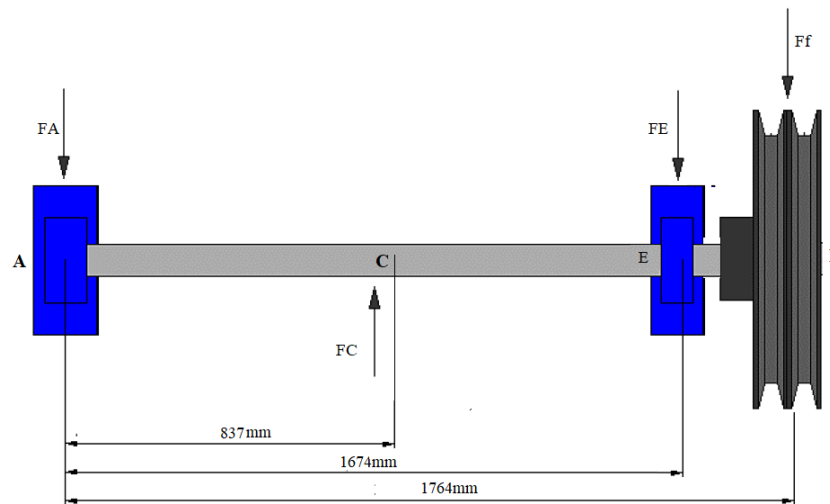
1,75Kg masa las paletas

$$W_c = M.g \quad ; \quad W_c = 1,75Kg * \frac{9,8m}{s^2}; \quad W_c = 17,15N \quad (20)$$

$$F_c = 506N$$



### 3.5.4 Fuerzas en el eje XY



**Ilustración 11-3 Eje XY**  
Realizado por: Juan Carlos Shunta. 2018

$$\sum MA = 0 \quad (21)$$

$$-MC + ME + MF = 0$$

$$R_E = \frac{06N * 0,837m - 605 * 1,764m}{1,674m}$$

$$R_E = -389,5N$$

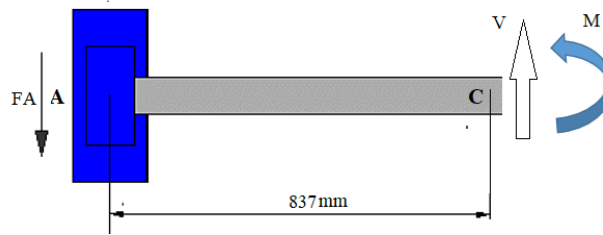
$$\sum Fy = 0 \quad (22)$$

$$F_A - F_C + R_E + Ft_{pcy} = 0$$

$$F_A = 506N + 389,5N - 605N$$

$$F_A = 290,5N$$

Sección AC  $0 \leq x \leq 837$



**Ilustración 12-3** Eje Sección AB  
Realizado por: Juan Carlos Shunta. 2018

$$\sum F_y = 0$$

$$\sum M_C = 0$$

$$F_A - V = 0$$

$$-M_A + M = 0$$

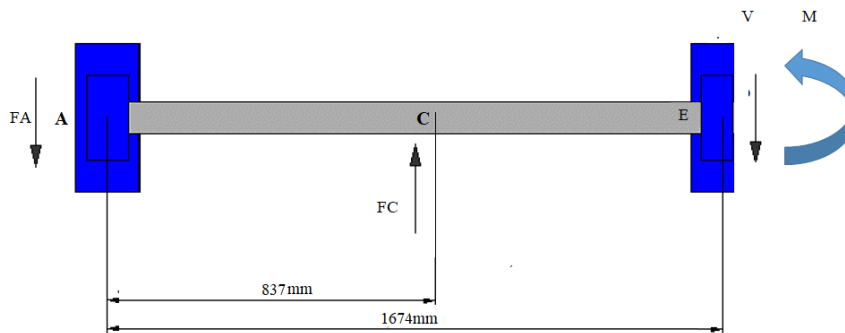
$$V = 290,5N$$

$$M = F_A * x$$

$$M = 290,5x$$

$$M = 243,5Nm$$

Sección CE  $837 \leq x \leq 1674$



**Ilustración 13-3** Eje Sección AC  
Realizado por: Juan Carlos Shunta. 2018

$$\sum F_y = 0$$

$$\sum M_D = 0$$

$$F_A - FC + V = 0$$

$$M_A - M_C + M = 0$$

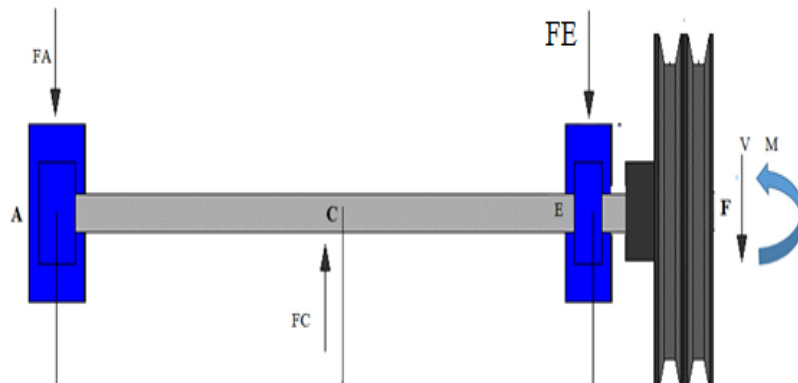
$$V = -290N + 506N$$

$$M = 215,5x - 423,52$$

$$V = 215,5N$$

$$M = -62,77Nm$$

Sección EF  $1674 \leq x \leq 1764$



**Ilustración 14-3** Sección EF  
Realizado por: Juan Carlos Shunta. 2018

$$\sum F_y = 0$$

$$F_A - F_C + F_E + V = 0$$

$$V = -506 - 290 + 389,5N$$

$$V = 605$$

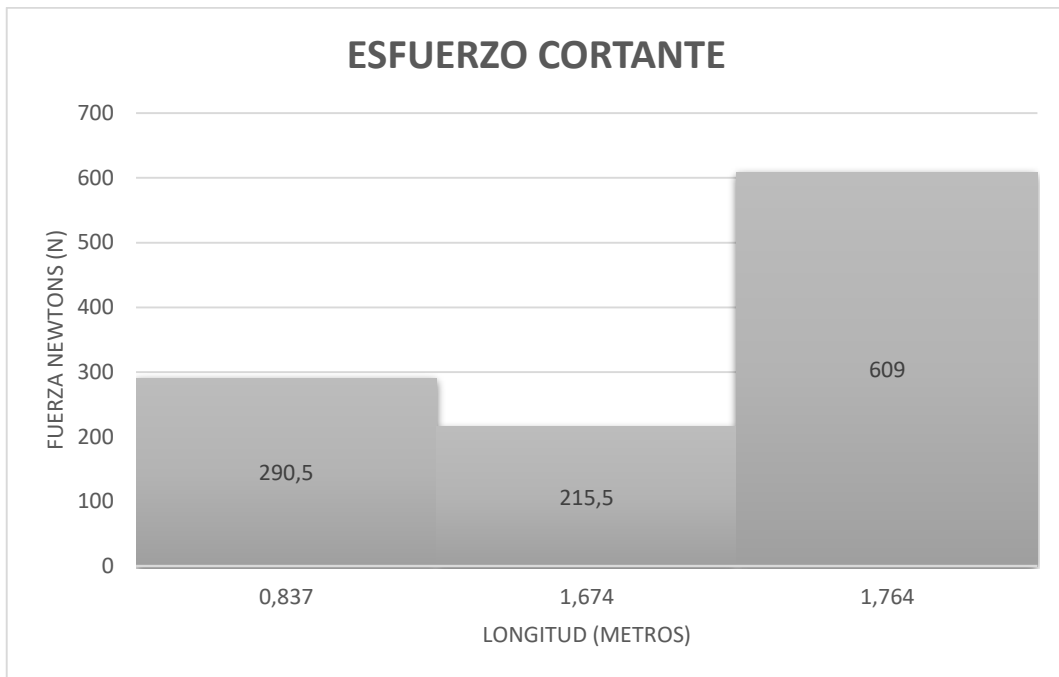
$$\sum M_D = 0$$

$$M_A - M_C + M_E - M = 0$$

$$M = 605x - 1075,54Nm$$

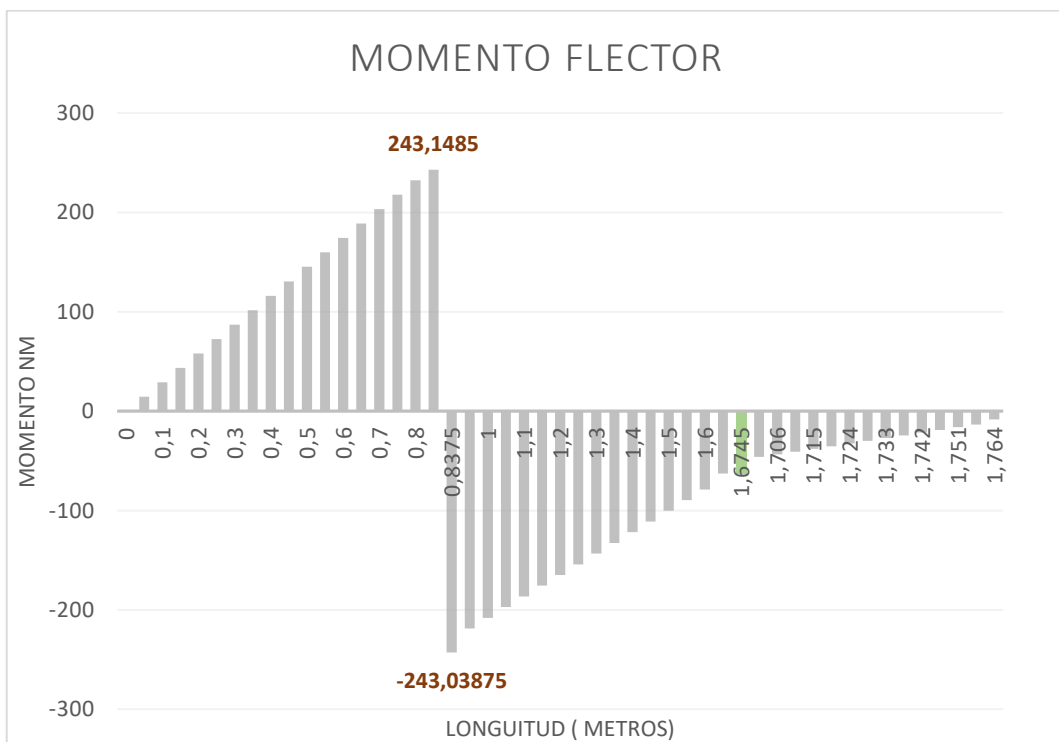
$$M = 0Nm$$

### 3.5.5 Graficas de esfuerzo cortante y momento flector eje XY.



**Ilustración 15-3** Esfuerzo Cortante

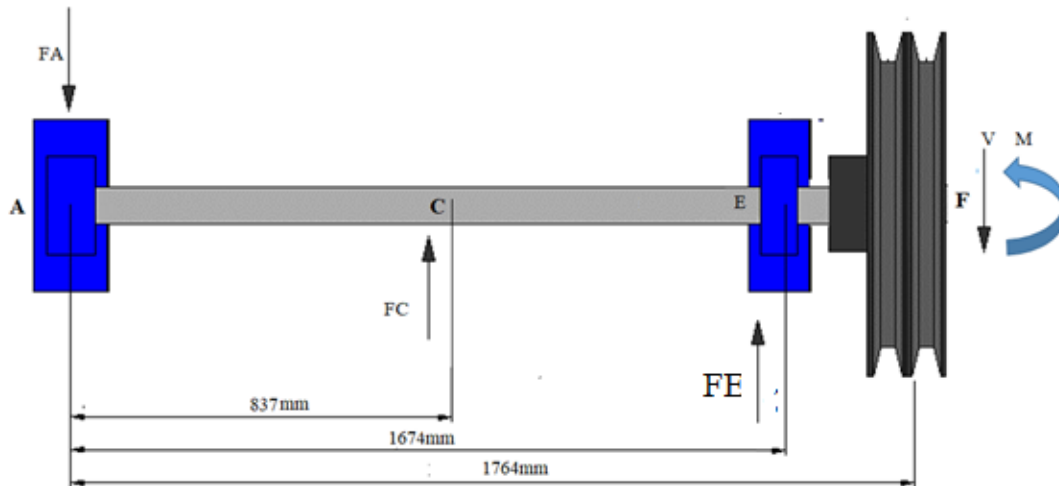
Realizado por: Juan Carlos Shunta. 2018



**Ilustración 16-3** Momento Flector

Realizado por: Juan Carlos Shunta. 2018

### 3.5.6 Fuerzas en el eje XZ



**Ilustración 17-3** Eje XZ  
Realizado por: Juan Carlos Shunta. 2018

$$\sum MA = 0$$

$$-MC + ME + MF = 0$$

$$R_E = \frac{MC - MF}{1,674}$$

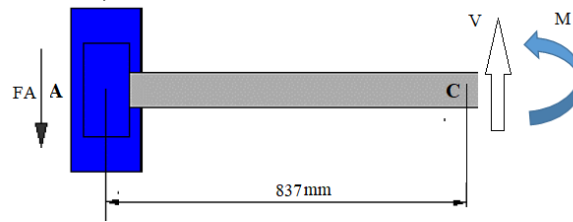
$$\sum Fy = 0$$

$$F_A - F_C + F_E + Ft_{pc}Z = 0$$

$$F_A = 506N + 65,23N - 302,05N$$

$$F_A = 268,73N$$

Sección AC  $0 \leq x \leq 837$



**Ilustración 18-3** Sección AC eje XZ  
Realizado por: Juan Carlos Shunta. 2018

$$\sum F_y = 0$$

$$F_A - V = 0$$

$$V = 268,73N$$

$$\sum M_C = 0$$

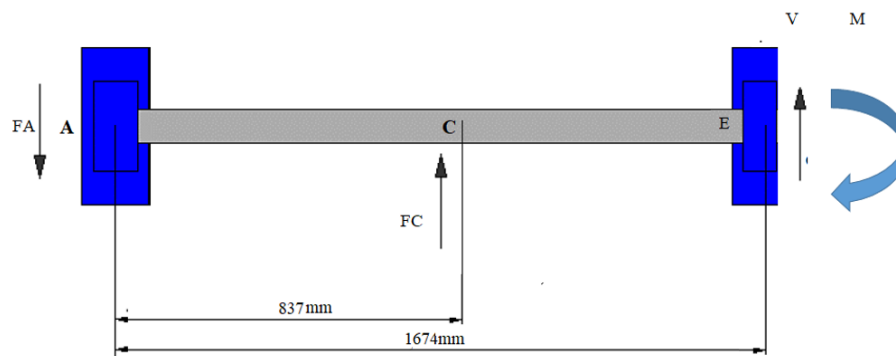
$$-M_A + M = 0$$

$$M = F_A * x$$

$$M = 268,73x$$

$$M = 224,92Nm$$

Sección CE  $837 \leq x \leq 1674$



**Ilustración 19-3** Sección CE eje XZ  
Realizado por: Juan Carlos Shunta. 2018

$$\sum F_y = 0$$

$$F_A - F_C - V = 0$$

$$V = -506N + 269,24N$$

$$V = -237,27N$$

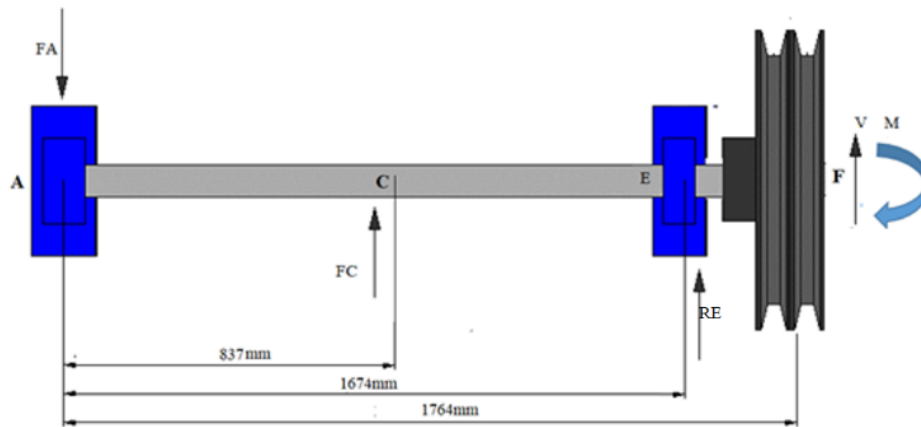
$$\sum M_D = 0$$

$$-M_A + M_C + M = 0$$

$$M = -237,27x + 423,52$$

$$M = 26,33Nm$$

Sección EF  $1674 \leq x \leq 1764$



**Ilustración 20-3** Sección EF eje XZ  
Realizado por: Juan Carlos Shunta. 2018

$$\sum F_y = 0$$

$$F_A - F_C - F_E - V = 0$$

$$V = 268,73N - 506N - 65,23N$$

$$V = -302,5N$$

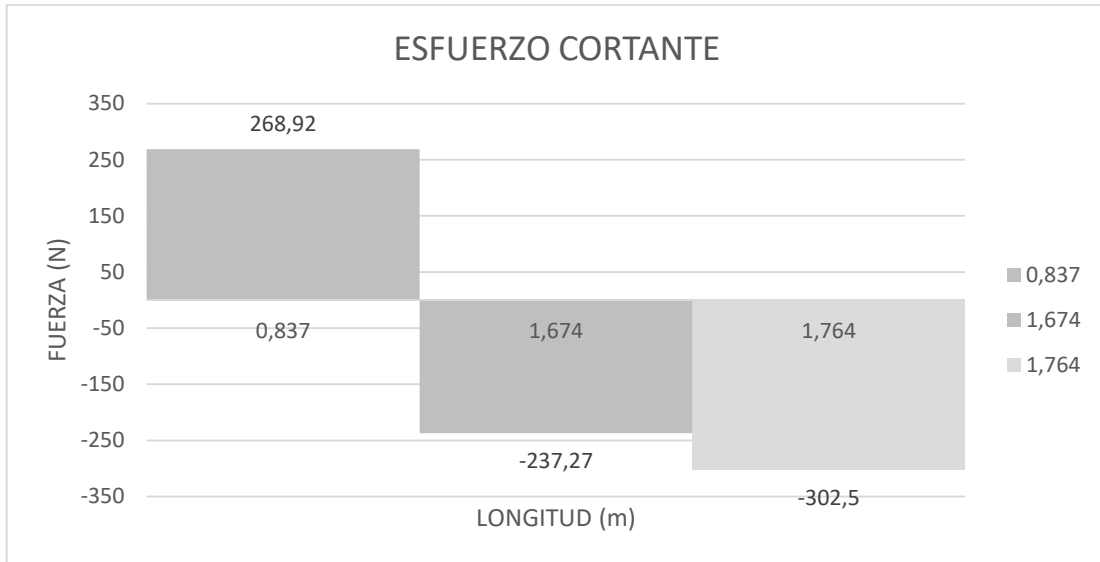
$$\sum M_D = 0$$

$$-M_A - M_C + M_E - M = 0$$

$$M = -302x + 532,71Nm$$

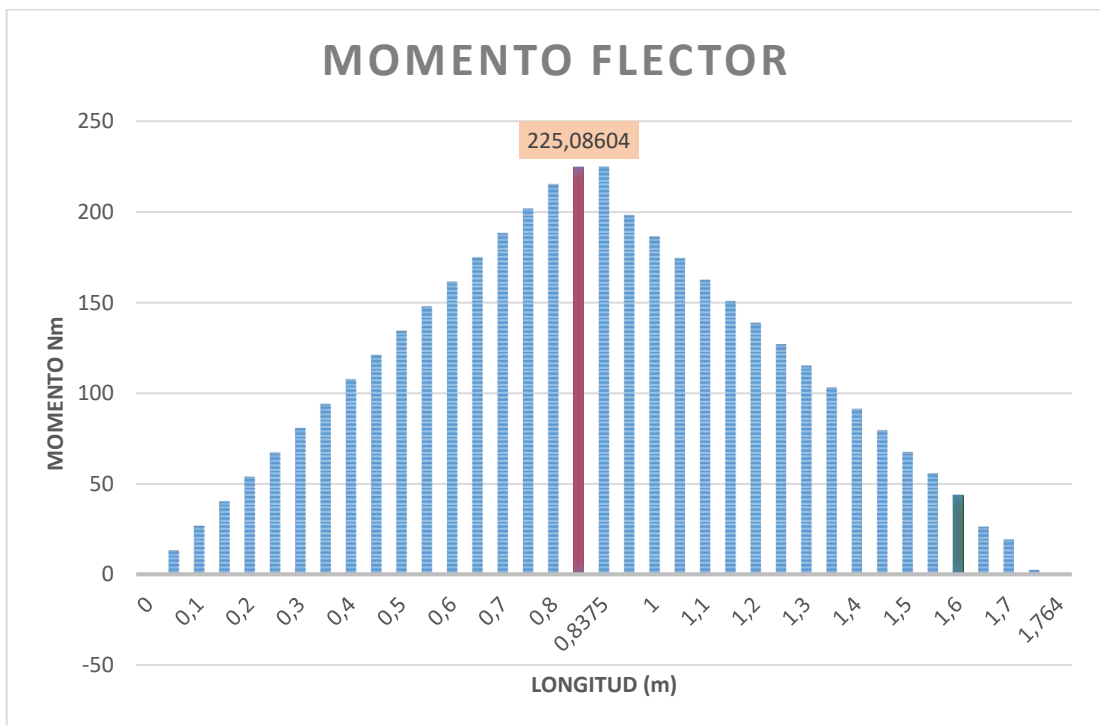
$$M = 0Nm$$

### 3.5.7 Graficas de esfuerzo cortante y momento flector eje XZ.



**Ilustración 21-3** Esfuerzo Cortante

Realizado por: Juan Carlos Shunta. 2018



**Ilustración 22-3** Momento Flector

Realizado por: Juan Carlos Shunta. 2018



### 3.5.8 Determinación de la Superposición de momentos flectores máximos

Una vez que se determina los momentos flectores máximos en cada plano XY y XZ, se reemplaza estos valores en la siguiente ecuación (Pitágoras).

$$M_{\text{máx}} = \sqrt{M_x^2 + M_z^2} \quad (23)$$

$$M_{\text{máx}} = \sqrt{(243,5)^2 + (224,92)^2}$$

$$M_{\text{máx}} = 332,16 \text{ Nm}$$

### 3.5.9 Determinación del esfuerzo cortante en el punto de momento máximo.

Se determina Mediante la siguiente ecuación:

$$T_{xy} = \frac{16 * T}{\pi d^3}$$

Donde:

$T_{xy}$  = Esfuerzo cortante.

T: torque en el eje Nm.

d: Diámetro del eje.

16: Constante eje macizo.

$$T_{xy} = \frac{16 * 54 \text{ N}}{\pi d^3 \text{ m}^2}$$

### 3.5.10 Determinación del esfuerzo de flexión en el punto Crítico

$$\sigma_{XY} = \frac{32 * M_{\text{máx}}}{\pi d^3} \quad (24)$$

Donde:

$M_{\text{máx}}$  = Superposición de momentos flectores máximos (NM)

$\sigma_{XY}$  = esfuerzo de flexión.

d = Diámetro real del eje.

32 = Constante para eje macizo.

$$\sigma_{XY} = \frac{32 * 332,15}{\pi d^3}$$

### 3.5.11 *Determinación del esfuerzo equivalente según el criterio de Tresca y Von Misses Hencky Teorías De Falla*

#### 3.5.11.1 *Selección del material del eje.*

Se selecciona un acero AISI 4140, debido a que el eje no tendrá contacto directo y prolongado con los granos de quinua, por lo que se procede a la selección de un material más accesible y con excelentes propiedades para ejes. Ver Anexo C

#### 3.5.11.2 *Aplicando el criterio de TRESCA se tiene:*

$$\sigma_{eq} = \sqrt{(\sigma_{xy})^2 + 4(\tau_{xy})^2} \quad (25)$$

Donde:

$\sigma_{eq}$ =esfuerzo de equivalente de Tresca. (Pascal)

$\sigma_{xy}$ =esfuerzos axiales. (Flexión) (Pascal)

$\tau_{xy}$ =esfuerzos tangenciales (Pascal)

4= Constante para eje macizo.

$$\sigma_{eq} = \sqrt{\left(\frac{16 * 54 N}{\pi d^3 m^2}\right)^2 + 4 \left(\frac{32 * 332,15}{\pi d^3}\right)^2}$$

Según las teorías de falla

$$\sigma_{eq} = \frac{S_y}{n} \quad (26)$$

Dónde:  $\sigma_{eq}$ =esfuerzo de equivalente

$S_y$ =resistencia a la fluencia del material.

$n$ = factor de seguridad. (Tablas).

$n=2$

$$\frac{S_y}{n} = \sqrt{\left(\frac{16 * 54 N}{\pi d^3 m^2}\right)^2 + 4 \left(\frac{32 * Mmaz}{\pi d^3}\right)^2}$$

$$d = 0,032m; \quad d = 32mm$$

### 3.5.11.3 Aplicando el criterio de VON MISSES HENCKY

$$\sigma_{eq} = \sqrt{(\sigma_{xy})^2 + 3(\tau_{xy})^2} \quad (27)$$

Donde:

$\sigma_{eq}$ =esfuerzo de equivalente de tresca. (Pascal)

$\sigma_{xy}$ =esfuerzos axiales. (Flexión) (Pascal)

$\tau_{xy}$ =esfuerzos tangenciales (Pascal)

4= Constante para eje macizo.

$$\sigma_{eq} = \sqrt{\left(\frac{16 * 54 N}{\pi d^3 m^2}\right)^2 + 3 \left(\frac{32 * 332,15}{\pi d^3}\right)^2}$$

Según las teorías de falla

$$\sigma_{eq} = \frac{S_y}{n}$$

Dónde:

$\sigma_{eq}$ =esfuerzo de equivalente

$S_y$ =resistencia a la fluencia del material.

$n$ = factor de seguridad. (Tablas).

$n=2$

$$\frac{S_y}{n} = \sqrt{\left(\frac{16 * 54 N}{\pi d^3 m^2}\right)^2 + 3 \left(\frac{32 * M_{maz}}{\pi d^3}\right)^2}$$

$$d = 0,03008m; \quad d = 30,08mm$$

Mediante el análisis de los criterios planteados se selecciona en diámetro mediante análisis de TRESCA debido a que este método de falla nos da un diámetro más robusto en comparación del análisis de VON MISSES HENCKY.

Para el eje es  $d = 32mm$ , debido a que en el mercado se obtiene medidas de diámetros normalizados para la adquisición se determina un eje de diámetro  $d = 3,81mm$  equivalente a  $d = 1\frac{1}{2}plg$ .

### 3.6 Selección de rodamiento

Los siguientes datos son tomados en base al análisis del dimensionamiento del eje conducido, debido a que en este se calcularon las reacciones en los puntos de apoyos, tales como los rodamientos.

Fuerza radial:

$$RE = \sqrt{0,3895^2 + 0,06523^2} = 0,4 KN$$

$$RA = \sqrt{0,2905^2 + 0,26873^2} = 0,3038 KN$$

Se busca seleccionar un rodamiento que cumpla con un tiempo de vida útil de 3000 a 8000 horas, debido a que los rodamientos para este tipo de máquinas Ver Anexo D, según el fabricante nos sugiere De acuerdo al catálogo FAG WL 41 520/3 SB, pág. 34, Ver Anexo F, Anexo G. Obtenemos los siguientes datos:

Datos:

✓ Para  $n = 650 \text{ rpm}$  obtengo un  $fn = 0,372$

✓ Para  $6000 \text{ h}$  obtengo  $fl = 2,29$

Rodamiento A

Para la carga dinámica se calcula a través de la siguiente fórmula de aplicación:

$$P = X * Fr + Y * Fa \quad (28)$$

**Fa: Fuerza axial**

Cuando permanece estática, la ecuación toma los siguientes valores

Cuando  $e = 0$  ;

Entonces:  $X = 1$  ;  $Y = 0$

$$RA = 0,3038 \text{ KN} = Fr$$

$$P = 1 * Fr + 0 * Fa$$

$$P = 1 * (0,3038 \text{ KN})$$

$$P = 0,3038 \text{ KN}$$

$$C = \frac{fl * P}{fn} \quad (29)$$

$$C = \frac{2,29 * (0,3038)}{0,372} = 1,86 \text{ KN}$$

Para la carga estática se calcula a través de la siguiente fórmula de aplicación:

$$\frac{Fa}{Fr} \leq 0,8$$

$$0 \leq 0,8$$

$$Po = Fr$$

$$Po = 1,87 \text{ KN}$$

Con un factor de seguridad  $fs=1,5$  para cargas exigentes normales, se determina:

$$Co = fs * Po \quad (30)$$

$$Co = 1,5 * 1,87$$

$$Co = 2,80 \text{ KN}$$

De acuerdo a la determinación de la carga dinámica y estática se procede a seleccionar un rodamiento mediante el catalogo: Rodamientos y unidades de rodamientos Y SKF energéticamente eficientes, Se selecciona el tipo de rodamiento de acuerdo a:

$$C = \text{carga dinámica: } 1,87 \text{KN}$$

$$Co = \text{carga estática : } 2,80 \text{KN}$$

De acuerdo a catalogo observamos cual es la opción más adecuada y se determina que la mejor alternativa es: Rodamiento: E2.YAR 208-108-2F

Ver Anexo

Eje 3,81mm.

$$C = \text{carga dinámica}$$

$$Co = \text{carga estática}$$

$$C = 30,7 \text{ KN}$$

$$Co = 19 \text{ KN}$$

Vida útil:

$$fl = \frac{C * fn}{P}$$
$$fl = \frac{30,7 * 0,372}{1,764} = 6,4$$

fl de 6.4 nos da un vida útil de 38400 horas

Rodamiento E

Para la carga dinámica se calcula a través de la siguiente formula de aplicación:

$$P = X * Fr + Y * Fa$$

**Fa: Fuerza axial**

Cuando permanece estática, la ecuación toma los siguientes valores

Cuando  $e = 0$  ;

Entonces:  $X = 1$  ;  $Y = 0$

$$RE = 0,4 \text{ KN} = Fr$$

$$P = 1 * Fr + 0 * Fa$$

$$P = 1 * (0,4 \text{ KN})$$

$$P = 0,4 \text{ KN}$$

$$C = \frac{fl * P}{fn}$$

$$C = \frac{2,29 * (0,4)}{0,372} = 2,46 \text{ KN}$$

Para la carga estática se calcula a través de la siguiente formula de aplicación:

$$\frac{Fa}{Fr} \leq 0,8$$

$$0 \leq 0,8$$

$$Po = Fr$$

$$Po = 2,46 \text{ KN}$$

Con un factor de seguridad  $f_s=1,5$  para cargas exigentes normales, se determina:

$$Co = fs * Po$$

$$Co = 1,5 * 2,46$$

$$Co = 3,7 \text{ KN}$$

De acuerdo a la determinación de la carga dinámica y estática se procede a seleccionar un rodamiento mediante el catalogo: Rodamientos y unidades de rodamientos Y SKF energéticamente eficientes, Se selecciona el tipo de rodamiento de acuerdo a:

$$C = \text{carga dinámica: } 2,46 \text{ KN}$$

$$Co = \text{carga estática : } 3,7 \text{ KN}$$

De acuerdo a catalogo observamos cual es la opción más adecuada y se determina que la mejor alternativa es: Rodamiento: E2.YAR 208-108-2F, Ver Anexo E.

Eje 3,81mm.

$$C = \text{carga dinámica}$$

$$Co = \text{carga estática}$$

$$C = 30,7 \text{ KN}$$

$$Co = 19 \text{ KN}$$

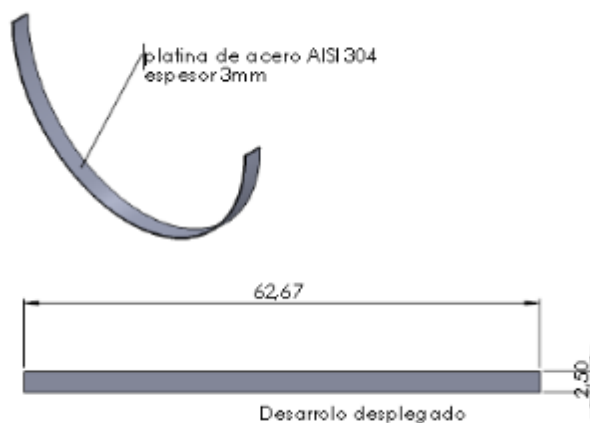
Vida útil:

$$fl = \frac{C * fn}{P}$$
$$fl = \frac{30,7 * 0,372}{0,734} = 15,5$$

fl de 15,5 nos da un vida útil de 93000 horas

### 3.7 *Platina de sujeción y soporte de la malla de escarificado.*

La platina de sujeción cumple la función de dar soporte y mantener la malla de escarificado en la ubicación exacta, y a la distancia determinada para que esta cumpla la función de friccionar los granos de quinua entre la paleta y la malla de escarificado.



**Ilustración 23-3** Platina de soporte

Realizado por: Juan Carlos Shunta. 2018

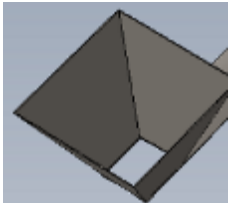


### 3.8 *Sistema de Alimentación.*

El grano de quinua previamente limpio y clasificado ingresa a la máquina escarificadora mediante la tolva de alimentación, por gravedad.

Para lo cual se analiza las distintas opciones de tolvas de alimentación, mediante los parámetros de funcionalidad, regulación de flujo de ingreso, montaje, la capacidad de almacenamiento, y la facilidad de fabricación.



**Tabla 12-3** Selección de Tolva

TOLVAS			
	T1	T2	T3
			
Funcionalidad	3	3	3
Regulación de Flujo	3	2	2
Montaje	2	2	2
Capacidad	2	2	3
Facilidad de fabricación	3	2	2
Ponderación	0,65	0,55	0,6

Realizado por: Juan Carlos Shunta. 2018

P1: Tolva Trapezoidal

P2: Tolva Mixta

P3: Tolva Cilíndrica

Valoraciones

0 = No satisface

1 = Aceptable a las justas

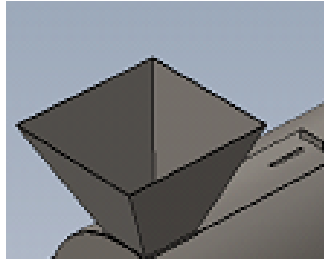
2 = Suficiente

3 = Bien

4 = *Muy bien (ideal)*.

### 3.8.1 *Diseño de la tolva y tapa de alimentación.*

Mediante el análisis de los mencionados parámetros en la matriz de ponderaciones, se determina que la mejor opción para el sistema de alimentación es una tolva trapezoidal.

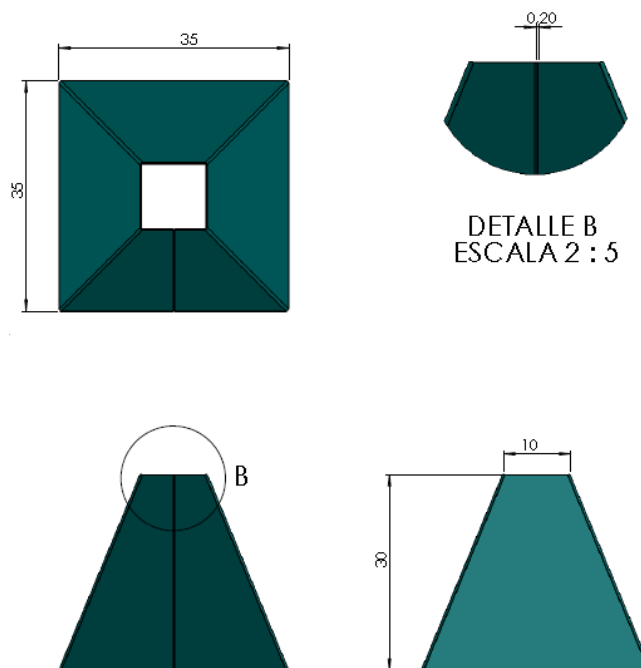


**Tabla 13-4** Tolva

Realizado por: Juan Carlos Shunta. 2018

Debido a que esta permite mantener un flujo constante en la entrada de la máquina debido a que la quinua es receptada desde canales de salida de la máquina clasificadora. La tolva almacena la quinua en pocas cantidades y esta puede ser dosificada de manera adecuada mediante la tapa de regulación que se encuentre entre la tolva y la entrada a la cámara de escarificación.

La tolva es de forma trapezoidal con una boca de entrada de 35cm X 35 cm y apertura de alimentación de 10 cm X 10 cm, permitiendo mantener en reposo 23,625dm<sup>3</sup> de quinua.



**Tabla 14-3** Dimensionamiento Tolva

Realizado por: Juan Carlos Shunta. 2018

La tolva de alimentación es diseñada en chapa metálica de acero AISI 304, debido a que tendrá contacto permanente con los granos de quinua.

### 3.9 Tapa de la cámara de escarificado.

La tapa de la cámara de escarificado cumple con la función de cubrir el sistema de paletas debido a que este no puede estar expuesto al ambiente, cumple con la función de hermetizar el sistema de escarificado conjuntamente con el cuerpo de recolección de saponina.

**Tabla 15-3** Tapa de escarificadora

TAPA DE ESCARIFICADOR			
	T1	T2	IDEAL
			
Funcionalidad	3	3	4
Geometría	4	3	4
Montaje	3	3	4
Costo	3	3	4
Facilidad de fabricación	3	2	4
Tiempo de fabricación	2	3	4
Ponderación	0,75	0,70	1

**Realizado por:** Juan Carlos Shunta. 2018

**Fuente:** Autor

T1:T2: Tapa de escarificador

Valoraciones

0 = No satisface

1 = Aceptable a las justas

2 = Suficiente

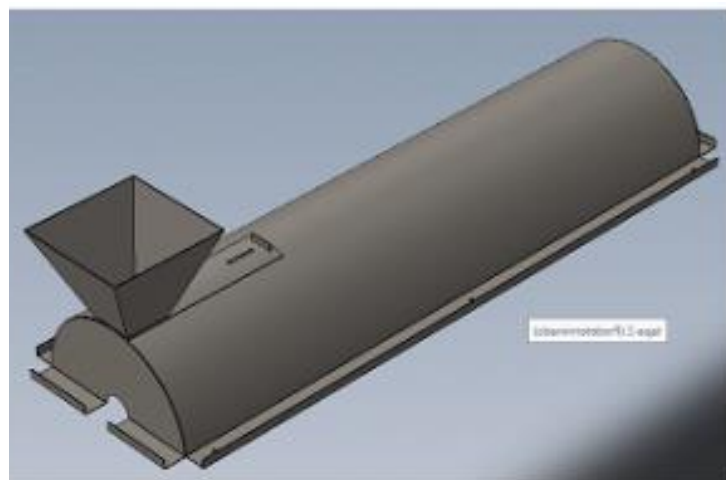
3 = Bien

4 = Muy bien (ideal).

Mediante el análisis de la tabla de ponderaciones, se determina que la geometría de la tapa de escarificación debe ser semicircular, debido a que se acopla de mejor manera a la cámara de escarificación, reducen espacios, material y por ser de fácil fabricación.

Los cortes del material en la base de forma semicircular sirven para que los ejes de las paletas escarificadoras puedan salir de la cámara de escarificado para que estas se acoplen al sistema de transmisión.

Los dobleces en el contorno sirven para sujeción y hermeticidad con el cuerpo de recolección de saponina, además de proporcionar una facilidad para el montaje y desmontaje en los mantenimientos programados.



**Ilustración 24-3** Tapa escarificadora  
Realizado por: Juan Carlos Shunta. 2018

### ***3.10 Diseño del Cuerpo de recolección de saponina.***

La recolección de saponina se la realizara mediante la carcasa de acero inoxidable AISI 304, con dimensiones de 1500 x 405, dichas dimensiones se referencias al largo y ancho de la paleta escarificadora que se alojara en el cuerpo de recolección.

La función que cumple es soporte la cámara de escarificado y recolectar la saponina eliminada en el proceso, para posteriormente ser evacuada de su interior.

C1: Cuerpo de recolección Cuadrado

C2: Cuerpo de recolección Trapezoidal

Valoraciones

0 = No satisface


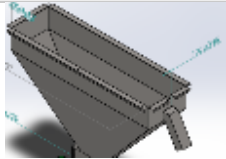
1 = Aceptable a las justas

2 = Suficiente

3 = Bien

4 = Muy bien (ideal).

**Tabla 16-3** Selección de Cuerpo de Recolección

CUERPO DE RECOLECCION			
	C1	C2	
			IDEAL
Funcionalidad	3	3	4
Optimización Material	2	3	4
Geometría	1	3	4
Capacidad	3	2	4
Facilidad de fabricación	3	2	4
Ponderación	0,6	0,65	1

Realizado por: Juan Carlos Shunta. 2018

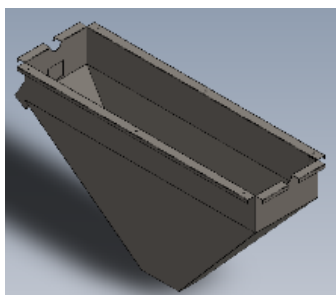
De acuerdo a los resultados de la tabla de ponderaciones, se determina que la mejor opción de Cuerpo de recolección de saponina es C2 Cuerpo de recolección trapezoidal, debido a que direcciona la saponina a un punto específico de su base, facilitando su extracción del interior de la máquina escarificadora.

Dimensiones: Se toma en cuenta la longitud del eje debido a que el eje es la referencia máxima de longitud, el radio de giro de las paletas, para determinar el ancho de la máquina y la altura del cuerpo de recolección de saponina como referencia de altura de la estructura de soporte.

Tiene forma trapezoidal debido a que permite el deslizamiento de la saponina hacia el interior de la caja de recolección.

Cuanta con una salida de los granos de quinua de la cámara escarificadora, de dimensiones especificadas en los planos adjuntos.

Figura Cuerpo de Recolección saponina.

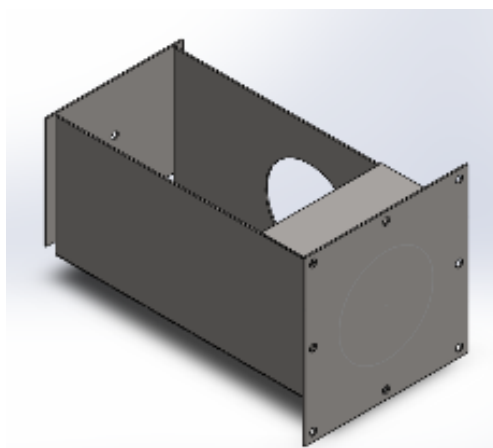


**Ilustración 25-3** Cuerpo de Recolección  
**Realizado por:** Juan Carlos Shunta. 2018

### ***3.11 Caja de recolección de saponina.***

Debido a la geometría del cuerpo de recolección, se determina la forma y dimensiones de la caja de recolección de saponina.

El cuerpo de recolección tiene una forma trapezoidal, la cual en su base angosta tiene una superficie rectangular por la que se desliza la saponina, debido a esta condición la caja de recolección debe tener una forma rectangular, para poder ensamblar los dos elementos, además esta forma rectangular es fácil de fabricar, posee una geometría bondadosa para la recepción del desprendimiento de la quinua como se muestra figura.



**Ilustración 26-3** Caja de salida de saponina  
**Realizado por:** Juan Carlos Shunta. 2018

La caja posee una perforación en un lado, debido a que por esta se absorberá mediante tubería la saponina almacenada en este contenedor.

### 3.12 Diseño de la estructura de soporte.

En función del tamaño de los elementos que conforman la escarificadora se procedió al diseño de la base una vez que se determinaron los parámetros principales, y se determina que la estructura metálica debe ser de acero estructural ASTM A36, debido a que la estructura no mantiene ningún tipo de contacto con la quinua.

Para el dimensionamiento de la estructura se tomó en cuenta, las medidas de los elementos fijos y motrices que componen la máquina escarificadora, debido a que la estructura dará soporte a los elementos mencionado. Se toma en cuenta la longitud del eje debido a que este es la referencia máxima de longitud, el radio de giro de las paletas, para determinar el ancho de la estructura y la altura de la caja de recolección de saponina como referencia de altura de la estructura de soporte.

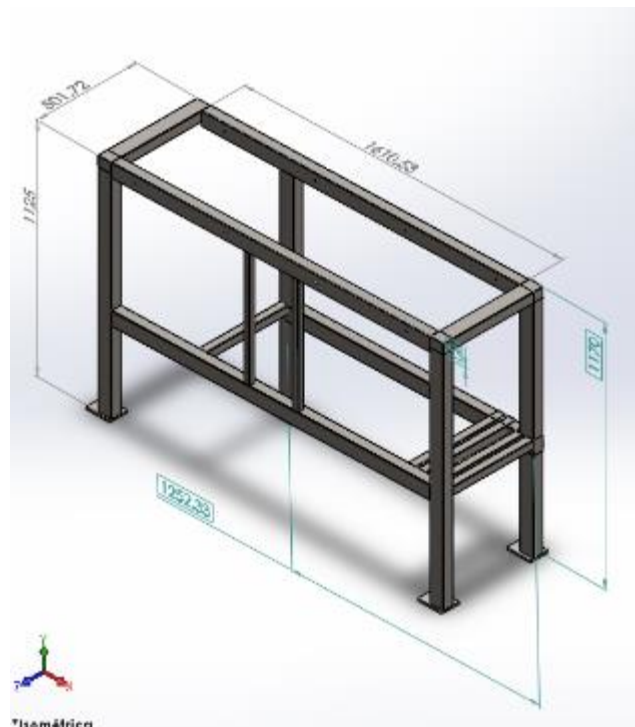
Características de la estructura.

**Ancho x alto x largo = 405 mm x 1170 mm x 1750 mm**

**Tubo rectangular = 70mmx50mm**

Espesor de tubería = 2mm.

Figura



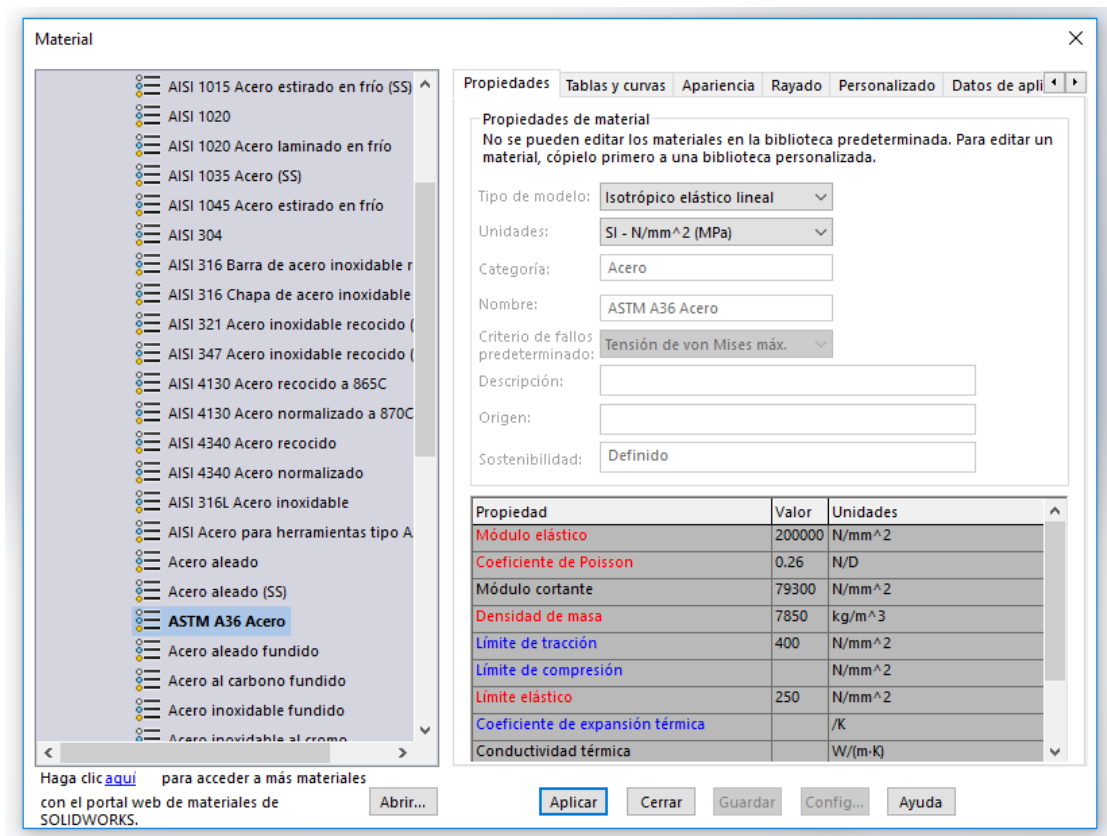
**Ilustración 27-3** Estructura de soporte máquina escarificadora  
Realizado por: Juan Carlos Shunta. 2018

### 3.13 Análisis de la estructura

El análisis estructural se lo realizo mediante una simulación estática a través del software SolidWorks el mismo que permite una simulación de las cargas y esfuerzos de acuerdo con el tipo de material y el límite cargas que soporta la estructura.

### 3.14 Análisis estático estructura

Una vez que tenemos el modelado CAD de la estructura procedemos asignarle el tipo de material con el cual se construyó la estructura de la máquina.

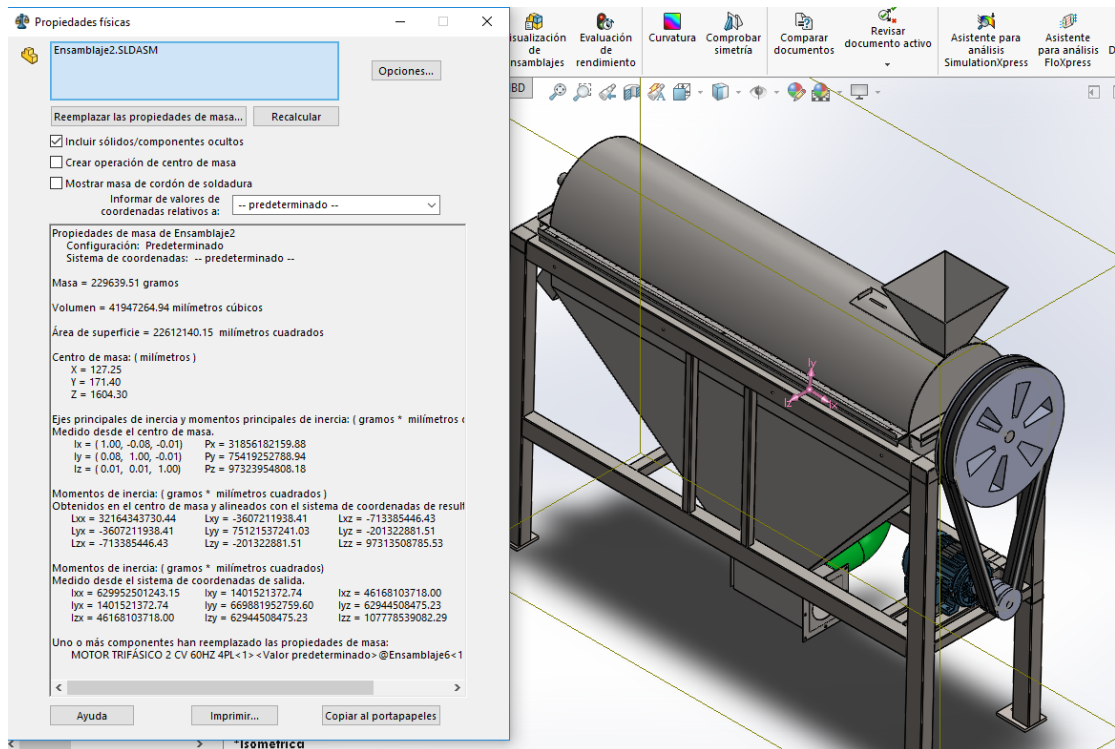


**Ilustración 28-3** Selección de material

Realizado por: Juan Carlos Shunta, 2018



Mediante la ayuda del software se determina el peso total de la máquina.



**Ilustración 29-3** Peso de maquinaria.  
Realizado por: Juan Carlos Shunta. 2018

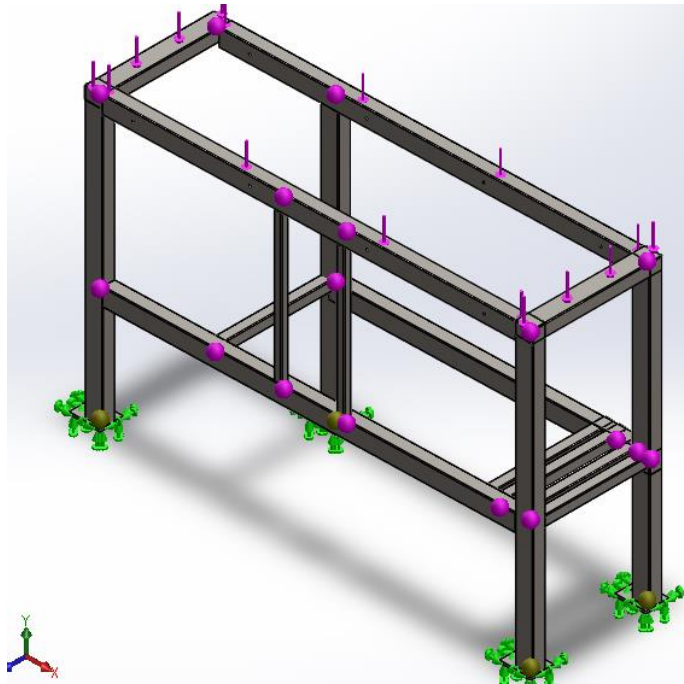
Datos:

Masa de la máquina: 229639,51g = 230Kg

Masa de quinua cargada: 20Kg

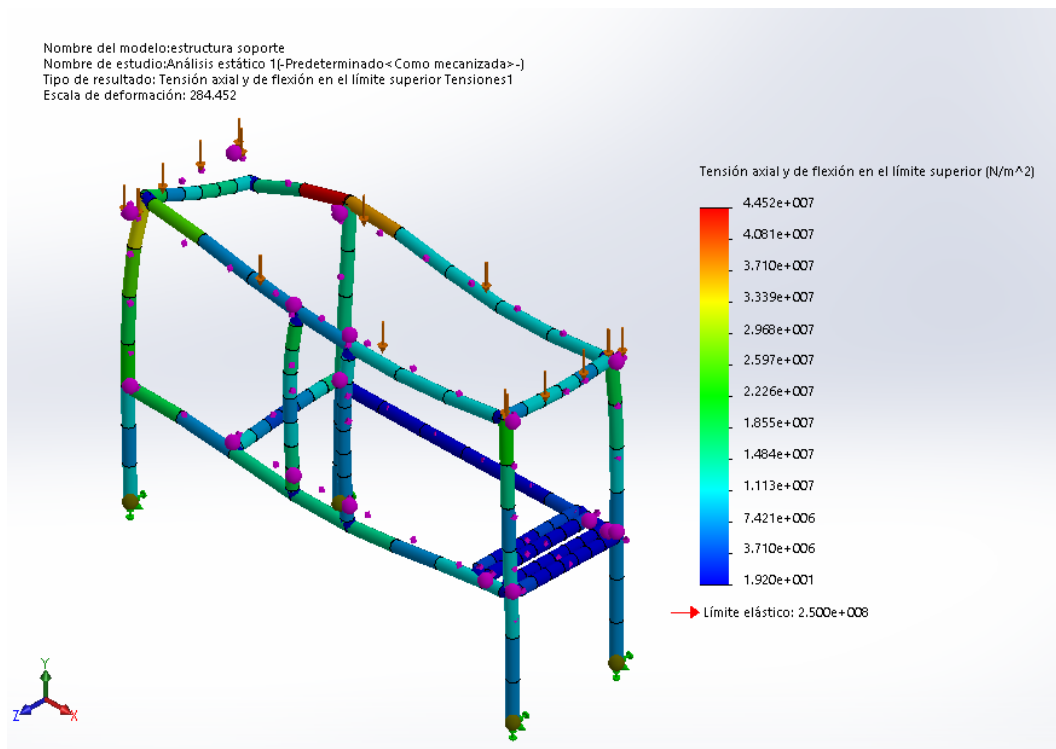
Masa Total a soportar la estructura: 250Kg

Se ubican sobre la estructura las cargas que soporta la estructura con un valor máximo de diseño de 2450N



**Ilustración 30-3 Fuerza aplicada**  
 Realizado por: Juan Carlos Shunta, 2018

Para el análisis estático se calculó el valor máximo de seguridad a partir de los datos de la siguiente figura:



**Ilustración 31-2 Límite de Tensiones**  
 Realizado por: Juan Carlos Shunta, 2018

Se aplicó la fórmula del factor de seguridad:

$$F_s = \frac{\sigma_e}{\sigma_{max}} \quad (31)$$

$$F_s = \frac{25}{4,45} = 5,6$$

El factor de seguridad nos determina que la máquina esta dimensionada para soportar mayor carga, y mejorar la producción a futuro.

Se realizó con el análisis estático el valor del desplazamiento para la estructura de la escarificadora, se muestra en la siguiente figura.

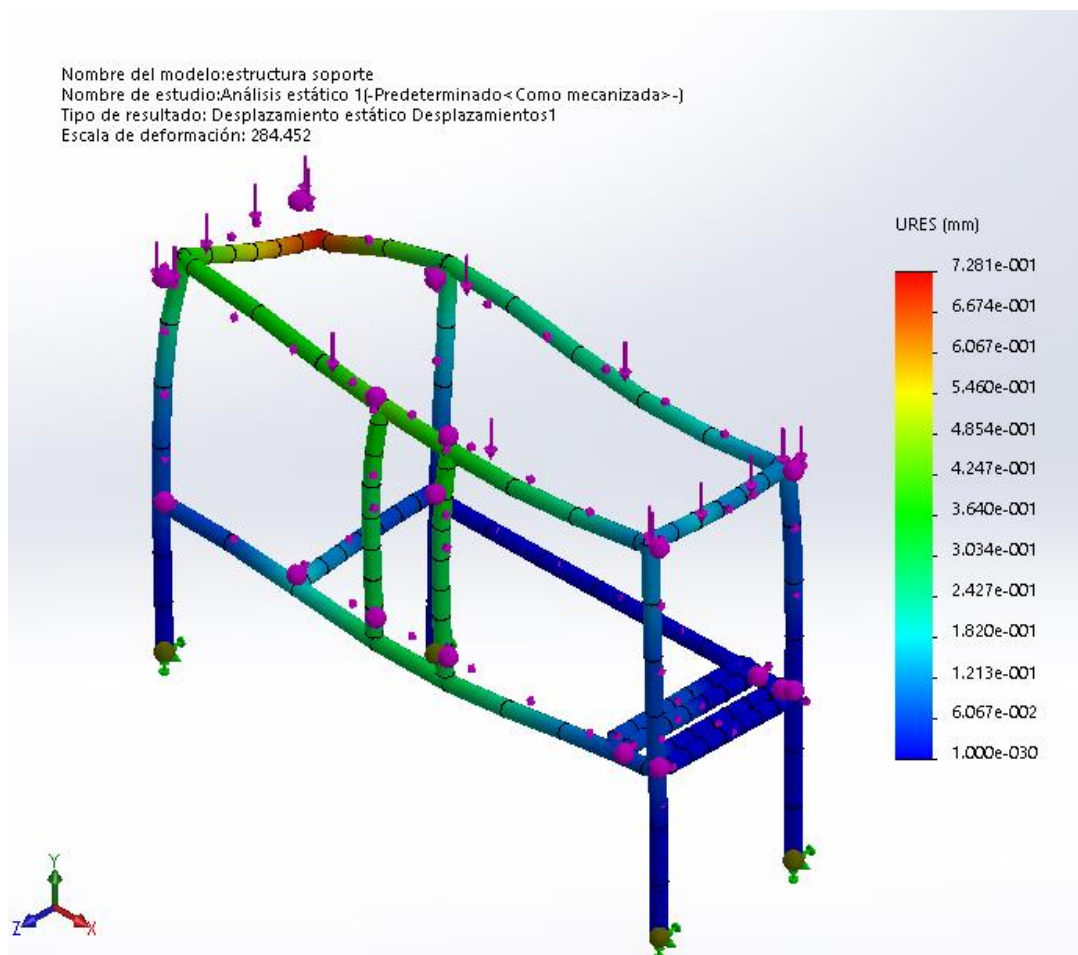
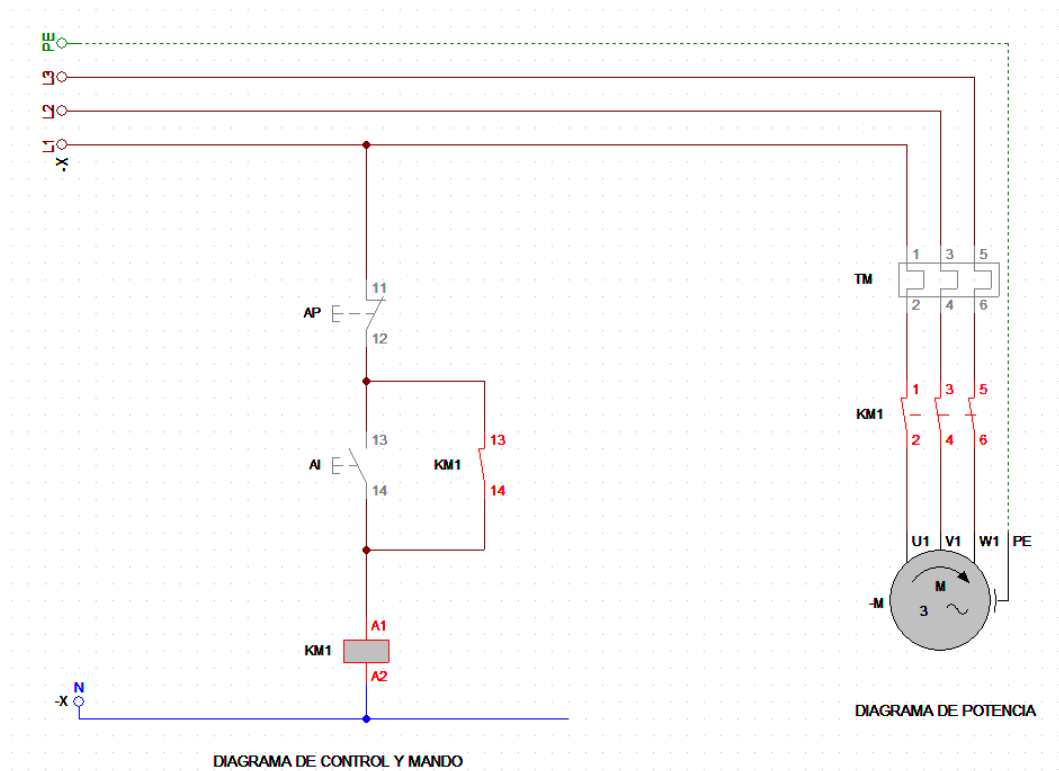


Ilustración 3-3 Límite de desplazamiento de la estructura de la banda.  
Realizado por: Juan Carlos Shunta, 2018

### 3.15 Sistema de Control.

El sistema de la máquina escarificadora está conformado por el diagrama básico de control de un motor trifásico:

- Diagrama del circuito de control y mando.
- Diagrama del circuito de potencia



**Ilustración 33-3** Diagrama de Control y Mando.  
Realizado por: Juan Carlos Shunta, 2018

#### Donde:

L1: Fase 110V

L3: Fase 110V.

N: Neutro.

AI: Accionamiento de Inicio

TM: Fusible Térmico

L2: Fase 110V.

LP: Protección.

AP: Accionamiento de Parada

KM1: Contactor

M: Motor

### **3.15.1 Circuito de control y mando.**

Sirve para la puesta en marcha, se logra presionando el botón de arranque AI, esto permite que la corriente llegue a la bobina de Contactor KM1.

El Contactor KM1 alimentado cierra los contactos principales, en el circuito de potencia permite que la tensión llegue al motor y gire. También cierra el contacto auxiliar en paralelo con el botón pulsador de arranque, cuando dejemos de presionar, permitirá al cerrarse que la bobina continúe alimentándose.

### **3.15.2 Circuito de potencia**

El circuito de potencia es la parte de la controla el consumo de corriente del sistema.

Esta parte es la que se encarga de excitar los relés para activar un dispositivo a su salida, ya sea un motor de continua, una bombilla, etc.

Este tipo de circuito se caracteriza sobre todo por trabajar a tensiones superiores 230 V, 400 V y más, en corriente alterna principalmente.

Los circuitos de potencia se representan en los esquemas de potencia, donde se incluyen una serie de elementos. Entre los más representativos se encuentran:

- Fusibles.
- Interruptores tripolares.
- Contactores.
- Relés térmicos.
- **Motores**

### **3.15.3 Cálculo del relé Térmico.**

Datos:

Potencia:  $P=3728,5\text{KW}$

Voltaje: 220v

Frecuencia:  $F= 60\text{Hz}$

**$\text{Cos } \varphi=0,85$**

Factor de Servicio: 1,15

In: Intensidad de Corriente.

$\sqrt{3}$ : *Constante en sistemas trifásicos*

$$In = \frac{P}{V \cdot \sqrt{3} \cdot \cos\phi} \quad (32)$$

$$In = \frac{3728,5W}{400 \cdot \sqrt{3} \cdot 0,85}$$

$$In = \frac{3728,5W}{220 \cdot \sqrt{3} \cdot 0,85}$$

$$In = 11,51A$$

Elemento	Característica	Expresión
Relé de sobrecarga	Para determinar el valor de relé de sobrecarga se debe tener en cuenta el valor del factor de servicio de la máquina.	I relé = In*1,15%
	Si esta es menor de 1,15 el valor de la corriente nominal de la máquina debe multiplicarse por 1,15%, y si este valor fuese mayor a 1,5 debe multiplicarse por 1,25%	I relé = In*1,25%

**Ilustración 34-4** Elemento de Protección

Realizado por: Juan Carlos Shunta, 2018

$$Potencia Termica = In * Fs \quad (33)$$

$$Potencia Termica = 15,51A * 1,25$$

$$Potencia Termica = 14,38A$$

El relé Térmico debe tener una capacidad de regulación de 14,38A

De acuerdo al fabricante del motor, que se utiliza nos especifica la corriente nominal con la que trabajara el motor: (7,71 a 14,8) Amperios.

## CAPITULO IV

### 4 MARCO DE RESULTADOS

#### 4.1 *Discusión y análisis de resultados*

##### 4.1.1 *Material de la máquina Escarificadora*

De acuerdo a la norma INEN 131, se analiza el material más idóneo para la fabricación de la máquina escarificadora de quinua. Teniendo en cuenta los lineamientos vigentes en la Norma UNE-EN 1672-2, en la cual especifica los requerimientos generales para maquinaria de proceso de alimentos.

Para las superficies en contacto directo con la materia a procesarse, se selecciona un acero inoxidable AISI 304, debido a que este es el más idóneo para cumplir los requerimientos de la norma UNE-EN 1672-2.

- Las superficies de los materiales y revestimientos deben ser duraderas, limpiables y, cuando sea necesario, puedan desinfectarse, sin roturas, resistente al agrietamiento, astillado, descamación y abrasión y previene la penetración de materia no deseada bajo el uso previsto.

##### 4.1.1.1 *Material del Eje*

Para el eje de la escarificadora se selecciona un acero AISI 4140, debido a que el eje no tendrá un contacto directo y prolongado con los granos de quinua, por lo que se procede a la selección de un material altamente resistente a los esfuerzos que este generará, además de ser menos costoso que un eje de acero inoxidable. Material de estructura.

#### 4.1.2 Material de la estructura

Debido a que la estructura no tiene un contacto directo sobre el procesamiento de la quinua se selecciona un acero ASTM A-36.

#### 4.1.3 Selección del sistema de transmisión.

**Tabla 1-4** Resultado Sistema de Transmisión

Selección	Descripción proceso		
trasmisiones por correa trapecial.	Cálculo de la relación de transmisión	<b><math>i = 2,75</math></b>	
	Cálculo de la frecuencia de trasmisión de la otra polea.	$n_2 = 622$	
	Cálculo de la potencia de diseño	Factor de servicio	1
		Potencia de diseño	5,5Hp
		Sección de correa más adecuada.	A
	Identificar la correa y las a utilizar	Cálculo de la relación de transmisión del apartado 1	<b><math>i = 2,75</math></b>
		Distancias entre ejes en función del tamaño de la polea.	<b><math>C = 600 \text{ mm}</math></b>
	Longitud de la correa	L= 1833 mm	Nº 71
			Ln = 1811mm
			Perfil A
	Distancias entre centros de las poleas (correas normalizadas)	Cc = 66 mm	
Determinación del arco de contacto menor	Transmisión con correa abierta	$\alpha > 120^\circ$ <b><math>\alpha = 163,41</math></b>	

Realizado por: Juan Carlos Shunta, 2018

Fuente: Autor



#### 4.1.4 Selección del rodamiento

Se realizaron los cálculos pertinentes para la selección de los rodamientos, los cuales se detallan a continuación.

Rodamiento A

**Tabla 2-4** Selección de Rodamiento A

<i>Reacción en eje y</i>	290,5N
<i>Reacción en eje z</i>	268,73N
<i>Resultante</i>	303,8N
<b><i>Carga estática</i></b>	<b><i>Co = 2,8KN</i></b>
<b><i>Carga dinámica</i></b>	<b><i>C = 1,86KN</i></b>
<b><i>Carga estática rodamiento</i></b>	<b><i>Co = 19KN</i></b>
<b><i>Carga dinámica rodamiento</i></b>	<b><i>C = 30,7KN</i></b>
<b><i>fl de 6,4</i></b>	<b><i>vida util de 38000 horas</i></b>

Realizado por: Juan Carlos Shunta, 2018

Fuente: Autor

Rodamiento E

**Tabla 4-1** Selección de Rodamiento E

<i>Reacción en eje y</i>	65,23N
<i>Reacción en eje z</i>	389,5N
<i>Resultante</i>	400N
<b><i>Carga estática</i></b>	<b><i>Co = 3,7KN</i></b>
<b><i>Carga dinámica</i></b>	<b><i>C = 2,46KN</i></b>
<b><i>Carga estática rodamiento</i></b>	<b><i>Co = 19KN</i></b>
<b><i>Carga dinámica rodamiento</i></b>	<b><i>C = 30,7KN</i></b>
<b><i>fl de 15</i></b>	<b><i>vida util de 38000 horas</i></b>

Realizado por: Juan Carlos Shunta, 2018.

Fuente: Autor.

De acuerdo a catalogo observamos cual es la opción más adecuada y se determina que la mejor alternativa es: Rodamiento: E2.YAR 208-108-2F

#### 4.1.5 Metodología para determinar el diámetro del eje

Se selecciona un acero AISI 4140, debido a que el eje no tendrá contacto directo y prolongado con los granos de quinua, por lo que se procede a la selección de un material más accesible y con excelentes propiedades para ejes. Ver Anexo C

El diámetro calculado mediante los parámetros a los que actuara la máquina y mediante teoría de fallas se determinó de la siguiente manera:

Momento máximo sobre el eje

$$\begin{aligned} M_{max} &= \sqrt{M_x^2 + M_z^2} & (34) \\ MM_{max} &= 332,16Nm \end{aligned}$$

Esfuerzo en el punto crítico, o de máximo momento.

$$\begin{aligned} T_{xy} &= \frac{16 * t * N}{\pi d^3 * m^2} \\ T_{xy} &= \frac{16 * 54 * N}{\pi d^3 * m^2} \end{aligned}$$

Esfuerzo de flexión

$$\begin{aligned} \sigma_{XY} &= \frac{32 * M_{maz}}{\pi d^3} \\ \sigma_{XY} &= \frac{32 * 332,15}{\pi d^3} \end{aligned}$$

Aplicando el criterio de TRESCA se tiene:

$$\begin{aligned} \sigma_{eq} &= \sqrt{(\sigma_{xy})^2 + (\tau_{xy})^2} \\ \sigma_{eq} &= \sqrt{\left(\frac{16 * 54 * N}{\pi d^3 * m^2}\right)^2 + \left(\frac{32 * 332,15}{\pi d^3}\right)^2} \end{aligned}$$

Según las teorías de falla

$$\sigma_{eq} = \frac{S_y}{n}$$

n=2

$$\frac{Sy}{n} = \sqrt{\left(\frac{16 * 54 \text{ N}}{\pi d^3 \text{ m}^2}\right)^2 \left(\frac{32 * Mmaz}{\pi d^3}\right)^2}$$

$$d = 0,032\text{m}; \quad d = 32\text{mm}$$

El diámetro requerido para el eje es  $d = 32\text{mm}$ , debido a que en el mercado se obtiene medidas de diámetros normalizados para la adquisición se determina un eje de diámetro  $d = 3,81\text{mm}$  equivalente a  $d = 1\frac{1}{2}plg.$

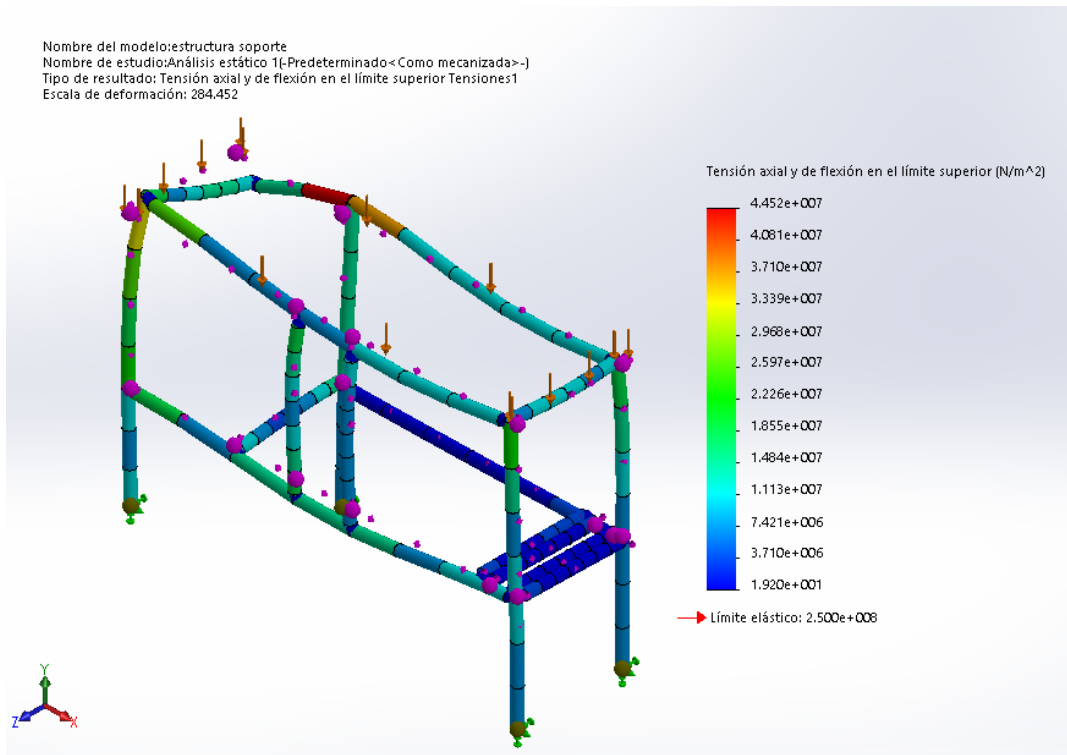
#### 4.1.6 Resultado de análisis estático de la estructura.

Masa de la máquina: 229639,51g = 230Kg

Masa de quinua cargada: 20Kg

Masa Total a soportar la estructura: 250Kg

Se ubican sobre la estructura las cargas que soporta la estructura con un valor máximo de diseño de 2450N



**Ilustración 1-4** Tensión máxima de la estructura  
 Realizado por: Juan Carlos Shunta, 2018

Se aplicó la fórmula del factor de seguridad:

$$F_s = \frac{\sigma_e}{\sigma_{max}}$$
$$F_s = \frac{25}{4,45} = 5,6$$

El factor de seguridad nos determina que la estructura de la maquina puede soportar hasta un máximo de 5,6 veces su peso de diseño.

#### 4.1.7 Corriente nominal de Trabajo.

Con los datos proporcionados del fabricante del motor se calcula la potencia térmica para, determinar la corriente de regulación del relé térmico.

$$Potencia Termica = I_n * F_s$$

$$Potencia Termica = 15,51A * 1,25$$

$$Potencia Termica = 14,38A$$

El relé Térmico debe tener una capacidad de regulación de 14,38A

De acuerdo al fabricante del motor, que se utiliza nos especifica la corriente nominal con la que trabajara el motor: (7,71 a 14,8) Amperios.



**Ilustración 2-4** Guarda Motor  
Realizado por: Juan Carlos Shunta, 2018

## 4.2 Construcción e implementación

Realizados los cálculos del elemento motriz y el diseño de los componentes de la máquina escarificadora se procede a su fabricación.

### 4.2.1 Malla de escarificado.

Se corta la malla ASTM 10 de las dimensiones 74,8cm x 149,4cm, de forma rectangular para poder realizar el rolado de lámina y tome la forma semicircular y los bordes de los costados. A continuación, se presenta una tabla de diseño y fabricación del elemento de la máquina.

**Tabla 4-2** Malla de Escarificado

MALLA DE ESCARIFICADO	
Máquina	Roladora, Dobladora
	
Diseño	Real
	

**Realizado por:** Juan Carlos Shunta, 2018  
**Fuente:** Autor


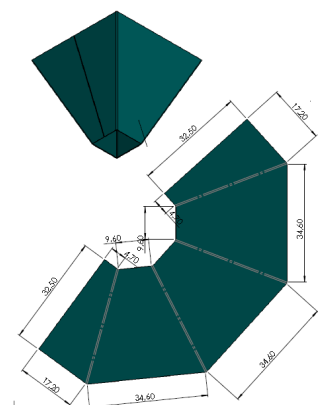


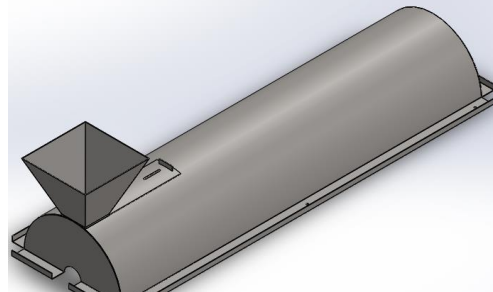
**4.2.2 Tolva de alimentación y Tapa de la cámara de escarificado.**

Para la tapa se corta chapa metálica de acero ANSI 304 de las dimensiones 77,81cm x 150cm, de forma rectangular para poder realizar el rolado de lámina y tome la forma semicircular y los bordes de los costados.

Para la tolva se corta la chapa metálica de las dimensiones establecidas para su desarrollo, y de la forma indicada, para luego ser soldada, y ensamblada en la tapa de la cámara de escarificado.

A continuación, se presenta una tabla de diseño y fabricación del elemento de la máquina.

**Tabla 5-4** Tolva de Alimentación.

TOLVA DE ALIMENTACION Y TAPA DE LA CAMARA DE ESCARIFICADO	
Máquina	Roladora, Dobladora, Soldadora
	
Diseño	Real
	
	


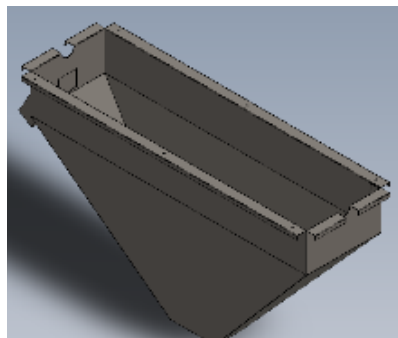

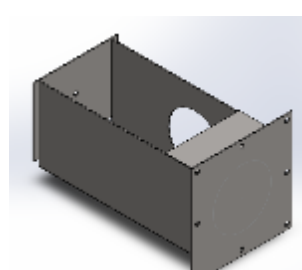

**Realizado por:** Juan Carlos Shunta, 2018  
**Fuente:** Autor

### 4.2.3 *Cuerpo y caja de recolección.*

El cuerpo de recolección de saponina se lo realiza mediante cuatro partes para mayor facilidad en la construcción, la cara posterior tiene una perforación de dimensiones detalladas en los planos adjuntos, dicha perforación sirve para instalar el ducto de salida de saponina escarificada., las cuatro aristas son soldadas, para formar el cuerpo de recolección de la saponina.

La caja de recolección es fabricada en chapa metálica AISI 304, y soldada al cuerpo de recolección para formar un solo conjunto.

**Tabla 6-4** Cuerpo y caja de recolección de saponina.

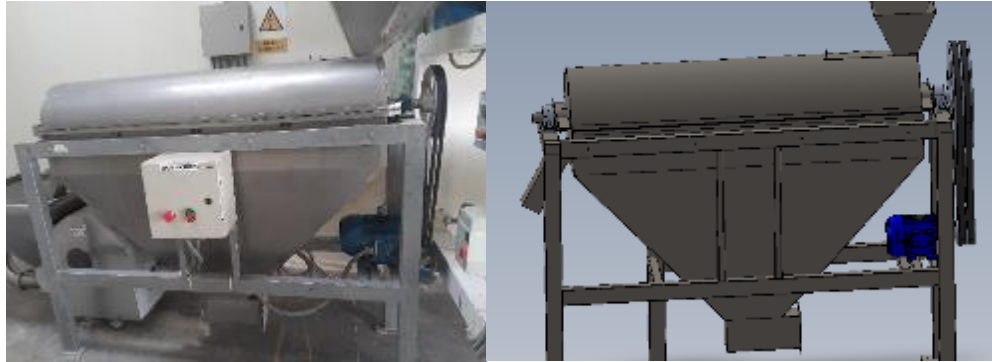
CUERPO Y CAJA DE RECOLECCION DE SAPONINA	
Máquina	Dobladora, Soldadora
	
Iseño	Real
	
	

**Realizado por:** Juan Carlos Shunta, 2018.

**Fuente:** Autor

#### 4.2.4 *Máquina terminada.*

La máquina terminada consta con todos los elementos establecidos en el diseño de la maquinaria, satisfaciendo las exigencias para el procesamiento de la quinua.



**Ilustración 3-4** Máquina Terminada.  
Realizado por: Juan Carlos Shunta, 2018

Con todos los elementos fabricados se realiza el montaje de las partes.

#### 4.2.5 *Prueba de funcionamiento*

Las pruebas de funcionamiento, fueron realizadas con una saca de quinua de 120,2 libras.



**Ilustración 4-1** Pesaje de unidad de Prueba  
Realizado por: Juan Carlos Shunta, 2018



Se procede el contenido de la unidad de prueba en la zaranda de quina para que esta sea la que alimente a la máquina escarificadora.



**Ilustración 5-4** Alimentación a la zaranda dosificadora.  
**Realizado por:** Juan Carlos Shunta, 2018

Se enciende la zaranda dosificadora y la máquina de quinoa, para dar inicio a la escarificación de la quinoa a continuación se muestran las imágenes del ingreso y salida de la quinoa.



**Ilustración 6-5** Ingreso y Salida de Saponina  
**Realizado por:** Juan Carlos Shunta, 2018

El proceso de escarificado tomo un tiempo de 15 minutos y 30 segundos, a continuación, se muestran las imágenes de la quinoa y la saponina, luego de terminar el proceso.

Se muestra el peso de 100, 2lb obtenido de quinoa luego del escarificado.

Pesaje de saponina, después del escarificado mediante la máquina



**Ilustración 7-4** Quinoa Escarificada  
Realizado por: Juan Carlos Shunta, 2018








Se muestra las imágenes del peso de 18,9lb. De saponina luego del proceso de escarificado



**Ilustración 8-4** residuo de Saponina  
Realizado por: Juan Carlos Shunta, 2018






#### 4.2.6 Diagrama de Proceso General de la máquina escarificadora.

**Tabla 7-4** Diagrama de Proceso de la máquina escarificadora

DIAGRAMA DE PROCESO GENERAL				
EMPPRESA	ASOALIENU		DEPARTAMENTO	PRODUCCIÓN
Realizado por: Carlos Shunta			FECHA	10/5/2017
MAQUINARIA			DIAGRAMA	PROCESO
ESCARIFICADORA			MÉTODO	MECÁNICO
N°	DESCRIPCIÓN	#		TIEMPO (s)
1	Almacenamiento	1		
2	Transporte desde la tolva hacia la escarificadora	1		2
3	Escarificado	1		930
11	Transporte desde la escarificadora hacia la tolva de alm	2		1
12	Almacenamiento	2		

**Realizado por:** Juan Carlos Shunta, 2018  
**Fuente:** Autor






**Tabla 8-4** Resultado máquina escarificadora.

RESUMEN		
SÍMBOLO	NÚMERO	TIEMPO(S)
	2	3
	1	930
	0	0
	2	0
	0	0
		933

**Realizado por:** Juan Carlos Shunta, 2018  
**Fuente:** Autor.

#### 4.2.7 Comparación método rudimentario vs máquina escarificadora

Resumen del diagrama de proceso, método rudimentario.

RESUMEN		
SÍMBOLO	NÚMERO	TIEMPO(S)
	2	30
	8	1800
	0	0
	2	0
	0	0
		1830

Resumen del diagrama de proceso, método maquina escarificadora.

RESUMEN		
SÍMBOLO	NÚMERO	TIEMPO(S)
→	2	3
●	1	930
▷	0	0
▽	2	0
□	0	0
		933

Conclusión:

Mediante el análisis de los cuadros de resumen de los diagramas de proceso, método rudimentario y método actual, se puede apreciar que mediante la implementación de la máquina escarificadora el proceso de escarificado en la máquina es de una operación, mientras que en el método rudimentario es de ocho operaciones.

Con la reducción de actividades se demuestra la optimización del proceso de escarificado, es afirmativa, debido a que no hay tiempos de espera, ni tiempos muertos en el proceso de escarificado, en comparación del método rudimentario, existes demoras en el proceso, debido a que para poder separar la saponina del grano luego de haber friccionado los mismos se necesita de una corriente de viento que ayude a la separación, media que realizan los agricultores en las horas de la tarde para aprovechar las corrientes de aire generadas.

Otro punto relevante para tomar en cuenta en la optimización del proceso de escarificado de la quinua es el volumen de producción que se genera, para determinar la mejora se realiza pruebas de escarificado manual y mecánico a una muestra de 120lb. Obteniendo los resultados que nos expresan los cuadros de resumen. El método manual nos arroja un tiempo de 30 minutos y 30 segundos, la máquina escarificadora un tiempo de 15 minutos 30 segundos, equivalente a la reducción de un 49,18% en el proceso de escarificado.

## CAPITULO V

### 5 ESTUDIO DE COSTOS

Se realiza un análisis general de los costos efectuados en la construcción de la máquina.

#### 5.1 Costos directos

Son los que se relacionan directamente para la realización o fabricación del modelo prototipo.

##### 5.1.1 *Eléctricos*

**Tabla 1-5** Costos Eléctricos

<b>Cantidad</b>	<b>Descripción</b>	<b>V. unitario(USD)</b>	<b>V. Total (USD)</b>
1	Motor Trifásico 5Hp	450	450
1	Contactador	15	15
1	Relé Térmico	25	25
1	Botón paro de emergencia	4	4
2	Pulsadores	2	4
1	Caja Metálica (control)	10	10
10	Cable para potencia(m)	2	20
4	Cable para control(m)	0,5	2
	<b>Total</b>		<b>530</b>

**Realizado por:** Juan Carlos Shunta, 2018  
**Fuente:** Autor.

### 5.1.2 Costos mecánicos

**Tabla 2-5** Costos Mecánicos

Cantidad	Descripción	V. unitario(USD)	V. Total (USD)
2	Chumaceras 1 1/2"	15	30
2	Eje 1 1/2	120	120
2	Correa Trapezoidal	15	30
2	Poleas de aluminio 11"	30	30
2	Poleas de aluminio 4"	10	10
6	Perno 1/8 "*1"	0,1	0,6
12	Arandela 1/2"	0,1	3,4
6	Perno 1/2"	0,15	1,5
12	Arandela presión 1/8"	0,1	1,6
2	Tubo rectangular	25	50
2	Plancha AISI 304 2mm.	150	300
1	Consumibles	250	250
		Total	827

**Realizado por:** Juan Carlos Shunta, 2018

**Fuente:** Autor

### 5.1.3 Costo de mano de obra

**Tabla 3-5** Costos de Mano de obra

Cantidad (Días)	Descripción	V. unitario (USD)	V. Total (USD)
6	Soldador	50	300
5	Mecánico industrial	70	280
6	Dos Ayudantes	25	300
		Total	880

**Realizado por:** Juan Carlos Shunta, 2018

**Fuente:** Autor

#### 5.1.4 Costo de transporte de material

**Tabla 5-1** Costo de Transporte de material

Cantidad	Descripción	V. unitario(USD)	V. Total (USD)
1	Flete acero inoxidable	25	25
1	Acero estructural	10	10
1	Flete máquina	40	40
	Total		65

**Realizado por:** Juan Carlos Shunta, 2018

**Fuente:** Autor

#### 5.1.5 Costos directos totales

**Tabla 5-2** Costos Directos Totales

Descripción	V. Total
Costos eléctricos	530
Costos mecánicos	827
Costo mano de obra	880
Costo transporte material	65
Costo directo total	2302

**Realizado por:** Juan Carlos Shunta, 2018

**Fuente:** Autor

#### 5.2 Costos indirectos

**Tabla 6-5** Costos Indirectos Totales

N <sup>a</sup>	Descripción	V. unitario(USD)	V. Total (USD)
1	Ingenieriles (supervisión y diseño)	100	100
2	Imprevistos	150	150
	Total		250

**Realizado por:** Juan Carlos Shunta, 2018

**Fuente:** Autor

#### 5.3 Costo total

**Tabla 7-5** Costo total

N <sup>a</sup>	Descripción	V. unitario(USD)	V. Total (USD)
1	Costos directos totales	2302	2303
2	Costos indirectos totales	250	250
	Costo Total		2552

**Realizado por:** Juan Carlos Shunta, 2018.

**Fuente:** Autor

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### Conclusiones

- Se determinó que el método empleado para el escarificado de quinua es el método manual (Rudimentario), el cual ocasiona demoras en el proceso de escarificado.
- La construcción de la máquina escarificadora cumplió con todos los parámetros establecidos por ASOALIENU y la Norma RT INEN 131 para selección de materiales.
- El método de escarificado manual para una unidad de prueba de 120lb demora 30 minutos y 30 segundos.
- Se determinó la reducción de actividades en el proceso de escarificado de 8 a 1 entre del método rudimentario y método Mecánico respectivamente.
- Se determinó mediante la implementación de la maquinaria que no existen tiempos de espera, ni tiempos muertos en el proceso de escarificado.
- El escarificado de una unidad de prueba de 120lb en la máquina escarificadora demora 15 minutos 30 segundos.
- Se determina para una unidad de prueba de 120lb, la reducción del tiempo de escarificado en un 49,18%. Mediante la implantación de la máquina escarificadora.



## **Recomendaciones**

- El operario debe usar Equipo de Protección Personal (EPP) mascarilla debido a que se expondrá a un ambiente con dispersión de partículas.
- Mantener un flujo constante de materia prima al ingreso de la tolva para que la máquina pueda trabajar a su máxima capacidad.
- Evitar el ingreso de objetos ajenos al proceso en máquina escarificadora, debido a que pueden generar fallos en la maquinaria.
- Realizar mantenimientos preventivos a cada uno de los elementos mecánicos y eléctricos, con el fin de evitar futuras fallas en su funcionamiento.
- Verificar, limpiar y lubricar el estado de las chumaceras cada 200 horas de Funcionamiento, debido a la exposición de partículas en el ambiente.
- Verificar el tensado de las correas de transmisión, para mantener una buena transmisión de potencia.
- Realizar inspecciones periódicas de los pernos de anclaje.

## BIBLIOGRAFÍA

**AGUIRRE, M.** 2015. *Efectos de la temperatura sobre las características físicas de granos actuales de Chenopodium quinoa Willd (quínoa)*. BAEX: Boletín de Arqueología ed. s.l.:s.n.

**ALARCÓN, Á.** 2014. *Reconstrucción de una trilladora agrícola con adaptación de un motor de combustión interna para una microempresa familiar en el cantón Alausí*, Quito: UIDE.

**ALEMANA, C.** 2013. *Energypedia*. [En línea] Available at: **Fuente:** [https://energypedia.info/wiki/Main\\_Page](https://energypedia.info/wiki/Main_Page) [Último acceso: 17 02 2018].

**RAMOS, A.** 2016. *Diseño de una máquina escarificadora de quinua para mejorar la producción de quinua en las comunidades campesinas de sincaya*. Huancayo: s.n.

**BACIGALUPO, A. & TORRES, M.**, 1990. *Potencial agroindustrial de los cultivos andinos subexplotados. Cultivos andinos subexplotados y su aporte a la alimentación. Instituto Nacional de Investigación Agraria y Agroindustrial*. Lima - Perú: s.n.

**BAVARESCO, G.** 2016. *Gabp Ingeniería*. [En línea] Available at: [https://gabpingeneria.weebly.com/uploads/2/0/1/6/20162823/diseo\\_de\\_ejes.pdf](https://gabpingeneria.weebly.com/uploads/2/0/1/6/20162823/diseo_de_ejes.pdf) [Último acceso: 21 04 2018].

**CANDIA, L& DANZ, I.** 2016. *Diseño y evaluación de una escarificadora para la extracción de saponina de la Quinua-Región Puno*. s.l.:s.n.

**CARIÓN, J. & GONZÁLEZ E.**, 2013. *Protección de motores eléctricos*. Loja: s.n.

**ECUARED**, 2012. *ECUARED Conocimiento de todos y para todos*. [En línea] Available at: [https://www.ecured.cu/Motor\\_el%C3%A9ctrico](https://www.ecured.cu/Motor_el%C3%A9ctrico) [Último acceso: 2 04 2018].

**ESPOCH**, 2016. *Escuela Superior Politecnica De Chimborazo*. [En línea] Available at: <https://www.espoch.edu.ec/index.php/component/k2/item/414-espoch-y-asoalienu-unidas-en-cooperaci%C3%B3n.html> [Último acceso: 13 03 12].

**IBNORCA**, 2007. *Norma Boliviana NB312004-ICS 67.060 Cereales, leguminosas y productos derivados. ICS 67.040 productos alimenticios en general*. s.l.: s.n.

**INEN**, 2014. *INEN*. [En línea] Available at: <http://www.normalizacion.gob.ec> [Último acceso: 12 01 2018].

**MALDONADO, M. & JIMENEZ, J.**, 2013. *Diseño y construcción de un descascarador de cebada y trigo (Bachelor's thesis)*. [En línea] Available at: <http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/2527> [Último acceso: 12 04 2018].

**MARTÍNEZ, C. & GARCÍA, J.** 2014. *Propuesta de sistema de control para optimizar el acceso vehicular en el estacionamiento del centro comercial Plaza INTER (Managua)*. Doctoral dissertation ed. s.l.:Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua.

- MUJICA, S & JACOBSEN, H.** 2001. *Quinoa (Chenopodium quinoa Willd.): ancestral cultivo andino, alimento del presente y del futuro.* s.l.:Santiago: FAO.
- NIETO, C. & VIMOS, C.,** 1992. *La Quinoa, Cosecha Y Poscosecha Algunas Experiencias En Ecuador.* INIAP Archivo Historico ed. s.l.:s.n.
- NTN, C.,** 2005. *Rodamientos de Bolas y Rodillos,* s.l.: NTN Corporation.
- OJEDA MERA, D. E. & OCHOA JARAMILLO, M. G.,** 2016. *Repotenciación y automatización de una envasadora de líquidos vertical para la Corporación Bimarch CIA. LTDA.* Riobamba: s.n.
- OROZCO, D.** 2014. *Situación macroeconómica de la quinua en el Ecuador y su capacidad exportable período 2007-2011,* Quito: s.n.
- PERALTA, I.** 2010. *Producción y distribución de semilla de buena calidad con pequeños agricultores de granos andinos: Chocho, quinua, amaranto.* Quito: INIAP, Estación Experimental Santa Catalina.
- RAMOS, A.** 2006. *Diseño de una máquina escarificadora de quinua para mejorar la producción de quinua en las comunidades campesinas de Sicaya.* Tesis Pregrado ed. Huancayo: s.n.
- CARRASCO, R. & ZELENDA. C.** 2008. *Determinación de la capacidad antioxidante y compuestos fenólicos de cereales andinos: quinua (Chenopodium quinoa), kañiwa (Chenopodium pallidicaule) y kiwicha (Amaranthus caudatus),* s.l.: Revista de la Sociedad Química del Perú.
- RESOLUCIÓN No. 14346** Ministerio de Industrias y Productividad. (2014) Subsecretaria de Calidad.
- SERWAY, R. A.,** 1992. *Física moderna.* Voll 2 ed. Mexico: McGraw-Hill.
- TORRES, H. & M. I.,** 1980. *Escarificadora de quinua.* Instituto Interamericana de Ciencias Agrícolas. s.l.:Publicaciones misceláneas..
- TORRES, H.,** 1980.. *Escarificadora de quinua diseño y construcción.* s.l.:s.n.
- VILLACORTA, L. & RODRIGUEZ, V.,** 1976. *Anatomía del grano de quinua (Chenopodium quinoa Willd.).* s.l.:Depto Publ. Univ. Nacion. Agr, 14(1-4), 39-45..
- WEG,** s.f. *WEG INSTITUCIONAL.* [En línea]  
Available at: <https://www.weg.net/institucional/EC/es/>